

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**О. В. Агеев**

## **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 658.512.26

Рецензент

доктор технических наук, заведующий кафедрой инжиниринга  
технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет»

Ю. А. Фатыхов

Агеев, О. В.

Системы автоматизированного проектирования: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.02 Технологические машины и оборудование / О. В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 40 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям, отражены рекомендации для выполнения контрольной работы студентами заочной формы обучения.

Табл. 3, список лит. – 12 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 21 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 ноября 2022 г., протокол № 12

УДК 658.512.26

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.

© Агеев О. В., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 4  |
| 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИС-<br>ЦИПЛИНЫ.....               | 8  |
| 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К<br>ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ..... | 22 |
| 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ<br>КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....      | 36 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....   | 38 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ .....  | 39 |

## ВВЕДЕНИЕ

Современная техника пищевой отрасли является сложной и разнообразной, характеризуется высокой динамичностью, обусловленной интенсивным ростом потребностей в высококачественных изделиях и непрерывным расширением сфер их использования. Эта особенность развития техники оказывает влияние на конструкторскую деятельность. Всё чаще конструктор должен предвидеть всё возможное многообразие ожидаемых условий использования разрабатываемых изделий и осознанно формировать стратегию обновления базовых моделей и исполнения этих изделий в обозримой перспективе.

Прогресс техники пищевой инженерии, потребность в новых видах готовой продукции, развитие биотехнологий обуславливают увеличение объема проектных работ. Требования к качеству проектов, срокам их выполнения, качеству и техническому уровню неуклонно возрастают. Это связано с усложнением проектируемых объектов и систем, увеличением функциональных возможностей промышленных изделий, совершенствованием технологий пищевой инженерии.

Вместе с тем ясно, что удовлетворить этим требованиям невозможно за счёт простого увеличения количества проектировщиков. Сказывается снижение общей численности научного и инженерно-технического персонала в пищевой отрасли. Кроме того, имеются организационные ограничения на параллельное выполнение проектных работ. Одним из путей решения этой проблемы является комплексная автоматизация проектирования.

Цель автоматизации проектирования – повышение качества проектных работ и изделий, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования, повышение производительности труда разработчиков. Два десятка лет тому назад среди целей автоматизации проектирования указывалась необходимость сокращения количества инженерно-технических работников, занятых проектированием. В современных условиях речь идет скорее о компенсации нехватки инженеров-проектировщиков, необходимости учета и совершенствования предшествующего проектного опыта с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР).

Наряду с этим, отметим сложность процесса создания новой техники, поскольку одновременное достижение вышеуказанных целей даже на основе САПР является достаточно редким результатом. Часто удается ускорить процесс проектирования без улучшения качества изделий, при этом не всегда происходит снижение материальных затрат.

Следует учитывать, что комплексная автоматизация проектирования должна быть обдуманной и обоснованной. Необходим правильный учет возможностей вычислительной математики и ЭВМ для обеспечения компромисса между требованиями высокой точности, степени универсальности, приемлемых

затрат труда инженеров-проектировщиков и экспертов на сбор исходной, зачастую трудно формализуемой информации.

При распределении функций между ЭВМ и инженером целесообразно возлагать на ЭВМ задачи проектирования, поддающиеся формализации. К таким задачам можно отнести: моделирование объектов пищевой инженерии в геометрическом и графическом аспектах, оформление технической документации, разработку планов размещения пищевого оборудования, расчеты на прочность, металлоемкость, технологичность. Многие из этих задач могут решаться в конструкторских САПР на базе персональных ЭВМ, оснащенных соответствующим математическим и программным обеспечением.

Как показывает многолетняя практика, наилучшей формой организации процесса проектирования на основе САПР является так называемое интерактивное взаимодействие между инженером и ЭВМ с использованием машинной графики.

Машинная графика представляет собой совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения, машинного преобразования и вывода на внешние устройства ЭВМ информации о результатах моделирования объекта проектирования и чертежно-графических документах. Машинная графика является неотъемлемой частью САПР, так как предоставляет инженеру возможность контролировать и корректировать действия ЭВМ на всех стадиях машинного проектирования, делая это на наиболее естественном для себя языке.

Интерактивное взаимодействие – это обмен сообщениями между проектировщиком и ЭВМ, при котором вычислительная система осуществляет прием, обработку и выдачу результатов в реальном масштабе времени.

Современная конструкторская разработка должна опираться на знание основных принципов формирования техники, закономерностей развития и обновления технических объектов и предусматривать использование соответствующих методов и средств автоматизированного проектирования.

Методические основы автоматизированного проектирования должны развиваться совместно с общими методологическими основами конструирования изделий. Последнее позволит разработчикам полноценно и эффективно использовать современную методологию конструирования, математический аппарат и технические средства автоматизации конструкторских работ. Это означает, что конструктор должен иметь представление о методах технического творчества, изобретательской деятельности, прогностики, инженерной системогенетики, информатики и решения оптимизационных задач.

Поскольку важнейшее место среди информационных источников, наряду с описаниями изобретений, занимают отечественные и зарубежные стандарты, библиотеки типовых конструкций, нормативно-технические справочники и конструкторские документы на унифицированные узлы, детали, конструктив-

ные элементы и материалы, конструктор должен иметь развитое представление о стандартизации и технологичности, имеющих большое значение при автоматизированном проектировании.

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к профессиональной деятельности в области технологических машин и оборудования.

Целью освоения дисциплины является формирование знаний и навыков в области структуры процесса проектирования; состава САПР; концептуальных основ компьютеризации инженерных знаний; методики компьютеризации конструкторского проектирования; методики компьютеризации технологического проектирования; программного обеспечения САПР. Также целью дисциплины является подготовка студентов к организационно-технической, экспериментально-исследовательской и проектно-конструкторской профессиональной деятельности, связанной с автоматизированным проектированием современных, надежных технологических машин и оборудования пищевых производств.

Задачами дисциплины являются следующие:

- изучение основ инженерной системологии и методологии компьютеризации инженерных знаний;
- освоение методов и средств разработки концептуальных конструкторско-технологических моделей данных;
- освоение методов и средств разработки параметризованных геометрических моделей;
- изучение организации проектных работ, их характера и специфики;
- постижение методологии проектирования новой техники;
- освоение основ изобретательского творчества;
- усвоение возможностей существующих методов и средств автоматизации проектных работ;
- ознакомление с комплексом задач и проблем автоматизации проектирования;
- изучение перспектив развития и совершенствования САПР.

Результатами освоения дисциплины является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся.

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» относится к общепрофессиональному модулю (В) образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении данной дисциплины, используются в дальнейшей профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Системы автоматизированного проектирования», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены практические задания. Решение практических задач обучающимися проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины относятся:

- контрольные вопросы для практических занятий.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, соответственно относятся:

- вопросы к экзамену по дисциплине.

Промежуточная (заключительная) аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;
- получившие положительную оценку при выполнении контрольной работы (для заочной формы обучения).

Универсальная система оценивания результатов обучения приведена в таблице 1 и включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100–балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

| Система оценок  | 2   | 3   | 4   | 5  |
|---|---|---|---|--|
|   | 0–40 %  | 41–60 %   | 61–80 %   | 81–100 %   |
|   | «неудовлетворительно»   | «удовлетворительно»   | «хорошо»  | «отлично»  |
| Критерий  | «не зачтено»  | «зачтено»   |   |  |
| <b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b> | Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой) | Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект                              |
| <b>2. Работа с информацией</b>  | Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фраг-   | Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи                             | Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в      | Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные |

| Система оценок<br><br>Критерий   | 2  | 3  | 4  | 5   |
|--|--|--|--|---|
|  | 0–40 %   | 41–60 %  | 61–80 %  | 81–100 %  |
|  | «неудовлетворительно»  | «удовлетворительно»  | «хорошо»   | «отлично»   |
|  | «не зачтено»   | «зачтено»  |  |   |
|  | менты информации в рамках поставленной задачи  |  | рамках поставленной задачи   | источники информации в рамках поставленной задачи   |
| <b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>       | Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений | В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации | В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные | В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи |
| <b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b> | В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки    | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом  | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма                                     | Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи  |

Для успешного освоения дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень вопросов для подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов. Материал пособия содержит рекомендации по написанию контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

## **1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Осваивая курс «Системы автоматизированного проектирования», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и



усвоенным ранее материалом в области проектирования технологических линий, подбора оборудования пищевых производств, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, практические занятия, консультирование по решению практических заданий, выполнение контрольной работы для заочной формы обучения.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены наиболее важным моментам по проектированию технологических линий в рыбной промышленности. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и реализации их в практических расчетах, формирования и развития у студентов мышления в рамках будущей профессии.

На практических занятиях следует добиваться точного и адекватного владения теоретическим материалом и его применения для решения задач.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность

всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствии преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

При изучении курса предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях;
- выполнение и защита контрольной работы (заочная форма обучения).

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи экзамена в 7 семестре и имеет целью определить степень достижения учебных целей по дисциплине.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий

| Номер темы   | Содержание лекционного занятия   | Кол-во часов ЛЗ |               |
|--------------|--|-----------------|---------------|
|              |  | очная форма     | заочная форма |
| 1            | История развития САПР. Системные основы проектирования машин и аппаратов | 2               | 0,5           |
| 2            | Введение в научно-техническое творчество в условиях САПР                 | 2               | 0,5           |
| 3            | Предпроектные исследования технических систем                            | 2               | 0,5           |
| 4            | Системный подход при создании САПР                                       | 2               | 0,5           |
| 5            | Виды обеспечений САПР  | 2               | 0,5           |
| 6            | Математическое обеспечение САПР  | 4               | 0,5           |
| 7            | Стандартизация технических решений в условиях САПР                       | 4               | 0,5           |
| 8            | Обеспечение технологичности конструкций в САПР                           | 4               | 0,5           |
| 9            | Автоматизированные системы подготовки производства                       | 4               | 1             |
| 10           | Системы автоматизации инженерных расчётов в САПР                         | 4               | 1             |
| <b>Итого</b> |  | <b>30</b>       | <b>6</b>      |

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

## **Тема 1. История развития САПР. Системные основы проектирования машин и аппаратов**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Этапы развития ЭВМ. Этапы развития информационных технологий. Предпосылки к созданию САПР.

2. Современные проблемы развития программных средств. Пассивные и активные информационные ресурсы.

3. Содержание инженерной деятельности.

4. Классификация понятий технических систем. Техника пищевой инженерии как сложная техническая система.

5. Системное описание техники пищевой инженерии (макроскопическое, микроскопическое, функциональное, иерархическое, морфологическое, процессуальное).

6. Критерии эффективности технической системы. Понятие системы применительно к САПР. Общие системные характеристики. Операции процесса проектирования.

*Ключевые понятия:* ЭВМ, стадии проектирования, техническая система, виды описаний техники, критерии эффективности, процесс проектирования.

*Литература:* [3, с. 6–25].

### *Методические рекомендации*

Первая тема курса дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» позволит обучающимся получить представление о базовых понятиях дисциплины, в ней также определяется место изучаемого материала в системе научного знания и его взаимосвязь с другими дисциплинами.

При изучении данной темы курса необходимо уделить внимание основным терминам и определениям, особенностям видов проектирования, последовательности работ, предшествующих разработке проекта. Понять важность и необходимость разработки системных описаний сложной технической системы.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите основные этапы развития информационных технологий.

2. Что входит в содержание инженерной деятельности?

3. Приведите классификацию технических систем.

4. Перечислите основные виды системных описаний технических систем.

5. Что входит в понятие «критерий эффективности технической системы»?

6. Перечислите основные операции процесса проектирования.

7. Назовите основные стадии процесса проектирования.

## **Тема 2. Введение в научно-техническое творчество в условиях САПР**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Понятие об изобретательской деятельности.
2. Патентование новых разработок.
3. Общее понятие о художественном конструировании и эргономике.
4. Общее понятие о разработке и принятии технических решений.
5. Иерархическая система управления и принятия решений.
6. Основные понятия теории принятия решений.
7. Анализ ограничений решения в САПР.

*Ключевые понятия:* изобретение, патент, эргономика, техническая эстетика, дизайн, теория принятия технических решений.

*Литература:* [3, с. 26–66].

### *Методические рекомендации*

При освоении данной темы курса необходимо рассмотреть виды объектов изобретательской деятельности. Определить основные критерии, по которым определяется новизна технических решений. Подробно рассмотреть понятия о художественном конструировании и эргономике. Техническая эстетика и эргономика являются важными составными частями научной базы продуцирующей, созидательной деятельности человека. Они исследуют специфические особенности взаимодействия компонентов системы «человек–техника–среда» с целью обеспечения условий наиболее гармоничного развития этих компонентов. Рассмотреть понятие дизайна, который является составной частью конструирования промышленных изделий. В его задачи входит обеспечение удобства пользования изделием путем придания ему художественной выразительности, гармонически целостной формы и других свойств, максимально соответствующих условиям использования его по назначению. Изучить основные критерии при принятии технических решений и их особенности.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. В чем суть блочно-иерархического подхода к разработке?
2. Перечислите основные принципы построения технических систем.
3. Дайте определение основным системным представлениям объекта разработки.
4. Как используются ориентированные графы для получения основных системных представлений объекта разработки или исследования?
5. Постройте дерево целей, функций и морфологии для машины, аппарата или отдельного механизма.
6. Перечислите и охарактеризуйте основные виды исследований и разработок.
7. Что общего и что различного между процедурами и операциями проектирования?

### **Тема 3. Предпроектные исследования технических систем**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Этапы и цикл комплексного проектирования.
2. Классы систем инженерной деятельности.
3. Этапы жизненного цикла изделия.
4. Разработка сценария проблемы.
5. Построение «дерева целей».
6. Понятие об инженерном прогнозировании.
7. Разработка технического задания.

*Ключевые понятия:* жизненный цикл изделия, «дерево целей», прогноз, техническое задание.

*Литература:* [3, с. 67–86].

#### *Методические рекомендации*

В изучаемой теме необходимо рассмотреть подробно виды предпроектных исследований и разработок. Изучить понятие научных исследований, что такое фундаментальные, поисковые, прикладные и опытно-конструкторские разработки. Рассмотреть содержание основных этапов проведения НИР. Подробно изучить понятие «сценарий проблемы», который представляет собой описательную модель создания ТС, включающую в себя набор словесных описаний проблемы. Рассмотреть процессы выбора направления разработки, формирование замысла проектирования.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие основные системные представления объекта проектирования удастся получить в процессе структуризации?
2. Как составляется сценарий проблемы?
3. Разработайте матрицу взаимодействия элементов машины или аппарата. Постройте на ее основе структуру этой технической системы.
4. Какие задачи могут быть решены с помощью математического моделирования в ходе НИОКР?
5. Каким образом дерево целей используется для поиска направлений развития ТС?
6. Что собой представляют матрицы типа «цель–средство»? Приведите примеры таких матриц для заданных целей.
7. Как можно оценить значимость и целесообразность возможного направления развития ТС на начальных этапах НИР?

### **Тема 4. Системный подход при создании САПР**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Системная модель САПР.
2. Цели и средства компьютеризации инженерной деятельности.
3. Критерии развития САПР.

4. Совокупность критериев развития технической системы.
5. Функциональные критерии.
6. Технологические критерии.
7. Экономические критерии.
8. Критерии эргономичности.
9. Классификация отношений и свойств САПР.

*Ключевые понятия:* системный подход, критерии развития, свойства САПР, функционально-стоимостной анализ.

*Литература:* [3, с. 87–136].

*Методические рекомендации*

При изучении рассматриваемой темы обучающимся необходимо понять основные принципы системного подхода к проектированию технических систем. Рассмотреть задачи структурного и параметрического синтеза. Изучить понятие CALS – принятую в промышленно развитых странах концепцию информационной поддержки жизненного цикла изделий, основанная на использовании интегрированной информационной среды, обеспечивающую единообразные способы информационного взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков и производителей изделий, эксплуатационного и ремонтного персонала. Изучить такие виды описаний технических систем, как функциональное, морфологическое, информационное. Необходимо отметить, что выделяются проектные операции – достаточно законченные последовательности действий, завершающиеся определенными промежуточными результатами. Последовательности проектных операций, приводящие к решению проектных задач, являются проектными процедурами.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Постройте дерево технических решений для фаршевого сепаратора и синтезируйте на его основе несколько вариантов этой машины.
2. Произведите оценку вариантов фаршевого сепаратора, синтезированных ранее, с помощью «положительно-отрицательных» матриц.
3. Как произвести функционально-стоимостной анализ вариантов ТС?
4. Как произвести структурно-стоимостной анализ вариантов ТС?
5. Какую роль играют технико-экономические обоснования на этапах НИОКР?
6. Какими преимуществами обладает человек перед ЭВМ?
7. Перечислите функции, которые берет на себя ЭВМ в САПР.

## **Тема 5. Виды обеспечений САПР**

*Ключевые вопросы темы*

1. Математическое обеспечение САПР.
2. Информационное обеспечение САПР.
3. Методические обеспечение САПР.

4. Лингвистическое обеспечение САПР.
5. Организационное обеспечение САПР.
6. Программное обеспечение САПР.
7. Техническое обеспечение САПР.

*Ключевые понятия:* понятие обеспечения САПР, его структура, назначение, возможности интеграции, длительность разработки.

*Литература:* [3, с. 136–154].

*Методические рекомендации*

Техническое обеспечение (комплекс технических средств САПР) представляет собой материальную основу автоматизированного проектирования. В его составе выделяются группы технических средств: подготовки и ввода данных, передачи данных, программной обработки данных, отображения и документирования данных и архива проектных решений. Эти группы соответствуют различным этапам решения проектных задач – от ввода данных до сохранения результатов проектирования в архиве проектных решений и выдачи проектной документации. Математическое обеспечение включает в себя математические модели объектов проектирования, а также методы и алгоритмы проектных операций и процедур. Программное обеспечение систем автоматизированного проектирования представляет собой совокупность программ, необходимых для обработки исходной информации по проектным алгоритмам, управления вычислительным процессом, организации хранения исходных и промежуточных данных. Информационное обеспечение САПР представляет собой всю совокупность данных проектирования вместе с программно-аппаратными средствами их управления. Лингвистическое обеспечение САПР представляет собой целостную совокупность формальных языков описания информации и алгоритмов ее обработки в процессе автоматизированного проектирования. В методическое обеспечение САПР включается совокупность документов, нормирующих правила выбора и эксплуатации комплекса средств автоматизации проектирования при решении конкретных проектных задач. Организационное обеспечение САПР содержит полную совокупность нормативных материалов, определяющих место и функции САПР в составе проектной организации.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите известные вам виды САПР.
2. Приведите примеры проектирующих и обслуживающих подсистем САПР.
3. Расскажите об основных видах обеспечений САПР.
4. Что собой представляют компоненты САПР?
5. Перечислите и кратко охарактеризуйте проектирующие подсистемы САПР технологического оборудования.
6. Перечислите и кратко охарактеризуйте обслуживающие подсистемы САПР технологического оборудования.

7. Расскажите о комплексе технических средств САПР технологического оборудования.

## **Тема 6. Математическое обеспечение САПР**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Виды математических моделей в САПР.
2. Структурные математические модели.
3. Геометрические модели.
4. Общие методы построения геометрических моделей.
5. Классификация и основные виды функциональных моделей.

*Ключевые понятия:* математическая модель объекта проектирования, геометрическая модель, топологическая модель, структурный граф объекта, функциональная модель, принципы построения математических моделей объекта.

*Литература:* [3, с. 160–184].

### *Методические рекомендации*

Математическое обеспечение автоматизированного проектирования включает в себя математические модели объектов проектирования, а также методы и алгоритмы проектных операций и процедур.

В ходе своей активной деятельности человек издавна использует модели реальных объектов, моделирование явлений для отработки идей, проверки гипотез, получения экспериментального материала. Связано это с тем, что на практике обычно требуется исследовать лишь некоторые стороны изучаемых объектов или явлений. Для этого же бывает достаточно использовать другие объекты или процессы, называемые моделями, с помощью которых можно проще, удобнее, точнее, дешевле получить отображение свойств и характеристик изучаемых объектов. Таким образом, под моделированием какого-либо объекта (системы, явления) понимают воспроизведение и исследование другого объекта в форме, удобной для исследований, и перенос полученных сведений и результатов на моделируемый объект.

Из существующих способов моделирования можно выделить четыре основных, получивших широкое распространение на практике:

– масштабное моделирование, когда натурный объект и модель имеют одинаковую физическую природу и отличаются размерами, причем масштаб по различным направлениям может быть неодинаковым. Наглядным примером масштабного моделирования является продувка моделей самолетов, судов, автомобилей в аэродинамических трубах;

– аналоговое моделирование, когда объекты одной физической природы заменяются объектами другой физической природы на основе прямых аналогий. Аналоговая вычислительная техника служит примером использования электромоделей для изучения реальных объектов различной физической при-



роды – механических, гидравлических, тепловых и т. д.;

– полунатурное моделирование является методом экспериментального исследования, когда часть изучаемого объекта представлена в виде модели, а часть оригинала используется в натуре в едином комплексе с моделью. Например, движение самолета, управляемого автопилотом, можно моделировать комплексом, в котором движение самолета заменяется какой-либо моделью (аналоговой), а автопилот подключается к ней настоящий. Типичными примерами полунатурных моделей являются различные тренажеры;

– математическое моделирование, когда для описания реальных явлений и процессов используются абстрактные математические объекты, такие как переменные, векторы, числа, множества, графы и т. д.

Каждый из указанных способов моделирования имеет свои достоинства и недостатки. Выбор того или иного способа моделирования определяется в каждом конкретном случае в зависимости от поставленных задач, свойств изучаемого объекта и условий его работы.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите виды математических моделей в САПР.
2. Что такое аналоговое моделирование объекта проектирования?
3. Какие требования предъявляются к математической модели объекта?
4. Перечислите виды поверхностей в геометрических моделях.
5. Что представляет собой функциональная модель объекта?
6. Что такое структурная математическая модель?
7. Назовите основные положения теории параметризации.

## **Тема 7. Стандартизация технических решений в условиях САПР**

*Ключевые вопросы темы*

1. Основные понятия и показатели стандартизации и унификации изделий.
2. Определение весовых коэффициентов.
3. Основные методы оценки уровня стандартизации и унификации.
4. Контроль стандартизации и унификации.
5. Оптимизация уровня стандартизации.
6. Определение количественных значений показателей стандартизации и унификации.

*Ключевые понятия:* уровень стандартизации конструкции, уровень унификации изделия, весовой коэффициент, взаимозаменяемость.

*Литература:* [3, с. 185–198].

*Методические рекомендации*

Объектами стандартизации являются продукция, а также правила, обеспечивающие ее разработку, производство и применение. Следует рассмотреть три направления стандартизации как нормотворческой деятельности:

– разработка и применение организационно-технических стандартов, устанавливающих порядок и правила разработки продукции, подготовки ее производства, изготовления, испытаний, хранения, транспортирования, технического обслуживания и ремонта;

– разработка и применение общетехнических стандартов, регламентирующих общетехнические нормы (допуски и посадки, нормы точности и другие нормы научно-технического и производственного назначения), научно-технические термины и обозначения, унифицированные системы конструкторской, технологической и других видов документации;

– разработка и применение стандартов и технических условий на продукцию, устанавливающих технические требования к ней, методы контроля и испытаний, правила приемки и поставки. Стандарт – нормативно-технический документ по стандартизации, разработанный на основе достижений науки, техники и передового опыта, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом в соответствии с положениями Государственной системы стандартизации.

Стандарт может быть разработан как на материальные предметы (продукцию, эталоны, образцы веществ), так и на нормы, правила, требования к объектам организационно-технического или общетехнического характера.

Технические условия – нормативно-технический документ, разработанный в составе комплекта технической документации на конкретные типы, марки, артикулы продукции и устанавливающий комплекс требований к ним в соответствии с положениями Государственной системы стандартизации.

Технические условия разрабатывают на конечные изделия, поставляемые потребителю, или комплектующие изделия к ним, выпускаемые другими предприятиями, за исключением составных частей изделия, поставляемых по кооперации.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Определение и понятия стандартизации. Объекты и органы по стандартизации Краткая история развития стандартизации. Методы стандартизации.

2. Изложите общую структуру ГСС (Государственная Система Стандартизации).

3. Какие виды стандартов применяются в РФ?

4. Применение международных и национальных стандартов на территории РФ.

5. Органы государственного управления, осуществляющие государственный контроль и надзор за соблюдением обязательных требований государственных стандартов.

6. Определение стандарта. Понятия нормы и правила. Категории и виды стандартов, ТУ и регламенты.

7. Общетехнические комплексы стандартов (ЕСКД, ЕСТД, ГС И и т. п.).

Международная организация по стандартизации ИСО, ее структура и функции.

## **Тема 8. Обеспечение технологичности конструкций в САПР**

*Ключевые вопросы темы*

1. Основные методы обеспечения технологичности конструкций.
2. Определение весовых коэффициентов.
3. Основные методы оценки уровня технологичности изделия.
4. Контроль технологичности конструкций.
5. Определение количественных значений показателей технологичности.

*Ключевые понятия:* технологичность изделия, конструктивная преемственность, принципы рационального проектирования конструкции, эксплуатационная технологичность, ремонтная технологичность.

*Литература:* [3, с. 198–217].

*Методические рекомендации*

В экономном использовании материальных, энергетических и трудовых ресурсов при создании, применении и обновлении современных сложных изделий исключительна роль обеспечения технологичности конструкции изделия – одной из важнейшей функции конструкторской подготовки производства. Эта функция предусматривает взаимосвязанное решение соответствующих конструкторских и технологических задач на этапах ОКР (главным образом, на проектных стадиях) и направлена на достижение оптимальных материальных, энергетических и трудовых затрат и сокращение времени на производство, эксплуатацию и ремонт изделия. Она реализуется посредством специальных методических подходов к подготовке и принятию технических решений при конструировании изделия.

Технологичность конструкции изделия проявляется через его свойства на различных стадиях жизненного цикла, включая подготовку производства, изготовление, транспортирование, подготовку к функционированию, техническое обслуживание, ремонт и утилизацию, в виде затрат ресурсов (материалов, энергии, труда, средств и времени), определяемых конструктивно-технологическими особенностями изделия.

Знание этих свойств и применение математических методов для их количественной оценки позволяют воздействовать на них в требуемом направлении и оптимизировать перечисленные выше затраты при безусловном обеспечении установленных значений других показателей качества и принятых условиях разработки, изготовления, технического обслуживания и ремонта.

К комплексу свойств, образующих технологичность конструкции изделия и предопределяющих методы ее обеспечения, относятся технологическая рациональность и преемственность конструкции изделия. Поскольку эти свойства формируются в процессе конструирования изделия, обеспечение технологичности его конструкции становится неотъемлемой составной частью конструктор-

ской подготовки производства.

Преимственность конструкции изделия рассматривается по существу в единстве изменяемости и повторяемости принятых в его конструкции инженерных решений.

При обеспечении технологичности конструкции изделия необходимо учитывать две группы свойств, характеризующих преимущество его конструкции:

– совокупность свойств изделия, определяющих его конструктивную преимущество и характеризующих единство повторяемости в нем компонентов (конструктивных элементов и связей между ними), относящихся к множеству исполнений изделия, и применимости новых компонентов, новизна которых обусловлена функциональным назначением изделия;

– совокупность свойств изделия, определяющих его технологическую преимущество, т. е. единство изменяемости и повторяемости технологических методов выполнения, поддержания и восстановления компонентов исполнения, которые обладают в нем качественной определенностью.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите основные методы обеспечения технологичности конструкций.
2. Какие свойства объекта определяют его технологичность?
3. Как оценивается технологическая рациональность конструкции изделия?
4. Что характеризует преимущество конструкции?
5. Что такое технологическая рациональность?
6. Что выражает ремонтная технологичность конструкции?
7. Какие факторы следует учитывать при конструировании сборочной единицы?

## **Тема 9. Автоматизированные системы подготовки производства**

*Ключевые вопросы темы*

1. Основные этапы технологической подготовки производства.
2. Форма представления конструкторской и технологической документации.
3. Классификация объектов технологической подготовки производства.
4. Обзор и описание САМ-систем.
5. Процесс проектирования технологического маршрута.

*Ключевые понятия:* технологический процесс, технологическая операция, технологический маршрут, автоматизация технологической подготовки.

*Литература:* [12, с. 24–48].

*Методические рекомендации*

Подготовка любого производства состоит из научного, организационно-

го, конструкторского и технологического этапов. Технологическая подготовка включает комплекс работ, обеспечивающих наиболее эффективное применение новых, высокопроизводительных технологических процессов (ТП) с использованием передовых достижений науки и техники на базе максимальной механизации и автоматизации. Под технологической подготовкой производства (ТПП) в общем случае понимается комплекс работ по обеспечению технологичности конструкции запускаемого в производство изделия, проектированию технологических процессов и средств технологического обеспечения, расчету технически обоснованных материальных и трудовых нормативов, необходимого количества технологического оборудования и производственных площадей, внедрению технологических процессов и управлению ими в производствах, обеспечивающих возможность выпуска нового изделия в заданных объемах. Целью технологической подготовки является достижение в процессе изготовления продукции оптимального отношения между затратами и получаемыми результатами. Одним из важнейших элементов ТПП является отработка на технологичность конструкций деталей, узлов, машин и механизмов. Технологичной является такая конструкция, которая не только полностью удовлетворяет эксплуатационным требованиям, но и обеспечивает применение высокопроизводительных методов изготовления изделий, рациональное использование оборудования и материалов, преемственность и повторяемость деталей и сборочных единиц. Процесс ТПП состоит из эвристических и формализованных методов. Эвристические методы базируются на различных идеях, интуитивном мышлении, способности к изобретательству. Эти методы реализуются высококвалифицированными инженерами. Формализованные методы, которые основываются на физико-математических закономерностях, широко используются при автоматизации ТПП.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Каковы основные принципы и содержание работ технологической подготовки производства (ТПП)?
2. Опишите функции и проблемы ТПП.
3. Как обеспечивается технологичность конструкции изделия?
4. Что является методологической основой создания систем автоматизации технологического проектирования (САПР ТП) на конкретных предприятиях?
5. Какие виды информации используются в АСТПП?
6. Что позволяет осуществлять наличие единого информационного пространства при проектировании и производстве изделий?
7. Что является базовой системой для АСТПП?

### **Тема 10. Системы автоматизации инженерных расчётов в САПР**

*Ключевые вопросы темы:*

1. Перечень инженерных расчетов в пищевой инженерии.
2. Автоматизация инженерных расчетов в САПР.
3. Обзор и описание САЕ-систем.

*Ключевые понятия:* инженерные задачи, методы численных расчетов.

Литература: [4, с. 98–120].

*Методические рекомендации*

Возможности компьютера позволяют использовать его как средство автоматизации инженерной и научной работы. Для решения сложных расчётных задач используют программы, написанные специально. В то же время, в инженерной и научной работе встречается широкий спектр задач ограниченной сложности, для решения которых можно использовать универсальные средства. К такого рода задачам относятся следующие:

- подготовка научно-технических документов, содержащих текст и формулы, записанные в привычной для специалистов форме;
- вычисление результатов математических операций, в которых участвуют числовые константы, переменные и размерные физические величины;
- статистические расчёты и анализ данных;
- построение двумерных и трёхмерных графиков;
- дифференцирование и интегрирование, аналитическое и численное;
- решение дифференциальных уравнений;
- проведение серий расчётов с разными значениями начальных условий и других параметров;
- выполнение чертежей.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислите основные инженерные задачи, которые приходится решать в ходе НИОКР с применением вычислительных средств.
2. Основы инженерных методов расчета конструкций путем на основе численного дифференцирования.
3. Методы численных расчетов конструкций на прочность.
4. Методы численных расчетов тепловой напряженности аппаратов.
5. Общие принципы метода конечных разностей.
6. Общие принципы метода конечных элементов.
7. Методы оптимального проектирования напряженных конструкций.

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков проектирования рациональных конструкций машин и аппаратов с применением САПР.

Практические занятия по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования» являются важной составной частью учебного процесса изуча-

емого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

| Номер темы   | Содержание практического (семинарского) занятия  | Кол-во часов ПЗ |               |
|--------------|--|-----------------|---------------|
|              |  | очная форма     | заочная форма |
| 1            | Разработка сценария проблемы на стадии предпроектных исследований технологической машины                     | 4               | 1             |
| 2            | Разработка «дерева целей» на стадии предпроектных исследований технологической машины                        | 4               | 1             |
| 3            | Разработка матрицы «цель-средство» на стадии предпроектных исследований технологической машины               | 4               | 1             |
| 4            | Разработка проекта технического задания на технологическую машину  | 6               | 1             |
| 5            | Разработка проекта технического предложения на технологическую машину с синтезом нового технического решения | 6               | 2             |
| 6            | Разработка технического описания изобретения на устройство   | 6               | 2             |
| <b>Итого</b> |  | <b>30</b>       | <b>8</b>      |

**Практическая работа № 1: Разработка сценария проблемы на стадии предпроектных исследований технологической машины**

*Задание по практической работе:* разработать сценарий проблемы при проектировании технологической машины.

*Примечание:* наименование и назначение машины определяется по согласованию студента с преподавателем.

*Контрольные вопросы:* зависят от конкретно выбранной машины и факторов окружения. Вопросы о функциях машины, факторах окружения, состоянии отрасли, потенциальных потребителях изделия, техническом уровне аналогов и прототипов.

*Методические рекомендации*

Поиск противоречий и определение потребности в создании новой техники начинается с разработки сценария проблемы. Сценарий представляет собой аналитический обзор, содержащий данные относительно проблемной ситуации,

внутри которой протекают конкретные процессы, являющиеся объектом прогноза. Эти данные относятся к самым различным сторонам прогнозируемой научно-технической, социальной и экономической ситуации и включают в себя описание отдельных факторов или событий, оказывающих прямое или косвенное влияние на реализацию конкретного события.

Сценарий позволяет улучшить описание создаваемой техники, конкретизировать генеральные цели и условия развития изделия в процессе его жизненного цикла. Также сценарий позволяет выявить факторы непосредственного и косвенного окружения и сформулировать критерии для оценки вариантов изделия, которые будут получены на последующих этапах разработки.

При составлении сценария проблемы должна использоваться различная научно-техническая информация. Поиск и изучение литературы по заданному вопросу – первый этап самостоятельной работы студента над курсовым проектом. Успех курсового проектирования существенно зависит от глубокого и всестороннего анализа современного состояния технологии и техники по заданной теме, а также правильного выбора направления его развития.

Сначала студент пользуется информацией, содержащейся в учебниках по технологии и оборудованию и других учебных пособиях. Далее возникает необходимость изучать дополнительную литературу.

Студент должен находить нужные книги самостоятельно. Для этого рекомендуется использовать библиотечные электронные систематические и алфавитные каталоги. В библиотеке имеются также систематические предметные и библиографические указатели по различным отраслям знаний и отдельным темам.

Просмотр специальных отечественных и зарубежных журналов и сборников начинают с реферативных журналов по данной отрасли знаний. Журнальную статью возможно достаточно быстро отыскать по указателю статей, помещаемому в конце последнего номера журнала за каждый год издания. Полезными могут оказаться и библиографические сноски, ссылки и указатели в учебниках и монографиях, относящихся к разрабатываемой теме.

Очень важно использовать специальные исследования (монографии), статьи в сборниках научных трудов, каталоги и проспекты отечественных и зарубежных фирм, а также информационные материалы из сети Интернет.

Сформулировать факторы непосредственного и косвенного окружения изделия означает описать ситуацию, внутри которой будет происходить работа проектируемого объекта. К непосредственному окружению изделия относят внешнюю среду, в которой будет функционировать технический объект. К косвенному окружению относят факторы, которые определяются научно-технической, экономической и социальной ситуацией на момент разработки изделия.

Методика составления сценария строится на выявлении путей эволюции



изделия в последовательности временных периодов его жизненного цикла и определении тех факторов (требований), которые могут изменить или остановить его развитие.

Требования к изделию сопровождают все стадии проектирования. На стадии предпроектных исследований их можно назвать пользовательскими, потому что составлять их должны главным образом потребители продукции. Заинтересованными сторонами, определяющими требования к продукции, могут быть люди или организации, имеющие определенное отношение к объекту проектирования. Одни из них влияют на объект и взаимодействуют с ним, на других влияет и воздействует объект. К заинтересованным сторонам возможно отнести:

- руководство: люди, отвечающие за техническую политику в отрасли промышленности, за бюджет разработки, за бюджет организации, в которой объект будет использоваться;

- инвесторы: люди, приглашенные к финансированию или уже вложившие деньги в разработку объекта;

- заказчики или покупатели, которым придется непосредственно использовать объект;

- обслуживающий персонал, отвечающий за исправное состояние объекта;

- операторы, управляющие работой объекта;

- обучающий персонал, осуществляющий подготовку операторов;

- маркетинг и продавцы, играющие ключевую роль в определении возможностей объекта, особенно относящегося к серийной или массовой продукции;

- эксперты по области применения, знающие особенности условий работы проектируемого объекта;

- общественное мнение.

Пользовательские требования составляются в ходе маркетинговых исследований, представляются в виде описания без ограничений к форме. Тем не менее, они должны быть по возможности краткими, реалистичными, не содержать указаний на возможную реализацию.

Наиболее частые ошибки пользовательских требований следующие:

- уклон в сторону возможных технических решений;

- недостаточное внимание к реальным проблемам;

- отсутствие у заинтересованных сторон понимания ответственности за выдвигаемые ими требования.

Постоянные требования, подразумевающиеся практически всегда:

- максимально достижимый уровень эксплуатационных свойств: минимальные габариты, минимальная масса, минимальное потребление энергии, доступность и заменяемость всех элементов, имеющих ограниченный срок служ-

бы, оптимальная надежность;

– оптимальные эргономические показатели: простое, легкое и удобное обслуживание, защита от вредных побочных выходов (помех), таких, как шум, тепло, вибрация, выхлопные газы, пыль, минимальный вред окружающей среде;

– максимальный учет всех особенностей существующего производства: применение имеющихся материалов, стандартных деталей и документации, использование имеющегося оборудования и технологии;

– наилучшие эргономические показатели: минимальные издержки производства; минимальные эксплуатационные расходы.

Некоторые требования выступают как ограничения в выборе решений, диктуемые природой и обществом. Пользовательские требования определяются главным образом заказчиком или потребителями продукции.

В результате разработки сценария проблемы уточняется качественный и количественный состав связей создаваемого изделия с другими элементами внешней среды. Сопоставление и увязка прогнозов потребности разработки, изготовления, эксплуатации и утилизации изделия, содержащихся в сценарии, позволяет определить на основе уточненных связей требования к создаваемому объекту и составить описание граничных условий.

Таким образом, на этапе составления сценария формируются самые общие представления о проектируемом объекте, и поэтому взаимное влияние факторов можно не учитывать. Здесь, по существу, происходит лишь выявление признаков ситуации, причем следует начинать с самых простых и очевидных, переходя затем к более сложным и менее очевидным. Выявление факторов окружения подобно эмпатии (вживание в роль). Проектировщик ставит себя в положение будущего технического устройства и осматривается. Вначале составляется лишь перечень факторов, а затем по ходу их описания могут быть вскрыты новые факторы окружения.

## **Практическая работа № 2: Разработка «дерева целей» на стадии предпроектных исследований технологической машины**

*Задание по практической работе:* изучить методику разработки «дерева целей» в виде ориентированного графа.

### *Методические рекомендации*

Сценарий проблемы вскрывает множество факторов, определяющих дальнейшее направление поиска технического решения проектируемого изделия. На основе сценария возможно сформулировать цели проектирования, исходя из различных сфер окружения.

На основании пользовательских требований разработчик должен составить цели проектирования. Цели проектирования вытекают из Пользовательских требований, но в отличие от них цели должны быть четким руководством

к последующим действиям, поэтому не могут допускать противоречий. Помимо этого, предоставление целей проектирования должно давать возможность: однозначно идентифицировать каждую из них; классифицировать цели по важности; установить взаимосвязь целей.

Задача определения целей проектирования осложняется тем, что проектируемый объект должен отвечать требованиям не в настоящем времени, а в будущем. Необходимо учитывать, что за время разработки объекта могут произойти изменения в его окружении. Так, например, факторы научно-технической ситуации могут повлиять на выбор физических принципов действия машины. В социальной сфере могут измениться требования к форме изделий, определяемой модой, к эргономическим и экологическим показателям. Не остаются постоянными и экономические требования. В связи с этим определение целей исследовательского проектирования требует прогнозирования.

Для наглядного представления и систематизации целей проектирования используется граф целей, называемый «дерево целей». Все окружение разбивается на уровни в зависимости от их масштаба. На первом уровне помещается сфера, охватывающая интересы всего человечества. На втором – интересы государства. Далее размещаются сферы интересов отрасли, предприятия (заказчика), проектной организации (исполнителя), отдела, и, наконец, сфера личных интересов. На каждом уровне возникают свои цели, подчиненные целям более высокого уровня. Граф, вершины которого означают цели, а дуги – их отношения, и образует граф целей. Вершины его ориентированы относительно уровней сфер окружения. При составлении графа в каждом конкретном случае нужно, прежде всего, решить, начиная с какого уровня необходимо учитывать сферы окружения. Проектируемое изделие не всегда влияет на интересы государства, и тем более всего человечества, однако чрезмерное усечение уровней может оказать неучтенное воздействие в сферах более высокого уровня.

Построение «дерева целей» осуществляется по следующим правилам:

- иерархия входящих целей, подцелей и проблем;
- стабильность генеральных целей для рассматриваемого периода;
- каждый более низкий уровень «дерева целей» представляет конкретизацию проблем более высокого уровня;
- «дерево целей» строится в терминах задачи;
- формулировка каждой цели на любом уровне должна допускать количественную оценку степени достижения целей.

«Дерево целей» строится путем деления цели на подцели при переходе от одного уровня к другому. Такое деление производится до уровня, на котором подцели могут быть всесторонне и надежно оценены и будет накоплено необходимое количество информации для определения конкретных путей достижения целей более высокого порядка.

Разработку «дерева целей» сверху вниз ведут до таких первичных эле-

ментов, которые в системе «дерева» являются уже целями отдельных элементов надсистемы. Тем самым устанавливается главная цель функционирования изделия и гарантируется ее увязка с целями надсистемы.

Наибольший объем информации в «дереве целей» содержат элементы верхнего и самого нижнего уровней. Промежуточные цели служат лишь в качестве вспомогательного инструмента для упорядочивания информации, обеспечения полноты и других требований.

Разработка «дерева целей» позволяет конкретизировать и уточнить задачи патентно-информационных исследований и перейти к целенаправленному сбору информации об изделии, ее окружении и среде. Собранная информация используется для уточнения проблемы определения и анализа, достигнутого в нашей стране и за рубежом технического уровня в области создания техники данного класса, определения текущих условий и областей применения.

### **Практическая работа № 3: Разработка матрицы «цель–средство» на стадии предпроектных исследований технологической машины**

*Задание по практической работе:* разработать матрицу «цель–средство», синтезировать набор вариантов технических решений, выделить несколько вариантов, наиболее перспективных по критерию реализуемости.

#### *Методические рекомендации*

Выбор направления проектирования изделия осуществляется с помощью построения матрицы «цель–средство» и выбора из нее существующих перспективных решений.

Из «дерева целей» в первый столбец данной матрицы заносятся задачи, решение которых необходимо для разработки изделия. В остальных столбцах матрицы, по результатам предварительных анализов и патентно-информационных исследований, указываются существующие общие технические решения, способные решить перечисленные задачи. По результатам оценки и сравнения перечня технических решений матрицы «цель–средство» выбираются перспективные варианты для формирования общего замысла разработки изделия.

Выявленные направления синтеза вариантов объекта проектирования вместе с определенными требованиями и граничными условиями позволяют перейти к оценке значимости и целесообразности найденных направлений синтеза как путей достижения целей разработки, определить и выбрать лучшие из них. Необходимые для этого параметры, критерии и другую информацию получают при анализе «дерева целей» и сценария проблемы.

Проводить одновременную разработку всех полученных направлений не представляется возможным и целесообразным, так как проектировщик, как правило, располагает ограниченными ресурсами и часть найденных направлений может не отвечать выявленным требованиям и ограничениям. Выбор кон-

кретных направлений синтеза вариантов изделия определяется вероятностью их успешной реализации, под которой понимается возможность создания в рамках этого направления к заданному сроку эффективного изделия. Это зависит от ряда следующих факторов:

- наличия научно-технического потенциала у данного направления;
- перспективности направления;
- наличия прогнозируемой эффективности при внедрении изделия, в случае реализации направления к заданному сроку.

Для уменьшения количества рассматриваемых вариантов на первом этапе используют методы предварительного отсева. С этой целью студент мотивированно разделяет все выявленные средства достижения подцелей на следующие группы:

- технически неприемлемые (несовместимые) варианты;
- малоперспективные варианты;
- приемлемые варианты;
- наиболее перспективные варианты.

Решения, попавшие в первые две группы, из дальнейшего рассмотрения исключаются. Из оставшихся получают технически совместимые, целесообразные и соответствующие цели разработки комбинации (цепочки или сети из альтернативных элементов).

Научно-технический потенциал направлений определяется наличием научного и технического задела, материальной базой, которой располагает организация-разработчик для реализации и внедрения изделия. Он может быть оценен экспертным путем и по наличию публикаций и изобретений в рамках направления. Перспективность направления определяется его ожидаемой эффективностью и продолжительностью потребности в результатах. Наличие ожидаемой эффективности может определяться экспертным путем, однако достоверные результаты могут быть получены при ее прогнозировании путем математического моделирования процессов функционирования объекта, создаваемой в рамках исследуемого направления. При этом используются гипотезы и прогнозы об условиях и режимах эксплуатации, что позволяет исследовать поведение объекта и изменение ее эффективности.

Возможность реализации направления к заданному сроку определяется экспертным путем, а в случае наличия необходимой информации о подобных разработках, выполнявшихся ранее, – методом экстраполяции тенденций. При этом учитывается сложность и степень новизны оцениваемого направления.

#### **Практическая работа № 4: Разработка проекта технического задания на технологическую машину**

*Задание по практической работе:* разработать проект технического задания на технологическую машину.

### *Методические рекомендации*

Техническое задание (ТЗ) – важный конструкторский документ. Согласно ГОСТ Р 15.201-2000 ТЗ является исходным документом для разработки продукции и должно содержать технико-экономические требования к ней, определяющие потребительские свойства и эффективность ее применения. Важность ТЗ связана с тем, что оно закладывает основы будущих технических решений и, кроме того, является юридическим документом для рассмотрения разногласий между заказчиком и разработчиком.

Ранее в ГОСТ 15.001-73, учитывая важность ТЗ, определялись: основные требования к содержанию технического задания, порядок разработки, согласования и утверждения, порядок построения изложения и оформления ТЗ.

В ГОСТ 15.001-88 и в сменившем его ГОСТ Р 15.201-2000 требования к содержанию ТЗ значительно занижены. Более того, в качестве технического задания допускается использовать любой документ (контракт, протокол, эскиз). Главное, чтобы ТЗ, или заменяющий его документ, было согласовано с заказчиком и содержащиеся в нем требования к продукции не противоречили стандартам и нормативным документам органов, осуществляющих надзор за безопасностью, охраной здоровья и природы.

В соответствии с основными положениями ГОСТ Р 15.201-2000 ТЗ остается основой для выполнения опытно-конструкторских работ (ОКР), и ТЗ ориентирует разработчиков на выпуск продукции, удовлетворяющей потребности народного хозяйства, населения и экспорта.

Среди требований к продукции выделяются обязательные, установленные государственными стандартами и другими нормативными документами на основе законодательства Российской Федерации. Эти требования относятся к безопасности продукции, работ и услуг, окружающей среды, жизни, здоровья и имущества, технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости продукции, единства методов контроля и единства маркировки, а также иные требования, установленные законодательством Российской Федерации.

Анализ ТЗ, выполненный в ряде проектных организаций, дал возможность выделить в них три вида информации: постоянную, исходную и переменную. Постоянная информация связана с конкретной областью техники, определяющей специализацию проектной организации. Она остается неизменной независимо от объекта проектирования. К ней относятся указания: на необходимость соблюдения действующих в данной области техники стандартов и норм, на порядок согласования, контроля и приемки. Технические задания на однотипную продукцию содержат, как правило, одинаковую структуру предложений внутри одноименных разделов. В общем объеме ТЗ на традиционную для проектной организации продукцию постоянная информация занимает больше половины общей информации.

Исходная информация для ТЗ определяется заявкой на разработку. Она

может содержать технико-экономические требования к продукции, лимитную цену, объем потребности в продукции и другие данные. К исходной информации можно отнести и некоторые сведения, известные разработчику еще до составления ТЗ (наименование предприятия изготовителя, должность и фамилии лиц, согласующих и утверждающих ТЗ).

Переменная информация самым непосредственным образом связана с объектом проектирования. Она образуется в ходе преобразования исходной информации при выполнении рассмотренных выше процедур определения потребности в проектировании, выборе целей и признаков.

### **Практическая работа № 5: Разработка проекта технического предложения на технологическую машину с синтезом нового технического решения**

*Задание по практической работе:* разработать проект технического предложения на технологическую машину.

#### *Методические рекомендации*

Техническое предложение – это совокупность конструкторских документов, разработанных на основе ТЗ и содержащих выбор вариантов возможных решений и отыскание среди них оптимального. Поиск вариантов технических решений выполняет инженер-конструктор. Однако уже на этой стадии целесообразно привлекать к работе над проектом инженеров-технологов и художников-конструкторов.

Технологи, участвуя вместе с конструкторами в выборе вариантов, заботятся о рациональном членении и компоновке будущей конструкции, лучших предпосылках для использования стандартных и унифицированных узлов, типовых технологических процессов, ограничении номенклатуры конструктивных материалов.

Художник-конструктор формирует требования технической эстетики и эргономики, разрабатывает варианты художественно-конструкторского решения.

В техническом предложении отражаются результаты исследований по проверке патентной чистоты выбранного варианта технического решения, как в нашей стране, так и в зарубежных странах. В число обязательных документов технического предложения входят пояснительная записка и ведомость технического предложения. В зависимости от характера, назначения или условий производства объекта могут выполняться дополнительно: чертеж общего вида или габаритный чертеж, схемы, таблицы, расчеты, патентный формуляр.

Исходя из содержания технического предложения на стадии его разработки выделены три основные процедуры: поиск вариантов технических решений, выбор оптимального варианта и анализ принятого решения.

На входе процедуры поиска возможных технических решений должны

быть варианты достижения поставленных целей – варианты проектируемого объекта. Этот этап проектирования в наибольшей степени носит творческий характер. Здесь проявляются способности конструктора к изобретательству. Как известно, к изобретательству наиболее склонны люди с хорошо развитым ассоциативным мышлением. Мозг такого человека находится в состоянии творческого поиска даже в те моменты, когда сам человек занят совершенно другим делом. Конструктор знает, что, то или иное техническое решение может возникнуть в его сознании совершенно неожиданно. Разгадка механизма творчества – задача создания искусственного интеллекта. На заре технического творчества поиск конструктивного решения всецело относился к области искусства. В настоящее время этот процесс все ближе примыкает к науке. Использование систематизированных и обобщенных знаний в поиске технических решений – характерная черта современного проектирования. Знания нужны не для того, чтобы освободить человека от творчества, а для того, чтобы сделать его более целенаправленным. Стремление к сокращению сроков проектирования не позволяет надеяться на спонтанное озарение, его нужно стимулировать. Нередки случаи, когда наиболее удачный вариант технического решения возникал в конце разработки и уже не мог быть использован. Необходимо определенными приемами обеспечить появление наилучшего варианта на соответствующем этапе проектирования – этапе поиска возможных решений. Одним из таких приемов является многовариантность технического решения (чем больше идей – тем лучше).

В эпоху научно-технической революции в техническом творчестве участвуют миллионы специалистов. Вероятность того, что той же самой проблемой, которая стоит перед конструктором, занимались или занимаются другие, весьма велика. В этих условиях становится необходимым прежде, чем приступить к разработке вариантов, ознакомиться с тем, что уже в этом направлении сделано.

В области изобретательского дела бытует понятие «обычного проектирования», под которым понимается решение известной задачи для достижения известной цели, осуществляемое известными путями или способами с помощью известных средств – при обычном проектировании специалисту известны задача, цель, способ и средство решения. Специалисты в области изобретательского дела понимают под «обычным проектированием» проектирование нового образца внутри типоразмерного ряда. Действительно, в этом случае конструктор может воспользоваться известным конструктивным решением, примененным в базовом изделии. Однако практика показала, что, во-первых, унифицированные сборочные единицы составляют в изделиях внутри типоразмерного ряда не более 50 % от всех сборочных единиц, а во-вторых, любое количественное изменение того или иного параметра, особенно главного, в подавляющем большинстве случаев приводит к качественно новым техническим реше-



ниям если не для всего изделия, то, по крайней мере, для одного из его составляющих.

На практике разработка не всегда вся целиком может быть признана изобретением. Изобретение обычно скрыто в разработке, его надо уметь найти. Несомненно, цели изобретателя и проектировщика различны. Если первый стремится найти новое техническое решение, не всегда заботясь о возможности его реализации в настоящее время, то второй может положить в основу создаваемого изделия лишь то решение, которое определенно сулит положительный эффект и может быть реализовано. Конечно, такое противоречие в целях не противопоставляет конструктора изобретателю. Профессии изобретателя нет. Изобретателем может быть человек любой профессии, в том числе и конструктор. Более того, конструктор, принимающий участие в разработке вариантов технического решения, невольно сталкивается с изобретательством.

Несмотря на то, что поиск технических решений при разработке вариантов изделия относится к сфере инженерного творчества, многие опытные конструкторы прибегают к определенным методам для систематизации своей работы.

Известные в настоящее время эвристические приемы и методы поиска технических решений по степени формализации делят на следующие три группы:

1. Неформализованные эвристические приемы и методы, состоящие из набора эвристик.

2. Частично формализованные методы, часть операций в которых описана в виде алгоритмов.

3. Полностью формализованные приемы и методы-алгоритмы.

Названные группы весьма отличаются по численности входящих в них приемов и методов. Наиболее многочисленна первая группа. Она включает как общие (инвариантные) методы, применимые к объектам любой техники, так и частные, относящиеся к определенному классу технических систем и их элементов.

Полностью формализованные методы (алгоритмы) составляют самую малочисленную группу и относятся лишь к конкретным объектам техники. Однако с развитием методик проектирования и алгоритмизацией инженерных расчетов все большее число методов переходит из первой группы во вторую и из второй в третью. Автоматизированное проектирование строится на второй группе методов, а автоматическое – на третьей.

### **Практическая работа № 6: Разработка нового технического решения на основе синтеза физических принципов действия**

*Задание по практической работе:* новое техническое решение технологической машины на основе синтеза физических принципов действия несколь-

ких вариантов устройств.

### *Методические рекомендации*

Поиск физических принципов действия новых изделий – одна из самых сложных и интересных задач инженерного творчества. При ее решении конструктор вынужден не только варьировать и оценивать конструктивные признаки, но и абстрагироваться на уровне физико-технических эффектов (ФТЭ). Это позволяет синтезировать физические принципы действия новых изделий.

Инженер обычно знает до 200 ФТЭ, а достаточно свободно использует не более 100, хотя в научно-технической литературе их описано более 3000. Для учебных целей курсового проектирования фонд ФТЭ содержит около 200 кратких качественных описаний.

Физическим принципом действия (ФПД) изделия является структура совместимых и объединенных ФТЭ, обеспечивающих преобразование заданного начального входного воздействия в заданный конечный результат (выходной эффект). Для имеющегося фонда ФТЭ подразумевается три следующих вида совместимости:

- качественная совместимость по совпадению наименований входов и выходов;
- качественная совместимость по совпадению качественных характеристик входов и выходов;
- количественная совместимость по совпадению значений физических величин.

Работа по поиску допустимых физических принципов действия состоит в следующем. Составляется описание функции разрабатываемого изделия и его физической операции. Описание физической операции рекомендуется делать с учетом синонимов в наименованиях «входов» и «выходов». Это выполняется быстрее и правильнее со словарем технических функций.

После формулировки вариантов физической операции по компонентам «входы» и «выходы» составляют таблицу, описывающую совпадающие или близкие по содержанию входы и выходы. Затем из фонда ФТЭ выбираются такие, которые обеспечивают подходящее преобразование «вход» → «выход». Если при этом выбран один ФТЭ, это означает – физический принцип действия изделия использует только один ФТЭ. Далее следует построить цепочку ФПД, попарно выбирая из фонда такие эффекты, которые обеспечивают качественный вид совместимости. Сначала выбирается цепочка из двух совместимых ФТЭ, затем проверяется возможность образования цепочки из трех ФТЭ, затем – из четырех, и, наконец, из пяти ФТЭ.

При числе ФТЭ более пяти – резко возрастает сложность методики, и существенно увеличивается число анализируемых промежуточных вариантов. При курсовом проектировании достаточно строить цепочки ФПД, содержащие до трех ФТЭ.

Таким образом, формируются варианты физического принципа действия изделия. Полученные цепочки ФПД следует проверить на количественную совместимость. Анализ совместимости выполняется для каждой пары стыкуемых ФТЭ. Количественная совместимость в основном оценивается по интервалам возможных значений входов и выходов. Если оказывается, что среди синтезированных вариантов нет ни одного допустимого, то выбирают ФПД с одной количественной несовместимостью и вводят дополнительные ФТЭ или готовые устройства (нормирующие приборы), обеспечивающие такую совместимость. При анализе цепочек ФПД на количественную совместимость и при устранении несовместимостей следует хорошо представлять сущность ФТЭ. Для этого следует изучать описания эффектов в фонде ФТЭ, а также обращаться к дополнительной литературе по физике, технической механике, автоматике, электронике, гидравлике, пневматике, реологии.

На основе вариантов ФПД, удовлетворяющих качественной и количественной совместимости ФТЭ, следует разработать изображение принципиальной схемы и дать ее описание. Для этого выбирают и эскизно изображают конструктивные элементы, соответствующие отдельным ФТЭ, определяют их взаимное расположение и компоновку. После этого описывают принцип работы полученного устройства (принципиальной схемы). Указывают, какие потоки энергии, вещества или сигналов проходят через конструктивные элементы; под действием каких ФТЭ, как и с помощью каких конструктивных элементов происходит преобразование этих потоков.

Физические принципы действия возможно синтезировать с использованием морфологической карты ФПД, заглавиями столбцов которой являются физические операции изделия.

Целесообразно сначала составить две морфологические карты. Первую заполняют выпускаемыми изделиями, реализующими соответствующие физические операции, и известными техническими решениями из патентного обзора. Вторую карту заполняют отдельными ФТЭ и цепочками ФТЭ, которые реализуют соответствующие физические операции изделия. Заполнение первой карты облегчается при наличии межотраслевого словаря технических функций. Для заполнения второй карты следует использовать фонд ФТЭ. Затем обе карты объединяются в одну, последовательно исключая дублирование между изделиями, техническими решениями, ФТЭ и ФПД.

На основе объединенной морфологической карты рекомендуется получить варианты упрощенных карт, которые зачастую приводят к неожиданным и эффективным ФПД и техническим решениям.

Разработка технического решения может проводиться на основании ранее выполненных практических работ № 1, 2, 3, 4, 5.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, студенты заочной формы обучения закрепляют изучаемый материал, самостоятельно в виде выполнения контрольной работы.

При выполнении контрольной работы студенты письменно отвечают на два вопроса. Перечень вопросов для выполнения контрольной работы представлен в приложении А. Первый вопрос контрольной работы выбирается по последней цифре номера зачетной книжки. Второй вопрос по предпоследней. Например: номер 9031 означает: первый вопрос 1, второй 30. Номер 0100 первый вопрос 0, второй 100.

Ответы на рассматриваемые вопросы должны излагаться по существу, быть четкими, полными и ясными.

При ответе на вопросы студент должен использовать не только учебную литературу, но и статьи, публикуемые в периодической печати, указывая в работе источники информации. Текстовая часть работы может быть иллюстрирована рисунками, схемами, диаграммами, чертежами, таблицами. В конце приводится список использованных источников.

Работа должна быть выполнена на листах формата А4 с одной стороны листа, в печатном варианте. Шрифт текстовой части размер – 12 (для заголовков – 14), вид шрифта – Times New Roman, интервал 1,5. Поля страницы: левое 3 см, правое 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Нумерация страниц внизу справа.

*Структура контрольной работы:*

- титульный лист (приложение)
- введение
- содержание
- текстовая часть (каждый вопрос начинать с нового листа)
- выводы
- список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.001-2003, ГОСТ 7.82-2001.

В текстовой части не допускается сокращение слов. Объем выполненной работы не должен превышать 15 листов формата А4.

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к контрольным работам:

- текст должен быть отпечатан на компьютере;
- основной текст подразделяется на озаглавленные части в соответствии с содержанием работы. Заглавия не подчеркиваются, в конце заголовка точка не ставится, переносы допускаются;

- страницы текста пронумерованы арабскими цифрами в правом верхнем углу без точек. Титульный лист считается первым и не нумеруется;
- на каждой странице оставлены поля для замечаний рецензента;
- список использованных источников оформляются по соответствующим требованиям.

Стиль и язык изложения материала контрольной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы. Выполненная контрольная работа представляется для регистрации на кафедру, затем поступает на рецензирование преподавателю.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу).

Контрольная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтенной работой на проверку преподавателю. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета.

### **Вопросы для контрольной работы**

1. Обзор современных компьютерных САПР.
2. Обзор системы SolidWorks.
3. Обзор системы Компас.
4. Обзор системы ProEngineer.
5. Обзор средств интерактивной машинной графики.
6. Технические средства вывода информации в САПР.
7. Технические передачи данных в САПР.
8. Обзор современных систем ЧПУ, связанных с САПР.
9. Обзор программных средств для математических расчётов в САПР.
10. Обзор современных систем управления базами данных.
11. Обзор системы AutoCAD.
12. Обзор системы САТІА.
13. Технические средства САПР.
14. Технические средства хранения информации в САПР.
15. Технические средства ввода информации в САПР.
16. Обзор современных автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП).
17. Обзор систем электронного документооборота в САПР.
18. Программные средства защиты информации в САПР.
19. Обзор современных информационно-поисковых систем.
20. Обзор современных пакетов автоматизации инженерных расчетов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы автоматизированного проектирования технических систем в пищевой инженерии: учеб. пособие / Ю. А. Фатыхов [и др.] – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 124 с.
2. Агеев, О. В. Системы автоматизированного проектирования. Курсовое проектирование: учеб. пособие / О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 237 с.
3. Агеев, О. В. Системы автоматизированного проектирования: учеб. пособие / О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – 148 с.
4. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий: учеб. / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. В. А. Панфилова. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 912 с.
5. Интерфейс, задание координат, построение примитивов и редактирование чертежа в программе AUTOCAD: метод. указания по освоению прогр. AutoCAD для курсантов и студентов техн. специальностей всех форм обучения / Федер. агентство по рыболовству, Калинингр. гос. техн. ун-т, Балт. гос. акад. рыбопромыслового флота; сост. С. А. Жданович. – Калининград: БГАРФ, 2019. – 111 с.
6. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва: Форум, 2008. – 448 с.
7. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков. – Москва: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2009. – 430 с.
8. Черепашков, А. А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении / А. А. Черепашков, Н. М. Носов. – Москва: ИнФолио, 2009. – 642 с.
8. Колошкина, И. Е. Автоматизация проектирования технологической документации: учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 371 с.
9. Илюшечкин, В. М. Основы использования и проектирования баз данных: учебник для вузов / В. М. Илюшечкин. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 213 с.
10. Григорьев, М. В. Проектирование информационных систем: учеб. пособие для вузов / М. В. Григорьев, И. И. Григорьева. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 318 с.
11. Мальцев, М. В. Машины-автоматы: учебное пособие для среднего профессионального образования / М. В. Мальцев, Ю. Н. Шаповалов, Е. Б. Бражников. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 121 с.
12. Шишмарёв, В. Ю. Организация и планирование автоматизированных производств: учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. – 2-е изд. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 318 с.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Контрольная работа  
допущена к защите:  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа  
защищена  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа  
по дисциплине  
**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**  
Шифр студента \_\_\_\_\_  
Вариант № \_\_\_\_\_

Работу выполнил:  
студент гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Локальный электронный методический материал

Олег Вячеславович Агеев

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Редактор С. Кондрашова

Уч.-изд. 2,9. Печ.л. 2,5.

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
236022, Калининград, Советский проспект, 1