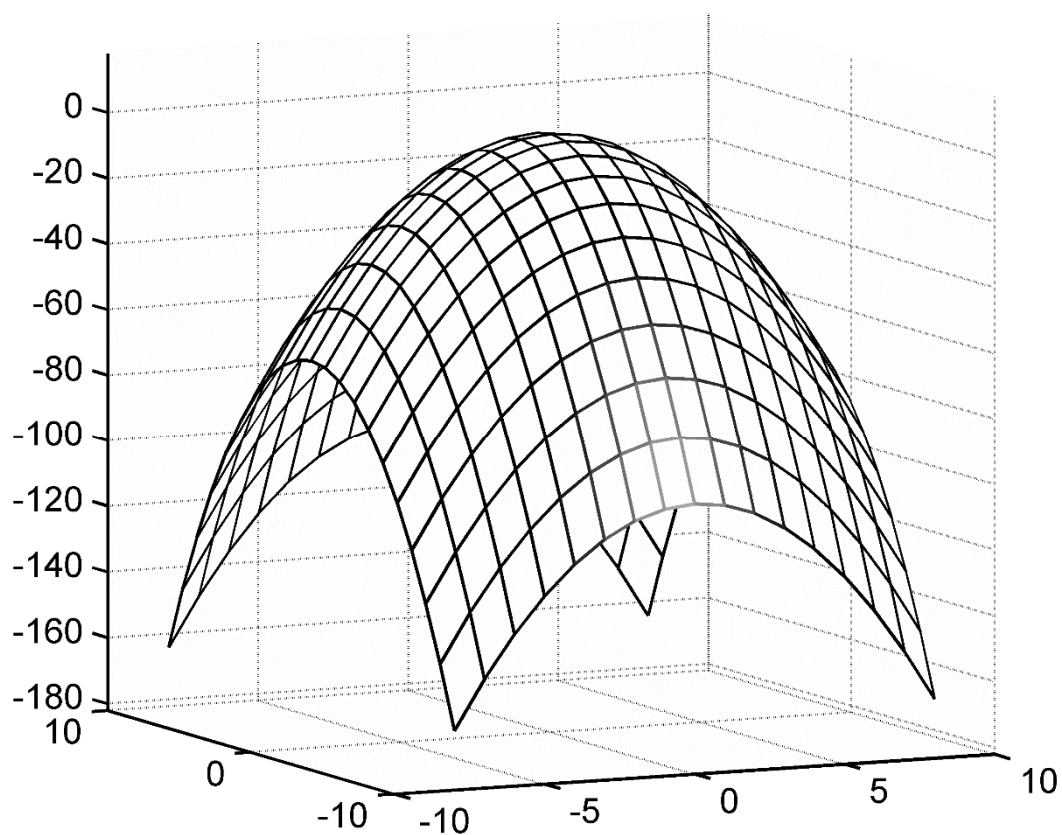


**Е.Т. Петров**

**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКЕ**



**Санкт-Петербург  
2020**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**Е.Т. Петров**  
**ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
**В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКЕ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО  
по направлению подготовки 16.04.03 Холодильная, криогенная техника  
и системы жизнеобеспечения  
в качестве учебно-методического пособия для реализации основных  
профессиональных образовательных программ высшего образования  
магистратуры

 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург  
2020

Петров Е.Т. Основы научных исследований в низкотемпературной технике.  
– СПб: Университет ИТМО, 2020. – 74 с.

Рецензент: Круглов Алексей Александрович, кандидат технических наук, ассистент факультета низкотемпературной энергетики, Университета ИТМО.

В пособии приведены методические указания по изучению дисциплины «Основы научных исследований в низкотемпературной технике», основные разделы курса, формы контроля и оценочные средства (вопросы к экзаменам, тематика расчётно-графических работ с элементами НИР). Пособие предназначено для подготовки магистров по направлению магистратуры 16.04.03. Пособие может быть полезно для аспирантов и специалистов, изучающих низкотемпературную технику.



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2020

© Петров Е.Т., 2020

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В НИР.....	6
2 КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	7
3 ФОРМИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
4 КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ .....	10
5 ВЫБОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	11
6 ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	12
7 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	25
8 ФОРМИРОВАНИЕ И ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	38
9 ОРГАНИЗАЦИЯ НИР В РОССИИ .....	41
9.1 Организационная структура НИР в России .....	41
9.2 Организация поиска и сбора НТИ.....	44
9.3 Организация патентных исследований .....	51
10 ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ .....	52
11 ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ.....	56
12 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА "ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКЕ" .....	60
12.1 Образовательные технологии .....	62
12.2 Виды и содержание учебных занятий .....	62
13 ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	64
13.1 Оценочные средства и методики их применения .....	64
13.2 Расчётно-графическая работа с элементами НИР .....	66
13.3 Вопросы к зачету по «Основам научных исследований в низкотемпературной технике» .....	69
14 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	71

## ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в любой стране определяется в значительной степени организацией научных исследований, общенаучной и профессиональной подготовкой специалистов.

Выпускники высшей школы должны иметь высокую профессиональную подготовку, самостоятельно решать научно-технические задачи с применением последних достижений науки и техники.

Целью изучения дисциплины «Основы научных исследований в низкотемпературной технике» является ознакомление студентов с основными понятиями в области научных исследований, с организацией научно-исследовательской работы студентов (НИРС), с информационными технологиями, методами ведения экспериментальных и теоретических исследований процессов и объектов холодильной техники.

Дисциплина «Основы научных исследований в низкотемпературной технике» относится к дисциплинам профессионального модуля [1].

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знание математики, вычислительной техники, термодинамики, гидромеханики, холодильных установок, умение самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации, владение навыками работы с ПК и умение оформлять отчёты по результатам научных исследований. Изучение указанных дисциплин осуществляется на предшествующем этапе подготовки бакалавров.

Студенты должны быть ознакомлены с основными направлениями исследований в области холодильной техники, уметь выбрать тему научного исследования, организовать теоретические и экспериментальные исследования, обосновать выбор методов исследований, планировать и выполнять исследования, оформлять полученные результаты исследований.

Основными задачами курса «Основы научных исследований в низкотемпературной технике» являются:

- развитие у студентов творческого мышления;
- привитие навыков работы по методам использования информационных технологий;
- ознакомление с основами теоретических и экспериментальных исследований процессов и оборудования холодильной техники;
- научить студентов методам исследования и ведения научных исследований, документального оформления результатов исследований.

Программа дисциплины построена в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОС Университета ИТМО.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- знать: методы проектных исследований с использованием специализированных вычислительных комплексов; методы реализации

инженерных технологических расчетов и исследований оборудования холодильных систем

– уметь: осуществлять планирование и проведение научных и проектных исследований; разрабатывать проектную документацию; осуществлять инженерные расчеты и экспериментальные исследования отдельных видов оборудования и систем.

– владеть навыками проведения технологических расчетов и исследований с целью определения эффективности низкотемпературных систем; быть способным к разработке и оценке эффективности научных и проектных исследований.

Перечисленные результаты формируют следующие компетенции:

ОПК-1. Способность представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность, определять пути решения проблем своей профессиональной деятельности, в том числе с использованием методов математического моделирования, и оценивать эффективность сделанного выбора;

индикаторы достижения компетенций: ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности, в том числе с использованием методов математического моделирования;

ОПК-4. Способность организовывать процесс принятия, обоснования и оценки эффективности управленческих и (или) стратегических решений в профессиональной сфере с учетом экономических, финансовых, экологических, социальных, интеллектуально-правовых и других ограничений;

индикаторы достижения компетенций: ОПК-4.2. Оценивает риски и управляет процессом разработки и принятия решений на основе использования современных методов исследования и технологических решений.

## 1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В НИР

Научная деятельность, научно-исследовательская работа (НИР) – это творческая деятельность, направленная на получение, освоение, переработку и систематизацию новых научных знаний, результаты которой характеризуются актуальностью и новизной [2].

Умение корректно поставить научные исследования на современном уровне требует высокой компетенции научных работников.

В НИР различают научные направления, проблемы, темы, вопросы.

Научное направление – сфера научных исследований, посвященных решению крупных фундаментальных, теоретических и экспериментальных задач в определенной отрасли науки. В составе научного направления выделяют комплексные программы и проблемы, темы и научные вопросы. Холодильную технику можно отнести к направлению "Технические науки".

Комплексные проблемы представляют собой совокупности проблем, объединенных едиными целями. Проблемы представляют собой совокупности сложных теоретических и практических задач, решения которых назрели в технике.

Постановка научной проблемы включает последовательно выполняемые этапы: формулировку проблемы (объекта исследования), обоснование актуальности и разработку предмета исследования.

Тема любого научного исследования является составной частью проблемы. Исследования по конкретной теме дают возможность получить ответы на определенный круг научных вопросов, охватывающих часть проблемы.

К научной теме предъявляется ряд основных требований. Тема должна быть актуальной, т.е. иметь общественную или производственную значимость и ценность для науки и техники, она должна иметь научную новизну и быть экономически эффективной.

Научный вопрос обычно представляет собой набор мелких научных задач, имеющих отношение к какой-либо теме научного исследования.

### Вопросы

1. В чем заключается научная деятельность в холодильной технике?
2. Основные понятия научных исследований.
3. Основные требования к теме научных исследований.
4. Научное направление и его структурные единицы.

## 2 КЛАССИФИКАЦИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Научная деятельность в технических дисциплинах классифицируется [3, с.25]:

- по целевому назначению: развитие теорий, разработка новой холодильной техники, совершенствование технологий и т. п.;
- видам научных работ: фундаментальные, прикладные исследования, разработки;
- диапазону исследовательских работ: направления в науке, научная проблема, научная тема, научный вопрос;
- методу исследования: теоретическое, экспериментальное, комбинированное (смешанное).

Фундаментальные исследования направлены на открытие и изучение новых явлений и процессов в холодильной технике, на формирование новых принципов исследования. Их целью является расширение научного представления о свойствах рабочих веществ, новых процессах и технологиях, методах взаимодействия систем холодоснабжения с окружающей средой.

Фундаментальные исследования в холодильной технике часто проводятся на стыке с другими науками (химия, материаловедение, экология и др.).

Прикладные исследования направлены на нахождение способов использования законов теплохладодинамики, термогазодинамики и химии для создания новых и совершенствования существующих процессов, оборудования и технических средств. Цель прикладных исследований – установление того, как можно использовать научные знания, полученные в результате фундаментальных исследований, в процессах создания новых высокоэффективных образцов холодильной техники.

Прикладные исследования, в свою очередь, подразделяются на поисковые, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы:

- поисковые исследования направлены на установление параметров и 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 низкотемпературных процессов, опытные холодильные установки, приборы и т.п.;

- целью опытно-конструкторских работ являются подбор конструктивных характеристик, определяющих основу конструкции холодильного оборудования.

В результате фундаментальных и прикладных исследований формируется новая научная и научно-техническая информация по процессам, оборудованию и системам холодоснабжения.



Процесс преобразования новой информации в форму, пригодную для освоения в холодильной промышленности, обычно называется разработкой. Она направлена на создание новой холодильной техники, материалов, технологии или совершенствование существующих. Конечной целью разработки является подготовка результатов прикладных исследований к внедрению.

Учебная исследовательская работа студентов и научная исследовательская работа студентов в области холодильной техники в основном носит характер прикладных исследований или разработок.

## **Вопросы**

1. Основные положения классификации научной деятельности в холодильной технике.
2. В чем заключаются особенности фундаментальных исследований в низкотемпературной технике?
3. В чем заключаются особенности прикладных исследований в низкотемпературной технике?
4. Значение прикладных исследований в холодильной технике.
5. Определение понятия разработки, основная цель разработки, значимость.
6. Особенности участия студентов в научных исследованиях в области холодильной техники.

## **3 ФОРМИРОВАНИЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

*Цель* любого научного исследования по холодильной тематике – всестороннее, достоверное изучение систем холодоснабжения, оборудования, процессов или явлений, их структуры, связей и отношений на основе разработанных в науке принципов и методов познания, а также получение и внедрение в производство полученных результатов.

Непременным условием перед проведением исследования по выбранной теме является проведение технико-экономического обоснования (ТЭО) с проведением предварительной патентной проработки. Только при наличии ТЭО возможно дальнейшее планирование и финансирование работы заказчиком. В результате составления ТЭО делается вывод о целесообразности и необходимости выполнения НИР и ОКР. После принятия ТЭО конкретизируются цели и задачи исследования [4, с. 13].

Целью теоретических исследований является изучение физической сущности предмета. В результате обосновываются физические модели, разрабатываются математические модели и анализируются полученные таким образом предварительные результаты.

Перед организацией экспериментальных исследований разрабатываются задачи, выбираются методика и программы эксперимента, составляются рабочие планы. После завершения теоретических и экспериментальных исследований проводится общий анализ полученных результатов, осуществляется сопоставление гипотез с результатами исследований. В результате анализа расхождений уточняются теоретические модели. Затем формулируются научные и производственные выводы, составляется научно-технический отчет.

Научное исследование может быть условно подразделено на четыре основных этапа:

- подготовительный этап;
- исследовательский этап;
- этап обработки результатов исследования;
- этап подготовки к промышленному внедрению.

На подготовительном этапе происходит:

- постановка проблемы, выбор темы исследования,
- определение объекта и предмета исследования,
- постановка целей и задач исследования,
- критический анализ исходной информации по теме исследования,
- выбор методов исследования.

На исследовательском этапе происходит выбор метода исследования (теоретический, экспериментальный или комбинированный), планирование научно-исследовательских работ, проведение теоретических, экспериментальных или комбинированных исследований.

На этапе обработки результатов исследований происходит подготовка и обобщение результатов исследований, подготовка отчетной научно-технической документации, подготовка материалов для публикации.

На этапе подготовки к промышленному внедрению осуществляется формирование методов расчета и подбора оборудования, методов управления, анализ результатов расчетов технико-экономических показателей систем, разработка технологических или конструкторских принципов, которые требуют участия авторов разработки или исследования в процедуре внедрения.

## **Вопросы**

1. Цели и задачи научных исследований в холодильной технике.
2. Понятие технико-экономического обоснования НИР.

3. Что является целью экспериментальных исследований?
4. Что является целью теоретических исследований?
5. Основные этапы НИР.

#### **4 КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Отдельным этапом научного исследования любого процесса или всей системы холодоснабжения является информационная проработка темы, которая включает в себя:

- сбор информационного материала по теме исследования;
- работу с иностранными научными источниками, их перевод;
- патентные исследования;
- систематизацию и критический анализ информации по теме исследования.

Основные источники информации можно условно подразделить на первичные и вторичные [3, с. 65 – 68]. Результаты информационной проработки темы оказывают большое влияние на формирование плана, выбор метода исследований и определение объема научных исследований. Опубликованные первичные источники информации:

- журналы;
- книги;
- брошюры и др.

Наибольшую значимость среди публикаций по холодильной технике имеют журналы, так как они:

- выполняют функции публичного архива;
- обеспечивают оперативность, актуальность и тематическую направленность;
- являются средством апробации результатов научных исследований;
- фиксируют приоритет опубликованных научных и прикладных задач.

Основные этапы в процессе информационной проработки любой темы:

- изучение теоретических положений выбранной темы исследования;
- сбор информации по текущему состоянию проблемы;
- систематизация и анализ собранной информации по теоретическим и экспериментальным исследованиям;
- обобщение результатов исследований и оформление в виде обзора, реферата, статьи и т.д.

Наибольшее распространение в библиотечном деле получил систематический каталог, так как он позволяет подобрать литературу по

определенным отраслям знаний, постепенно сужая границы поиска. В систематическом каталоге библиографические данные сведены в систему знаний благодаря применению специальной библиотечной классификации.

При сборе информации и ее анализе следует контролировать логическую связь материалов из различных источников, сходство методических подходов при исследовании процессов, оборудования или систем, контролировать последовательность изложения материалов темы.

### **Вопросы**

1. Содержание работ по информационной проработке темы НИР.
2. Первичные источники информации по холодильной технике, их функции, значимость.
3. Вторичные источники информации.
4. Основные этапы в процессах информационной проработки тем НИР.
5. Каталоги, виды, значимость, очередность работы.

## **5 ВЫБОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Корректность выбора методов исследования процессов, оборудования, подсистем (контуров) и систем холодоснабжения в целом в значительной степени определяет эффективность исследования. Как при экспериментальном, так и в процессе теоретических исследований большое значение имеет выбор методов поиска новых идей и решений.

НИР требует определенной организации, производительности, эффективности мыслительных процессов человека, начиная с метода "проб и ошибок". Реализация этой задачи оказывается возможной только на основе изменения стиля мышления, разработки и освоении основных положений теории научно-технического творчества [4, с. 63].

В творческом процессе существует большое количество различных методов поиска новой идеи, а именно: метод проб и ошибок, мозговой штурм, метод контрольных вопросов, синектика, теория решения изобретательских задач (ТРИЗ), стратегия семикратного поиска, метод направленного мышления, метод использования библиотеки эвристических приемов, метод системной эвристики, метод комплексного решения проблем, метод творческого инженерного конструирования, метод ступенчатого подхода к решению задачи, метод матриц открытия, интегральный метод «Метра» и др.

Правильный выбор методов исследований обеспечивает возможность выполнения поставленной задачи, высокую эффективность исследования, сокращение стоимости и времени на реализацию поставленной задачи. Выбор метода в первую очередь зависит от объекта исследований (процесса, вида оборудования, системы). Метод исследований должен быть надежным, доступным, с использованием современного оборудования.

Экспериментальные методы в холодильной технике чаще применяют при исследовании новых процессов и оборудования. При необходимости исследования сложного и дорогостоящего оборудования и систем более рациональным представляется использование теоретических методов.

### **Вопросы**

1. Влияние методов исследований на эффективность НИР.
2. Наиболее распространенные методы организации поиска новых технических решений в холодильной технике.
3. Обоснование методов исследований (теоретических, экспериментальных и др.).

## **6 ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Структура эксперимента включает: формирование модели объекта исследования, изменение условий эксперимента и воздействий на объект, получение экспериментальных данных, их обработку. На всех стадиях исследования должно контролироваться соблюдение объективных законов науки и техники (тепловых и материальных балансов, законов термодинамики и др.). По результатам эксперимента формируются выводы.

Большое внимание уделяется планированию экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования классифицируют по ряду признаков [3, с. 42 – 44].

По организации проведения бывают эксперименты лабораторные и натурные.

*Лабораторный* эксперимент проводится с использованием образцовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т. д., при этом исследуется образец объекта. Этот эксперимент обеспечивает возможность исследовать влияние одних характеристик при изменении других, получить результаты исследований с минимальными затратами времени и ресурсов. Однако такой эксперимент

не всегда корректно моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурного эксперимента.

*Натурный эксперимент* проводится как на стендах, так и на реальных объектах. В основном он используется в процессах испытаний новых образцов холодильного оборудования и систем. Натурный эксперимент всегда требует детального планирования, рационального выбора методов исследования. Основная научная проблема натурного эксперимента заключается в необходимости обеспечения адекватности условий эксперимента реальной обстановке, в которой будет работать тот или иной образец оборудования. Основными задачами натурного эксперимента являются изучение характеристик испытуемого холодильного оборудования при изменении режимов работы, условий эксплуатации и воздействия окружающей среды, идентификация статистических и динамических параметров оборудования, оценка эффективности функционирования оборудования и проверка его на соответствие технологическим требованиям. Процесс натуральных испытаний систем холодоснабжения предполагает решение целого ряда вопросов, связанных с использованием моделирования, метрологического обеспечения, автоматизацией процесса исследований, организацией сбора и обработки информации.

По контролируемым величинам эксперименты разделяют на пассивный и активный.

*Пассивный эксперимент* предусматривает изменение ограниченного числа параметров в результате исследования оборудования без воздействия на его функционирование. Примером пассивного эксперимента в решении задач рефрижераторного транспорта является анализ характеристик отдельных образцов в процессе эксплуатации. В этом случае выделяется группа опытных образцов рефрижераторного транспорта, в ходе испытаний которой фиксируется и накапливается информация о всех отказах и неисправностях, на каком участке пробега они произошли или выявлены, данные о тепловых нагрузках, наименовании перевозимого груза и т. п. В пассивном эксперименте, например, осуществляется мониторинг процесса хранения продукции при переменных внешних условиях.

В *активном эксперименте* осуществляется изменение входных факторов и контролируются параметры на входе и выходе исследуемого оборудования или системы. В этом случае реализуется активное влияние на ход эксперимента, задавая различные тепловые нагрузки, изменяя продолжительность их воздействия, количество и виды входных параметров. Обычно 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 методов проведения эксперимента; обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента. Решение перечисленных вопросов производится на основе специальной математической теории планирования эксперимента, что позволяет оптимизировать объем исследований и повысить их точность.

По числу варьируемых факторов разделяют однофакторный и многофакторный эксперименты.

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

Суть *многофакторного* эксперимента состоит в том, что варьируются все переменные одновременно, и влияние каждой оценивается по результатам всех опытов, проведенных в данной серии экспериментов.

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.

Планирование любого эксперимента предусматривает изменение всех исследуемых факторов по определенному плану с учетом их взаимодействия [5, 6, 7, 8]. В общем случае задача планирования эксперимента сводится к следующей последовательности:

1. Нахождение аналитических соотношений, раскрывающих механизмы явлений вида  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

2. Определение экстремума функции отклика в области допустимых значений факторов  $x_i$ .

3. Выбор моделей для описания объектов или процессов (чаще всего пользуются уравнениями регрессии, коэффициенты которых определяют методом наименьших квадратов).

Для проведения эксперимента любого типа необходимо провести ряд предварительных действий: сформировать гипотезу, создать программу экспериментальных работ, определить способы и приемы вмешательства в объект исследования, обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ, разработать пути и приемы фиксации хода и результатов эксперимента, подготовить средства эксперимента (приборы, установки, модели и т. п.), обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

Важное значение имеет правильная разработка методики эксперимента, которая должна включать следующие составные элементы:

– проведение предварительного целенаправленного наблюдения над изучаемым объектом или процессом для определения исходных данных (гипотез, выбора варьируемых параметров и факторов);

– создание условий, при которых возможно проведение экспериментальных исследований (подбор объектов для экспериментального воздействия, устранение влияния случайных факторов);

– определение пределов измерений;

– систематическое наблюдение за изменением параметров в процессе эксперимента;

– проведение систематической регистрации измеряемых величин различными средствами и способами;

– организация процедуры изменения режимов и факторов согласно плану экспериментальных исследований;

– переход от эмпирического изучения к логическим обобщениям, к анализу и теоретической обработке полученного фактического материала.

Важным этапом подготовки к эксперименту является определение его целей и задач. Объем и трудоемкость исследований зависят от степени точности принятых средств измерений и глубины теоретических разработок. Чем лучше сформулирована теоретическая часть исследования, тем меньше объем эксперимента. Количество задач для конкретного эксперимента не должно быть слишком большим (как правило 3–4, максимально до 10).

Чтобы перед экспериментом выбрать варьируемые факторы, то есть установить основные и второстепенные характеристики, влияющие на исследуемый процесс, необходимо проанализировать расчетные (теоретические) схемы процесса. При этом используется метод ранжирования. Основным принципом установления степени важности характеристики является ее роль в исследуемом процессе. Для этого процесс изучается в зависимости от какой-то одной переменной при остальных постоянных. Такой принцип проведения эксперимента оправдывает себя лишь в тех случаях, когда таких характеристик не более трех. Если же переменных величин много, целесообразен принцип многофакторного анализа.

При регистрации величин в ходе одного и того же процесса повторные отсчеты на приборах, как правило, неодинаковы. Отклонения объясняются различными причинами – неоднородностью свойств изучаемого тела, погрешностью приборов, субъективными особенностями экспериментатора и др. Чем больше случайных факторов, влияющих на опыт, тем больше расхождения значений, получаемых при измерениях. Это ведет к необходимости повторных измерений. Установление потребного минимального количества измерений имеет большое значение, поскольку дает возможность получения наиболее объективных результатов при минимальных затратах времени и средств. Оно должно обеспечить устойчивое среднее значение измеряемой величины, удовлетворяющее заданной степени точности. Систематические ошибки при проведении



экспериментальных исследований принимаются на основании имеющихся в литературе данных и класса точности измерительных и регистрирующих приборов.

Если результирующий фактор  $y(x)$  является функцией нескольких переменных (многофакторный эксперимент), то максимальная абсолютная погрешность величины  $y$  выражается через абсолютные погрешности аргументов  $\Delta x_n$  (измеряемых величин) следующим образом:

$$\Delta y = \Delta x_1 \left| \frac{\partial y}{\partial x_1} \right| + \Delta x_2 \left| \frac{\partial y}{\partial x_2} \right| + \dots + \Delta x_n \left| \frac{\partial y}{\partial x_n} \right|.$$

Относительная погрешность определяется по соотношению

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{1}{f(x_1, x_2, \dots, x_n)} \left[ \Delta x_1 \left| \frac{\partial y}{\partial x_1} \right| + \Delta x_2 \left| \frac{\partial y}{\partial x_2} \right| + \dots + \Delta x_n \left| \frac{\partial y}{\partial x_n} \right| \right].$$

Исключение явно аномальных, грубых погрешностей, которые могут значительно исказить результаты, проводится с помощью проверки однородности значений функций отклика с использованием критерия Стьюдента [6, 8].

Чтобы обосновать набор средств измерений (приборов), экспериментатор должен быть хорошо знаком с выпускаемой в стране измерительной аппаратурой (при помощи регулярно издающихся каталогов, по которым можно заказать те или иные средства измерений). Естественно, что в первую очередь следует использовать стандартные, серийно выпускаемые приборы, работа на которых регламентируется официальными документами. Целесообразность изготовления нестандартного оборудования, приборов или датчиков должна быть тщательно обоснована как теоретическими расчетами, так и практическими соображениями.

Важным разделом методики является выбор методов обработки и анализа экспериментальных данных. Обработка данных сводится к систематизации всех значений, классификации, анализу. Результаты экспериментов должны быть сведены в удобочитаемые формы записи – таблицы, графики, формулы, позволяющие быстро сопоставлять и анализировать полученные результаты. Размерность всех параметров должна соответствовать единой системе физических величин. Особое внимание в методике должно быть уделено математическим методам обработки и анализу опытных данных, в том числе установлению эмпирических зависимостей, аппроксимации связей между варьируемыми характеристиками, установлению критериев и доверительных интервалов.

В холодильной технике могут осуществляться следующие экспериментальные исследования:

- элементарных процессов (вынужденная и естественная конвекция, кипение, конденсация хладагентов в различном оборудовании);
- отдельных видов оборудования (теплообменников, конденсаторов и др.);

- агрегатов (например, компрессорных);
- подсистем (различных контуров систем холодоснабжения);
- систем холодоснабжения в целом.

Представляется, что при испытаниях элементарных процессов наибольшие проблемы возникают при исследовании естественной конвекции. Основной причиной является сравнительно низкий коэффициент теплопередачи, неточное определение тепловых потерь вне поверхности, влияние теплового излучения и др.

При исследовании процессов конденсации и кипения основными проблемами являются определение режимов течения двухфазных потоков в каналах, определение расходов в отдельных контрольных сечениях и др.

При физическом моделировании изучение любого процесса происходит при его воспроизведении в различных условиях геометрического и физического подобия, анализа влияния различных физических особенностей. Экспериментальные исследования производят всегда непосредственно на изучаемом физическом процессе. Опытные данные представляют в форме зависимостей безразмерных комплексов, составленных комбинаций различных физических величин и линейных размеров (критериев подобия  $Nu$ ,  $Re$ ,  $Pr$  и др.). Эта безразмерная форма позволяет распределить полученные зависимости на группу подобных между собой явлений, характеризующихся постоянством критериев подобия.

Основные трудности при исследовании теплообменного оборудования связаны с определением локальных плотностей теплового потока, тепловыми балансами и др.

При исследовании компрессорного оборудования затруднения возникают при индицировании процессов, диагностике технического состояния, оценке вибрации и др.

При исследованиях холодильных контуров и систем холодоснабжения особое значение придается исследованиям охлаждаемых объектов (потребителей холода), т.к. они требуют анализа пространственно-временных характеристик объекта, формирования полей скоростей, температур, давлений и др. параметров охлаждающей среды. Испытание таких объектов осуществляется как на физических моделях (экспериментальных стендах), так и в составе реальных объектов (натурных образцов).

Основные проблемы при исследованиях различных контуров и отдельных систем холодоснабжения связаны непосредственно с созданием этих систем, требующих формирования специальных опытно-промышленных комплексов непосредственно в лабораториях ИТМО [9, 10].

Интенсивное развитие систем холодоснабжения на предприятиях пищевой, нефтехимической, газоперерабатывающей и других отраслей промышленности с использованием различных схем холодоснабжения,

новейшего оборудования, средств управления и диспетчеризации требует от студентов факультета НТЭ Университета ИТМО высокого уровня профессиональной подготовки. Качество работ в процессе эксплуатации новейшего холодильного и компрессорного оборудования, долговечность и надежность систем холодоснабжения напрямую зависят от квалификации специалистов. Вопросам обучения, повышения квалификации и аттестации специалистов-холодильщиков в настоящее время уделяется недостаточное внимание, особенно это касается специалистов по эксплуатации систем холодоснабжения различного исполнения крупных промышленных предприятий. В связи с приватизацией предприятий, практически полной ликвидацией предприятий холодильного машиностроения, отраслевых НИИ, ПКБ и лабораторий крайне затруднительными оказались вопросы проведения машиностроительных, эксплуатационных и преддипломных практик, что требует ускоренного решения проблемы.

Одним из методов решения этой проблемы и является создание опытно-промышленных комплексов непосредственно на факультете НТЭ Университета ИТМО [9]. При этом подготовка будущих специалистов должна быть ориентирована на самые современные и перспективные технологии с учетом тенденций дальнейшего развития холодильной техники. Только опираясь на самую современную холодильную технику и высококвалифицированных специалистов можно преодолеть то отставание, которое накапливается как по вине системы высшего образования, так и вследствие ошибок в развитии экономики страны. В связи с этим вузы должны прогнозировать и интенсифицировать техническое развитие отечественной холодильной техники, методов проектирования, уровня автоматизации предприятий. Основные средства необходимо тратить на постоянное обновление учебно-производственных комплексов, холодильного оборудования, учебного программного обеспечения, всех видов обеспечения средств автоматизированного и оптимального адаптивного управления.

При этом уровень оснащения этих комплексов должен обеспечивать не только проведение учебно-лабораторных занятий студентов, магистрантов, но и возможность выполнения научно-исследовательских работ, проведения модельных и натурных испытаний основных образцов холодильной техники и различных схем холодоснабжения.

Формирование структуры опытно-промышленных комплексов факультета НТЭ предлагается базировать на использовании перспективных схем холодоснабжения, где представляются возможности исследовать не только характеристики холодильных установок, но и гидравлические и тепломассообменные процессы в экспериментальных камерах хранения продукции.

Первый опытно-промышленный комплекс [9] включает в себя три блока:

блок водоподготовки с комплексом приборов для измерения параметров и качества воды;

блок для исследования процессов охлаждения и замораживания воды и водных растворов на различных поверхностях (плоские, цилиндрические и т.д.);

блок для исследования эффективности различных схем холодоснабжения и процессов теплообмена воды и водных растворов в потоках.

Функциональная схема автоматизации опытно-промышленного комплекса с размещением датчиков температуры на плане модели ледового поля приведена на рисунке 6.1.

При исследовании процессов намораживания льда на плоской поверхности (модели ледового поля, например) конструкция поля, способ укладки трубопроводов для циркуляции хладоносителя, методы размещения датчиков температуры, контролирующих параметры железобетонной плиты и слоя льда, должны обеспечить достаточно корректную имитацию работы и параметров натуральных образцов ледовых полей.

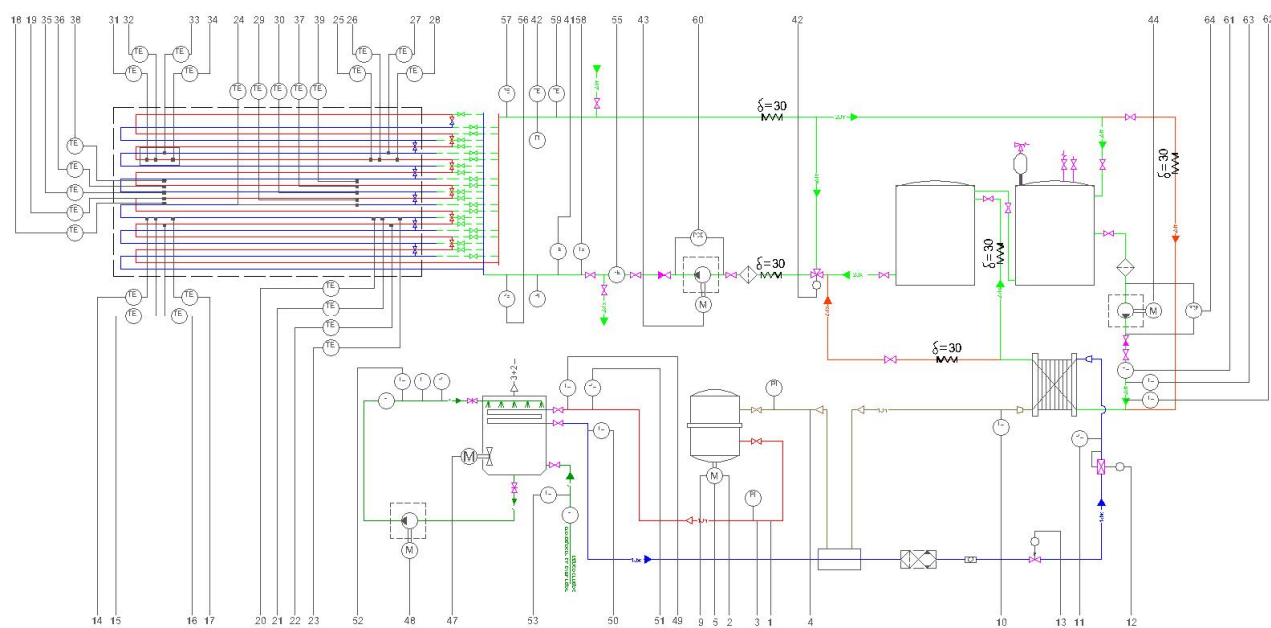


Рисунок 6.1 Схема автоматизации функциональная опытно-промышленного комплекса [9]

Наиболее актуальной проблемой при создании любого опытно-промышленного комплекса является разработка информационно-измерительной системы (ИИС) для оперативного автоматизированного контроля и анализа состояния испытываемой системы холодоснабжения и ее основных элементов [11].

Система предназначена для решения следующих задач:

- автоматизированной обработки информации при испытании любого блока или подсистемы, входящих в состав опытно-промышленного комплекса;
- экспресс-оценки состояния блока или подсистемы;
- сбора и накопления информации о параметрах оборудования;
- определения эффективности процессов и работы всей системы холодоснабжения.

При этом информационно-измерительная система должна выполнять следующие функции:

- первичный сбор информации о параметрах холодильного оборудования;
- вывод на экран компьютеров информации обо всех измеряемых параметрах в виде графиков различных цветов;
- архивирование параметров с задаваемой периодичностью;
- формирование таблиц и протоколов;
- обработка результатов испытаний, расчет основных показателей системы.

Используемые технические средства представлены законченными изделиями, в основном фирмы *Advantech*, на базе которых и создается мобильная автоматизированная измерительная система. Сбор данных и управление испытательными устройствами осуществляется через многоканальные модули ввода-вывода *ADAM* серии 4000, которые реализованы в однотипных корпусах, монтируются на панелях и *DIN*-рейках и объединяются по интерфейсу *RS-485*. Преобразование интерфейса *RS-232* в интерфейс *RS-485*, необходимое для подключения модулей ввода-вывода и ПЭВМ производится устройством *ADAM-4500* (рисунок 6.2).

Использование данного опытно-промышленного комплекса позволяет проводить широкий спектр научно-исследовательских работ, автоматизировать процесс сбора и обработки информации в ходе испытаний систем холодоснабжения, оценивать уровень эффективности этих систем и т.д. Внедрение таких комплексов позволит сделать реальный шаг в направлении повышения уровня подготовки магистрантов, возможности расширения объёма научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, переходу к автоматизации процессов испытаний систем холодоснабжения.

Высокую значимость приобретают также экспериментальные исследования камер хранения и замораживания продукции (как одного из основных потребителей холода), что потребовало разработки специального опытно-промышленного комплекса [10].

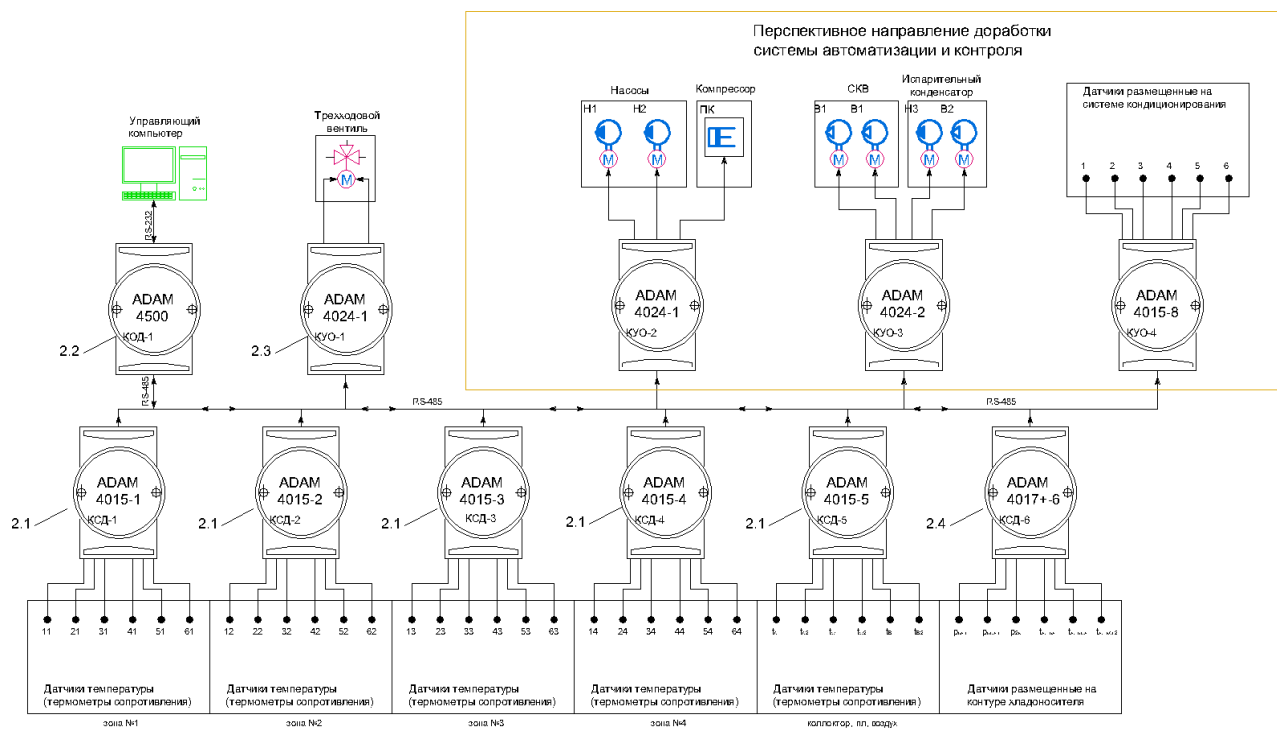


Рисунок 6.2 Упрощенная схема ИИС [11]

Необходимость решения сопряженных задач газодинамики с объединением разнообразных зон в объеме камер и формированием соответствующих граничных условий требует проведения вспомогательных экспериментальных исследований натуральных образцов камер или экспериментальных камер, построенных на принципах геометрического и газодинамического подобия. При этом следует учитывать, как конструктивные особенности каждой зоны, так и режимы течения газодинамических потоков. Датчики размещаются в точках на участках с равномерным движением газовой смеси и стабилизированным балансом энергии по сечению потока (см. рисунок 6.3).

Экспериментальные исследования позволяют определить области существования той или иной схемы сопряжения зон, наличие их газодинамического взаимодействия, методы формирования граничных и начальных условий. Результаты могут быть использованы для проверки математических моделей на адекватность.

Для понимания картины воздухораспределения в холодильной камере необходимо выяснить численное значение ряда параметров бесканальной системы охлаждения объектов.

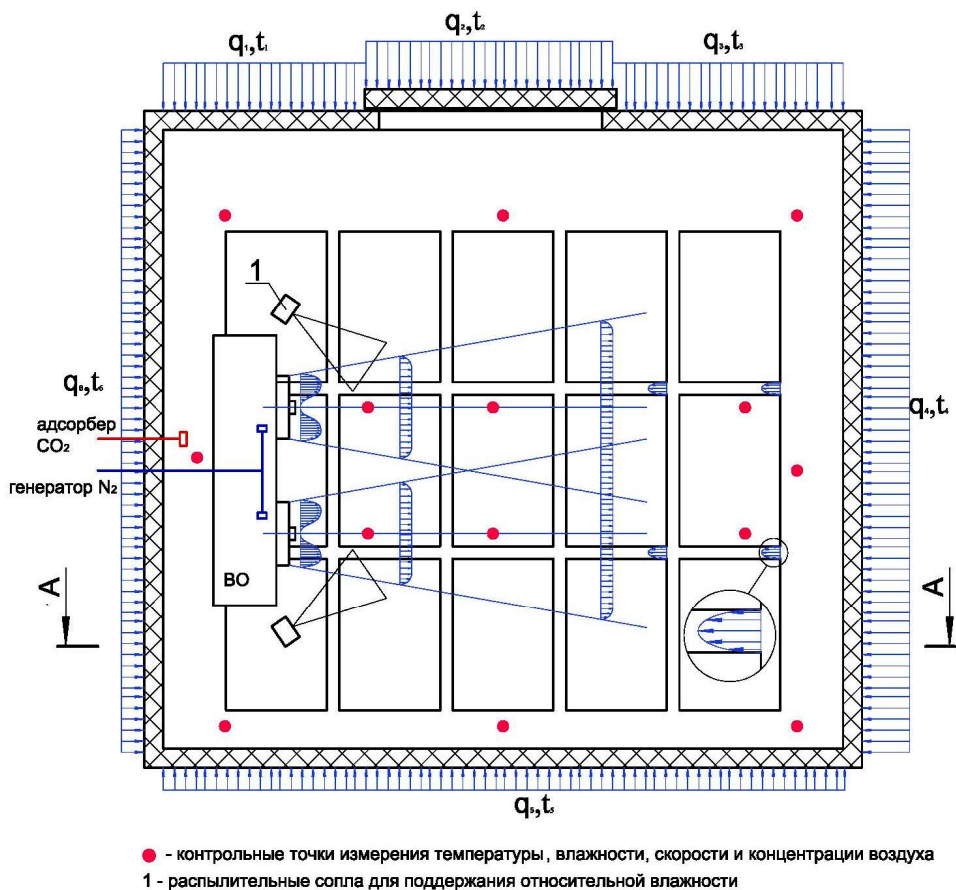


Рисунок 6.3 План размещения оборудования и контрольно-измерительных приборов в камере [10]

Формирование информационно-измерительной системы для проведения таких исследований базируется на комплексном использовании:

- средств измерений температурно-влажностных параметров газовой смеси в контрольных точках стесненного пространства камер;
- средств измерений скорости потоков;
- средств контроля концентрации используемых газов.

Предполагается контролировать параметры потоков:

- в распределительном и сборном пространствах;
- в стеллажном пространстве;
- на входе и выходе из воздухоохладителей.

С учетом возможностей информационно-измерительной системы (рисунок 6.4) и требований технологического кондиционирования камер газации разрабатываются соответствующие методики проведения испытаний.

Современные компьютерные технологии позволяют реализовать "вычислительные эксперименты" – исследования, основанные на применении прикладной математики и ЭВМ как технической базы при использовании математических моделей.



Рисунок 6.4 Информационно-измерительная система [10]

На основе математического моделирования и методов вычислительной математики разрабатываются теория и практика вычислительного эксперимента, технологический цикл которого принято разделять на ряд этапов:

1. Для исследуемых систем формируются модели, упрощающие предпосылки и условия применимости модели, границы, в которых будут справедливы полученные результаты. Модели записываются в виде математических соотношений, как правило, в виде алгебраических или дифференциальных уравнений.

2. Формируется метод решения математической задачи, на основе которого в дальнейшем строится алгоритм. Каждый конкретный расчет в вычислительном эксперименте проводится при фиксированных значениях всех параметров. При оптимизации системы или процесса приходится проводить большое число расчетов, отличающихся значениями отдельных исходных данных, что предопределяет уровень эффективности применения вычислительной техники.

3. Формируется пакет программ для реализации задач на ЭВМ. Часто используются универсальные инженерные программные комплексы, в которых уже реализованы типовые алгоритмы решения прикладных задач.

4. Выполнение расчетов на ЭВМ с получением результатов, подлежащих анализу. Точность численных решений определяется корректностью модели, положенной в основу эксперимента, правильностью алгоритмов и программ.



5. Обобщение результатов расчетов, их анализ, формирование выводов.

В холодильной технике известно немало объектов и систем, где вычислительный эксперимент оказывается единственно возможным при исследовании сложных систем. Кроме того, часто он экономически более выгоден, чем натурный эксперимент.

Компьютерные технологии позволяют использовать ЭВМ как высокоэффективное средство автоматизации научной работы при решении различных задач:

- подготовка научно-технических документов;
- получение результатов расчетов и численных исследований процессов, оборудования и систем холодоснабжения;
- построение двухмерных и трехмерных графиков.

Для обработки полученных экспериментальных данных и анализа результатов теоретических исследований широко используются компьютерные программные пакеты: *Mathcad*, *MATLAB*, *Maple*, *Mathematica*, *Statistica* и др. Они имеют удобные интерфейсы, реализуют множество стандартных и специальных математических операций, снабжены мощными графическими средствами и обладают собственными языками программирования. Указанные системы постоянно совершенствуются. Для обработки результатов исследований и их оформления получили широкое распространение такие универсальные программы, как *Microsoft Word*, *Microsoft Excel*, их аналоги *LibreOffice Writer* и *Calc*, и др. Программа *Microsoft Excel* предназначена для работы с таблицами данных, преимущественно числовых. При форматировании таблиц выполняют ввод, редактирование и форматирование текстовых и числовых данных, а также формул. Созданные таблицы могут быть выведены на печать. Пакет *Microsoft Excel* можно эффективно использовать:

- для проведения однотипных расчетов над большими наборами данных;
- решения задач путем подбора значений параметров, табулирования формул;
- обработки результатов экспериментов;
- проведения поиска оптимальных значений параметров;
- подготовки табличных документов;
- построения графиков и диаграмм по имеющимся данным.

## Вопросы

1. Основное содержание и структура эксперимента.
2. Организация эксперимента при исследовании процессов, оборудования и систем холодоснабжения в целом.

3. Какие виды экспериментов Вы знаете?
4. Особенности проведения натуральных экспериментов.
5. Понятия активного и пассивного экспериментов.
6. Классификация экспериментов по числу варьируемых факторов.
7. Особенности планирования экспериментальных исследований.
8. Разработка методик проведения экспериментальных исследований.
9. Особенности проведения исследований элементарных процессов в системах холодоснабжения.
10. Особенности исследования характеристик холодильного оборудования и систем.
11. Обоснование необходимости формирования опытно-промышленных комплексов в ИТМО.
12. Формирование ИИС и стенда для исследования процессов охлаждения и намораживания воды на плоской поверхности.
13. Формирование ИИС и стенда для исследования гидравлических и теплообменных процессов в экспериментальных камерах хранения продукции.
14. Особенности использования "вычислительных экспериментов", этапы реализации.
15. Использование универсальных программных продуктов для проведения численных исследований и обработки результатов экспериментов.

## **7 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Теоретические исследования могут быть использованы с целью:

- выявления связей между объектом (холодильной установкой) и окружающей средой;
- исследования основных закономерностей при протекании различных процессов в системе холодоснабжения;
- оценки гидравлического и теплового взаимодействия отдельных элементов системы;
- поиска значений параметров системы, которые соответствуют экстремальному значению функции отклика;
- реализации численных исследований процессов, отдельных видов оборудования и систем холодоснабжения в целом;
- изучения систем, недоступных для непосредственного исследования.

Основным направлением в теоретических исследованиях является математическое моделирование, которое представляет собой

математический метод исследования процессов, происходящих в системе и включает в себя построение математических моделей, создание численных методов решения этих уравнений и их компьютерная реализация.

Основными этапами математического моделирования отдельных процессов и оборудования в системах холодоснабжения являются:

1. Построение формализованной физической модели процесса или оборудования.

Создание такой модели заключается в разделении всех процессов на основные и второстепенные, а также в определении доминирующих факторов при варьировании параметров в диапазоне их возможного изменения.

2. Построение математической модели процесса или оборудования.

В соответствии с выбранной формализованной физической моделью формируется математическая модель, под которой понимается корректная, с точки зрения формальной математики, задача.

*Математическая модель* представляет собой систему математических соотношений – формул, функций, уравнений, систем уравнений, описывающих те или иные стороны изучаемого процесса или конкретного холодильного оборудования. Для моделирования могут быть использованы непрерывные или дискретные, детерминированные или вероятностные функции.

3. Теоретический анализ математической модели.

Проводится исследование корректности постановки и анализ единственности решения, что позволяет разрабатывать качественные численные методы и прогнозировать особенности решения.

4. Формирование вычислительного алгоритма.

На основании принятой физико-математической модели создается вычислительный алгоритм, ориентированный на тот или иной тип компьютерных систем.

5. Программирование.

Программная реализация, состоящая из этапов формирования и отладки программы (пакета программ), обеспечивающей возможность расширения, масштабирования и переносов программного обеспечения.

6. Организация полученных данных.

Решение проблем структурирования, представления, хранения и передачи информации.

7. Анализ результатов теоретического исследования.

Оценка степени пригодности выбранных физико-математических моделей, эффективности процессов.

В настоящее время реализованы разработки в виде специализированных программных комплексов (вычислительных пакетов), позволяющих проводить моделирование сложных и дорогих для натурального эксперимента процессов.

Современный подход к математическому моделированию тепломассообмена и течений жидкостей базируется на использовании средств вычислительной гидродинамики. При этом пакеты прикладных программ (ППП) включают в себя функциональные и системные компоненты. Функциональные компоненты связаны с формулировкой математической модели (уравнений Навье-Стокса, например) и разработкой численного алгоритма ее решения. Системные компоненты ориентированы на компьютерную реализацию вычислительного алгоритма.

При создании и эксплуатации сложных систем холодоснабжения требуется обычно проводить многочисленные теоретические исследования и расчеты:

- с оценкой различных технических и технико-экономических показателей, характеризующих различные свойства как отдельных подсистем, так и всей системы в целом;

- выбором оптимальных структур отдельных подсистем и структуры всей системы;

- выбором оптимальных значений параметров системы.

Выполнение таких исследований возможно лишь при наличии методов математического моделирования с использованием системного подхода [12, 13]. При этом представляется, что система холодоснабжения состоит из множества взаимодействующих подсистем и элементов.

Основная цель системного подхода – выявить механизм функционирования системы холодоснабжения, а для управляющих систем – обеспечить адаптацию к изменяющимся условиям эксплуатации. Анализ показывает, что система холодоснабжения может служить объектом системного подхода. Задача оптимизации холодильных установок совпадает с целью системного подхода – обеспечить максимальную эффективность работы системы при переменных условиях эксплуатации.

Иерархия задач математического моделирования, оптимального проектирования и эксплуатации формируется на базе принятой иерархии систем холодоснабжения. При этом чрезвычайно важно правильно определить состав оптимизированных параметров, основные ограничения и критерий оптимальности установки. Для оптимизации холодильных установок, имеющих длительный период функционирования, задача оптимизации может быть сведена к определению такого сочетания термодинамических, расходных, конструктивных параметров и вида схемы установок, при которых производство холода осуществляется с минимальными народнохозяйственными затратами при выполнении технологического регламента и всех внутренних и внешних ограничений.

Исходная информация при реализации процессов проектирования систем холодоснабжения объектов включает следующие данные:

- наименование производства (с указанием категории по уровню безопасности);

- климатическая зона;
- ассортимент охлаждаемой продукции или потока (наименование и состав каждого вида продукции или потока);
- требования к конструкциям охлаждающих устройств;
- интенсивность поступления продукции (суточный график поступления или массовые расходы охлаждаемых потоков жидкости или газа);
- интенсивность охлаждения каждого вида продукции;
- значения температур поступающей продукции (охлаждаемых потоков);
- значения температур продукции на выходе из охлаждающих устройств;
- значения давлений охлаждаемых потоков;
- координаты размещения в трехмерном пространстве каждого охлаждающего устройства.

Наибольшее значение имеют прямые связи с технологией производства, которые определяют параметры охлаждаемых технологических потоков, требования технологического регламента, точность поддержания параметров и т.д., что в значительной степени определяет схему холодоснабжения и конструктивные особенности холодильного оборудования [14, 15].

На основании указанной информации формируются графики изменения тепловых нагрузок по отдельным температурам кипения хладагента в течение суток или технологического цикла (см. рисунок 7.1).

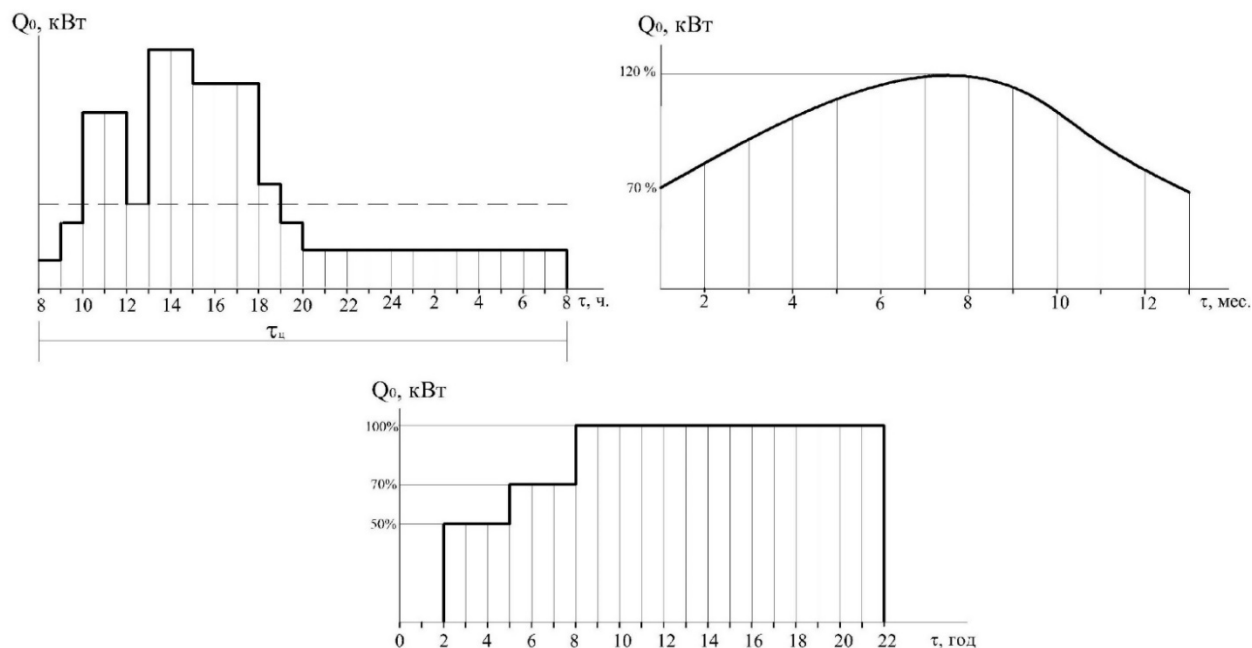


Рисунок 7.1 Характеры изменения тепловых нагрузок [15]

Важным этапом, предшествующим разработке математической модели холодильной установки, является выдвижение гипотез о структуре и особенностях функционирования объекта, которые позволяют сформировать некоторую логическую схему и представление о системе холодоснабжения, которые в конечном счете, преобразуются в некоторой физической или математический аналог объекта-оригинала. Переход от содержательного описания объекта к его математическому анализу называется *формализацией*.

В этом случае можно считать, что математические модели представляют собой формализованные представления систем холодоснабжения, служащие средством для исследования и прогнозирования их свойств, а также управления ими.

Значительная сложность схем холодоснабжения предприятий определяет целесообразность использования принципа декомпозиции, когда предполагается её деление на ряд соподчиненных подсистем.

Представляется, что наиболее целесообразно выделение определенного количества иерархических уровней в соответствии с предварительной формализацией и целью математического моделирования:

- система холодоснабжения в целом;
- энергетические (основные и вспомогательные) комплексы;
- отдельные подсистемы, включающие в себя группы оборудования;
- отдельные виды оборудования (элементы);
- отдельные элементарные процессы.

С учетом функциональных особенностей холодильных установок различного схемного исполнения [13] иерархическая структура компрессорных систем холодоснабжения формализована следующим образом. Каждая часть каскада (или система при бескасадном исполнении) состоит из основного энергетического комплекса и вспомогательного охлаждающего комплекса, включающего в себя множество потребителей холода (см. рисунок 7.2).

Задачей основного энергетического комплекса является сбор "отработанных" паровых потоков хладагента во всасывающих коллекторах компрессоров, реализация основных процессов холодильного цикла до формирования жидкостного потока перед его транспортировкой к потребителям холода или приборам охлаждения (испарителям). В нем выделяются следующие подсистемы:

- сжатия и промежуточного охлаждения паров хладагента;
- охлаждения и конденсации хладагента;
- подготовки хладагента к распределению по охлаждающим устройствам или потребителям холода различных уровней;
- условно сосредоточенная подсистема, к которой сводится вспомогательный охлаждающий комплекс.



Иерархическая структура компрессорной холодильной установки

ПсСПО – подсистема сжатия и промежуточного охлаждения; ПсОК – подсистема охлаждения и конденсации хладагента; ПсПРХ – подсистема подготовки хладагента к транспортировке и распределения хладагента по изотермам; МОХМ – множество отдельных холодильных машин; МОККА – множество отдельных компрессорно-конденсаторных агрегатов; МОКИА – множество компрессорно-испарительных агрегатов; МЦКНО – множество циркуляционных контуров непосредственного охлаждения; МЦКсПХН – множество циркуляционных контуров с промежуточным хладоносителем; РЦК ( $n_c = 1$ ) – разомкнутый циркуляционный контур; ЦК ( $n_c > 1$ ) – циркуляционный контур с кратностью циркуляции хладагента  $n_c > 1$ ; КсИТХР – контур с использованием термохимических реакций; КбезИТХР – контур без использования термохимических реакций.

Рисунок 7.2 Иерархическая структура компрессорной холодильной установки [13]

Задачей вспомогательного охлаждающего комплекса является реализация способностей жидкого хладагента или хладоносителя того или иного потенциала (по давлению и температуре) по отводу теплоты на различных температурных уровнях от охлаждаемых объектов. Причем отвод теплоты может осуществляться на одном или нескольких уровнях, что предопределяет соответствующие составы вспомогательных охлаждающих комплексов:

- множество циркуляционных контуров непосредственного охлаждения;
- множество циркуляционных комплексов с промежуточным хладоносителем.

Количество циркуляционных контуров соответствует количеству температур кипения хладагента в системе.

В системах непосредственного охлаждения в состав циркуляционных контуров входят:

- множество разветвленных паровых всасывающих трубопроводов (включая отделители жидкости);
- множество потребителей холода;
- подсистема разветвленных жидкостных трубопроводов;
- подсистема "жидкостный стояк – насосы";
- множество разветвленных парожидкостных обратных трубопроводов;
- множество подсистем "циркуляционный ресивер – насосы".

В системах косвенного охлаждения в состав циркуляционных контуров входят:

- множество потребителей холода (совместно с элементами управления и организации вынужденной локальной циркуляции жидкости);
- множество разветвленных жидкостных трубопроводов;
- множество подсистем «насосы – емкостное оборудование».

На базе указанной формализации предлагается строить:

- иерархию проектно-конструкторских и экспериментально-исследовательских работ;
- методологию структурной и параметрической оптимизации систем холодоснабжения;
- иерархическую структуру математической модели.

Таким образом, согласно предложенной формализации, осуществляется практически весь объем работ, направленных на достижение конечной цели – максимального повышения эффективности систем холодоснабжения.

Как правило, иерархия задач математического моделирования и оптимизации позволяет организовать последовательность решения (этапность). На первых этапах решаются задачи верхних уровней технологической иерархии, которые позволяют сформировать параметры связей и ограничения для каждой из низших подсистем и определить требования к их формированию.

Следует выделить несколько основных этапов системного подхода:

- выделение системы холодоснабжения из общего комплекса технологических производства в виде отдельной хладоэнергетической системы;
- формирование системы взаимосвязи системы холодоснабжения с другими системами производства;
- формирование схемы холодоснабжения;
- формирование системы взаимосвязи отдельных подсистем;
- формирование комплекса моделей, обеспечивающего решение задач оптимального проектирования или эксплуатации системы холодоснабжения.

Перечисленные этапы системного подхода позволяют в первую очередь решить проблему размерности задачи. Представление системы холодоснабжения в виде *иерархической структуры* позволяет значительно сократить размерность системы. Очевидно, что такое деление системы холодоснабжения оказывается возможным только с помощью методов взаимной увязки (координирования) отдельных подсистем и элементов. При выделении системы холодоснабжения из общего комплекса предприятия и решении задач оптимального проектирования и управления необходима организация обмена информацией со смежными системами предприятия



(энергоснабжение, водоснабжение, технология и др.) с помощью прямых и обратных связей.

Моделирование системы холодоснабжения состоит из ряда взаимосвязанных этапов:

- постановка задачи моделирования;
- составление математического описания;
- алгоритмизация математического описания;
- проектирование;
- проверка адекватности математической модели.

Постановка задачи моделирования включает в себя следующие этапы:

- 1) Подготовка и систематизация исходной информации;
- 2) Системное представление холодильной установки;
- 3) Определение цели и критерия оптимальности.

При заданных параметрах охлаждаемых потоков, конструкции устройств и их расположении в пространстве необходимо выбрать тип схемы, хладагент, хладоноситель, количество изотерм кипения, распределить по ним потребители холода, а также выбрать такую структуру связей между отдельными подсистемами и элементами систем, которые обеспечивают условие оптимальности при фиксированных ограничениях на структурные параметры.

В общем случае задача комплексной оптимизации предприятия в целом сводится к достижению максимального значения чистого дисконтированного дохода [13]

$$\max_{H \in H_0, X \in X_0, U \in U_0} \text{ЧДД}(H, X, U),$$

где  $H$  – вектор структурных параметров;  $X$  – вектор внутренних оптимизационных параметров;  $U$  – вектор параметров управления.

Для систем холодоснабжения при условии неизменности технологии производства задача оптимизации сводится к достижению условия

$$\min_x \int_x 3_x a_x d\tau = \min \sum_{t=0}^T 3_t a_t,$$

где  $3_t$  – затраты, осуществляемые на реализацию проекта в году  $t$ ;  $T$  – горизонт расчета;  $a_t$  – коэффициент дисконтирования.

Случайное воздействие предлагается оценивать с помощью его математического ожидания, что приводит к формальному отсутствию неопределенности и возможности использовать дискретно-непрерывные или детерминированные модели, при этом результаты интерпретируются с учетом вероятностной природы указанных параметров. При наличии информации о статистических законах распределения отказов [16, 17], стратегии ППР, интенсивности изменения эксплуатационных параметров отдельных элементов и схеме связей между ними появляется возможность определения эффективности работы системы с использованием основных

способов повышения надежности (изменения числа температур хладагента, резервирования, изменения конструкции элементов и т.п.) по условию

$$\min \sum_i \mathcal{Z}_i a_i, \quad \mathcal{Z}_i = \sum_i (K_i + K_{рез i}) + \int_x \mathcal{E}_x d\tau + \int_x C_{уц x} d\tau.$$

Методологию структурно-параметрической оптимизации систем холодоснабжения предлагается при этом базировать на совмещении принципов декомпозиции и композиции (см. рисунок 7.3).

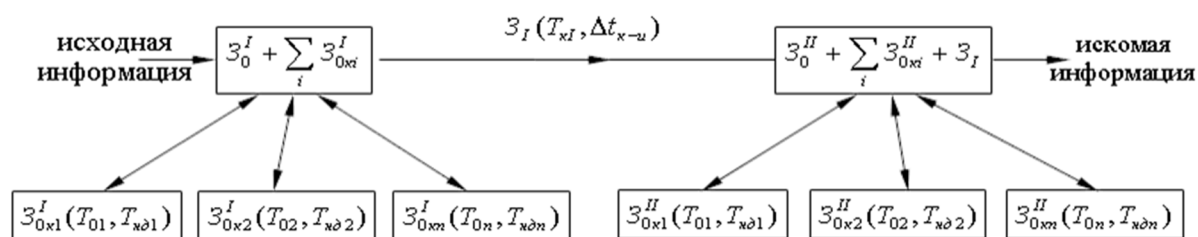


Рисунок 7.3 Совмещении принципов декомпозиции и композиции [13]

Именно сочетание указанных принципов декомпозиции и композиции позволяет решать задачи координирования этапов структурной и параметрической оптимизации основного оборудования, а значит, и предопределяет саму возможность деления процесса оптимизации на отдельные этапы и объединения их в единый алгоритм в режиме диалога. Использование регрессионных (имитационных) моделей, описывающих фрагменты подсистем элементов и процессов, позволяет обеспечить соответствие критерия оптимальности на отдельном этапе общему условию оптимальности при структурной и параметрической оптимизации системы холодоснабжения.

При этом в основу моделей отдельных комплексов или блоков могут входить результаты оптимизационных исследований объектов в виде соотношений между входными и выходными переменными или параметрами. Соотношений в общем случае может быть несколько, т.к. они могут отражать разнообразные взаимосвязи как физических параметров, так и технико-экономических. Получение указанных моделей возможно как на этапах предварительных общесистемных оптимизационных исследований, так и на выделенных этапах непосредственно в процессе автоматизированного проектирования.

Структурно-параметрическая оптимизация систем холодоснабжения таким образом, сводится к последовательному синтезу структур и оптимизации параметров отдельных комплексов (подсистем) с привлечением методов сопряжения с другими комплексами (подсистемами) на базе регрессионного (имитационного) моделирования. Модели подсистем и элементов представляет собой информационные отражения в детерминированном или индетерминированном виде связи между

обобщенными входными параметрами и оптимальным откликом, которые характерны только для конкретной подсистемы с конкретными стоимостными характеристиками используемых материалов, оборудования и энергии.

Откликом в данном случае являются значения обобщенных физических характеристик (перепады температур, давлений и др.). Зависимости для расчета оптимальных технико-экономических показателей также включаются во множество регрессионных соотношений, а результаты – во множество параметров отклика.

Сформулированная задача структурно-параметрической оптимизации является весьма сложной нелинейной задачей, а так как возникает необходимость оптимизировать состав оборудования, то указанная задача приобретает и комбинаторно-дискретный характер. Достаточно корректное решение может быть получено только при глубоком анализе специфики данной задачи и использовании методов многоуровневой оптимизации.

Обобщенный алгоритм структурно-параметрического синтеза холодильных установок предлагается формировать из нескольких скоординированных этапов:

- выбор хладагентов и типа схемы;
- направленный поиск приближенной структуры и оптимального распределения потребителей холода и тепла по температурным уровням (или диапазонам) при использовании регрессионного (имитационного) моделирования теплообменного и компрессорного оборудования;
- эмпирико-эвристический последовательный синтез уточненных структур основного энергетического комплекса первой части каскада с вариантами фиксированных множеств температур кипения хладагента на базе соотношений о степени воздействия изменения структуры на общую эффективность системы;
- структурно-параметрическая оптимизация контуров вспомогательного охлаждающего комплекса первой части каскада с формированием их математических моделей;
- многоуровневая параметрическая оптимизация оборудования с совмещением принципов декомпозиции и композиции (при стягивании контуров вспомогательного комплекса в псевдовершины основного энергетического комплекса);
- формирование регрессионных (имитационных) моделей для первой части каскада в виде зависимости критерия эффективности:

$$Z_C^I = f(T_K^I, \Delta t_{K-U}),$$

где  $T_K^I$  – температура конденсации в нижней ветви каскада;  $\Delta t_{K-U}$  – перепад температур в конденсаторе-испарителе;

- реализация этапов структурно-параметрического синтеза для второй части каскада аналогично п. 2 – 4, рассматривая первую часть каскада в качестве выделенного потребителя холода второй части каскада;

– корректировка структуры за счет оптимизации надежности холодильной установки как сложной функционально-логической схемы с помощью методов статистического моделирования.

Выбор хладагента и типа схемы осуществляется предварительно с использованием эмпирико-эвристических методов на базе анализа всей информации об объекте и конструкции охлаждающих устройств (обычно в режиме диалога).

Распределение потребителей холода по изотермам осуществляется после достижения условия

$$\min \left\{ \sum_{t=0}^T \alpha_t \left\{ \left[ \sum \sum \left( D_{Tij}^* \cdot \frac{1}{\eta_{ki}} + D_{\Gamma ij}^* \cdot \frac{1}{\eta_{nij}} \right) + \sum \left( D_{Tij} \cdot \frac{1}{\eta_{ki}} + D_{\Gamma ij} \cdot \frac{1}{\eta_{ni}} \right) \right] \cdot \tau_{\Gamma} \cdot c_{1\alpha} + \sum_i \sum_j K_{ij} \right\} \right\},$$

где  $D_{Tij}$ ,  $D_{\Gamma ij}$  – тепловые и гидравлические потери эксергии в теплообменниках, испарителях и др. элементах системы;

$K_{ij}$  – капитальные затраты на теплообменники, испарители и др. элементы системы.

В процессе синтеза каждая подсистема "вложенных" циркуляционных контуров (каждого температурного уровня) вспомогательного охлаждающего комплекса сводится к псевдовершине основного энергетического комплекса, имеющей математическое описание, сформулированное при проведении оптимизационного исследования соответствующей подсистемы. Указанный подход дает возможность провести декомпозицию графового описания всей системы и значительно упростить его.

Последовательное формирование структуры основного энергетического комплекса реализуется с помощью специального информационного графа, на котором вершины отображают типовые процедуры синтеза отдельных подсистем.

Структурно-параметрическая оптимизация трубопроводных подсистем [18, 19] сводится к достижению условия

$$\min Z_{\text{тр}}(\Gamma, W, q),$$

где  $\Gamma$  – структурный параметр, характеризующий схему трассировки трубопроводов;  $W$ ,  $q$  – векторы скорости хладоносителя в трубах и плотности теплового потока через изоляцию трубопроводов.

Структурная оптимизация трубопроводов успешно решается путем приведения ее к модифицированной задаче Штейнера. Параметрическая оптимизация разветвленных трубопроводов решается с использованием методов динамического программирования.

Параметрическая оптимизация каскадной холодильной установки сводится к достижению условия

$$\begin{aligned} \min Z(H, X, U) &= \min[Z^I + Z^{II}] = \min[Z_{\text{ЭК}}^I + \sum_i^{m_I} Z_{\text{ОК } i}^{II} + Z_{\text{ЭК}}^{II} + \sum_{i=m_I+1}^{m_{II}} Z_{\text{ОК } i}^{II}] = \\ &= \min[Z^I(T_K^I, \Delta t_{K-U}) + Z_{\text{ЭК}}^{II}(X, U) + \sum_{i=m_I+1}^{m_{II}} Z_{\text{ОК } i}^{II}(T_{O i}, T_{\text{НО } i}, \Delta t_{\text{min } i})]. \end{aligned}$$

Математические модели, полученные по результатам оптимизационных исследований первой части каскада при фиксированном множестве закрепленных параметров  $T_K^I$  и  $\Delta t_{K-U}$  и вспомогательных охлаждающих контуров второй части каскада, используются при оптимизации всей системы в целом (см. рисунок 7.3). Основные параметры, определяющие эффективность как вспомогательных комплексов, так и всей системы представлены на рисунке 7.4.

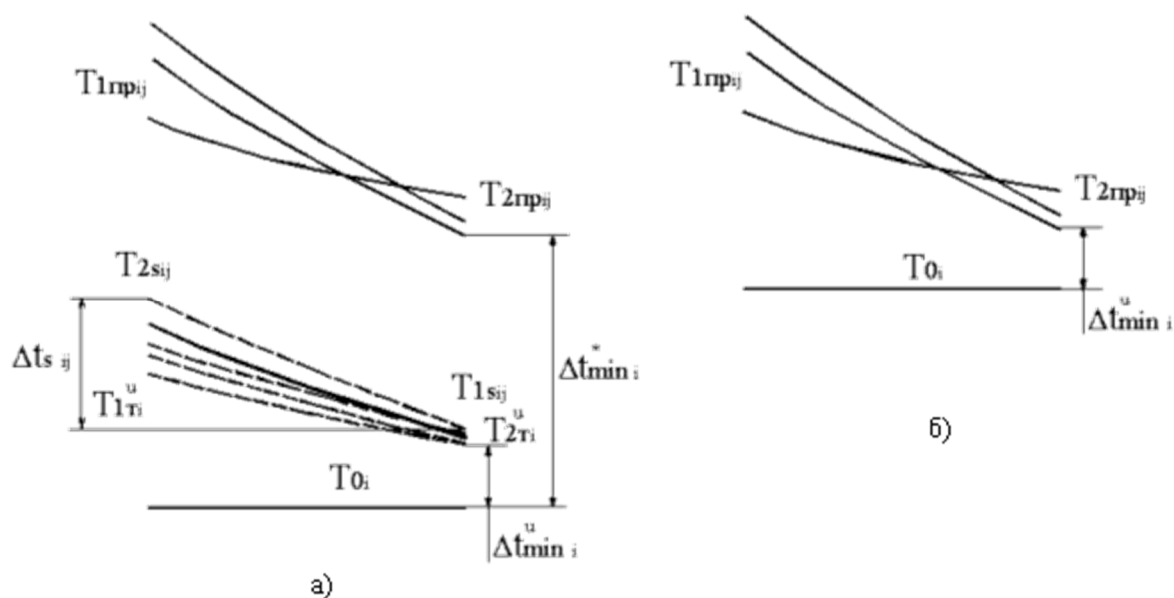


Рисунок 7.4 Параметры, характеризующие работу охлаждающих приборов: а) перепады температур во вспомогательном охлаждающем комплексе системы с промежуточным хладоносителем; б) перепады температур во вспомогательном охлаждающем комплексе системы непосредственного охлаждения [13]

Система холодоснабжения последовательно формируется в виде ориентированного связного потокового графа, математическая модель системы генерируется с помощью метода модульного программирования из заранее составленных математических моделей отдельных типовых элементов; решение общей системы уравнений осуществляется методом разрыва замкнутых контуров графа после охлаждающих устройств всех температурных уровней, что сводит систему контуров к эквивалентной разомкнутой системе, представленной в виде формального дерева связного графа.

Расчет любого контура сводится к последовательному анализу выделенных подсистем (состоящих из определенных совокупностей элементов, которые рассчитываются и исследуются только совместно) с формированием регрессионных (имитационных) моделей, используемых при исследовании подсистем более высокого уровня (на базе принципов композиции). Расчеты замкнутых контуров сводятся к последовательному модульному расчету отдельных подсистем условно разомкнутых контуров. Организация последовательного расчета основного и вспомогательного контуров на принципах термоэкономики.

Динамические процессы холодильной техники в большинстве случаев имеют достаточно большую постоянную времени, что дает возможность рассматривать их в виде последовательности стационарных процессов, т. е. использовать квазистационарные модели объектов.

Функция цели (ЧДД или  $Z_t$ ) выражается в этом случае системой нелинейных и трансцендентных уравнений с большим числом ограничений и логических связей, поэтому данная задача составляет предмет нелинейного программирования. При решении задач параметрической оптимизации неплохо зарекомендовал себя метод скользящего допуска [20]. Для решения общей многоуровневой задачи структурно-параметрической оптимизации использовались методы нелинейного, динамического и комбинированного программирования.

## Вопросы

1. Цели и задачи теоретических исследований.
2. Основные этапы математического моделирования.
3. Особенности использования системного подхода при моделировании систем холодоснабжения.
4. Основная цель системного подхода.
5. Исходная информация при реализации процессов проектирования и исследования холодильных установок.
6. Декомпозиция схем холодоснабжения.
7. Особенности формализации иерархической структуры компрессорной холодильной установки.
8. Составы вспомогательных циркуляционных контуров схем непосредственного охлаждения.
9. Критерии оптимизации.
10. Совмещение принципов композиционного и декомпозиционного проектирования.
11. Этапы работы по постановке задачи моделирования систем холодоснабжения.

## 8 ФОРМИРОВАНИЕ И ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты научной деятельности могут быть использованы на практике только при правильной организации, проведении исследований и корректном оформлении результатов научных изысканий в виде отчетов, докладов, статей и др.

При подготовке научной рукописи наряду с ясностью изложения, системностью и последовательностью в подаче материала необходимо соблюдать требования к оформлению согласно ГОСТ 7.32-2017, которые формируются для каждого вида рукописи [21, 26].

Текст рукописи следует делить на абзацы. Критерием такого деления является смысл. Правильная разбивка облегчает чтение и усвоение содержания. В рукописи следует избегать повторений, не допускается переход к новой мысли, пока первая не получила законченного выражения. Цитаты в рукописи должны иметь точные ссылки на источники. Весь вспомогательный материал лучше привести в виде приложения.

Любая научная работа включает ряд составных элементов. Перечислим основные требования, предъявляемые к ним.

*Название* работы должно быть кратким, определенным, отвечающим содержанию исследования, так как по нему научная работа будет классифицирована в библиотечном каталоге.

*Оглавление* призвано раскрыть перед читателем в краткой форме содержание работы путем обозначения основных разделов, частей, глав и других составных элементов рукописи.

Иногда при оформлении научной работы возникает необходимость дать *предисловие*. В нем излагаются внешние предпосылки создания научного труда: чем вызвано его появление, когда и где была выполнена работа, перечисляются организации и лица, оказывавшие содействие при выполнении данной работы.

Во *введении* автор должен ввести читателя в круг рассматриваемых проблем, чтобы подготовить к лучшему усвоению изложенного материала. В нем определяются: значение проблемы, ее актуальность, цели и задачи, поставленные автором при написании научной работы, состояние проблемы на данный момент.

Вслед за введением дается *краткий обзор литературы* по рассматриваемому вопросу, который должен описывать развитие

исследований по рассматриваемой проблеме и определить положение оформляемой работы в общей структуре научных документов по данной теме.

В *основное содержание* работы включаются материалы, методы, экспериментальные данные, обобщения и выводы самого исследования. Для облегчения восприятия текст может сопровождаться иллюстрациями. В частности, цифровой материал целесообразно представлять в виде таблиц, диаграмм, графиков.

*Выводы* должны располагаться в конце работы как итоговый материал в виде кратко сформулированных отдельных тезисов либо в связном, но предельно сжатом изложении. В них надо соблюдать принцип: от частных к наиболее общим и важным положениям. Выводы должны отвечать только тому материалу, который изложен в работе, причем акцент должен быть сделан на новых результатах, полученных автором.

В *заключении* дается обобщение наиболее существенных положений научной работы. Человек, знакомый с исследованиями по данному направлению, прочитав заключение, должен ясно представить качественную сущность данной работы (без ее методических и конкретных количественных аспектов), сделать определенные выводы о возможных направлениях дальнейших исследований.

В конце работы приводится *перечень литературных источников* на основе порядковых номеров, указанных в тексте. Нумерация должна соответствовать порядку упоминания литературных источников в тексте либо располагаться в алфавитном порядке по фамилиям авторов (если количество авторов более трех, то расположение в списке определяется названием). Описание каждого литературного источника (книги, журналы, статьи и др.), как правило, должно включать фамилии и инициалы авторов, название, место и год издания, объем в страницах.

При необходимости в конце работы дается *приложение*, куда входят вспомогательные таблицы, графики, дополнительные тексты и прочие материалы. При этом каждому материалу, таблице, графику присваивается самостоятельный порядковый номер, который указывается в тексте при ссылке на материалы приложения.

Часто на основании текста работы приходится готовить аннотацию или реферат, основные требования к которым содержит ГОСТ 7.9-95.

*Аннотация* – это краткая характеристика научной работы, которая включает тип произведения, основную тему, проблему, объект, цель работы и ее результаты. Основная функция аннотации – сигнальная. В ней очерчивается круг вопросов, рассмотренных в данном произведении, и указывается категория читателей, для которой оно предназначено. При написании аннотации употребляются фразы с глаголами в возвратной форме («рассматривается», «обсуждается», «исследуется» и т.п.) или пассивной («рассмотрен», «исследован», «доказан» и т.п.). Средний ее



объем – 500 печатных знаков. Аннотации помещаются в книгах, брошюрах, тематических планах издательств и т. д. (в книгах они располагаются, как правило, на обратной стороне титульного листа).

*Реферат* представляет собой сокращенное изложение содержания научной работы с основными сведениями и выводами. Согласно ГОСТ 7.9-95 реферат должен включать заглавие реферата (как правило, совпадающее с заглавием первичного документа) и его текст. Текст реферата включает тему, предмет, характер, цель работы, методы проведения работы, конкретные ее результаты (теоретические, экспериментальные, описательные), при этом предпочтение отдают новым и проверенным фактам, результатам долгосрочного значения, открытиям, важным для решения практических вопросов, а также выводы, характеристику области применения работы. Средний объем реферата в зависимости от объема реферируемых документов не должен превышать печатных знаков: 500 – для заметок и кратких сообщений; 1000 – для большинства статей, патентов; 2500 – для документов большого объема. Основная функция реферата в отличие от аннотации – познавательная, поэтому он может включать в себя фразы, выраженные любой грамматической формой. Рефераты помещаются в реферативных журналах и сборниках, информационных картах и др.

Основным документом, который оформляется по результатам научно-исследовательских работ, является *научно-технический отчет*. Согласно ГОСТ 7.32-2017 он должен включать аннотацию и реферат с кратким изложением задач исследования и полученных результатов, введение с характеристикой отечественных и зарубежных достижений по исследуемой проблеме и текст отчета. В текст отчета входят: постановка задачи, формулировка технического задания, анализ известных способов решения задачи, обоснование выбора метода решения задачи, расчеты и результаты экспериментов, выводы с сопоставлением и анализом полученных в процессе исследования теоретических и экспериментальных данных, заключение с оценкой результатов и указанием путей их использования.

## **Вопросы**

1. Обработка и анализ результатов исследований.
2. Требования к оформлению результатов исследований.
3. Содержание аннотации.
4. Структура и содержание рефератов.
5. Требования к оформлению научно-технических отчетов

## **9 ОРГАНИЗАЦИЯ НИР В РОССИИ**

### **9.1 Организационная структура НИР в России**

Общее руководство научными исследованиями в стране осуществляет правительство РФ, являясь высшим органом управления в стране, обеспечивает единую политику в области науки и техники, планирует НИР, определяет основные направления и программы работ по решению важнейших научных и научно-технических проблем, принимает меры по повышению эффективности научных исследований и использованию их на производстве.

Непосредственное руководство научными исследованиями в стране осуществляет Министерство науки и высшего образования России, оно является государственным органом управления, который проводит государственную политику, осуществляет регулирование и руководство в области науки, технологий и информатизации. Главными задачами Министерства являются:

- разработка и реализация государственной политики в области науки, технологии и информатизации;
- координация деятельности министерств и иных республиканских органов управления, объединений, организаций и высших учебных заведений в области научной, научно-технической, инновационной деятельности и информатизации, а также международного сотрудничества в этих направлениях;
- проведение единой государственной политики в области международного научно-технического сотрудничества;
- обеспечение контроля исполнения законодательства РФ по вопросам науки и технологий, а также использования государственных средств, выделяемых на финансирование науки;
- организационно-экономическое регулирование науки и техники;
- совершенствование структуры научно-технического потенциала РФ и повышение эффективности его использования.

Высшим научным учреждением РФ является Российская Академия Наук, осуществляющая фундаментальные научные разработки в области общественных и естественных наук и координирующая такие исследования во всех научных учреждениях и высших учебных заведениях страны. АН функционирует на основе Устава РАН. Руководящими органами являются: общее Собрание РАН, Президиум РАН, Президент РАН.

Таблица 9.1 – Организация науки в России

Министерства, ведомства	Российская Академия Наук	Учреждения высшего профессионального образования		
		Университеты	Академии	Институты
Научно-исследовательские институты	Региональные Научные центры	Университеты	Академии	Институты
	Научно-исследовательские институты	НИИ, факультеты	НИИ, факультеты	Факультеты
Лаборатории	Лаборатории	Лаборатории	Лаборатории	Лаборатории
		Кафедры	Кафедры	Кафедры

В состав РАН входят отделения по областям науки и региональные научные центры, при РАН состоят Научные Советы, комиссии, организуемые в порядке, устанавливаемом Президиумом РАН [24].

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в России осуществляется через *аспирантуру* и *докторантуру*. В России принята система присуждения *ученых степеней* кандидата и доктора наук. Научным работникам, совмещающим исследовательскую деятельность с преподавательской работой, присуждаются *ученые звания*: доцент, профессор. Аттестацию научных кадров в РФ осуществляет Высший аттестационный комитет – ВАК России.

### Организация НИР в вузах страны

Значительный объем научных исследований выполняют высшие учебные заведения страны. Одним из преимуществ вузов при выполнении научных исследований перед другими научными организациями является наличие в их составе учёных и специалистов различного профиля, что позволяет проводить комплексные исследования на стыке научных дисциплин, обеспечивать мобильность научных коллективов.

К выполнению научных исследований в вузе привлекается профессорско-преподавательский состав, составляющий основное ядро высшей школы [3, с. 16]. В вузах, обеспечивающих высокую эффективность научных исследований по актуальным направлениям, организуются научные учреждения – проблемные научно-исследовательские лаборатории, а в некоторых случаях и самостоятельные научные учреждения (НИИ).

На факультетах, в проблемных лабораториях и НИИ разрабатываются в основном фундаментальные и поисковые темы. Прикладные исследования выполняются, как правило, профессорско-преподавательским составом в

свободное от основной работы время на основе хозяйственных договоров с организациями и предприятиями. Для выполнения хоздоговорных работ кафедры имеют право привлекать дополнительных штатных работников, совместителей, учебно-вспомогательный персонал, аспирантов и студентов.

Для организации хоздоговорных научных исследований в вузах создаются научно-исследовательские секторы (НИС) или научно-исследовательские части (НИЧ). Они осуществляют контроль за своевременностью и качеством выполняемых исследований, правильностью финансовых расчётов.

Концентрация научных исследований на факультетах, в научных учреждениях вузов под руководством высококвалифицированных учёных с одновременной подготовкой научной смены через аспирантуру, возможность отбирать и оставлять в вузах наиболее талантливых выпускников, создаёт благоприятные условия для формирования в вузах научных школ, имеющих высокий авторитет в соответствующих областях знаний. Правила написания и оформления учебно-методической и научной литературы приведены в [25, 26].

Задачи, выдвигаемые современным производством перед инженерными кадрами, настолько сложны, что их решение требует творческого поиска, исследовательских навыков. В связи с этим современный специалист должен владеть не только необходимой суммой фундаментальных и специальных знаний, но и определёнными навыками творческого решения практических задач, постоянно повышать свою квалификацию, быстро адаптироваться к изменяющимся условиям. Их формирование начинается в вузе через участие студентов в научно-исследовательской работе.

Исследования с участием студентов следует выполнять в определенной последовательности. Этапы работ зависят от вида, объекта и целей научного исследования. Представляется необходимым сначала дать общую характеристику каждому этапу научно-исследовательской работы.

1. Подготовительный этап включает: выбор темы; обоснование необходимости проведения исследования по ней; определение гипотез, целей и задач исследования; разработку плана или программы научного исследования; подготовку средств исследования (инструментария). Вначале формулируется тема научного исследования и обосновываются причины её разработки. Путем предварительного ознакомления с литературой и материалами ранее проведенных исследований выясняется, в какой мере вопросы темы изучены и каковы полученные результаты.

2. Исследовательский этап состоит из систематического изучения литературы по теме, статистических сведений и архивных материалов; проведения теоретических и экспериментальных исследований, в том числе сбора обработки, обобщения и анализа полученных данных; объяснения

новых научных фактов, аргументирования и формулирования положений, выводов и практических рекомендаций и предложений.

3. Работа над рукописью и ее оформление.

4. Работа по подготовке результатов исследований к внедрению. Научные исследования не всегда завершаются этим этапом, но иногда научные работы студентов (например, дипломные работы) рекомендуются для внедрения в производство или в учебный процесс.

Результаты работ могут быть изложены в виде отчета, научной статьи, доклада, монографии, диссертации, заявки на предполагаемое изобретение и т.д.

Каждое высшее учебное заведение может устанавливать свой внутренний порядок организации и проведения работ по НИР, научной подготовки магистрантов и аспирантов.

В Университете ИТМО действует ПОЛОЖЕНИЕ СМК-595-2017, в котором регламентируется порядок организации работ и требования к НИР [23].

## **Вопросы**

1. Кто осуществляет общее руководство и планирование НИР?
2. Основные задачи руководства НИР.
3. Функции РАН, ее состав.
4. Организация НИР в вузах России.
5. Общая характеристика этапов НИР в вузе.
6. Порядок организации работ и требования к НИР в вузах (на примере ИТМО).

## **9.2 Организация поиска и сбора НТИ**

Подготовительный этап НИР начинается с поиска и сбора информации по теме исследования, ее систематизации и анализа. Работа с научной информацией продолжается все время проведения исследования. Исходную информацию можно найти в научной литературе, периодической печати, информационных банках данных, информационных сетях, наиболее мощным и динамичным из которых является Интернет.

Научная информация сохраняется и передается с помощью опубликованных и неопубликованных источников, которые условно разделяются на первичные (книги, статьи, описания патентов, диссертации и т.д.) и вторичные, содержащие сведения о первичных источниках –

библиографические указатели, каталоги, картотеки, реферативные журналы, электронная информация в удаленных сетях и т.д. [19, с.26 – 30].

Процесс поиска НТИ должен базироваться на знаниях основ библиографии. Основным средством поиска при этом являются каталоги: алфавитный, систематический и алфавитно-предметный. Наибольшее применение получил систематический каталог, где библиографические данные сведены в систему благодаря специальной библиографической классификации.

При этом каждой книге и периодическому изданию присваивается комплект библиографических индексов (*ISBN*, *ISSN*, ББК, УДК, авторский знак). Эти индексы нужны для регистрации и отражения издания в каталогах библиотек, книжных магазинов, надзирающих государственных органов [3, с. 68].

*ISBN* – международная стандартная нумерация книг. В ней каждой книге присваивается уникальный номер, по которому ее можно однозначно идентифицировать. Аналогично символами *ISSN* указывается международная стандартная нумерация сериальных изданий.

*ББК* – это отечественная библиотечно-библиографическая классификация, которая применяется в крупнейших универсальных библиотеках.

Наибольшее распространение получила *универсальная десятичная классификация* (УДК), которая используется более чем в 50 странах мира и юридически является собственностью Международной федерации по документации (МФД), отвечающей за дальнейшую разработку таблиц УДК, их состояние и издание.

УДК состоит из основной и вспомогательной таблиц.

*Основная таблица* содержит понятия и соответствующие им индексы, с помощью которых систематизируют человеческие знания. Каждый из классов разделен на десять разделов, которые, в свою очередь, подразделяются на десять более мелких подразделов и т. д. Для лучшей наглядности и удобства чтения всего индекса после каждых трех цифр, начиная слева, ставится точка. Внутри каждого раздела применяется иерархическое построение от общего к частному с использованием того же десятичного кода. Детализация понятий осуществляется за счет удлинения индексов, при этом каждая последующая присоединяемая цифра не меняет значения и смысла предыдущих, а лишь уточняет их, обозначая более узкое понятие. Например: УДК 621.56/.59 – Холодильная техника; УДК 621.65/.69 – Насосы; УДК 621.63 – Вентиляторы; УДК 628.84 – Кондиционеры и т. д.

Наряду с основной таблицей, в УДК имеются вспомогательные таблицы определителей, позволяющие проводить дальнейшую детализацию индексов. Эти определители отражают общие, повторяющиеся для многих предметов признаки. Чтобы их отразить, помимо цифр

используются специальные знаки. Например, после знака равенства «=» указывается индекс, соответствующий языку издания.

Для облегчения работы с таблицами УДК к ним прилагается алфавитно-предметный указатель, с помощью которого по понятиям можно определить их местонахождение в схеме. Понятия в указателе расположены в алфавитном порядке, справа от каждого понятия приведен соответствующий индекс.

Развитие информационных технологий, в частности Интернета, дает возможность проведения глобального информационного поиска. Существуют специальные поисковые сайты (*google.com*, *yandex.ru*, *teoma.com*, *rambler.ru* и другие), позволяющие по ключевым словам или словосочетаниям отыскать необходимую информацию. Однако доступ к наиболее ценной для практического применения информации ограничен с целью защиты интеллектуальной собственности.

При проведении НИР широко используются первичные источники (диссертации, статьи, описание патентов и т.д.).

*Диссертация* – квалификационная научная работа в определенной области наук, содержащая совокупность научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты и свидетельствующая о личном вкладе автора в науку и о его качествах как ученого. Основу диссертации составляют выполненные и опубликованные научные работы, открытия или крупные изобретения, внедренные в производство технологические процессы и др.

Все диссертации по техническим дисциплинам находятся в Российской государственной библиотеке и во ВНИИЦентре [24, с. 31].

Автореферат диссертации рассылается автором во все крупные библиотеки, научные центры, его тираж – 100 экземпляров.

*Депонированные рукописи* – переданные на хранение в орган-депозитарий научные работы, выполненные индивидуально или в соавторстве и рассчитанные на ограниченный круг потребителей. Депонирование сокращает срок публикации, обеспечивает доступ исследователей к непубликуемым материалам. Депонирование осуществляется централизованно. Сведения о депонированных рукописях отражаются в реферативных журналах (РЖ) и библиографических указателях. Все заинтересованные потребители могут заказать ксерокопию любой депонированной рукописи. Депонирование было введено с 1971 года с целью ознакомления ученых и специалистов с рукописями статей и обзоров узкоспециального характера, которые нецелесообразно публиковать обычными способами печати. Рукописи разных научных направлений депонируются разными органами-депозитариями: по естественным, точным наукам и технике – в ВИНТИ. Депонированные рукописи приравниваются к публикациям. Авторы сохраняют право на публикацию статей в научных изданиях. Ограничения по объему

депонированных рукописей значительно меньше, чем для публикаций, что позволяет автору более полно представить результаты своей работы.

*Научный отчет* – отчет научной организации о проведенном исследовании, доступен организациям и частным лицам, хранится в фонде ВНТИЦентра.

*Вторичные источники* являются конечным результатом аналитико-синтетической переработки информации (АСПИ), они служат посредниками между документами и реципиентами (читателями, зрителями, слушателями).

Различаются следующие виды АСПИ: библиографическое описание произведений печати и других документов, аннотирование, реферирование, научно-технический перевод, систематизация и обобщение научно-технических данных, составление каталогов и обзоров научно-технической литературы.

Каталоги (картотеки), указатели могут быть составлены по различным признакам. Существуют алфавитный, авторский, предметный, нумерационный, хронологический, систематический каталоги (по отраслям знаний, независимо от того, кто является автором), картотеки персоналий, адресные картотеки.

Источники информации хранятся в библиотеках и архивах страны.

Для сбора полной и достоверной информации по интересующей теме необходимо воспользоваться продуктом деятельности Государственной системы научно-технической информации (ГС НТИ). *ГС НТИ* представляет собой совокупность всероссийских, региональных, ведомственных и низовых органов НТИ, призванных профессионально заниматься сбором, хранением, аналитической переработкой всей имеющейся и вновь появляющейся информации.

Крупнейшими всероссийскими органами НТИ являются ВНТИЦентр, ВИНТИ, ГПНТБ, ВКП, РГБ.

*ВНТИЦентр* – всероссийский научно-технический информационный центр: в его фондах имеется информация по всем научным направлениям. Расположен по адресу: Москва, ул. Смольная, 14. В фонде ВНТИЦентра имеются только неопубликованные материалы:

- кандидатские и докторские диссертации,
- научные отчеты,
- алгоритмы и программы,
- научно-технические переводы иностранных статей и книг.

ВНТИЦентр издает:

– *Сборники рефератов* НИР и ОКР по 29 сериям, охватывающим все отрасли науки. Сборники сопровождаются предметным, авторским, нумерационным указателями. Каждый документ во ВНТИЦентре имеет свой порядковый одиннадцатизначный номер. Кроме библиографических сведений каждого нового документа, поступившего в фонд, его



сопровождает небольшой реферат о его содержании. Сборники выходят в свет периодически 6-12 раз в году.

– *Бюллетень регистрации НИР*, выходящий периодически по тем же сериям, что и Сборники рефератов, сообщает, какие НИР, какими организациями и в какие сроки начаты, и когда будут завершены.

– *Аналитические обзоры* по отдельным актуальным темам со списком источников,

*ВИНИТИ* – всероссийский институт научной и технической информации, находится в г. Люберцы, Московской обл. Располагает как опубликованными, так и непубликуемыми источниками информации по естественным, точным наукам и технике. В фондах ВИНИТИ имеются:

– книги отечественные – за последние 5 лет, включая текущий, зарубежные – за последние 8 лет, включая текущий;

– журналы отечественные – за последние 3 года, включая текущий, зарубежные – за последние 5 лет, включая текущий;

– описание авторских свидетельств;

– рукописи, депонированные в ВИНИТИ (без срока давности).

ВИНИТИ издает:

– реферативные журналы по отдельным отраслям науки,

– периодический сборник “Итоги науки и техники”,

– библиографический указатель “Депонированные работы”,

– информационный бюллетень “Международные съезды, конференции, симпозиумы”.

ВИНИТИ выполняет ксеро- и фотокопии отдельных статей, книг, рукописей наложенным платежом. Заказ оформляется на специальных бланках.

*ГПНТБ* – государственная публичная научно-техническая библиотека (Москва, Кузнецкий мост, 12). Располагает богатейшим фондом отечественных и зарубежных книг, журналов по естественным, точным наукам и технике, алгоритмами и программами. Выполняет заказы для организаций и частных лиц наложенным платежом по специальным бланкам.

*Всероссийская книжная палата* – располагает всеми книгами и журналами, которые выходят в свет в России, авторефератами всех диссертаций. ВКП распространяет в виде периодических изданий: “Книжные летописи”, “Летопись журнальных статей”, “Дополнительная летопись авторефератов диссертаций”, «Летопись рецензий» и др. На основании информации о новых поступлениях ВКП издает газету-еженедельник «Книжное обозрение», которая рассказывает о новых книгах, сигнальных экземплярах изданий.

*РГБ* – Российская государственная библиотека, Москва, Воздвиженка, 3 (бывшая библиотека им. В.И. Ленина, одноименная станция метро). Является крупнейшей библиотекой в России, располагает самым

большим фондом книг, журналов, газет, фондом редких и рукописных книг, фондом диссертаций.

*ИНТЕРНЕТ* – глобальная информационная система. Обеспечивает доступ к почте ИНТЕРНЕТ, к деловым сообщениям, каталогам и форумам, охватывающим практически все темы. ИНТЕРНЕТ постоянно совершенствуется, поэтому студентам необходимо уметь пользоваться его ресурсами. Через глобальную сеть ИНТЕРНЕТ доступны следующие основные виды сервиса:

– *E-mail (Электронная почта)* – один из наиболее распространенных сервисов ИНТЕРНЕТ, позволяющий отправить корреспонденцию по электронному адресу и просматривать полученные сообщения на компьютере. Можно послать сообщение практически в любую точку земного шара, причем оно будет доставлено мгновенно и почти бесплатно.

– *World Wide Web (WWW, всемирная паутина)* – большая информационная система, содержащая текстовые, графические, звуковые и видеофайлы. Сегодня WWW-серверы имеют сотни государственных, коммерческих и общественных организаций, предоставляющие самую разнообразную информацию.

– *Файловые архивы FTP-серверов*, где хранятся тексты художественных и технических книг, программы, графические и другие файлы. Интересующую информацию можно скопировать.

– *Bulletin Board System (BBS, Электронные доски объявлений)* – место накопления информации в электронной форме со свободным доступом абонентов к архивам системы. Электронные доски объявлений предоставляют возможность пользователям обмениваться между собой по сети файлами и сообщениями.

– *Usenet (Телеконференции)*. Публично обсуждается свыше шести тысяч тем. Телеконференции позволяют нескольким пользователям обсудить общие проблемы и получить оперативную информацию. Пользователи размещают свое сообщение или статью. Узел связи, получив новое сообщение, передает его на другие узлы, с которыми он обменивается новостями.

– *Mail Lists (Списки рассылки)* – дают возможность получать электронные письма определенной тематики.

### **Информационный поиск. Виды и методика проведения.**

Различают следующие виды информационного поиска:

- по ключевым словам,
- по тематическим рубрикам,
- по фамилии автора (или авторов),
- нумерационный поиск (по номеру документа),
- ретроспективный,
- текущий поиск.

Основные виды программного обеспечения, интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы, к которым чаще всего приходится обращаться студентам-холодильщикам:

- Математический пакет *Mathlab & Simulink*;
- Текстовый редактор *MS Word*;
- Текстовый редактор *Writer*;
- Издательская система *LATEX*;
- Википедия: свободная энциклопедия <http://ru.wikipedia.org/>
- Система дистанционного обучения Университета ИТМО <http://de.ifmo.ru/>
- Научная электронная библиотека *eLibrary.ru* – <http://elibrary.ru/>
- Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- Интернет-газета Холодильщик.RU <http://www.holodilshchik.ru/>
- и другие.

Научная информация для студентов, аспирантов и специалистов по холодильной технике и технологии представлена в периодической литературе (журналах):

- Холодильная техника;
- Холодильный бизнес;
- Вестник Международной академии холода;
- Империя Холода;
- Научный журнал Университета ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование».

## **Вопросы**

1. Определение понятия "научная информация", основные источники информации по холодильной технике.
2. Основные требования к научной информации.
3. Классификация источников научной информации.
4. Классификация библиографических индексов.
5. Описание универсальной десятичной классификации (УДК).
6. Основные методы работы с источниками информации.
7. Деятельность ГС НТИ России.
8. Крупнейшие органы НТИ, их фонды.
9. Специфика глобальной информационной системы ИНТЕРНЕТ, основные виды сервиса, электронные библиотечные системы.

### 9.3 Организация патентных исследований

Основной научно-технической ценностью патентной информации являются описания изобретений, которые согласно патентному законодательству не могут содержать неправильных сведений и должны отличаться новизной. Поэтому правильное и полное использование патентной информации дает возможность знакомиться с новыми разработками, обладающими мировой новизной. Основным средством организации и поиска информации в мировом патентном фонде являются системы классификации изобретений [21]. В ряде стран до настоящего времени применяются национальные патентные классификации (НПК). Однако рост объема мирового патентного фонда и развитие международного сотрудничества привели к необходимости создания единой классификации – *Международной патентной классификации* (МПК). МПК и НПК представляют собой многоступенчатые системы деления понятий, организованные по принципу от общего к частному, т.е. имеют иерархическую структуру. МПК создавалась в соответствии с положениями Европейской конвенции о международной патентной классификации (1954 г.). МПК периодически пересматривается для совершенствования системы с учетом развития науки и техники. Каждые пять лет выходит очередная редакция МПК для индексирования документов текущей регистрации. Органом по внедрению МПК является международное бюро Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС). В нашей стране МПК была введена в качестве единой государственной классификации патентной документации в 1970 г., МПК охватывает все области знаний. В информационно – поисковом языке МПК используются слова, фразы и словосочетания естественного языка, снабженные алфавитно-цифровой нотацией. Все сферы материального производства в МПК подразделяются на разделы, классы, подклассы, группы и подгруппы. Первый классификационный ряд состоит из восьми разделов, которые обозначаются прописными латинскими буквами от *A* до *H*. Раздел подразделяется на классы, индексы которых состоят из индекса раздела и двухзначного числа, например, *A 01*. Индекс подкласса состоит из индекса класса и прописной латинской буквы, например *A 01 B*. Каждый подкласс разбит на подразделения, называемые рубриками. Среди рубрик различают основные (главные) группы и подгруппы. Индекс основной группы состоит из индекса подкласса, за которым следует одно-, двух- или трехзначное число с символом 00 после косой черты, например, *A 01 B 1/00*. Подгруппы образуют рубрики, подчиненные основной группе. Индекс подгруппы состоит из индекса подкласса, за ним следует одно-, двух- или трехзначный номер группы и двух- или трехзначный номер (вместо 00) после косой черты, например *A 01 B 01/02* Патентный фонд имеет справочно-поисковый аппарат, включающий классификации

изобретений (МПК, НПК), различные указатели и таблицы соответствия. В состав указателей к системам классификации входят указатель классов изобретений (УКИ), который включает перечень рубрик классификации с указанием их подчиненности, и алфавитно-предметный указатель, включающий перечень ключевых понятий (терминов), расположенных в алфавитном порядке, и отнесенных к ним соответствующих индексов системы классификации. Например: Раздел *B* – Различные технологические процессы, транспорт; *F 25* – Холодильные и морозильные камеры, тепловые насосы, сжижение газов, отверждение газов; *F 25 D 27/00* – Холодильные и морозильные установки.

Под *патентом* понимают документ, выдаваемый компетентным государственным органом на определенный срок и удостоверяющий авторство и исключительное право на изобретение, наделяющий владельца титулом собственника на изобретение. Патент защищает владельца от внутренних и зарубежных конкурентов и действует на территории той страны, где он выдан. Права на изобретение, полезную модель, промышленный образец охраняются законом и подтверждаются соответственно патентом на изобретение, патентом на полезную модель и патентом на промышленный образец. Патент удостоверяет приоритет, авторство изобретения, полезной модели или промышленного образца и исключительное право на изобретение, полезную модель или промышленный образец. Патент на изобретение действует до истечения двадцати лет с даты подачи заявки в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности. Патент на полезную модель действует до истечения пяти лет с даты подачи, на промышленный образец – до истечения десяти лет.

## **Вопросы**

1. Понятие о международной патентной классификации.
2. Патент и порядок его получения. Разновидности патентов.
3. Особенности патентных исследований.
4. Последовательность работ при проведении патентных исследований.

## **10 ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

Под *интеллектуальной собственностью* в международных соглашениях понимаются права на все результаты творческой деятельности

человека. В современных условиях она приобретает все более существенное значение во всем мире. Интеллектуальная собственность, охраняемая в большинстве стран мира, является сейчас одним из наиболее мощных стимуляторов прогресса во всех отраслях развития общества – научно-технического, культурного и других. Для сферы производства наиболее важной является *промышленная собственность*, представляющая собой результаты умственного труда, применяемые в промышленности [22, 24].

Различные виды интеллектуальной собственности в той или иной форме охраняются во многих странах мира уже более 100 лет, но лишь в конце прошлого века появились важнейшие международные договоры, касающиеся защиты главнейших видов интеллектуальной собственности. Так, Парижская конвенция по охране объектов промышленной собственности (изобретений, промышленных образцов, товарных знаков и др.) была учреждена в Париже 20 марта 1883 г. и стала одним из самых важных документов в общей системе охраны интеллектуальной собственности. Если первыми участниками этой Конвенции были лишь 11 государств, то сейчас ее ратифицировали уже более 135 стран мира.

Бурное развитие производства во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, а также рост международной торговли и обмена последними достижениями во всех областях науки и техники потребовали более высокой степени правового регулирования международных отношений в сфере интеллектуальной собственности. В результате 14 июля 1967 г. в Стокгольме была подписана "Конвенция, учреждающая Всемирную организацию интеллектуальной собственности" (ВОИС). В декабре 1974 г. ВОИС приобрела статус специализированного учреждения Организации Объединенных Наций. В настоящее время участником Конвенции являются более 170 государств (что составляет 90 % всех стран мира).

ВОИС преследует следующие основные цели:

- содействовать охране интеллектуальной собственности во всем мире путем сотрудничества между государствами;
- обеспечивать сотрудничество международных союзов в области охраны интеллектуальной собственности.

Россия является членом ВОИС, поэтому на ее территории правомочны международные соглашения по охране авторских прав.

Интеллектуальная собственность России включает объекты и системы, подлежащие защите авторским правом и законодательством об охране промышленной собственности.

Органом управления национальной патентной системой в России является Федеральная Служба по Интеллектуальной Собственности, Патентам и Товарным Знакам. Она выполняет важнейшие функции по разработке национальной нормативно-правовой базы в области охраны и использования объектов промышленной собственности; по

информационному обеспечению научно-технического развития; по созданию условий для участия РФ в освоении внутренних и внешних рынков.

Для холодильной техники наиболее важными документами, удостоверяющими права на авторство, приоритет и исключительное право использования, являются патенты на изобретения и полезные модели.

В соответствии с законом «*Изобретением* признается техническое решение, являющееся новым, имеющее изобретательский уровень и промышленно применимое». Изобретение признается новым, если оно неизвестно из уровня техники, который, в свою очередь, определяется по всем общедоступным в России и зарубежных странах сведениям до даты приоритета (т. е. к изобретениям предъявляется требование мировой новизны). Изобретение имеет изобретательский уровень, если оно напрямую не следует из источников научно-технической информации и соответствует современному уровню развития техники. Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть изготовлено или использовано в промышленности, сельском хозяйстве и других отраслях деятельности.

Законом РФ «О патентах на изобретение и полезные модели» устанавливается, что *объектами изобретения* могут быть устройство, способ, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных, применение известного ранее устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению.

Признаком, отличающим объект изобретения «*Устройство*», является, в первую очередь, наличие конструктивных элементов. В таком изобретении содержится информация о том, как устроен объект, о связях между его элементами, описывается их взаимное расположение, форма, параметры и т. д. Для характеристики объекта изобретения «*Способ*» используются признаки, характеризующие действия над материальным объектом.

Понятие изобретения включает в себя как технический, так и юридический смысл. *Технический смысл* заключается в том, что изобретение – это не просто высказанная идея, а достижение технического результата, конкретной пользы, путем, прежде всего, технического решения задачи. Для этого необходимо наличие конкретных технических признаков, например, конструктивных – для «*Устройства*», признаков действия – для «*Способа*» и т. д. *Юридический смысл* подразумевает наличие признаков патентоспособности: новизны, изобретательского уровня, промышленной применимости.

К объектам *полезной модели* относится только конструктивное выполнение средств производства и предметов потребления, а также их составных частей. Следовательно, ее характерным признаком является наличие конструктивного элемента, то есть признака, относящегося к

признакам изобретения «Устройство». В этом состоит *технический смысл* понятия полезной модели. *Юридический смысл* заключается в признаках патентоспособности, включающих понятие новизны и промышленной применимости. Таким образом, в отличие от изобретения в полезной модели отсутствует признак – изобретательский уровень.

*Автором* изобретения, полезной модели может быть только физическое лицо (конкретный человек), творческим трудом которого они созданы. Если таких лиц несколько, то они признаются соавторами.

*Патентообладатель* – это физическое или юридическое лицо, которому выдан патент на изобретение, полезную модель. Ими могут быть: 1) авторы; 2) любое физическое либо юридическое лицо, указанное автором в заявлении до момента регистрации изобретения, полезной модели; 3) правопреемники указанных выше лиц (например, наследники).

*Приоритет* изобретения, полезной модели устанавливается, как правило, по дате поступления в патентный орган надлежащим образом оформленной заявки. Именно эта дата учитывается при установлении новизны.

*Исключительное право* использования означает, что никто без согласия патентообладателя не может использовать изобретение, полезную модель, на которые выдан патент. Исключительное право состоит в том, что оно дает возможность патентообладателю:

– использовать патент по своему усмотрению, не нарушая при этом прав других патентообладателей;

– запрещать использовать патент третьим лицам;

– к исключительному праву можно также отнести право патентообладателя уступить право на патент или передать право на использование патента на условиях лицензионного договора.

Патент на изобретение действует в течение 20 лет, на полезную модель – в течение 5 лет с даты поступления заявки в патентный орган, причем возможно продление патента на полезную модель, но не более чем на 3 года. Следовательно, патент ограничен по времени сроком его действия. Он также ограничен территорией действия, так как действителен только в пределах той страны, где выдан.

## **Вопросы**

1. Что понимается под интеллектуальной собственностью?
2. Виды интеллектуальной собственности.
3. Технический и юридический смысл понятия "изобретение".
4. Права патентообладателя.



## 11 ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НИР В ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Внедрение результатов НИР на предприятиях, где используются системы холодоснабжения, может обеспечить повышение эффективности производств за счет:

- совершенствования тепломассообменных процессов;
- изменения конструктивных схем холодильного оборудования;
- изменения схем холодильных установок;
- совершенствования методов управления;
- изменения теплоизоляционных конструкций;
- утилизации естественного холода и тепла.

*Внедрение* завершенных научных исследований в производство — заключительный этап научно-исследовательских работ. Внедрение — это достижение практического использования прогрессивных идей, изобретений, результатов научных исследований (инноваций). Заказчиками на выполнение НИР по холодильной технике могут быть технические управления министерств, предприятия, НИИ. Подрядчиками являются научно-исследовательские организации, выполняющие НИР в соответствии с подрядным двусторонним договором. Они обязаны сформулировать предложение по внедрения разработок. Предложения должны содержать технические условия, техническое задание, проектную документацию, временную инструкцию, указание и т. д. Процесс внедрения состоит из двух этапов: опытно-производственного внедрения и серийного внедрения (внедрение достижений науки, новой техники, новой технологии). Как бы тщательно ни проводились НИР в научно-исследовательских организациях, все же они не могут всесторонне учесть различные, часто случайные факторы, действующие в условиях производства. Поэтому научная разработка на первом этапе внедрения требует опытной проверки в производственных условиях. Предложение о законченных НИР рассматривают на научно-технических советах, а в случаях особо ценных предложений — на коллегиях министерства, и направляют на производство для практического применения. После опытно-производственного испытания новые материалы, конструкции, технологии, рекомендации, методики внедряют в серийное производство как элементы новой техники. На этом, втором, этапе научно-исследовательские организации не принимают участия во внедрении. Они могут по просьбе внедряющих организаций давать консультации или оказывать незначительную научно-техническую помощь. После внедрения достижений науки в производство составляют пояснительную записку, к которой прилагают акты внедрения и эксплуатационных испытаний, расчет экономической эффективности, справки о годовом объеме внедрения по включению получаемой экономии

в план снижения себестоимости, протокол долевого участия организаций в разработке и внедрении, расчет фонда заработной платы и другие документы. Внедрение достижений науки и техники финансируют организации, которые его осуществляют.

Под экономической эффективностью научных исследований в целом понимают снижение затрат на производство продукции в той отрасли, где внедряют законченные научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки (НИР и ОКР). Есть два кардинально различных пути ведения дел в экономике: экстенсивный путь развития и интенсивный. Путь экстенсивного развития — это расширение заводских площадей, увеличение числа оборудования и т. д. Интенсивный путь предполагает, чтобы каждый завод с каждого работающего оборудования, холодильное предприятие с каждого квадратного метра производственной площади получали все больше и больше продукции. Это обеспечивается использованием новых научно-технических возможностей: нового холодильного оборудования, средств управления, новых технологий, новых знаний. К интенсивным факторам относится и рост квалификации людей, и вся совокупность организационных и научно-технических решений, которыми вооружается современное производство.

Для оценки эффективности исследований применяют разные критерии, характеризующие степень их результативности. Сроки окупаемости фундаментальных исследований оказываются весьма значительными. Результаты их обычно широко применяют в различных отраслях, иногда в тех, где их совсем не ожидали. Поэтому подчас нелегко планировать результаты таких исследований. Фундаментальные теоретические исследования трудно оценить количественными критериями эффективности. Обычно можно установить только качественные критерии: возможность широкого применения результатов исследований в различных отраслях народного хозяйства страны; новизна явлений, дающая большой толчок для принципиального развития наиболее актуальных исследований; существенный вклад в обороноспособность страны; приоритет отечественной науки; отрасль, где могут быть начаты прикладные исследования; широкое международное признание работ; фундаментальные монографии по теме и цитируемость их учеными различных стран. Эффективность прикладных исследований оценить значительно проще. В этом случае применяют различные количественные критерии. Об эффективности любых исследований можно судить лишь после их завершения и внедрения, т. е. тогда, когда они начинают давать отдачу для народного хозяйства.

Экономический эффект от внедрения НИР — основной показатель эффективности научных исследований — зависит от затрат на внедрение, объема внедрения, сроков освоения новой техники и многих других факторов. Эффект от внедрения рассчитывают за весь период, начиная от

времени разработки темы до получения отдачи. Обычно продолжительность такого периода прикладных исследований составляет несколько лет. Однако в конце его можно получить полный народнохозяйственный эффект. Различают три вида экономического эффекта: предварительный, ожидаемый и фактический. Предварительный экономический эффект устанавливается при обосновании темы научного исследования и включении ее в план работ. Рассчитывают его по ориентировочным, укрупненным показателям с учетом прогнозируемого объема внедрения результатов исследований в группу предприятий данной отрасли. Ожидаемый экономический эффект вычисляют в процессе выполнения НИР. Его условно относят (прогнозируют) к определенному периоду (году) внедрения продукции в производство. Ожидаемая экономия — более точный экономический критерий по сравнению с предварительной экономией, хотя в некоторых случаях она является также ориентировочным показателем, поскольку объем внедрения можно определить лишь ориентировочно. Ожидаемый эффект вычисляют не только на один год, но и на более длительный период (чаще всего за период, соответствующий рабочему ресурсу оборудования). Фактический экономический эффект определяется после внедрения научных разработок в производство, но не ранее, чем через год. Расчет его производят по фактическим затратам на научные исследования и внедрение с учетом конкретных стоимостных показателей данной отрасли (предприятия), где внедрены научные разработки. Наиболее достоверным критерием экономической эффективности научных исследований является фактическая экономия от внедрения по данным предприятий (с учетом роста амортизационных отчислений за период, соответствующий рабочему ресурсу оборудования).

Эффективность НИР оценивают различными критериями: публикационным, экономическим, новизной разработок, цитируемостью работ и др. Критерий новизны НИР — это количество авторских свидетельств и патентов. Уровень новизны прикладных научных исследований и разработок коллектива характеризуют числом завершенных работ, по которым получены авторские свидетельства и патенты. Данный критерий характеризует абсолютное количество свидетельств и патентов. Более объективными являются относительные показатели, например, количество свидетельств и патентов, отнесенных к определенному количеству работников данного коллектива или к числу тем, разрабатываемых коллективом, которые подлежат оформлению свидетельствами и патентами.

Критерий цитируемости работ ученого представляет собой число ссылок на его печатные работы (второстепенный критерий). Эффективность работы научно-исследовательской группы или организации оценивают несколькими критериями: среднегодовой выработкой НИР, количеством внедренных тем, экономической эффективностью от внедрения НИР и ОКР,

общим экономическим эффектом, количеством полученных авторских свидетельств и патентов, количеством проданных лицензий или валютной выручкой.

Оценку эффективности НИР осуществляют по различным критериям, простейший критерий экономической эффективности определяется по соотношению

$$K_3 = \Delta_{\text{п}} / Z_{\text{ни}},$$

где  $\Delta_{\text{п}}$  – предполагаемый экономический эффект от внедрения;

$Z_{\text{ни}}$  – затраты на проведение и внедрение НИР.

Учитывая, что критерий  $K_3$  не учитывает многие факторы, для расчета эффективности внедрения НИР используется несколько других подходов [21, 27].

Для оценки эффективности НИР при внедрении на конкретных производствах представляется целесообразным использовать значение чистого дисконтированного дохода ЧДД [27], а точнее разность между максимальными значениями чистого дисконтированного дохода после внедрения результатов НИР и до их внедрения. Очевидно, что любая модернизация системы холодоснабжения за счет использования достижений НИР может привести к изменению как части капитальных затрат (на холодильное оборудование, теплоизоляционные конструкции, системы управления, монтаж оборудования, наладку оборудования и др.), так и изменения эксплуатационных затрат. Расчет ЧДД осуществляется обычно за период, соответствующий рабочему ресурсу холодильного оборудования.

Одной из основных проблем в расчетах эффективности внедрения НИР является формирование корректных методов расчета стоимости НИР, которые частично повторяются в различных методиках и подразумевают использование в основном методов калькулирования затрат и различных методов, использующих аналоги – сравнительный, рыночный. Основные особенности оценки стоимости НИР вытекают из природы исследовательских работ – это существенная неопределенность получаемого результата и сложность прямого сопоставления денежных затрат и результатов, полученных в ходе НИР [28, 29, 30]. Классификация затрат регламентируется многими нормативными актами, а вот выявление нормативов, определяющих их уровень – это достаточно сложная задача, требующая детального обоснования. Необходимо дальнейшее совершенствование законодательной и нормативно-методической базы при определении эффективности НИР, создание стимулов для исполнителей работ к снижению затрат при высоком уровне качества выполнения НИР.

Для сферы государственных заказов целесообразно создавать информационные ресурсы, содержащие, в том числе, статистическую информацию об уровне цен. В данной сфере необходимо совершенствование нормативных и организационных основ финансового

контроля и законодательства в части ответственности за необоснованное завышение цен государственных контрактов.

### **Вопросы**

1. Что подразумевается под понятием "внедрение результатов НИР"?
2. Основные стадии внедрения.
3. Основные показатели эффективности НИР.
4. Методы расчета технико-экономической эффективности внедрения НИР.

## **12 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА "ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКЕ"**

Эффективное освоение дисциплины по практическим занятиям требуют базовых знаний по специальным дисциплинам. При выполнении работ магистрантам рекомендуется использовать не только специальную литературу, но и материалы, представленные в Интернете, периодическую литературу, материалы Российских и Международных конференций по тематике работ.

Цель практических занятий – закрепление теоретического материала и выработка у магистрантов навыков по практическим аспектам ведения теоретических или экспериментальных исследований.

На первом занятии преподаватель доводит до магистрантов порядок и график проведения занятий, максимальное количество баллов, которое может набрать каждый учащийся по текущему занятию в соответствии с принятой в Университете системой оценок.

Практические занятия по дисциплине проводятся следующим образом:

- 1) вводный материал преподавателя (тема, цель занятия, основные вопросы, выдача заданий и вспомогательных материалов);
- 2) выполнение работ магистрантами согласно теме практического занятия;
- 3) беглый опрос в процессе выполнения работы;
- 4) анализ результатов работы магистрантов;
- 5) разбор типовых ошибок, объявление оценок.

Часть практических занятий посвящена приобретению навыков поиска научно-технической информации с использованием ресурсов сети Интернет и электронных ресурсов (см. раздел 4), а также использованию прикладных программ для представления, хранения и обработки информации, полученной в ходе теоретических и экспериментальных исследований.

На этих занятиях преподаватель объясняет основные приёмы работы, каждый магистрант при этом выполняет своё индивидуальное задание.

По результатам работы на практических занятиях следует выставить оценку (по каждому занятию) с учётом уровня предварительной самостоятельной подготовки магистранта к текущему занятию.

В конце текущего занятия указывается на необходимость подготовки магистранта к следующему практическому занятию, указываются методы подготовки, виды информационных материалов.

Содержание самостоятельной работы магистрантов [1] изложено в таблице 12.1.

**Таблица 12.1 – Содержание самостоятельной работы магистрантов**

<b>№ раздела</b>	<b>Наименование работ</b>	<b>Трудоемкость, часы</b>
1 ÷ 5	Изучение теоретического материала	12
1 ÷ 5	Подготовка к практическим занятиям	18
1, 4	Выполнение расчётно-графической работы с элементами НИР	25
	Подготовка к диф.зачету	9
<b>ИТОГО:</b>		<b>64</b>

Самостоятельная работа магистрантов по дисциплине организуется следующим образом:

- проведение литературного обзора по заданной тематике (включая поиск данных в Интернете и других источниках);
- анализ и обобщение данных литобзора;
- выполнение домашних расчётных заданий;
- выполнение расчётно-графической работы по заданной теме НИР;
- составление отчёта по РГР с учётом требований к документации НИР.

## 12.1 Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведётся с применением следующих видов образовательных технологий:

*Информационные технологии:* использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим занятиям.

*Работа в команде:* совместная работа магистрантов в группе при выполнении практических работ.

*Проблемное обучение:* стимулирование магистрантов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

*Контекстное обучение:* мотивация магистрантов к усвоению знаний путём выявления связей между конкретным знанием и его применением. При этом знания, умения, навыки даются не как предмет для запоминания, а в качестве средства решения профессиональных задач.

*Обучение на основе опыта:* активизация познавательной деятельности магистранта за счёт ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

*Междисциплинарное обучение:* использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

*Опережающая самостоятельная работа:* изучение магистрантами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

## 12.2 Виды и содержание учебных занятий

Раздел 1. Основные понятия и классификация научных исследований [1, 2, 10, 11]

Практические занятия – 2 часа, СРО – 2 часа.

Основы научного познания. Классификация научных исследований.

Этапы научно-исследовательской работы (НИР).

Совместная деятельность студентов в группе, направленная на проведения анализа различных видов научных исследований в зависимости от поставленной задачи, актуальности, возможностей расписания.

Особенности формирования технических заданий на НИР, НИОКР и ОКР.

Выдача заданий по РГР с элементами НИР (с индивидуальной темой НИР для каждого магистранта).

Управление СРО – консультации.

Раздел 2. Научно-техническая информация и ее использование в НИР [1, 2, 24].

Практические занятия – 2 часа, СРО – 5 часов.

Обоснование выбора направления НИР, вида исследований, технические задания на НИР, НИОКР и ОКР. Научно-техническая информация и её использование, источник информации, патентная информация, информационно-поисковые системы. Поиск, накопление и обработка научной информации по теме НИР.

Поиск, накопление и обработка научной и патентной информации. Составление технических заданий. Обоснование и выбор НИР.

Управление СРО – консультации.

Раздел 3. Экспериментальные исследования систем холодо-снабжения [3 – 5, 8, 24]

Практические занятия – 8 часов, СРО – 24 часа.

Экспериментальные исследования систем. Понятия «физической модели», «натурного образца», «опытного образца», «серийного образца» оборудования. Методы стендовых и натуральных испытаний машин и оборудования. Информационно-измерительные системы, основные требования к ним. Теоретические основы постановки, организации и выполнения экспериментальных исследований. Средства автоматизации экспериментальных исследований. Автоматизированные системы сбора, хранения, обработки и анализа экспериментальных данных.

Совместная деятельность студентов в группе, направленная на постановку задачи и отработку методов экспериментального исследования процессов, оборудования, систем (по результатам публикаций).

Особенности метрологического обеспечения экспериментов.

Информационно-измерительные системы.

Оформление результатов экспериментальных исследований.

Управление СРО – консультации.

Раздел 4. Теоретические исследования холодильных систем [1, 2, 10, 24].

Практические занятия – 10 часов, СРО – 25 часов.

Теоретические исследования систем. Математическое моделирование процессов, оборудования, систем. Использование методов термоэкономической и технико-экономической оптимизации. Основы планирования технико-экономических экспериментов. Обработка, анализ и оформление результатов теоретических исследований.

Математическое моделирование. Термоэкономическая оптимизация.

Формирование отчётной документации.

Управление СРО – консультации.

Раздел 5. Внедрение результатов научных исследований. Организация НИР в различных учреждениях страны [1, 24, 28 – 30].



Практические занятия – 2 часа, СРО – 8 часов.

Оформление результатов научно-исследовательской работы (НИР). Внедрение и эффективность научных исследований. Организация работ в научных коллективах вузов, научно-исследовательских институтах и Российской Академии Наук (РАН).

Анализ результатов выполнения РГР с элементами НИР. Анализ эффективности научных исследований. Организация НИР в научных организациях страны.

Управление СРО – консультации.

### **13 ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов Университета ИТМО и Положением о балльно-рейтинговой системе, используемой при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов Университета ИТМО.

Текущая и промежуточная аттестация магистрантов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование;
- выполнение заданий на практических занятиях;
- выполнение и защита расчётно-графической работы, СРО;
- зачёт и экзамен;
- отдельно оцениваются личностные качества магистранта (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, письменных домашних заданий, отчётов.

#### **13.1 Оценочные средства и методики их применения**

Оценивание уровня учебных достижений магистранта осуществляется в виде текущего контроля и промежуточной аттестации в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов Университета ИТМО.

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты образования (РО) по данной дисциплине, включают в себя:

- комплект типовых заданий по темам практических занятий;
- расчётно-графическую работу с элементами НИР.

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по дисциплине

является дифференцированный зачет. Необходимым и достаточным условием выставления положительной оценки является системное изложение полученных знаний в устной и письменной или графической форме при тестировании, выполнении письменных заданий, сдача и защита расчётно-графических работ, а также проявление познавательной активности к инновациям.

### **Домашние задания**

Решения домашних заданий представляются в печатной форме.

#### *Критерии оценивания*

– правильное выполненное задание – max балл.

Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небрежное выполнение заданий,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках).

### **Планирование результатов обучения**

Результаты обучения и сроки проведения текущего и промежуточного контроля представлены в таблице 13.1.

Таблица 13.1 – Планирование результатов обучения студентов по дисциплине «Основы научных исследований в низкотемпературной технике»

	Модуль 5				Рубеж- ный кон- троль	Модуль 6				Промежу- точная аттестация по дисц-не	
	Текущий контроль по точкам					Текущий контроль по точкам					
	1	2	3	4		1	2	3	4		
Устный опрос		+		+		+		+		+	
Дискуссия			+						+		
Выполне- ние РГР				+		+	+	+			
Защита РГР									+	+	
Диф.зачет											+

## 13.2 Расчётно-графическая работа с элементами НИР

Программой обучения предусматривается выбор темы исследования, выполнение литературного обзора по выбранной теме, анализ и обработка результатов опубликованных исследований и собственных расчётных данных, составление отчёта согласно требованиям к НИР.

Тема расчётно-графической работы выбирается магистрантом из предложенного списка тем или самостоятельно по согласованию с преподавателем.

Отчёт магистранта по расчётно-графической работе должен соответствовать требованиям к НИР, ГОСТ 7.32-2001 и содержать:

- литературный обзор по выбранной теме исследования;
- методику исследований;
- анализ и обобщение результатов опубликованных работ и собственных расчётов магистранта;
- выводы.

### **Примерный перечень тем расчётно-графических работ с элементами НИР**

1. Исследование холодильных установок с локально-циркуляционными контурами.
2. Моделирование неразветвлённого участка парожидкостного трубопровода.
3. Моделирование разветвлённых парожидкостных трубопроводов.
4. Исследование характеристик испарительных конденсаторов.
5. Исследование холодильных установок с различными способами аккумулирования холода.
6. Исследование холодильных установок с использованием однопоточных циклов.
7. Исследование характеристик компрессорно-конденсаторных агрегатов различного исполнения.
8. Исследование эффективности применения различных типов хладоносителей.
9. Исследование холодильных установок косвенного охлаждения.
10. Исследование холодильных установок непосредственного охлаждения с различной кратностью циркуляции хладагента.
11. Сравнительный анализ эффективности использования различных хладагентов в схемах холодильных циклов с экономайзером.
12. Особенности использования диоксида углерода в схемах холодильных установок.
13. О проблемах математического моделирования многопоточных теплообменников.

14. Анализ влияния инертных газов на эффективность теплообмена при частичной конденсации углеводородных смесей.

### **Подготовка и защита расчётно-графической работы**

Результаты работы сводятся в отчёт на заданную тему исследований, основанных на обзоре литературных, документальных и других источников. Это – краткое изложение в письменном виде содержания и результатов индивидуальной научно-исследовательской деятельности. Отчёт должен быть структурирован и включать разделы: введение, основная часть, заключение, список используемых источников, при необходимости, приложения, содержащие документы, иллюстрации, таблицы, схемы и т.д.

Отчёт печатается с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 и представляется в сброшюрованном виде в папке типа «скоросшиватель». Оформление отчета производится в следующем порядке:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- основная часть, разбитая на главы и параграфы;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

Общий объем расчётно-графической работы не менее 20 страниц. Текст набирается в текстовом редакторе (*Microsoft Word, Writer* или аналогичном), при этом рекомендуется использовать шрифт *Times New Roman Cyr*, размер шрифта – 14 пт, с полуторным межстрочным интервалом. Размеры полей: слева – 3 см, справа, сверху и снизу – 2 см.

Изложение текста и оформление отчёта выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95, ГОСТ 7.32-2017.

В тексте не допускается сокращение названий, наименований (за исключением общепринятых аббревиатур).

Во введении указывается обоснование актуальности темы работы, постановка целей и формирование задач, краткий обзор литературы и прочих источников информации.

Основная часть отчёта структурируется по главам, параграфам, количество и названия которых определяются автором. Подбор глав должен быть направлен на рассмотрение и раскрытие основных положений выбранной темы; демонстрацию автором навыков подбора, структурирования, изложения и критического анализа материала по конкретной теме; выявление собственного мнения, сформированного на основе работы с источниками и литературой. Обязательными являются ссылки на авторов, чьи позиции, мнения, информация использованы в работе.

Заключение состоит из подведения итогов выполненной работы; краткого и четкого изложения выводов; анализа степени выполнения поставленных во введении задач; обобщения положений, высказанных во введении и основной части.

Список использованной литературы к отчёту оформляется в порядке появления ссылок на источники в тексте работы. Обязательно использование не менее 10 отечественных и не менее 2 иностранных источников, опубликованных в последние 5 лет. Обязательно использование интернет-ресурсов, электронных информационных баз данных:

Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система  
<http://e.lanbook.com/>;

*American Physical Society* <http://publish.aps.org/>;

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/> .

### *Критерии оценивания*

Готовый отчёт представляется в печатном виде и защищается в форме устного доклада по теме исследований с ответами на вопросы аудитории.

При проверке учитываются:

- новизна текста, обоснованность выбора источников;
- содержательность, логичность, аргументированность общих выводов, наличие авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений;
- умение анализировать различные источники, извлекать из них исчерпывающую информацию, систематизировать, структурировать и обобщать ее;
- полнота и глубина знаний по теме;
- умение ясно выражать свои мысли в письменной форме, оценка грамотности и культуры изложения, владение терминологией;
- яркость, образность изложения, индивидуальность стиля;
- правильное оформление работы (изложение текста в соответствии с разработанным планом, грамотное оформление цитат и ссылок, библиографии, титульного листа и т. д.), соблюдение требований к объёму отчёта;
- наличие приложений.

Во время защиты работы учитывается манера устного изложения материала и умение отвечать на вопросы.

Оценка «незачет» выставляется, если работа не представлена, тема работы не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Оценка «*max* балл» ставится, если выполнены все требования к написанию РГР.

Оценка снижается, если имеются существенные отступления от требований.

*Критерии оценивания:*

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы 1 балл;
- соответствие целям и задачам дисциплины 1 балл;
- логичность и последовательность в изложении материала 1 балл;
- способность к работе с литературными источниками, интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой 0,5 балла;
- объем исследованной литературы и других источников информации 0,5 балла;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.) 0,5 балла;
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста) 0,5 балла.

### **13.3 Вопросы к зачету по «Основам научных исследований в низкотемпературной технике»**

Программой обучения предусматривается промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета.

#### **Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине «Основы научных исследований в низкотемпературной технике»**

1. Основные понятия в области научных исследований. Термины, определения.
2. Классификация научных исследований.
3. Особенности фундаментальных исследований.
4. Особенности прикладных исследований.
5. Особенности процессов разработки новой техники и технологий.
6. Основные научные направления. Понятие научного направления, проблемы.
7. Понятие темы научного исследования. Обоснование выбора темы.
8. Понятие научного документа. Классификация научных документов.
9. Вторичные научные документы (справочные, обзорные, реферативные и библиографические).
10. Оценка экономической эффективности научных исследований.
11. Организация работы с научной литературой.
12. Теоретические исследования. Значение математического моделирования в научных исследованиях.
13. Экспериментальные исследования. Значение физического моделирования в научных исследованиях.

14. Методы планирования экспериментальных и теоретических исследований.
15. Обработка результатов экспериментальных исследований.
16. Внедрение и эффективность научных исследований.
17. Организация работы в научных коллективах.
18. Накопление, обработка и анализ результатов экспериментальных исследований.
19. Выбор и обоснование методов исследования.
20. Оформление результатов исследований. Требования к оформлению основных отчётных документов НИР.
21. Внедрение результатов исследований.
22. Оформление заявок на предполагаемые изобретения.
23. Этапы научно-исследовательской работы.

#### **14 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

*а) основная литература:*

1. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов / Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. — М.: Высш. шк., — 1989.
2. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ М.Ф. Шкляр — Электрон. текстовые данные. — 4-е изд. — М.: Дашков и К, 2012. — Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/112247/>.

*б) дополнительная литература:*

3. Деденко Л.Г., Керженцев В.В. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. — М.: Наука, 1977.
4. Зажигаев Л.С., Кищвян А.А., Романиков Ю.И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. — М.: Атомиздат, 1978.
7. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1971.

*в) программное обеспечение, интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы, периодические издания (журналы).*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабочая программа дисциплины "Основы научных исследований в низкотемпературной технике". Направление подготовки: 16.04.03 Холодильная, криогенная техника и система жизнеобеспечения. Образовательная программа "Промышленные холодильные системы и тепловые насосы". — Университет ИТМО, 2019 г.
2. Рыжков И.Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30202>. — Загл. с экрана.
3. Основы научных исследований: пособие для студентов технических специальностей / Г.М. Кузёмкина. — Гомель: УО «БелГУТ», 2005. — 82 с. ISBN 985-468-042-8.
4. Климушев Н.К., Прудникова О.М. Основы научных исследований: Уч. пособие. — Ухта: УГТУ, 2002, — 76 с.
5. Деденко Л.Г., Керженцев В.В. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. — М.: Наука, 1977.
6. Зажигаев Л.С., Кищвян А.А., Романиков Ю.И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. — М.: Атомиздат, 1978.
7. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1971.
8. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 272 с., ил.
9. Петров Е.Т., Паршин В. Разработка информационно-измерительной системы экспериментальных стендов для контроля и диагностики параметров системы холодоснабжения // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО — 2017. — Т. 1. — с. 244–247.
10. Петров Е.Т., Круглов А.А., Опалихин А.Ф. Особенности экспериментального и предпроектного исследования камер фрукто-овощехранилищ с регулируемой газовой средой // Вестник МАХ, 2016, — №3. — с. 62–67.
11. Новоселов О.Н., Фомин А.Ф. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1991. — 336 с.: ил. ISBN 5-217-01281-1.
12. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1978. — 399 с.
13. Петров Е. Т. Особенности автоматизированного проектирования систем хладоснабжения предприятий большой мощности. Межвузовский сборник научных трудов. Известия СПбГУНиПТ. — СПб. — 2004 г., №1. — с.20–26.



14. Петров Е.Т., Тушев К.А. Особенности математической модели холодильной установки с льдогенератором периодического действия в системе аккумуляции холода. Межвузовский сборник научных трудов. Известия СПбГУНиПТ. — СПб., 2004 г. — №1. — с.17–19.

15. Петров Е.Т., Круглов А.А., Рукобратский Н.И. Анализ методов снижения энергопотребления систем холодоснабжения в процессе круглогодичной эксплуатации // Вестник МАХ, — 2015. — №1. — с. 34–38.

16. Курылев Е. С., Петров Е.Т., Михновская Е.Л. Автоматизированное проектирование холодильных установок // Холодильная техника, — 1981. — №5.

17. Петров Е.Т., Лукьянова Т.А. Обработка статистической информации по надежности отдельных элементов компрессорных станций. // Деп. сб. "Новые исследования холодильных машин и установок". — ЦИНТИхимнефтемаш, — 1985. — № 1.

18. Петров Е.Т., Калачева И.Г. Оптимизация разветвленных трубопроводов холодильных установок // Сборник научных трудов "Организационно-методические проблемы разработки и внедрения САПР в проектных организациях МНХП СССР". — ЦНИИТЭнефтехим, — М., 1989.

19. Петров Е.Т., Круглов А.А. Особенности проектирования холодильных установок с промежуточным хладоносителем. // Материалы международной научно-технической конференции "Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке", — Санкт-Петербург, — 2001.

20. Химмельблау С. Нелинейное программирование. — М.: Мир, 1998.

21. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов / Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. — М.: Высш. шк., — 1989.

22. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ М.Ф. Шкляр — Электрон. текстовые данные. — 4-е изд. — М.: Дашков и К, 2012 — Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/112247/>.

23. ПОЛОЖЕНИЕ о порядке организации и проведения научной подготовки магистрантов и аспирантов в Университете ИТМО в рамках выполнения НИР, финансируемых из централизованных средств Университета ИТМО СМК-595-2017, Версия 1.0.

24. Основы научных исследований: Уч.пос. / Сост. Яшина Л.А. Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, Сыктывкар, — 2004. — 61 с.

25. Кузин Ф.А. Кандидатская диссертация. Методика написания, правила оформления и порядок защиты: Практическое пособие для аспирантов и соискателей ученой степени. — М.: Ось-89, 1997. — 208 с.

26. Рекомендации по оформлению учебно-методической литературы в СПбГУ ИТМО. — СПб, 2009 г.

27. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Утверждено Госстроем России, № 7-12/47, 31 марта 1994 г., "Стройинформ-СПб", Спец. выпуск, 1995 г.

28. Приказ Минпромторга РФ от 11.09.2014 № 1788. Об утверждении Методики определения и обоснования начальной (максимальной) цены государственных контрактов на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

29. Методика расчета стоимости проектов и начальной (максимальной) цены контрактов, предлагаемых для реализации в рамках Федеральной целевой программы развития образования на 2011-2015 годы. — М.: АС-Траст, 2011 — 72 с.

30. Приказ Минобрнауки России от 05.03.2014 N 161 (ред. от 29.11.2017). Об утверждении типового положения о комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, и типовой методики оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения.



**Миссия университета – открывать возможности для гармоничного развития конкурентоспособной личности и вдохновлять на решение глобальных задач.**

---

Петров Евгений Тимофеевич

**Основы научных исследований  
в низкотемпературной технике**

**Учебно-методическое пособие**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49