

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Цели, задачи и тематика курсового проектирования	6
2. Порядок выполнения и защиты проекта	7
3. Содержание курсового проекта	9
4. Содержание отдельных разделов расчетно-пояснительной записки	11
4.1. Обзор современных объектов аналогичного назначения и выбор технического решения	11
4.2. Описание разрабатываемого объекта	12
4.3. Расчеты, подтверждающие работоспособность	13
4.3.1. Технологические расчеты	13
4.3.2. Кинематические расчеты	15
4.3.3. Тепловые расчеты	17
4.3.4. Расчет холодильной машины	22
4.3.5. Энергетические расчеты	29
4.3.6. Расчеты деталей на прочность и жесткость	33
4.3.7. Расчеты на ЭВМ	33
4.4. Сведения о монтаже, эксплуатации и ремонте оборудования	36
4.5. Заключение	37
5. Графическая часть проекта	38
5.1. Структура графической части проекта	38
5.2. Требования к выполнению чертежа общего вида	38
5.3. Требования к выполнению сборочных чертежей	39
5.4. Требования к выполнению рабочих чертежей деталей	41
5.5. Особенности обозначения чертежей и схем	41
5.6. Правила составления спецификаций	44
6. Правила оформления текстовых документов	46
6.1. Правила оформления расчетно-пояснительной записки	46
6.2. Изложение текста расчетно-пояснительной записки	48
6.3. Правила построения таблиц	50
6.4. Оформление иллюстраций и приложений	52
Заключение	54
Библиографический список	55

ВВЕДЕНИЕ

Повышение конкурентоспособности продукции перерабатывающей промышленности может быть достигнуто за счет улучшения её качества, разработки и внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий и оборудования, сокращения ручного и тяжелого физического труда, использования новых конструкционных и упаковочных материалов, комплексной переработки сырья. С целью увеличения ассортимента выпускаемых изделий большое внимание уделяется созданию быстро переналаживаемых производств, машин, аппаратов и линий с использованием микропроцессорной техники, робототехнических и роторно-конвейерных комплексов.

Особенно остро эти задачи стоят перед перерабатывающей промышленностью. В ней необходимо осуществить техническое перевооружение предприятий – оснастить поточно-механизированными линиями, обеспечивающими комплексную переработку исходного сырья. Большая часть готовой продукции и полуфабрикатов должна выпускаться в фасованном виде в удобной, красочной упаковке и с длительным сроком хранения. Уменьшение объема ручного труда может быть решено за счет расширения бестарных, контейнерных и пакетных перевозок готовой продукции, сырья и вспомогательных материалов.

Производственная мощность предприятия обосновывается технико-экономическими расчетами. Наряду с поточными линиями большой производительности должны шире внедряться минипекарни, минипивзаводы и другие предприятия малой производительности. Это позволяет значительно сократить транспортные расходы, сделать производство более гибким.

Решение вышеперечисленных задач основывается на использовании новейших научных достижений, всесторонних теоретических знаниях и практическом опыте специалистов.

Важнейшим этапом в подготовке студентов к профессиональной деятельности является работа над курсовым проектом, который должен базироваться на реальных требованиях пищевых предприятий с учетом современных научно-технических разра-

боток, опубликованных в журналах, патентах и другой технической литературе.

1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТОВАНИЯ

Целью курсового проектирования является закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных студентами.

Задачей курсового проектирования является развитие навыков принятия технического решения и практического проектирования, технически грамотного оформления графической части проекта и расчетно-пояснительной записки в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

Тематика курсовых проектов направлена на решение следующих задач:

- создание новых конструкций машин и аппаратов на основании требований технологического процесса, современных достижений науки и техники;

- модернизацию существующего технологического оборудования на основании анализа его работы и выявленных «узких» местах с разработкой оригинальных устройств и механизмов;

- механизацию погрузочно-разгрузочных, складских, транспортных и вспомогательных операций с разработкой отдельных машин и механизмов;

- создание экспериментального и лабораторного оборудования, стендов для проведения учебной и научно-исследовательской работы;

- анализ существующего оборудования или проведение научно-исследовательской работы и разработка на ее основе перспективных конструкций машин и аппаратов.

Основными направлениями модернизации оборудования могут быть:

- повышение производительности машины (аппарата);

- увеличение эксплуатационной надежности машин и сроков их службы;

- повышение качества продукции, расширение диапазона технологических возможностей оборудования;
- улучшение условий труда обслуживающего персонала, техники безопасности, уменьшение техногенного воздействия на окружающую среду;
- повышение экономической эффективности.

Темы курсовых проектов выдаются студентам дневной формы обучения с учетом места прохождения технологической практики, а для студентов, обучающихся по заочной форме – с учетом места и характера их работы и ориентируются на требования перерабатывающих предприятий.

Например, студент проходил технологическую практику на хлебозаводе и ему выдана тема “Модернизация хлебопекарной печи малой производительности Г4-ПРЭ”. В курсовом проекте может быть проведена модернизация:

- разработана конструкция газового калорифера для перевода печи на газовое отопление с целью уменьшения затрат на энергоносители;
- разработана система опрыскивания тестовых заготовок горячей водой из форсунок для улучшения качества готовой продукции;
- усовершенствован подшипниковый узел опорной платформы тележки с тестовыми заготовками для повышения надежности его работы;
- изменена система подачи горячего воздуха в пекарную камеру и другие технические решения.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ПРОЕКТА

Исходным документом на разработку новых или модернизированных изделий является техническое задание на курсовой проект. При этом стадии «техническое предложение» и «эскизный проект» условно объединяются в одну: поиск конструктивного решения. Начальный этап работы – сбор материала по теме курсового проекта во время прохождения технологической практики. Студент должен провести патентный поиск и изучить научно-техническую литературу по теме, выявить прототипы модер-

низируемого или вновь разрабатываемого оборудования, найти варианты технического решения, произвести их сравнительную оценку и выбрать оптимальный. Эту часть проекта оформляют в расчетно-пояснительной записке в виде эскизов или рисунков выбранных вариантов, которые сопровождают пояснениями, а в случае необходимости, их расчетами. Дальнейшая работа над курсовым проектом заключается в разработке конструкции предлагаемого технического решения.

Если темой курсового проекта является механизация трудоемких ручных работ, то необходимо изучить современные достижения и состояние техники и технологии в этой области в пищевой и других отраслях промышленности.

После согласования принятых технических решений с руководителем студент приступает к выполнению графической части проекта и расчетно-пояснительной записки в соответствии с графиком, утвержденным заведующим кафедрой. Руководитель проекта консультирует студента и контролирует ход работы.

Выполненный курсовой проект представляется руководителю. После проверки и исправления ошибок подписанный руководителем курсовой проект допускается к защите в комиссии. При защите курсового проекта студенты должны показать:

- знание задач, стоящих перед пищевой промышленностью и машиностроением;
- знание общепрофессиональных, специальных и экономических дисциплин;
- умение самостоятельно проводить анализ технической литературы и патентных источников, а также принимать на основе этого анализа оригинальные технические решения.

Во время защиты студент в течение 5-6 мин излагает содержание курсового проекта в последовательности:

- актуальность проекта;
- назначение разработанного объекта;
- анализ существующих технических решений и обоснование принятого;
- описание конструкции и принципа работы спроектированного или модернизированного оборудования;

– оценка результатов модернизации оборудования и возможностей его использования в промышленности.

Доклад иллюстрируется графической частью проекта, поэтому чертежи должны быть расположены согласно излагаемому материалу.

При выполнении студентом научно-исследовательской работы в рамках курсового проекта в докладе приводится описание экспериментальной установки, методика проведения экспериментов и обработки полученных результатов, а также разработанных на их основе конструктивных решений.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект включает следующие основные части:

- расчетно-пояснительную записку;
- графическую часть;
- приложения;
- спецификации.

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 и составляет по объему 35...40 страниц рукописного текста. Примерное содержание расчетно-пояснительной записки и структура ее разделов приведены в табл. 1.

Первой страницей расчетно-пояснительной записки является титульный лист на курсовой проект (приложение А), второй – задание на курсовой проект (приложение Б). Содержание и объем отдельных разделов и подразделов расчетно-пояснительной записки могут быть изменены после согласования с руководителем.

Материал в записке должен излагаться кратко и четко, иллюстрироваться рисунками, графиками, расчетными схемами и таблицами.

Таблица 1 – Примерное содержание расчетно-пояснительной записки

Порядковый номер раздела	Наименование раздела	Объем раздела
--------------------------	----------------------	---------------

(подраздела)		(подраздела), с.
1	2	3
	Содержание	1-2
	Введение	1-2
1	Обзор современных объектов аналогичного назначения и выбор технического решения	
1.1	Обзор литературных источников	2-5
1.2	Патентная проработка проекта	2-5
1.3	Анализ существующих конструктивных аналогов и обоснование принятого технического решения	1-2
2	Описание разработанного объекта	
2.1	Назначение и область применения	1-2
2.2	Описание конструкции и принципа работы	2-3
2.3	Техническая характеристика разрабатываемого объекта	1
3	Расчеты, подтверждающие работоспособность	
3.1	Технологические расчеты (материальный баланс, подбор оборудования, расчет расхода сырья и т. д.)	3-4
3.2	Кинематические расчеты (определение частоты вращения валов и кинематических соотношений, составление циклограммы и т. д.)	2-3
3.3	Тепловые, гидравлические, пневматические и другие расчеты, учитывающие специфику машины (аппарата)	3-4
	Энергетические расчеты	4-5
3.4	Расчет деталей на прочность и жесткость	5-6
3.5	Расчет на ЭВМ	3-4
3.6	Сведения о монтаже, эксплуатации и ремонте оборудования	2-3
4	Заключение	1
	Список использованных источников	1-2
	Приложения	
	Всего	35...40 с.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Содержание помещается после задания на курсовой проект. В нем перечисляются названия всех разделов, подразделов и приложений с указанием номера страницы. Первая страница содержания снабжается основной надписью для первого листа текстового конструкторского документа, остальные страницы – основной надписью для последующих листов.

Введение содержит оценку современного состояния пищевой промышленности и отрасли, по которой выполняется курсовой проект, а также задачи, стоящие перед ней и перспективы развития. Автор проекта обосновывает актуальность выбранной темы, формулирует основные задачи по повышению эффективности действующего оборудования и производства в целом.

4.1. Обзор современных объектов аналогичного назначения и выбор технического решения

Для выполнения этого раздела студент должен всесторонне изучить и проанализировать различные виды технической литературы, в том числе паспорта оборудования и рационализаторские предложения на предприятии во время прохождения технологической практики. Данный раздел предназначен для сбора, систематизации и анализа информации, необходимой для принятия технического решения.

В обзоре литературных источников приводятся несколько вариантов конструктивных решений, наиболее близких по назначению к проектируемому оборудованию в виде схем, эскизов или рисунков с описанием устройства и принципа работы. Проводится анализ их недостатков, а также достоинств, повышающих эффективность работы.

Патентная проработка проекта осуществляется по фондам патентов в библиотеке ВГУИТ, областной библиотеки имени И.С. Никитина и по другим источникам. В подразделе приводятся схемы, рисунки и краткие описания патентов – аналогов разрабатываемого или модернизируемого оборудования и делается их обобщение и анализ. Ксерокопии близких по сути патентов размещаются в приложениях.

В анализе существующих аналогов и обосновании принятого технического решения приводятся сравнительные характеристики технических и экономических показателей машин (аппаратов): производительность, занимаемая площадь, установленная мощность электродвигателей и др. Осуществляется анализ машин (аппаратов) аналогичного назначения, их достоинств и недостатков.

В этом разделе классифицируются конструкции, обобщаются связи конструкторских решений с их теоретической обоснованностью, сопоставляются результаты обзора технической литературы и патентов с достижениями теории по осуществляемым в машинах (аппаратах) процессам.

На основании всесторонней проработки задания выбирается рациональное по технико-экономическим показателям решение по модернизации или разработке принципиально новой конструкции машины (аппарата). При выборе варианта конструктивного решения учитываются требования эстетики и эргономики.

4.2. Описание разрабатываемого объекта

Назначение и область применения. Указывается технологическое назначение разрабатываемого узла, машины или аппарата. Объект классифицируется по технологическому, конструктивному и другим признакам. Отмечаются его индивидуальные особенности, преимущества и недостатки, а также возможные области применения.

Описание конструкции и принципа работы. Приводится устройство машины (аппарата) с перечислением составляющих узлов и элементов, работа с указанием последовательности технологических операций и движений рабочих органов. При этом в тексте указываются номера позиций узлов и деталей машин (аппаратов), их наименование и обозначение чертежей в спецификациях проекта. Дается подробный перечень операций по обслуживанию машины (аппарата). При описании основное внимание уделяется новым разработкам студента с указанием их преимуществ.

Техническая характеристика разрабатываемого объекта. Приводится производительность, габариты, установленная мощность, масса, а также материалоемкость, энергозатраты и другие удельные показатели.

4.3. Расчеты, подтверждающие работоспособность

В этом разделе приводятся различные виды расчетов, связанные с конкретной задачей и спецификой разрабатываемого (модернизируемого) объекта. Необходимо совместно с руководителем проекта наметить важные характеристики машины или аппарата (расход сырья, производительность, размеры реакционной зоны, мощность, кинематические соотношения и т. д.), которые определяются расчетным путем. При этом формулируется цель расчетов: определение конструктивных элементов, обеспечивающих достижение требуемых характеристик (конструктивный расчет) или определение достигаемых результатов при разработанном техническом решении (проверочный расчет).

Расчеты в общем случае должны содержать:

- эскиз или схему рассчитываемого изделия, детали, кинематическую схему и т. д.;
- задачу расчета (с указанием, что нужно определить);
- исходные данные, условия и расчет;
- выводы и заключение.

Эскизы и схемы допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивающем четкое представление о рассчитываемых объектах.

4.3.1. Технологические расчеты

Целью технологических расчетов является составление материального баланса, расчет производительности, подбор оборудования, а также определение основных конструктивных размеров элементов машины (аппарата), в которых осуществляется тот или иной технологический процесс или технологическая операция. Они могут включать в себя расчеты дозаторов, питателей и т. д.

В технологических расчетах на основании материального баланса определяются расходы сырья, полуфабрикатов и других ингредиентов, а также величина их необходимого запаса и количество получаемой продукции. Производительность рассчитывается на основании продолжительности технологического процесса или цикла аппарата, количества потоков, объема реакционной зоны, скорости транспортирующего или рабочего органа и дру-

гих данных. Учитывается возможность повышения производительности за счет сокращения длительности процесса, осуществления параллельных потоков и т. д. При этом следует принимать во внимание потери времени и сырья. В общем случае производительность Π (кг/с, кг/ч или шт./ч), которую должен обеспечить проектируемый объект, определяется по формуле

$$\Pi = \frac{G_{\tau} - \sum G_n}{\tau_{\epsilon} - \sum \tau_{\sigma}},$$

где G_{τ} – требуемое количество продукции (массовое, кг; объемное, м³; штучное, шт.); $\sum G_n$ – сумма возможных потерь продукции (кг, м³, шт.); τ_B – время выдачи продукции (с, мин, ч); $\sum \tau_{\sigma}$ – потери (эксплуатационные, организационные и другие) времени (с, мин, ч).

При определении производительности в ряде случаев необходимо произвести кинематические расчеты для нахождения рабочего цикла машины или скоростей движения отдельных рабочих органов.

Пример. Технологический расчет куттера

Целью расчета является определение производительности.

Теоретическая производительность куттера Q , кг/ч, определяется по формуле

$$Q = 60 \cdot \alpha \cdot V \cdot \rho / \tau,$$

где α – коэффициент загрузки чаши по основному сырью, $\alpha = 0,4 \dots 0,8$, принимаем $\alpha = 0,7$; V – вместимость чаши, $V = 0,2 \text{ м}^3$; ρ – плотность фарша, $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$; τ – длительность цикла, мин.

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4,$$

где τ_1 – время загрузки, $\tau_1 = 1$ мин; τ_2 – время перемешивания, $\tau_2 = 2$ мин; τ_3 – время куттерования, $\tau_3 = 7$ мин; τ_4 – время загрузки, $\tau_4 = 2$ мин.

$$\tau = 1 + 2 + 7 + 2 = 12 \text{ мин.}$$

$$Q = 60 \cdot 0,7 \cdot 0,2 \cdot 1100 / 12 = 770 \text{ кг/ч.}$$

Количество продукта, получаемого за восьмичасовую смену $Q_{см}$, кг

$$Q_{см} = Q \cdot 8 = 8 \cdot 770 = 6160 \text{ кг.}$$

4.3.2. Кинематические расчеты

В качестве исходных данных для расчета основных кинематических параметров машины (аппарата) принимают ее теоретическую производительность. Величина, обратная производительности – рабочий цикл. Он равен промежутку времени, за который в машине (аппарате) вырабатывается единица продукции. Определив рабочий цикл, можно найти ритм рабочих органов машин и аппаратов и, соответственно, необходимые скорости их движения или вращения.

Пример. Производительность фасовочного автомата (машина IV класса) для жидких пищевых продуктов Π , бут./ч

$$\Pi = 3600 \cdot Z / K(1,4 \cdot \bar{\tau} + \tau_n),$$

где Z – количество наполнителей, установленных в разливочном резервуаре автомата; K – число, показывающее отношение общего числа наполнителей к числу наполнителей, в которых происходит заполнение бутылок жидкостью, $K = 1,62$; $1,4$ – коэффициент запаса, учитывающий изменение величины $\bar{\tau}$; $\bar{\tau}$, τ_n – продолжительности налива напитка и разрушения пены, $\tau_n = 2,0$ с.

Частота вращения ротора фасовочного автомата n , мин⁻¹

$$n = \frac{\Pi}{60 \cdot Z}.$$

Методы и содержание расчетов зависят от конструктивных особенностей проектируемого оборудования. Кинематический расчет иллюстрируется схемами и циклограммами, которые являются графическими конструкторскими документами и выполняются в соответствии с ГОСТ 2.703-68. Обозначения на схемах (циклограммах) и в расчетах должны совпадать, при этом в расчете на них делаются ссылки.

Кинематическая цепь машины (аппарата) состоит из электродвигателя, различных передач (механических, гидравлических, пневматических, электромагнитных и т. д.) и исполнительных механизмов.

Кинематический расчет предполагает определение передаточных отношений кинематических пар, конструктивных пара-

метров каждого элемента схемы, диапазона изменения частоты вращения или перемещения исполнительных механизмов при установке в схему вариаторов, диапазона изменения положения отдельных звеньев и рабочих органов.

При использовании механизмов прерывистого движения (храповых, мальтийских, кулачковых, рычажно-шарнирных и т. д.) возникают значимые динамические нагрузки. Поэтому в кинематических расчетах определяются максимальные ускорения (линейные, угловые) передаточных или исполнительных механизмов, возникающие при этом динамические нагрузки и принимаются технические решения по их уменьшению.

Практически во всех автоматах и полуавтоматах (например, для фасовки сыпучих пищевых продуктов и жидкостей, для отливки корпусов помадных конфет, в установках ускоренной выстойки, заверточных автоматах и др.) используются главным образом кулачковые, храповые и мальтийские механизмы. Поэтому в расчетно-пояснительной записке приводятся расчет и построение профиля рабочих элементов этих механизмов.

Пример. Расчет привода чаши куттера

Привод состоит из электродвигателя 4АМ100 L4/2 УЗМ 1081 ТУ 16-525.556-84, мощностью $N_1 = 4,2$ кВт и с частотой вращения $n_1 = 3000$ мин⁻¹, клиноременной передачи и червячного редуктора (приложение В. Чертеж КП-170600-19-2003-ФКА-00.00.000 КЗ). Так как в конструкции привода чаши существенных изменений не произошло, то выполним проверочный расчет кинематической схемы привода.

Общее передаточное отношение привода $i_{общ}$ равно

$$i_{общ} = i_{p.n.} \cdot i_{ч.p.},$$

где $i_{p.n.}$ – передаточное отношение ременной передачи; $i_{ч.p.}$ – передаточное отношение червячного редуктора.

$$i_{p.n.} = \frac{d_9}{d_8},$$

где d_8, d_9 – диаметры шкивов на валах электродвигателя и чер-

вячного редуктора, $d_8 = 63$ мм, $d_9 = 200$ мм.

$$i_{p.n.} = \frac{200}{63} = 3,17.$$

Передаточное отношение червячного редуктора $i_{ч.р.}$ равно

$$i_{ч.р.} = \frac{z_{11}}{z_{10}},$$

где z_{10} – число заходов червяка, $z_{10} = 1$; z_{11} – число зубьев червячного колеса, $z_{11} = 58$.

$$i_{ч.р.} = \frac{58}{1} = 58.$$

Таким образом, общее передаточное отношение привода чаши куттера

$$i_{общ.} = 3,17 \cdot 58 = 183,86.$$

Синхронная угловая скорость вращения ротора электродвигателя ω_{IV} , рад/с

$$\omega_{IV} = \frac{\pi \cdot n_I}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314 \text{ рад/с.}$$

Угловая скорость вращения чаши куттера ω_{VII} , рад/с

$$\omega_{VII} = \frac{\omega_{IV}}{i_{общ.}} = \frac{314}{186,86} = 1,71 \text{ рад/с,}$$

что соответствует требованиям технологического процесса.

4.3.3. Тепловые расчеты

Выполняются для машин (аппаратов), в которых осуществляется подвод или отвод теплоты при нагреве или охлаждении, удалении влаги из материалов методом сушки и т. д. Они позволяют выбрать тепло- и хладоноситель, способ передачи теплоты, площадь поверхности теплопередачи, конструкцию теплообмен-

ной поверхности, расход тепло-или хладоносителей и другие показатели, подобрать соответствующие теплообменные аппараты.

Тепловые расчеты производятся на основе теплового баланса аппарата, который в общем случае имеет вид

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot I_i = \sum_{g=1}^m G_g \cdot I_g + Q_{ном},$$

где Q – мощность теплового потока, кВт; G_i – массовый расход i -го компонента, входящего в аппарат, кг/с; I_i – теплосодержание i -го компонента, входящего в аппарат, кДж/кг; G_g – масса g -го компонента, выходящего из аппарата, кг/с; I_g – теплосодержание g -го компонента, выходящего из аппарата, кДж/кг; $Q_{ном}$ – потери теплоты в окружающую среду, кВт.

В ряде задач тепловой баланс аппарата целесообразно представлять в следующем виде

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot \Delta I_i = \sum_{g=1}^m G_g \cdot \Delta I_g + Q_{ном},$$

где ΔI_i и ΔI_g – изменения теплосодержаний продуктов и теплоносителей, входящих и выходящих из аппарата, кДж/кг.

Способы определения ΔI_i и ΔI_g зависят от условий протекания теплообменного процесса и вида теплоносителей. Если процесс теплообмена сопровождается изменением агрегатного состояния (конденсация, испарение), то изменение теплосодержания определяется по формуле

$$\Delta I = c_n \cdot (t_n - t_{кн}) + r + c_{жс} \cdot (t_{кн} - t_к),$$

где c_n , $c_{жс}$ – удельные теплоемкости пара и жидкости, Дж/(кг·К); t_n , $t_к$ – температура поступающего пара и уходящего из аппарата конденсата, °С; $t_{кн}$ – температура насыщения пара, °С; r – удельная теплота парообразования, кДж/кг.

При конденсации насыщенного пара в упрощенных расчетах можно принять температуру поступающего пара равной температуре насыщения и $\Delta I = r$.

При использовании в качестве теплоносителя влажного воздуха его теплосодержание (энтальпия) определяется расчетным путем или по диаграмме состояния влажного воздуха I-х.

Площадь поверхности теплопередачи F (m^2) рассчитывается по формуле

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp}),$$

где K – коэффициент теплопередачи, Вт/($m^2 \cdot K$); Δt_{cp} – средняя разность температур между теплоносителями (среднеарифметическая или среднелогарифмическая) или температурный напор, K.

Для упрощения расчетов, по согласованию с руководителем, коэффициент теплопередачи можно брать по усредненным показателям из справочной литературы.

Пример. Теплотехнический расчет куттера

Целью расчета является определение теплоты, выделяющейся при работе измельчающих ножей и идущей на нагрев фарша и рабочих органов, а также количества льда, добавляемого в чашу куттера для охлаждения.

Составим уравнение теплового баланса вакуумной камеры куттера

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5,$$

где Q_1 – количество теплоты, идущей на нагрев фарша и ножей, кДж; Q_2 – количество теплоты, затрачиваемое на нагрев фарша, кДж; Q_3 – количество теплоты на нагрев ножей, кДж; Q_4 – количество теплоты, идущее на нагрев камеры, кДж; Q_5 – количество теплоты, необходимое для таяния льда и нагрев образующейся воды, кДж.

Предположим, что вся энергия электродвигателя привода измельчающих ножей расходуется на нагрев, тогда Q_1 , кВт

$$Q_1 = P \cdot \eta_n \cdot \tau_k,$$

где P – мощность электродвигателя, $P = 48$ кВт; η_n – КПД привода, $\eta_n = 0,94$; τ_k – продолжительность процесса куттерования, с.

$$\tau_k = \tau_n + \tau_p,$$

где τ_n – продолжительность перемешивания, $\tau_n = 120$ с; τ_p – продолжительность резания, $\tau_p = 420$ с

$$\tau_k = 120 + 420 = 540 \text{ с.}$$

Подставляя найденные величины, получим значение Q_1 , кДж

$$Q_1 = 48 \cdot 0,94 \cdot 540 = 24364 \text{ кДж.}$$

Количество теплоты, затрачиваемое на нагрев фарша, Q_2 , кДж, равно

$$Q_2 = c_\phi \cdot m_\phi \cdot (t_{\kappa\phi} - t_{0\phi}),$$

где c_ϕ – удельная теплоемкость фарша, $c_\phi = 2,5$ кДж/(кг·К); m_ϕ – масса фарша, кг; $t_{0\phi}$ – начальная температура фарша, $t_{0\phi} = 5$ °С; $t_{\kappa\phi}$ – конечная температура фарша, которая не должна превышать 15 °С, так как это плохо сказывается на качестве продукции. Принимаем $t_{\kappa\phi} = 15$ °С.

$$m_\phi = V \cdot \alpha \cdot \rho_\phi,$$

где V – объем чаши, $V = 0,2$ м³; α – коэффициент заполнения чаши, $\alpha = 0,7$; ρ_ϕ – плотность фарша, $\rho_\phi = 1100$ кг/м³.

$$m_\phi = 0,2 \cdot 0,7 \cdot 1100 = 154 \text{ кг.}$$

$$Q_2 = 2,5 \cdot 154 \cdot (15 - 5) = 3850 \text{ кДж.}$$

Количество теплоты Q_3 , кДж, на нагрев ножей

$$Q_3 = z \cdot c_n \cdot m_n \cdot (t_{\kappa\phi} - t_{0\phi}),$$

где z – количество ножей, $z = 6$; c_n – удельная теплоемкость материала ножей, $c_n = 0,48$ кДж/(кг·К); m_n – масса одного ножа, $m_n = 1,2$ кг.

Принимаем, что начальная и конечная температура ножей равна начальной и конечной температуре фарша. Тогда

$$Q_3 = 6 \cdot 0,46 \cdot 0,67 \cdot (15 - 5) = 18,5 \text{ кДж.}$$

Количество теплоты Q_4 , кДж, идущее на нагрев камеры, очень мало вследствие низкого давления в вакуумной камере, поэтому

$$Q_4 = 0.$$

Количество теплоты Q_5 , необходимое для таяния льда и нагрев образующейся воды, равно

$$Q_5 = Q_m + Q_n,$$

где Q_m – количество теплоты, затрачиваемое на таяние льда, кДж; Q_n – количество теплоты на нагрев образовавшейся воды, кДж.

$$Q_m = m_l \cdot q,$$

где m_l – масса льда, кг; q – удельная теплота плавления льда, $q = 330$ кДж/кг.

$$Q_n = c_e \cdot m_l \cdot (t_{кф} - 0),$$

где c_e – удельная теплоемкость воды, $c_e = 4,19$ кДж/(кг·К).

Таким образом, Q_5 , кДж, определим по формуле

$$Q_5 = m_l \cdot (q + c_e \cdot t_{кф}).$$

Тепловой баланс вакуумной камеры куттера примет вид

$$P \cdot \eta_n \cdot \tau_k = c_\phi \cdot m_\phi \cdot (t_{кф} - t_{0\phi}) + z \cdot c_n \cdot m_n \cdot (t_{кф} - t_{0\phi}) + m_l \cdot (q + c_e \cdot t_{кф}).$$

Выразим из теплового баланса массу льда m_l , кг, необходимую для охлаждения фарша за цикл куттерования

$$m_l = \frac{P \cdot \eta_n \cdot \tau_k - c_\phi \cdot m_\phi \cdot (t_{кф} - t_{0\phi}) - z \cdot c_n \cdot m_n \cdot (t_{кф} - t_{0\phi})}{(q + c_e \cdot t_{кф})},$$

$$m_l = \frac{48 \cdot 0,94 \cdot 540 - 2,5 \cdot 154 \cdot (15 - 5) - 6 \cdot 0,48 \cdot 1,2 \cdot (15 - 5)}{(330 + 4,19 \cdot 15)} = 52,1 \text{ кг.}$$

4.3.4. Расчет холодильной техники

Расчет включает вычерчивание схемы холодильной машины, изображение холодильного цикла работы рассчитываемой холодильной машины на диаграммах T-S и lg p-i, определение параметров холодильного агента в характерных точках, требуемой холодильной мощности компрессора, количество холодильного агента, циркулирующего в системе, подбор компрессора, теплообменных и вспомогательных аппаратов.

Исходя из температуры внешних источников теплоты определяют температуры кипения t_o и конденсации t_k . Если внешний источник вода, то температуру конденсации хладагента t_k , °C в конденсаторе принимают на 5...8 °C выше средней температуры воды $t_в$, °C

$$t_k = t_в + (5 \dots 8),$$

где $t_в$ – температура внешнего источника, в частности воды, °C.

Если внешним источником является воздух, то

$$t_k = t_в + (10 \dots 20),$$

где $t_в$ – температура воздуха, °C.

Температурой воды и воздуха задаются исходя из условий времени года и состояния окружающей среды.

При отводе теплоты от жидких сред, температуру кипения хладагента t_o , °C принимают на 5...8 °C ниже средней температуры охлаждаемой среды

$$t_o = t_{o.c.} - (5 \dots 8),$$

где $t_{o.c.}$ – температура охлаждаемой жидкой среды, °C.

Когда охлаждаемая среда газообразная (камеры охлаждения и т.п.), температура кипения хладагента принимается на 10...20 °C ниже температуры охлаждаемой газообразной среды.

$$t_o = t_{ox.c.} - (10 \dots 20),$$

где $t_{ox.c.}$ – температура охлаждаемой газообразной среды, °C.

Если схема холодильной машины предусматривает переохладение хладагента, то температура переохладения перед регулирующим вентилем принимается на 2...4 °С ниже температуры конденсации.

$$t_n = t_k - (2 \dots 4),$$

где t_n – температура переохладения хладагента перед регулирующим вентилем, °С.

По полученным температурам строится цикл холодильной машины на диаграммах состояния холодильного агента T-S и lg p-i в области влажного пара между пограничными линиями $x = 0$ и $x = 1$. Значения параметров холодильного агента в характерных точках цикла являются исходными данными для расчета машин и аппаратов холодильной установки.

Пример. Расчет поршневого одноступенчатого компрессора

Холодопроизводительность компрессора $Q_0 = 110$ кВт; температура кипения хладагента $T_n = -18$ °С; температура конденсации $T_k = 36$ °С; величина перегрева паров на всасывающей линии компрессора $\Delta T = 25$ °С; величина переохладения хладагента в конденсаторе $\Delta T_n = 7$ °С; количество поршней $z = 2$; вид холодильного агента R22.

Исходя из температур холодильного агента, в соответствующей p-i-диаграмме (рис. 1) строится теоретический цикл работы одноступенчатой холодильной машины и определяются его термодинамические параметры в узловых точках, которые заносятся в табл. 2.

Таблица 2 – Термодинамические параметры в узловых точках

Параметр	Точки					
	<i>a</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>3'</i>	<i>4</i>
<i>T</i> , °С	-18	7	85	38	31	-18
<i>P</i> , МПа	0,22	0,22	1,3	1,3	1,3	0,21
<i>i</i> , кДж	597	607	660	446	436	436
<i>V</i> , кг/м ³	–	0,1	0,2	–	–	–

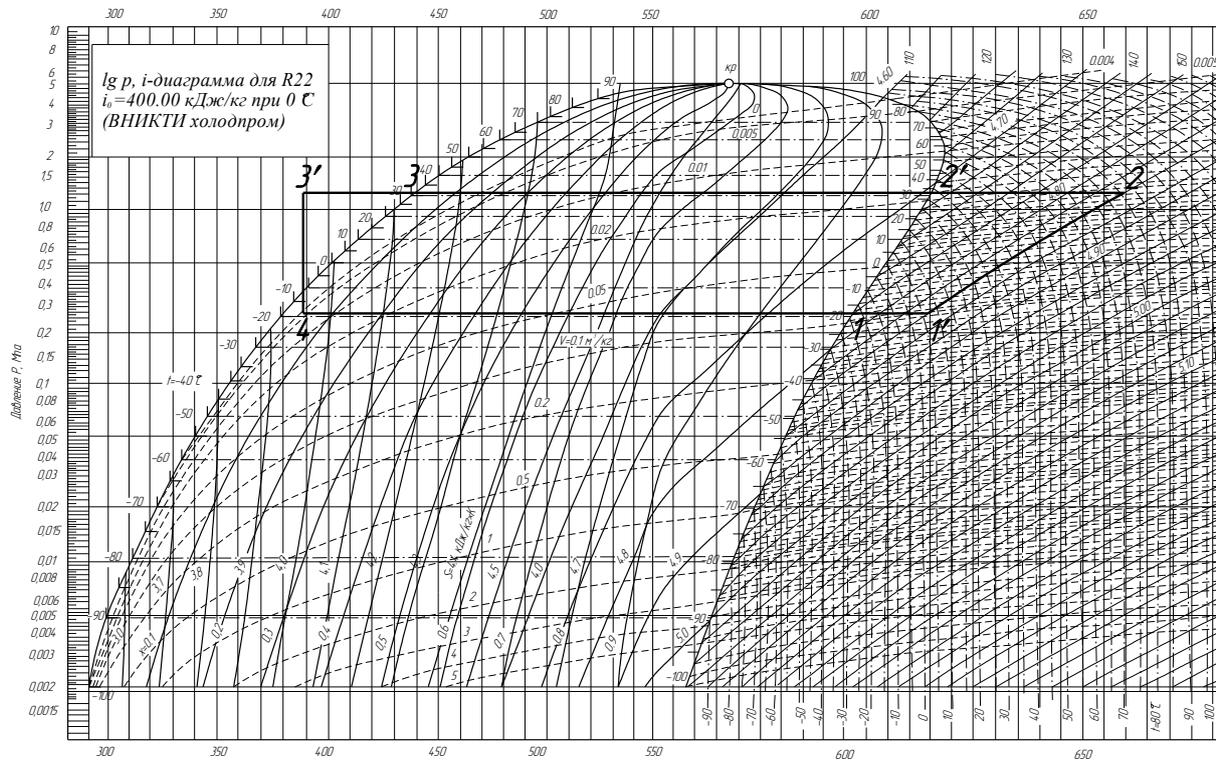


Рис. 1. Теоретический цикл работы одноступенчатой холодильной машины на диаграмме lg p-i для R22

Где $1 - 1'$ – перегрев паров на всасывающей линии компрессора; $1' - 2$ – сжатие паров хладагента в компрессоре; $2 - 2'$ – охлаждение сжатых паров до температуры конденсации; $2' - 3$ – конденсация паров хладагента в конденсаторе; $3 - 3'$ – переохлаждение жидкого хладагента; $3' - 4$ – дросселирование холодильного агента терморегулирующим вентилем (ТРВ); $4 - 1$ – изотермическое кипение холодильного агента.

Удельная массовая хладопроизводительность q_0 , кДж/кг, рассчитывается по формуле

$$q_0 = i_1 - i_4,$$

где i_1, i_4 – соответственно энтальпии точек 1 и 4 цикла холодильной машины (рис. 1).

$$q_0 = i_1 - i_4 = 597 - 436 = 161 \text{ кДж/кг.}$$

Массовый расход рабочего вещества G_g , кг/с, определяется по формуле

$$G_g = \frac{Q_0}{q_0},$$

$$G_g = \frac{110}{161} = 0,68 \text{ кг/с.}$$

Действительная объемная производительность компрессора V_g , м³/с, равна

$$V_g = G_g V_1,$$

где V_1 – удельный объем паров, всасываемых компрессором соответствующих точке 1, м³/кг.

$$V_g = 0,68 \cdot 0,1 = 0,068 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Расчетный теоретический объем, описываемый поршнем V_m , м³/с, рассчитывается по формуле

$$V_m = \frac{V_g}{\lambda},$$

где λ – коэффициент подачи поршневого компрессора, определяемый по графику, $\lambda = 0,78$.

$$V_M = \frac{0,068}{0,78} = 0,087 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Диаметр цилиндра компрессора D , м, определяется по формуле

$$D = 1,552^{2,25} \sqrt{\frac{V_M}{K_i^{0,5} z}},$$

где K_i – параметр удельных сил инерции. При ходе поршня компрессоров 0,04...0,12 м $K_i = 16...45$. Принимаем $K_i = 45$.

$$D = 1,552^{2,25} \sqrt{\frac{0,087}{45^{0,5} \cdot 2}} = 0,13 \text{ м}.$$

Ход поршня S , м, равен

$$S = \psi D,$$

где ψ – конструктивный коэффициент компрессора, $\psi = 0,7$.

$$S = 0,7 \cdot 0,13 = 0,091 \text{ м}.$$

Частота вращения вала компрессора n , с^{-1} определяется по формуле

$$n = \sqrt{\frac{K_i}{3,6S^{1,5}}},$$

$$n = \sqrt{\frac{45}{3,6 \cdot 0,091^{1,5}}} = 21,34 \text{ с}^{-1}.$$

Средняя скорость поршня C_M (м/с) рассчитывается по формуле

$$C_M = 2Sn,$$

$$C_M = 2 \cdot 0,091 \cdot 21,34 = 3,9 \text{ м/с}.$$

Теоретический объем, описываемый поршнем $V_M^{\text{т}}$, м/с

$$V_M^{\text{т}} = \frac{\pi D^2 S n z}{4},$$

$$V_M^3 = \frac{3,14 \cdot 0,13^2 \cdot 0,091 \cdot 21,34 \cdot 2}{4} = 0,052 \text{ м/с.}$$

Отклонение составляет γ , % теоретического объема V_M^3 от расчетного первоначального составляет

$$\gamma = \frac{100(V_M - V_M^3)}{V_M},$$

$$\gamma = \frac{100(0,087 - 0,079)}{0,087} = 9 \text{ \%}.$$

Удельная адиабатная работа компрессора L_{ad} , кДж/кг, равна

$$L_{ad} = i_2 - i_1',$$

где i_1' , i_2 – соответственно энтальпии в точках 1' и 2 цикла холодильной машины (рис. 1)

$$L_{ad} = 667 - 617 = 50 \text{ кДж/кг.}$$

Адиабатическая мощность компрессора N_{ad} , кВт, определяется по формуле

$$N_{ad} = G_g L_{ad},$$

$$N_{ad} = 0,68 \cdot 50 = 34 \text{ кВт.}$$

Максимальная индикаторная мощность компрессора N_{imax} , кВт, рассчитывается по формуле

$$N_{imax} = KV_M p_{0max},$$

где K – показатель адиабаты холодильного агента, $K = 1,33$; p_{0max} – максимальное давление кипения, МПа, $p_{0max} = 0,25$ МПа.

$$N_{imax} = 1,33 \cdot 0,087 \cdot 0,25 \cdot 10^6 = 32,2 \text{ кВт.}$$

Индикаторная мощность в расчетном режиме N_i , кВт, равен

$$N_i = \frac{N_{ad}}{\eta_i},$$

где η_i – индикаторный КПД компрессора, $\eta_i = 0,8$.

$$N_i = \frac{34}{0,8} = 43,5 \text{ кВт.}$$

Мощность трения N_{mp} , кВт, рассчитывается по формуле

$$N_{mp} = p_{imp} V_m,$$

где p_{imp} – приведенное давление, зависящее от конструкции компрессора, МПа, $p_{imp} = 4,5 \cdot 10^{-2}$ МПа

$$N_{mp} = 0,045 \cdot 0,087 = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ кВт.}$$

Эффективная мощность N_L , кВт, определяется по формуле

$$N_L = N_i + N_{mp},$$

$$N_L = 43,5 + 0,039 = 43,539 \text{ кВт.}$$

Механический КПД компрессора η_{max} равен

$$\eta_{max} = \frac{N_i}{N_L},$$

$$\eta_{max} = \frac{43,5}{43,539} = 0,999.$$

Максимальная эффективная мощность N_{Lmax} , кВт определяется по формуле

$$N_{Lmax} = N_{i max} + N_{mp},$$

$$N_{Lmax} = 32,2 + 0,039 = 32,239 \text{ кВт.}$$

Эффективный КПД компрессора η_L равен

$$\eta_L = \frac{N_{ad}}{N_L},$$

$$\eta_L = \frac{34}{43,539} = 0,78.$$

Эффективный холодильный коэффициент компрессора ε рассчитывается по формуле

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{N_L},$$
$$\varepsilon = \frac{110}{43,539} = 2,52.$$

4.3.5. Энергетические расчеты

В расчетах мощности N , Вт, на привод машины определяются затраты энергии приводов исполнительных механизмов с учетом КПД. В основе методики расчета лежит следующее положение: при равномерном движении потребляемая мощность N , Вт, равна работе A , Дж, совершенной в единицу времени τ , с.

При поступательном движении N , Вт

$$N = P \cdot S / (\tau \cdot \eta) = P \cdot V / \eta,$$

где P – сила сопротивления, Н; S – пройденный путь, м; τ – время перемещения, с; V – скорость перемещения, м/с; η – КПД привода.

При вращательном движении N , Вт

$$N = M_{кр} \cdot \omega / \eta,$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м; ω – угловая скорость вращения рабочего органа, рад/с.

Если ведущий вал машины совершает вращательное движение с периодическими остановками (мальтийским, храповым и другими механизмами), то вращающий момент $M_{вр}$, Н·м, складывается из двух составляющих

$$M_{вр} = M_{кр} + M_{ин},$$

где $M_{кр}$ – вращающий момент, необходимый для преодоления сил сопротивления, Н·м; $M_{ин}$ – вращающий момент, необходимый для преодоления сил инерции звеньев механизмов при их неравномерном вращении, Н·м

$$M_{ин} = I_{нр} \cdot \varepsilon,$$

где $I_{нр}$ – приведенный момент инерции механизмов, Н·м/с²; ε – угловое ускорение ведущего вала, рад/с².

Приведенный момент инерции механизмов является условной величиной, выражающей инертность как самого ведущего звена, так и всех подвижных звеньев механизма.

При подборе электродвигателя должны быть известны условия эксплуатации: диаграмма нагрузки, температура и влажность окружающей среды, категория взрывоопасности помещения и т. д. Электродвигатель выбирается по каталогу и проверяется на нагрев при установившемся и переходном режимах, а также при кратковременной нагрузке.

На практике пользуются следующими рекомендациями:

- при длительной постоянной или незначительно меняющейся нагрузке проверка двигателя на нагрев необязательна;
- при повторно-кратковременном режиме работы (приводы лебедок, кранов, подъемников и т.д.) выбирается двигатель с повышенным пусковым моментом с учетом продолжительности включения;
- если машина часто включается и выключается, имеет повышенное статическое сопротивление и значительный динамический момент в период пуска, то выбранный электродвигатель следует проверить по величине пускового момента.

Необходимо рассмотреть несколько вариантов кинематического расчета и остановиться на оптимальном для конкретных условий. С повышением частоты вращения масса электродвигателя и его габариты уменьшаются, снижается стоимость, но сокращается и рабочий ресурс. Поэтому для приводов общего назначения предпочтительны двигатели с синхронными частотами вращения $n_0 = 1000$ и 1500 мин^{-1} .

Пример. Расчет привода перегружателя

Привод перегружателя состоит из электродвигателя АИР 80А 4УЗ ТУ 16-525.564-84 мощностью $P_{дв} = 1,5$ кВт и частотой вращения $n_{дв} = 1500 \text{ мин}^{-1}$, клиноременной передачи, червячного редуктора и червячного исполнительного механизма, состоящего из червяка и зубчатого сегмента (см. приложение В. Чертеж КП-170600-19-2003-ФКА-00.00.000 КЗ). Расчет сводится к проверке мощности электродвигателя $N_{дв}$, кВт.

Необходимая мощность для подъема тележки N_n , Вт

$$N_n = F_m v_n,$$

где F_m – сила тяжести, действующая на тележку с продуктом, Н;
 v_n – скорость подъема тележки, м/с.

$$F_m = m_{общ} \cdot g,$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; $m_{общ}$ – общая масса тележки с фаршем, кг.

$$m_{общ} = m_{мел} + m_{ф},$$

где $m_{мел}$ – масса тележки, $m_{мел} = 85$ кг; $m_{ф}$ – масса фарша в тележке, кг.

$$m_{ф} = \rho_{ф} V \alpha,$$

где $\rho_{ф}$ – плотность фарша, $\rho_{ф} = 1100$ кг/м³; V – вместимость тележки, $V = 0,7$ м³; α – коэффициент заполнения тележки, $\alpha = 0,2$.

Таким образом, подставив имеющиеся значения, получим

$$m_{общ} = 85 + 1100 \cdot 0,2 \cdot 0,7 = 239 \text{ кг.}$$

Теперь, зная $m_{общ}$, вычислим силу тяжести F_m

$$F_m = 239 \cdot 9,81 = 2344,6 \text{ Н.}$$

Скорость подъема v_n , м/с, найдем по отношению

$$v_n = \frac{\pi \cdot n_{ер} \cdot r_{ер}}{30},$$

где $n_{ер}$ – частота вращения перегружателя, мин⁻¹; $r_{ер}$ – радиус вращения центра тяжести тележки, $r_{ер} = 1,06$ м.

$$n_{ер} = \frac{n_{дв}}{i_{общ}},$$

где $i_{общ}$ – общее передаточное отношение привода.

$$i_{общ} = i_{р.н.} \cdot i_{ч.р.} \cdot i_{и.м.},$$

где $i_{p.n.}$ – передаточное отношение ременной передачи.

$$i_{p.n.} = \frac{d_2}{d_1},$$

где d_1 и d_2 – диаметры ведущего и ведомого шкивов, ($d_1 = 90$ мм, $d_2 = 90$ мм).

Тогда

$$i_{p.n.} = \frac{90}{90} = 1.$$

Передаточное отношение червячного редуктора $i_{ч.р.} = 20$, а исполнительного механизма – $i_{и.м.} = 32$.

Тогда общее отношение привода составит

$$i_{общ} = 1 \cdot 20 \cdot 32 = 640,$$

а частота вращения перегружателя n_{ep}

$$n_{ep} = \frac{1500}{640} = 2,3 \text{ мин}^{-1}.$$

Подставив данные, найдем скорость подъема тележки

$$v_n = \frac{3,14 \cdot 2,3 \cdot 1,06}{30} = 0,25 \text{ м/с}.$$

Необходимая мощность привода тележки N_n

$$N_n = 23446 \cdot 0,25 = 5861,4 \text{ Вт}.$$

КПД привода находим по формуле

$$\eta_n = \eta_{p.n.} \eta_{ч.р.} \eta_{и.м.} \eta_{н.п.}^3,$$

где $\eta_{p.n.}$ – КПД ременной передачи, $\eta_{p.n.} = 0,96$; $\eta_{ч.р.}$ – КПД червячного редуктора, $\eta_{ч.р.} = 0,8$; $\eta_{и.м.}$ – КПД исполнительного механизма, $\eta_{и.м.} = 0,8$; $\eta_{н.п.}$ – КПД подшипниковой пары, $\eta_{п.п.} = 0,99$.

Подставляя численные значения, получим

$$\eta_n = 0,96 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,99^3 = 0,6.$$

Таким образом, необходимая мощность двигателя составит

$$N_{дв} = \frac{568,14}{0,6} = 946,9 \text{ Вт.}$$

Получившееся значение мощности меньше мощности электродвигателя по технической характеристики, поэтому оставляем его в приводе.

4.3.6. Расчеты деталей на прочность и жесткость

Для деталей и узлов стандартного оборудования расчет носит проверочный характер и подтверждает их работоспособность при изменившихся условиях.

Оригинальные узлы и детали, сконструированные заново, имеют проектные расчеты. В первую очередь рассчитываются корпуса, крышки и днища, фланцевые соединения аппаратов, работающих под внутренним или внешним избыточным давлением. На прочность и долговечность рассчитываются валы, опоры аппаратов, быстровращающиеся диски, механические передачи, различные виды разъемных и неразъемных соединений, подшипники и другие элементы. При расчете валов необходимо построить эпюры поперечных сил, крутящих и изгибающих моментов.

4.3.7. Расчеты на ЭВМ

Применение ЭВМ позволяет сократить время, затрачиваемое на проведение расчетов и повысить их качество. При этом решаются многовариантные задачи, задачи по оптимизации и другие, требующие значительных затрат труда и времени. Далее выполняются инженерные, экономические и другие расчеты, например выбор оптимального состава оборудования в поточной линии.

Расчеты делают по типовым программам, которые есть в фондах компьютерного класса кафедры МАПП, информационно-вычислительного центра ВГУИТ и составленных студентом самостоятельно. При этом следует избегать простых задач, которые по известным методикам решаются с калькулятором.

Результаты расчета представляются в расчетно-пояснительной записке в виде распечатки, выполненной на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ. При необходимости в записку могут быть включены методика и схема расчета.

Пример. Расчеты конической передачи с прямыми зубьями

Расчет передачи можно осуществить с помощью системы **GEAR**, которая реализует геометрический расчет и расчет на прочность и долговечность механических передач различных классов. При этом результаты расчетов в **GEAR** могут быть использованы в КОМПАС-SHAFT для автоматического формирования контура и таблиц параметров шестерни и колеса зубчатой передачи.

Геометрический расчет.

Исполняемый модуль – **GEAR_STB.EXE**.

Настоящая программа распространяется на зубчатые конические передачи с прямыми пропорционально понижающимися зубьями внешнего зацепления с внешним окружным модулем более 1 мм, с межосевыми углами от 10° до 170° и с прямолинейным профилем исходного контура.

Расчет выполняется согласно ГОСТ 19624-74 *"Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями. Расчет геометрии"*.

Линейные размеры задаются в мм, а угловые – градус, минута, секунда.

Постоянно активные клавиши:

<F1> – вызов контекстной помощи;

<Alt-X> – выход из программы.

Исходные данные:

$Z_1 Z_2$ – числа зубьев;

m_e – модуль, мм;

Σ – межосевой угол, градус;

b – ширина зубчатого венца, мм.

Исходный контур принимается по ГОСТ 13754-81:

$\alpha = 20^\circ$ – угол профиля исходного контура;

h_a^* = 1 – коэффициент высоты головки;

C^* = 0,2 – коэффициент радиального зазора;

$ri = 0,2$ – коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля.

Если исходный контур нестандартный, то его параметры могут быть заданы в соответствующих графах таблицы исходных данных.

В задаче предусмотрено 2 варианта задания исходных данных:

1. Задан внешний окружной модуль m_e ;
2. Задан внешний диаметр вершин D_{ae} . Данный вариант является "ремонтным" и применяется для оценки геометрических параметров существующих передач.

Коэффициенты смещения X_1 и X_2 , а также коэффициенты изменения расчетной толщины зуба $X_{\tau 1}$ и $X_{\tau 2}$ выбираются в соответствии с рекомендациями ГОСТ 19624-74. При необходимости данные параметры могут быть изменены в соответствующих графах таблицы исходных данных.

Величина преднамеренного смещения измерительного сечения L''_x определяется непосредственным заданием или по внешнему диаметру вершин зубьев со срезом D_{ae} (рис. 2).

В результате расчета определяются основные геометрические параметры, измерительные размеры зуба и выполняется проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

При работе по "ремонтному" варианту после первого расчета будет определено предварительное значение модуля, скорректировав которое по ряду модулей следует выполнить второй расчет (уже с известным модулем).

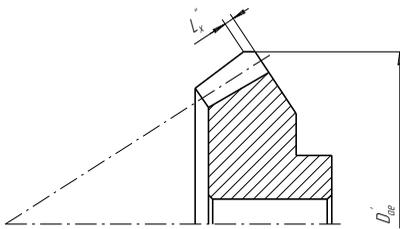


Рис. 2. Коническая шестерня с прямыми зубьями

Функция контекстной помощи может быть использована при вводе модуля и ширины венца.

Расчет на прочность.

Дополнительно задаются следующие данные:

1. Марка материала (Марка материала может быть выбрана из базы данных, при этом допускаемые

напряжения, твердость поверхностей и предел выносливости (см. расчет на долговечность) подставляются автоматически).

2. Допускаемые контактные напряжения;
3. Допускаемые напряжения изгиба;
4. Степень точности;
5. Твердость поверхности зуба *HRC* или *HB*;
6. Твердость сердцевины зуба *HRC* или *HB*;
7. Схема расположения зубчатого колеса;
8. Исходная расчетная нагрузка, Н·м;
9. Частота вращения шестерни, мин⁻¹.

В результате расчета определяются коэффициенты запаса прочности по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.

4.4. Сведения о монтаже, эксплуатации и ремонте оборудования

При описании системы планового технического обслуживания и ремонта (ПТОР) указываются периодичность и содержание работ, выполняемых при текущем и капитальном ремонтах, а также способы их контроля.

При текущем ремонте (Т) ведутся следующие работы: операции технического обслуживания, замена быстроизнашивающихся деталей, замена прокладок и набивок сальников, ревизия электрооборудования, проверка на точность.

При капитальном ремонте (К) выполняются: операции текущего ремонта, замена или восстановление изношенных деталей и сборочных единиц, послеремонтные испытания и т. д. На него составляют следующую документацию: ведомость дефектов, план организаций работ, руководство по капитальному ремонту и сетевой график.

Описывая правила эксплуатации оборудования, необходимо учитывать, где оно установлено. Например, если это мучные и сахарные склады безстарного хранения сырья, то особое внимание уделяется взрывоопасности, приводятся значения критического содержания мучной и сахарной пыли в помещении (мг/м³) и т. д.

Когда рассматриваются вопросы эксплуатации оборудования, тогда излагаются действия обслуживающего персонала при

пуске, работе и остановке объекта, а также в случаях нарушения его работоспособности в виде перечня характерных неисправностей и методов их устранения; характер и объем работ при техническом обслуживании, и его периодичность. Основное назначение периодического технического обслуживания – это устранение неисправностей в процессе работы.

4.5. Заключение

Заключение представляется на отдельном листе. В нем приводится краткий перечень выполненных в курсовом проекте технических решений. Уточняются главные особенности разработанного объекта, и дается собственная оценка творческого вклада автора.

Делаются выводы о том, за счет чего достигнуто увеличение производительности, повышение качества продукции, снижение энергозатрат и т.д., приводятся технико-экономические показатели проекта.

Библиографический список

1. *Аминов, М. С.* Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов [Текст] / М. С. Аминов, М. С. Мурадов, Э. М. Аминова. – М.: Колос, 1996. - 430 с.
2. *Богатырев, А. Н.* Система научного и инженерного обеспечения пищевых и перерабатывающих отраслей АПК России [Текст] / А. Н. Богатырев, В. А. Панфилов, В. И. Тужилкин. – М.: пищ. пром–сть, 1995. – 528 с.
3. *Бредихин, С. А.* Технология и техника переработки молока [Текст] / С. А. Бредихин, Ю. В. Космодемьянский, В. Н. Юрин. – М.: Колос, 2001. - 400 с.
4. *Бутковский, В. А.* Технологическое оборудование мукомольного производства [Текст] / В. А. Бутковский, Г. Е. Птушкина. – М.: ГП журнал “Хлебопродукты”, 1999. – 208 с.
5. *Гребенюк, С. М.* Технологическое оборудование сахарных заводов [Текст] / С. М. Гребенюк. – М.: Лег. и пищ. пр–сть, 1983. – 520 с.
6. *Егоров, Г. А.* Технология и оборудование мукомольной, крупяной и комбикомовой промышленности [Текст] / Г. А. Егоров, Я. Ф. Мартыненко, Т. П. Петренко. – М.: Изд. комплекс МГАПП, 1996. – 209 с.
7. *Зайчик, Ц. Р.* Технологическое оборудование винодельческих предприятий. [Текст] / Ц. Р. Зайчик. – М.: ДеЛи, 2001. – 522 с.
8. *Ивашов, В. И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Ч. 1. Оборудование для убоя и первичной обработки [Текст] / В. И. Ивашов. – М.: Колос, 2001. – 552 с.
9. *Калунянц, К. А.* Оборудование микробиологических производств [Текст] / К. А. Калунянц, Л. И. Голгер, В. Е. Балашов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 398 с.
10. *Карпов, В. И.* Технологическое оборудование рыбообработывающих предприятий. [Текст] / В.И. Карпов.– М.: Колос, 1993. – 303 с.

