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

О. В. Агеев

ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ПИЩЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

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»
2023

УДК 658.512.26

Рецензент
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
ФГБОУ ВО «КГТУ» М. Н. Альшевская

Агеев, О. В.

Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования: 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», 2023. – 83 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования» 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, рис. 6,список лит. – 16 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 30 апреля 2023 г., протокол № 4

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 2023 г., протокол № 9

УДК 658.512.26

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
© Агеев О. В., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……. 4

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ…… 9

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ…… 52

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ…… 79

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…… 81

ПРИЛОЖЕНИЕ…….. 82

ВВЕДЕНИЕ

Современная техника машиностроительных производств 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 производственных систем, потребность в новых видах готовой продукции, развитие технологий 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 машиностроения.

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 отрасли машиностроения. Кроме того, имеются организационные ограничения на параллельное выполнение проектных работ. Одним из путей решения этой проблемы является комплексная оптимизация проектирования.

Эффективность любого производства в первую очередь определяется конкурентоспособностью выпускаемой продукции. Ее повышения можно добиться только в результате активного воздействия на производственный процесс научно-технического прогресса. Это воздействие комплексное: оно охватывает материалы, из которых производятся изделия, их конструкцию, технологический процесс, организацию производства, оборудование. Изыскание новых, более прогрессивных материалов, технологичных изделий и более рациональных технологических процессов вызывает необходимость замены в первую очередь действующего технологического оборудования на базе проектирования новых машин.

Для создания прогрессивных машин проектант должен обладать широкими знаниями и быть не только конструктором, но еще и технологом, экономистом, дизайнером и т. д. Решения задач конструирования в современных экономических условиях должны быть не просто правильными – они должны быть оптимальными. Под оптимальным решением можно понимать одно из правильных решений, позволяющих достичь поставленной

цели и одновременно добиться максимальной эффективности по принятому критерию оценки.

Цель автоматизации процесса проектирования и конструирования – повышение качества проектных работ и изделий, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования, повышение производительности труда разработчиков. Два десятка лет тому назад среди целей совершенствования 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.

«Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования» – дисциплина образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

Дисциплина «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к профессиональной деятельности в области технологического оборудования.

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся знаний и умений по методологии проектирования и конструирования конкурентоспособных пищевых машин и аппаратов.

Задачами дисциплины являются следующие:

– изучение основ организации автоматизированной сборки и контроля пищевого оборудования высокой сложности в условиях гибкого производства;

– освоение методов и средств обеспечения оптимальных режимов и параметров технологических процессов пищевых производств на основе современных методов анализа;

– освоение математических методов оптимизации параметров пищевых машин и структуры технологических маршрутов их изготовления.

Результатами освоения дисциплины является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся.

При реализации дисциплины «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– проблемы создания машин различных типов, приводов, систем,

– конструктивные особенности разрабатываемых и используемых технических средств;

– основные направления прогресса в пищевом машиностроении;

– классификацию объектов инженерных знаний в машиностроении и методики формирования моделей систем данных, геометрических моделей;

– основные требования работоспособности деталей машин и виды отказов деталей;

– типовые конструкции деталей и узлов машин, их свойства и области применения;

– принципы расчета и конструирования деталей и узлов машин;

уметь:

– выполнять работы в области научно- технической деятельности по проектированию;

– проектировать технологическое оборудование и поточные линии;

– проводить расчеты и конструирование узлов технологического оборудования,

– находить пути модернизации оборудования с целью повышения качества изделий;

– определять оптимальную конструкцию рабочих органов и других узлов машин пищевых отраслей;

– совершенствовать и оптимизировать действующее оборудование;

– использовать комплекс средств автоматизации для решения проектных задач;

– осуществлять технический контроль, разрабатывать техническую документацию по соблюдению режима работы оборудования;

– конструировать узлы машин общего назначения в соответствии с техническим заданием;

– подбирать справочную литературу, стандарты, а также прототипы конструкций при проектировании;

– учитывать при конструировании требования прочности, надежности, технологичности, экономичности, стандартизации и унификации, охраны труда, промышленной эстетики;

– выбирать наиболее подходящие материалы для деталей машин и рационально их использовать;

– выполнять расчеты типовых деталей и узлов машин, пользуясь справочной литературой и стандартами;

владеть:

– методиками сбора и анализа исходных информационных данных для проектирования изделий машиностроения и технологий их изготовления;

– методиками расчета и проектирования деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования;

– методиками разработки рабочей проектной и технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ;

– навыками работы в пакете интерактивной машинной графики

– навыками поиска, анализа и обобщения новых конструкторских разработок;

– способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения.

Для успешного освоения дисциплины «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования», 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 (текущий контроль) относятся:

– задания и контрольные вопросы по практическим занятиям.

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

– задания для контрольной работы (заочная форма обучения);

– контрольные вопросы по дисциплине.

Промежуточная (заключительная) аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. К зачету допускаются студенты:

– положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;

– получившие положительную оценку при выполнении контрольной работы.

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 / **Критерий**	**2**	**3**	**4**	**5**
	0–40 %	**41–60 %**	**61–80 %**	**81–100 %**
	«неудовлетворительно»	**«удовлетворительно»**	**«хорошо»**	**«отлично»**
	«не зачтено»	**«зачтено»**		
1. Системность и	Обладает частич-	Обладает ми-	Обладает	Обладает полнотой

Система оценок / Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
полнота знаний в отношении изучаемых объектов	ными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	нимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	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 задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	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

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования» 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 2

Осваивая курс «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования», 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 очно-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.

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи зачета во 8 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	Теоретические основы проектирования и конструирования технологического оборудования	2	0,5
2	Особенности конструирования пищевого оборудования	2	0,5
3	Основные направления разработки нового оборудования для различных отраслей промышленности	2	0,5
4	Основные принципы конструирования технологических машин	2	0,5
5	Методики конструирования технологических машин и аппаратов	2	0,5
6	Обеспечение технологичности машин и конструкций сборочных единиц	1	0,5
7	Компоновка приводов технологического оборудования	1	0,5
8	Основы прочностных расчётов	1	0,25
9	Экономические основы конструирования машин	1	0,25
Итого		**14**	**4**

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. Теоретические основы проектирования и конструирования технологического оборудования

Ключевые вопросы темы

1. Система машин.
2. Процесс проектирования машины.
3. Стадии проектирования новой техники.
4. Выбор схемных решений при создании машин.

Ключевые понятия: система машин, проектирование, конструирование, стадии проектирования, кинематическая схема, схема расположения узлов, схемное решение.

Литература: [1, с. 6–25].

Методические рекомендации:

Техника пищевых производств призвана выполнять технологические функции, связанные с воздействием на обрабатываемые пищевые среды

(сырье). К техническим средствам техники пищевых производств относятся машины и механизмы, аппараты, биореакторы, аппаратура управления машинами и технологическими процессами, коммуникации и т. д.

Система машин – технически и экономически обоснованная совокупность средств производства для выполнения технологических процессов, необходимых для получения конкретного вида продукции. Наличие систем машин позволяет определить рациональную номенклатуру оборудования для конкретной отрасли, планировать перечень машин, подлежащих созданию, модернизации, снятию с производства и т. д., а также сокращения номенклатуры за счет расширения области применения базовых машин и максимальной их унификации.

Технологическая линия представляет собой техническую систему, реализующую все стадии переработки сырья и выпуска готовой продукции.

Проект применительно к машиностроению есть совокупность конструкторских и текстовых документов, содержащих принципиальное (эскизный проект) или окончательное (технический проект) решение, дающее необходимое представление об устройстве создаваемого изделия и исходные данные для последующей разработки и изготовления рабочей документации.

Проектирование объекта машиностроения можно представить как процесс разработки комплексной технической документации (проекта), содержащей технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для создания технологического оборудования.

Конструирование в общем понимании – это тип инженерной деятельности, который может быть реализован в различных областях творчества. В проектировании машин и оборудования конструирование связано с разработкой определенной конструкции изделия, которая затем материализуется изготовлением на производстве. Конструирование включает в себя создание вариантов конструкции, расчеты, операции анализа и синтеза и др.

В современном процессе проектирования разработка комплекса машин пищевого производства начинается с выявления потребности общества в различных видах продуктов питания. Сам процесс проектирования машины состоит из пяти укрупненных этапов:

1. Исследование проектной ситуации.

2. Разработка принципа решения и структуры объекта (выбор схемных решений).

3. Согласование принципа решения с условиями изготовления и эксплуатации (конструирование).

4. Разработка рабочей конструкторской документации.

5. Оценка полученных результатов на основании их анализа.

В соответствии с такой логикой проектирования стандартизирован весь процесс проектирования (конструирования). ГОСТом предусмотрены следующие стадии разработки конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности:

1. Техническое задание (ТЗ).
2. Техническое предложение (П).
3. Эскизный проект (Э).
4. Технический проект (Т).
5. Разработка рабочей документации: а) опытного образца (опытной партии); б) установочных серий; в) установившегося серийного или массового производства.

ГОСТ 2.103-68 для каждой стадии предусматривает определенные этапы, конкретное выполнение каждого этапа, его объем и содержание определяются спецификой разрабатываемого изделия и практикой проектирования на предприятиях отрасли и часто регламентируются отраслевыми стандартами (ОСТами). Перечень, наименование и обязательность конструкторской документации также оговариваются ГОСТ.

Выбор схемных решений объекта проектирования заключается в разработке принципа решения и структуры посредством схем различных видов и типов. Общие правила построения схем предусматриваются соответствующими стандартами. Виды и типы схем, а также общие требования к выполнению схем установлены ГОСТ 2.701-08. Основой любой схемы является элемент – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии, имеет самостоятельное значение и не может быть разделена на части (рабочий орган, двигатель, передача и т. п.).

Устройство является функциональной частью схемы и представляет собой совокупность элементов, составляющих единую конструкцию (сборочную единицу, агрегат). Комбинация различных элементов и устройств образует схему. При проектировании технологических машин пищевых производств основными схемами являются: структурная, функциональная, принципиальная, кинематическая.

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и пользуются ими для общего ознакомления с изделием (установкой, машиной, линией).

Функциональная схема разъясняет определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных частях машины или в самой машине. Пользуются ими для изучения принципов работы, а также при наладке, контроле и ремонте машины. К этому виду схем можно отнести машинно-аппаратурные схемы различных пищевых производств.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы машины. Используется для изучения принципов работы, наладки, контроля, ремонта. Принципиальные схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например схем соединений (монтажных) и чертежей.

Кинематическая схема выполняется по ГОСТ 2.703-68. На этой схеме должна быть представлена вся совокупность кинематических элементов и их соединений, она предназначена для осуществления регулирования и контроля заданных движений исполнительных органов. На схеме должны быть отражены кинематические связи между отдельными кинематическими парами и группами, а также связи с источником движения.

Гидравлические и пневматические схемы выполняются по ГОСТ 2.704 и в зависимости от назначения подразделяются на структурные и принципиальные. На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия и основные взаимосвязи между ними. На принципиальной схеме изображают все гидравлические и пневматические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля соответствующих процессов и связи между ними.

Схема деления изделия на составные части является конструкторским документом, который определяет состав изделия, его составных частей, их назначение и взаимосвязь. Она разрабатывается для изделий, на которые имеется техническое задание (ТЗ) заказчика, на стадии технического или эскизного проекта. В схеме деления приводят состав изделия: комплексы, сборочные единицы, детали, входящие в изделие, как вновь разработанные, так и заимствованные и покупные.

Помимо этих основных схем применяются различные вспомогательные: монтажные, подключения, расположения и др.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединение их между собой на месте эксплуатации. Разрабатывается она при необходимости и используется для ознакомления с комплексами, а также при их контроле, эксплуатации и ремонте.

Схема расположения определяет относительное расположение составных частей машины, а в некоторых случаях и расположение жгутов, проводов, кабелей, трубопроводов и т. п. Используется при разработке других конструкторских документов, при эксплуатации и ремонте изделий.

Схемы, входящие в состав конструкторской документации, обозначаются шифром, состоящим из буквы (вид схемы) и цифры (тип схемы). Виды схем: Э, Г, П, К и С (комбинированная). Типы схем: 1 – структурная, 2 – функциональная, 3 – принципиальная, 4 – соединения, 5 – подключения, 6 –

общая, 7 – расположения. Например, схема гидравлическая принципиальная обозначается сочетанием ГЗ.

Функциональная схема является важнейшей при решении проектных задач. Ее построение ведется в два этапа: первый – построение технологической схемы с определением перечня и последовательности операций заданного технологического процесса; второй – выбор вида конструкции рабочих органов, обеспечивающих принятый вариант технологического процесса.

Кинематическая схема строится по данным, полученным при построении функциональной схемы. Прежде нужно выбрать источник вращательного движения (электродвигатель, ДВС, приводное колесо) и типы механизмов в зависимости от возможности рациональной передачи движения, нагруженности механизмов, рекомендуемых передаточных отношений при условии соблюдения ограничений по техническому заданию.

Этот выбор сопровождается кинематическими, силовыми и прочностными расчетами по обоснованию работоспособности с определением основных параметров элементов механизмов и передаточных отношений.

В кинематической схеме используются следующие группы элементов: стержни (валы, оси); подшипники (качения, скольжения); муфты (глухие, подвижные, сцепные); тормоза; кулачковые, кривошипно-шатунные и мальтийские механизмы; маховики; гидротрансмиссии; зубчатые, цепные, ременные, реечные и винтовые передачи; пружины и т. п.

Кинематическую схему вычерчивают в виде развертки, вписывают в контур машины либо вычерчивают в аксонометрии.

Принципиальная схема служит основанием для разработки других конструкторских документов. При создании принципиальной схемы используется результаты разработки функциональной и кинематической схем. Машина реализуется в принципиальной схеме с учетом несущих конструкций, опорных элементов, рабочего места оператора и т. п. Схема должна содержать все исходные данные для решения при проектировании вопросов технологичности изготовления, технического обслуживания и ремонта, эргономики, экологии, транспортабельности и всех остальных факторов, отраженных в техническом задании.

Вопросы для контроля

1. Понятие о технике, технической системе машин и оборудовании.
2. Моральное старение машины в сферах ее производства и эксплуатации. Формы морального износа.
3. Фазы и этапы жизненного цикла машины, стадии разработки конструкторской документации.
4. Классификация факторов, определяющих развитие машины: внешние и внутренние; потребности, возможности и ограничения.

5. Классификационная система машин. Понятия о классе, роде, виде, разновидности, типоразмере, модели машины.

Тема 2. Особенности конструирования пищевого оборудования

Ключевые вопросы темы

1. Требования СанПиН к проектируемой технике.
2. Экологические требования к проектируемой технике.
3. Обеспечение показателей безотказности и долговечности.
4. Количественные показатели качества продукции.

Ключевые понятия: требования СанПиН и экологии; требования к продуктовым зонам; требования к материалам; надежность; долговечность; безотказность; квалиметрия продукции.

Литература: [3, с. 26–66].

Методические рекомендации:

Требования СанПин и экологии. Проектируемые машины, аппараты, оборудование и линии пищевых и перерабатывающих отраслей должны отвечать стандартным требованиям безопасности при изготовлении, транспортировании, монтаже и эксплуатации, нормам экологии, производственной санитарии, которые регламентированы соответствующими стандартами, отраслевыми санитарными правилами и нормами. В конструкции оборудования необходимо обеспечить требования безопасной его эксплуатации в различных климатических условиях.

В частности, в оборудовании не допускаются острые углы, кромки и неровности поверхностей, представляющие опасность травмированные работающих. Компоновка составных частей должна обеспечивать свободный и удобный доступ к ним, безопасность при монтаже и эксплуатации.

Общие требования санитарии. Требования к конструкции и материалам продуктовой зоны.

Конструкция оборудования должна защищать продукт от внешних загрязнений, исключать вынос продукта и загрязнение окружающей среды, а также обеспечивать полное опорожнение, хорошую очищаемость, предотвращать застой продукта и образование очагов гниения, которые могут привести к изменению его свойств. Все поверхности должны быть доступны для санитарной обработки и контроля.

В оборудовании, разборка которого для санитарной обработки связана с большим объемом работ, неудобством разборки и нарушениям точности при следующей сборке, конструктивно обеспечивается возможность выполнять санитарную обработку и промывку конструкции.

Оборудование с замкнутой системой санитарной обработки должно обеспечивать возможность периодической разборки для ручной очистки

составных частей. Части оборудования, которые необходимо снять и разобрать в период санобработки, снабжаются легкоразъемными соединениями.

Чаны, ванны, лотки, желоба, металлические технологические выполняются с легко очищаемой гладкой поверхностью, без зазоров, затрудняющих санитарную обработку.

Уплотнительные устройства валов должны исключать попадание моющих средств и тому подобного в механизмы привода, а смазочные материалы – в продукт. В рабочей зоне в качестве смазочного материала допускается применение только масел, разрешенных для использования пищевой промышленности.

Прокладки, уплотнения, а также детали из резиновых пластин, контактирующие с пищевыми продуктами должны иметь разрешение соответствующих органов здравоохранения на допустимость контакта с пищевыми продуктами.

Запрещается применять в рабочей зоне следующие материалы: цинк, медь, а также сплавы и покрытия из них; покрытия из кадмия, хрома; эмалей, пенопластов и пластмасс на основе фенолформальдегида; материалы, содержащие стекловолокно, асбест. Запрещаются изделия из древесины (за исключением досок из прочной древесины для разделки продуктов); керамики, стекла с лакокрасочными покрытиями.

Особенности требований к материалам.

Специфические условия пищевых производств (повышенная влажность, большие перепады температур, переменные и динамические нагрузки, посредственный контакт с пищевыми продуктами и агрессивными средами, абразивное воздействие некоторых продуктов) предъявляют особые требования к выбору материалов для пищевого оборудования.

Материалы, применяемые в продовольственном машиностроении, должны отвечать общим требованиям санитарии, предъявляемым к материалам, находящимся в контакте с пищевыми продуктами. Главное из этих требований – высокая коррозионная стойкость. Продукты коррозии, смешиваются с пищевыми продуктами, снижают качество последних и нередко делают их совершенно непригодными для питания. Поэтому коррозия при контакте с пищевыми продуктами исключается.

Один из важных показателей качества продукции – надежность. Согласно ГОСТ 13377–75 под надежностью понимают свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. В зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации надежность может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость (в отдельности или в

определенном сочетании этих свойств) как для объекта в целом, так и для его частей. Безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. Работоспособность – состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности изделия.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Показатели долговечности – ресурс, срок службы и др. Ресурс – наработка изделия от начала эксплуатации или ее возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния. Различают средний ресурс до первого капитального ремонта, между капитальными ремонтами и средний суммарный ресурс (до списания). Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации изделия от ее начала или возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния.

Количественные характеристики качества пищевых продуктов

Изучением количественной характеристики качества пищевых продуктов, т.е. совокупности их свойств и ценности для человека, занимается особая отрасль знаний – квалиметрия. Методы квалиметрии:

1) инструментальный, основанный на использовании средств измерений;

2) расчетный, заключающийся в вычислениях по значениям параметров продукции, найденным другими методами;

3) статистический, использующий правила прикладной математической статистики и основанный на подсчете числа событий или объектов;

4) органолептический, основанный на анализе восприятий органов чувств без применения технических измерительных средств;

5) экспертный, учитывающий мнение группы специалистов-экспертов;

6) социологический, основанный на сборе и анализе мнений потребителей данной продукции;

7) комбинированный, включающий несколько методов определения показателей качества.

Органолептическими методами определяют качество продуктов с помощью органов чувств – обоняния, осязания, вкуса, зрения и слуха.

Перед органолептическим исследованием продуктов проверяют их упаковку, маркировку, внешний вид. Органолептические методы позволяют установить качество продукта по таким показателям, как форма, цвет, состояние поверхности, вкус, запах, консистенция.

Для более объективной органолептической оценки качества продуктов пользуются 100-балльной системой, при которой на вкус и запах отводят

45–50 баллов, а в зависимости от обнаруженных недостатков, с общего количества баллов делают соответствующие скидки и по сумме баллов судят о сорте продукта и его соответствии требованиям стандарта.

Большинство действующих систем балльной оценки имеют недостатки: в разных системах один и тот же показатель оценивается разным числом баллов; некоторые показатели (внешний вид, упаковка и др.) в одних системах значатся, в других – нет.

Для некоторых продуктов (вино, чай) органолептическая оценка является пока единственным способом определения их качества и сорта. Однако органолептическая система оценки качества не учитывает пищевой ценности продукта. Поэтому для выявления пищевого достоинства и безвредности продукта органолептическое исследование дополняется физико-химическим и микробиологическим.

Физическими методами определяют плотность, температуру плавления, застывания и кипения, оптические свойства и др.

Химическими методами устанавливают соответствие требованиям стандартов содержания в пищевых продуктах воды, жира, сахара, поваренной соли, золы, спирта, кислот. Отклонения в содержании составных частей продуктов влияют на их питательную ценность, вкусовые достоинства и стойкость при хранении.

Микробиологические методы исследования качества пищевых продуктов применяются для установления общей бактериальной обсемененности, наличия болезнетворных, гнилостных и других микробов, вредных для организма человека и ускоряющих порчу продуктов при хранении.

В последние годы применительно к задачам производства активно адаптируются методы полимеразной цепной реакции (ПЦР) и иммуноферментного анализа (ИФА).

В настоящее время метод ПЦР и его модификации применяются для выявления ГМИ в продуктах питания, пищевом сырье и кормах, видовой принадлежности мяса сельскохозяйственных животных.

Метод ИФА обладает меньшей чувствительностью, чем ПЦР, так как определение агента происходит на уровне белка. Преимуществом метода является большая быстрота выполнения. Например, существует ряд технологий на основе данного подхода, позволяющих провести анализ в течение нескольких минут. Метод незаменим в «полевых условиях», пригоден для анализа белковых смесей, не содержащих ДНК.

Вопросы для контроля

1. Качественные показатели машин.
2. Показатели технологичности машин.
3. Эстетические показатели.

4. Эргономические и санитарно-гигиенические показатели, показатели безопасности.

5. Показатели надежности.

Тема 3. Основные направления разработки нового оборудования для различных отраслей промышленности

Ключевые вопросы темы

1. Основные направления новых технических решений.
2. Разработка машин для зерноперерабатывающей отрасли.
3. Разработка машин для хлебопекарной отрасли.
4. Разработка машин для сахарной отрасли.
5. Разработка машин для крахмалопаточной отрасли.
6. Разработка машин для масложировой отрасли.
7. Разработка машин для кондитерской отрасли.
8. Разработка машин для других отраслей пищевой промышленности

Ключевые понятия: экономическая эффективность отраслевого решения, экономичность машины, рентабельность, срок окупаемости, полезная отдача, долговечность, функциональная модель.

Литература: [2, с. 70–96].

Методические рекомендации:

При проектировании изучают различные технологии получения продуктов питания, которые будет выпускать проектируемое производство. При этом учитывают новейшие результаты исследований по усовершенствованию технологии производства, анализируют регламенты действующих и опытных производств-аналогов, проверяют нормы расхода сырья, вспомогательных материалов, рекомендации по выбору конструкционных материалов для изготовления оборудования. При рассмотрении базового регламента проектировщик намечает пути усовершенствования некоторых технологических узлов с учетом последних достижений науки и техники.

Основные направления новых технических решений:

– в зерноперерабатывающей промышленности – разработка оборудования для приемки, транспортирования и хранения зерна, обеспечивающего энергосбережение, экологическую безопасность, повышение технического и технологического уровня производства, сокращение потерь зерна и сохранение его качества;

– в хлебопекарной и макаронной отраслях – разработка специальных видов оборудования для производства хлебобулочных изделий длительного хранения; пекарен различного типа (универсальных для выработки хлебобулочных, кондитерских, диетических изделий и др.) производительностью 0,2–5 т/сут; оборудования для производства макаронных изделий быстрого приготовления, не требующих варки;

– в сахарной отрасли – разработка оборудования для эффективного хранения сахарной свеклы, очистки сока (с применением новых мембранных, физико-химических, физико-механических и биотехнологических методов), кристаллизации сахара с помощью различных методов физического воздействия, производства сахара с минимальным расходом пара на технологические нужды, эффективного использования анаэробной очистки сточных вод, переработки и использования отходов свеклосахарного производства;

– в крахмало-паточной отрасли – разработка оборудования для производства крахмала из картофеля, кукурузы и новых видов сырья, для изготовления модифицированных крахмалов, экструзионных крахмалов, биологически разрушаемых полимеров; для изготовления сахаристых веществ из крахмала и крахмалсодержащего сырья; для получения безбелковых продуктов лечебного питания;

– в масло-жировой отрасли – разработка оборудования для производства биологически полноценных, экологически безопасных, лечебно-профилактических пищевых растительных масел, линий дезодорации и рафинации, обеспечивающих получение высококачественных дезодорированных масел, сокращение отходов, потерь сырья и энергоресурсов; для производства модифицированных жиров, комплексов оборудования для производства заменителей какао-масла из отечественного жирового сырья на основе биотехнологии; для производства высококачественной маргариновой продукции и новых видов диетических майонезов; для получения биологически полноценных белковых продуктов из масленичного растительного сырья (в том числе комплекса оборудования для производства заменителей женского молока на основе соевых белково-липидных композиций);

– в кондитерской отрасли – разработка специальных видов оборудования для производства кондитерских изделий лечебно-профилактического назначения и детского питания; комплексов оборудования для автоматизированных процессов преобразования исходного сырья и кондитерских масс (в том числе измельчения сырья и полуфабрикатов, приготовления рецептурных смесей при весовом дозировании компонентов; уваривания, охлаждения и темперирования полуфабрикатов; смешивания высоковязких кондитерских масс; формования и стабилизации формы заготовок); оборудования для весового дозирования и упаковывания кондитерских изделий; комплексов оборудования для производства сахарных и мучнистых кондитерских изделий на малых предприятиях;

– в плодоовощной отрасли – разработка оборудования для производства консервированных стерилизованных продуктов с использованием физических способов обработки сырья и полуфабрикатов, обеспечивающих получение продукции с повышенной биологической ценностью и сокращение вредного

воздействия на окружающую среду, в том числе оборудования для производства концентрированных соков с использованием ИК-излучения и ультрафильтрационной обработки сокоматериалов; для стерилизации и пастеризации консервированной плодоовощной продукции; для производства сушеных плодов и овощей длительного хранения различной степени обезвоживания, в том числе оборудования с использованием нетрадиционных источников теплоты и способов энергоподвода для частичного или практически полного удаления влаги из растительного сырья, обеспечивающего выработку кусковых или диспергированных, многокомпонентных продуктов с максимально возможным сохранением питательных веществ и вкусовых достоинств сырья с длительными сроками хранения, оборудования для фасования продукции в экологически безопасные, саморазрушающиеся комбинированные материалы; для производства нестерилизованных продуктов переработки плодов и овощей, консервированных с использованием холода, консервантов и ферментативных процессов, в том числе линий производства быстрозамороженных продуктов с использованием системы охлаждения сухим льдом для предприятий малой мощности; производства быстрозамороженных продуктов повышенной питательной ценности и сбалансированных по основным питательным веществам; для получения продуктов целевого назначения из вторичного сырья; комплексных пищевых добавок на основе растворимых балластных веществ из отходов консервного производства соков; ароматических, красящих и загущающих веществ на основе экстракционной обработки вторичных сырьевых ресурсов;

– в пищеконцентратной отрасли – разработка комплексов оборудования для производства пищевых концентратов: хлопьев из злаковых культур с высокой питательной ценностью и варено-сушеных круп высокой степени кулинарной готовности; для производства сушеных быстровосстанавливаемых фруктов, овощей и картофеля, в том числе оборудования для производства сушеных овощей и картофеля быстрого приготовления с использованием холода; обезвоженных продуктов высокого качества и длительных сроков хранения способом вакуум-сублимационной сушки; для получения концентрированных жидких продуктов растительною сырья с использованием холода методом криоконцентрирования, приготовления первых и вторых обеденных блюд, круп, не требующих варки, а также новых видов киселей на основе модифицированного крахмала; машин и аппаратов для комплектации автоматизированных технологических линий производства продуктов длительного хранения; оборудования для интенсификации процессов приготовления пищевых концентратов;

– в спиртовой и ликеро-водочной отраслях – разработка оборудования для производства спирта, концентрированных и сухих белково-углеводных кормовых продуктов, обогащенных каротином при переработке и полной

утилизации отходов спиртового производства; высококачественной и конкурентоспособной водочной продукции с экологически чистым замкнутым циклом производства, улучшающим экологическую обстановку; ликеро-водочных изделий общего и лечебно-профилактического назначения с применением мембранных, физико-химических и биологических методов обработки специфических видов растительного сырья: глубокоочищенных высококонцентрированных ферментов, а также утилизации отходов с использованием адсорбентов и мембран III-го поколения, антимикробных консервантов и аминокислотных смесей для создания высокоценных пищевых продуктов и других биологически активных веществ при переработке вторичных ресурсов спиртовой и других пищевых отраслей;

– в винодельческой отрасли – разработка комплексов оборудования, обеспечивающих энергосбережение, экологическую безопасность, повышение технического и технологического уровня производства, сокращение потерь сырья и сохранение его качества при выпуске высококачественной конкурентоспособной продукции (виноградных и плодово-ягодных, игристых и газированных вин, коньяков и крепких напитков); оборудования для утилизации отходов виноделия на кормовые и пищевые цели, сокращения сбросов вредных веществ;

– в пиво-безалкогольной отрасли – разработка комплексов оборудования, обеспечивающих энергосбережение, экологическую безопасность, повышение технического и технологического уровня производства, сокращение потерь сырья и сохранение его качества при выпуске высококачественной конкурентоспособной продукции (пива, безалкогольных напитков, квасов), оборудования для производства пива длительного хранения (в том числе непастеризованного), утилизации отходов пивоварения на кормовые и пищевые цели, сокращения сбросов вредных веществ со сточными водами; мини-пивзаводов различной производительности; комплексов оборудования для производства концентратов, безалкогольных напитков и квасов лечебно-профилактического действия и для детей;

– в дрожжевой отрасли – разработка комплексов оборудования для производства хлебопекарных дрожжей длительного хранения; дрожжевых препаратов и комплексных непищевых препаратов с использованием крахмалосодержащих отходов и непищевых вторичных продуктов перерабатывающих отраслей; прессованных и сушеных хлебопекарных дрожжей; пищевкусовых и белково-углеводных стабилизирующих добавок из биомассы хлебопекарных дрожжей; энергосберегающего оборудования для сушки дрожжей;

– в мясной отрасли – разработка роботизированных комплексов убоя и первичной переработки скота; комплексов оборудования, обеспечивающих высокую эффективность технологических процессов, энергосбережение,

экологическую безопасность, сокращение потерь сырья и сохранение его качества при измельчении мясного сырья, посоле мяса, дозировании рецептурных компонентов и перемешивании мясного фарша, формировании колбасных изделий и тепловой обработке мясного сырья и полуфабрикатов; оборудования для консервирования мясопродуктов длительного хранения методом вакуумного обезвоживания; для получения заменителей женского молока для детей грудного возраста; оборудования для переработки вторичного сырья с целью выпуска медицинской, пищевой, кормовой и непищевой продукции;

– в молочной отрасли – разработка автоматизированных технологических линий и комплексов оборудования, обеспечивающих энергосбережение, экологическую безопасность, интенсификацию технологических процессов, сокращение потерь сырья и сохранение его качества при выпуске высококачественной молочной или молочноконсервной продукции (питьевого молока, сливок, кисломолочных напитков, сухого молока, сгущенного молока и др.); технологических линий для производства лечебно-профилактических молочных продуктов с применением биологически активных добавок, стабилизаторов, гетерогенных антиоксидантов, радиопротекторов: оборудования для производства лекарственных форм препаратов на основе молочного белка; для получения молочных продуктов из вторичного молочного сырья с применением волновых и импульсных методов обработки продуктов:

– в масло-сыродельной отрасли – разработка комплексов оборудования для производства сливочного масла бутербродного назначения с использованием новых видов сырья и улучшителей качества; масла кулинарного назначения (для кондитерских целей и жарения) на основе частичной замены молочного жира композициями из растительных и животных жиров, животного масла длительного хранения, содержащего концентраты молочного жира и сухой плазмы; сливочного масла и его аналогов диетического и лечебно-профилактического назначения; натуральных сыров с повышенной пищевой и диетической ценностью и безопасностью применения на основе ресурсосберегающей технологии; пищевых продуктов, полуфабрикатов, кормовых и технических препаратов из вторичного молочного сырья и его компонентов;

– в холодильной отрасли – разработка технологических линий и комплексов оборудования для производства быстрозамороженных готовых мясных блюд, изделий из теста с начинками, упакованных в полимерные материалы, позволяющие их замораживать, хранить и разогревать; быстрозамороженных мясо-растительных наборов полуфабрикатов при помощи скороморозильных аппаратов; лечебно-профилактических и диетических видов мороженого и других взбивных продуктов с применением биологически активных веществ, новых стабилизаторов и др.; консервированных мясных и молочных продуктов (в

том числе творога) с использованием биотехнологических и физических методов.

Вопросы для контроля

1. Общие черты методов и этапов отраслевого прогнозирования.
2. Классификация методов прогнозирования пищевой отрасли.
3. Закономерности временного ряда: тенденции, сезонность, циклы, переменные и случайные величины.
4. Сущность метода экстраполяции параметров машин.
5. Способ проверки устойчивости тенденции (тренда) по экспериментальным данным.

Тема 4. Основные принципы конструирования технологических машин

Ключевые вопросы темы

1. Технико-экономическое обоснование новой техники.
2. Стадии разработки и составления проектно-конструкторской документации.
3. Разработка рабочей документации.
4. Комплектность конструкторских документов.
5. Характеристика конструкторских документов.
6. Графическая часть документации.

Ключевые понятия: проектно-конструкторская документация; техническое задание; эскизный проект; рабочий проект; чертежи; техническое описание машины; ведомости и спецификации.

Литература: [3, с. 87–136].

Методические рекомендации:

Задачи конструирования состоят в создании машин, полностью отвечающих требованиям заказчика, дающих наибольший экономический эффект при высоких эксплуатационных показателях. Главными показателями являются высокая производительность, экономичность, надежность; материалоемкость, габариты, энергоемкость, расходы на эксплуатацию и ремонт; долговечность, степень автоматизации, простота и безопасность обслуживания и управления, удобство сборки и разборки; соблюдение требований технической эстетики. Для машин пищевых производств из числа перечисленных показателей важнейшими являются: производительность обусловленных показателями качества (совокупности свойств) полуфабрикатов и готовой продукции, экономичность, безопасность действия, степень автоматизации, соответствие условиям эксплуатации в составе линии.

Технико-экономическое обоснование конструкции машины является важнейшим принципом проектирования любой технологической машины, поскольку экономический фактор играет первостепенную роль в создании машины. Основная цель проектирования и конструирования практически всегда

заключается в получении экономического эффекта от применения разрабатываемой машины. При этом имеется в виду, что экономический эффект определяется величиной полезной отдачи и суммой эксплуатационных расходов за весь период работы машины. Стоимость машины в этих расходах является только одной, но далеко не главной составляющей.

Экономичность машины оценивается следующими основными показателями: коэффициентом использования, рентабельностью, экономическим эффектом от применения и коэффициентом стоимости.

Стадии разработки и составления проектно-конструкторской документации.

Графическая часть.

Стадии разработки конструкторской документации на изделия всех отраслей промышленности и этапы выполнения работ предусмотрены ГОСТ 2.103. Конструкторским документам для индивидуального производства, предназначенным для разового изготовления одного или нескольких изделий, присваивают литеру «И».

Стадии разработки и составления проектно-конструкторской документации следующие:

Техническое задание – разработка технического задания. Согласование и утверждение технического задания.

Техническое предложение – Подбор материалов. Разработка технического предложения по результатам анализа технического задания с присвоением документам литеры «П». Рассмотрение и утверждение технического предложения.

Эскизный проект – разработка эскизного проекта с присвоением документам литеры «Э». Изготовление и испытание макетов. Рассмотрение и утверждение эскизного проекта.

Технический проект – разработка технического проекта с присвоением документам литеры «Т». Изготовление и испытание макетов. Рассмотрение и утверждение технического проекта.

Разработка рабочей документации:

а) Опытного образца (опытной партия) – разработка конструкторских документов, предназначенных для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии). Изготовление и заводские испытания опытного образца (опытной партии). Корректировка конструкторских документов по результатам изготовления и заводских испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением конструкторским документам литеры «О». Государственные, межведомственные, приемочные и другие подобные испытания опытного образца (опытной партии). Корректировка конструкторских документов по результатам государственных межведомственных, приемочных и других

подобных испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением конструкторским документам литеры «О1».

б) Установочных серий – изготовление и испытание установочной серии. Корректировка конструкторских документов по результатам изготовления, испытания и оснащения технологического процесса изготовления ведущих составных частей изделия установочной серии с присвоением конструкторским документам литеры «А».

в) Установившегося серийного и массового производства – изготовление и испытание головной (контрольной) серии. Корректировка конструкторских документов по результатам изготовления головной (контрольной) серии с присвоением литеры «Б» конструкторским документам, окончательно отработанным и проверенным в производстве изготовлением изделий по зафиксированному и полностью оснащенному технологическому процессу.

Комплектность конструкторских документов.

При определении комплектности конструкторских документов на изделие машиностроения в соответствии с ГОСТ 2.102-68 следует различать:

• основной конструкторский документ;

• основной комплект конструкторских документов;

• полный комплект конструкторских документов.

Основной конструкторский документ изделия однозначно определяет данное изделие и его состав. За основные конструкторские документы принимают:

• для деталей – чертеж детали;

• для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификацию.

Изделие, примененное по конструкторским документам, выполненным в соответствии со стандартами ЕСКД, записывают в документы других изделий, в которых оно применено, за обозначением своего основного конструкторского документа.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию (составленные на все данное изделие в целом), например сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационные документы. Конструкторские документы составных частей изделия в основной комплект документов изделия не входят.

Полный комплект конструкторских документов изделия состоит (в общем случае) из следующих документов:

• основного комплекта конструкторских документов на данное изделие;

• основных комплектов конструкторских документов на все составные части данного изделия, примененные по своим основным конструкторским документам.

Номенклатура конструкторских документов, разрабатываемых на изделия в зависимости от стадий разработки, приведена в ГОСТ 2.102-68. Все документы подразделяются на документы обязательные и документы, которые составляются по усмотрению разработчика в зависимости от характера назначения или условий производства машины.

Характеристика конструкторских документов.

Техническое задание устанавливает основное назначение, технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, выполнение необходимых стадий разработки конструкторской документации и ее состав, а также специальные требования к изделию.

Техническое задание (ТЗ) на проектирование технологического оборудования пищевых производств, как и других изделий машиностроения, рекомендуется выполнять в форме таблицы. Порядок составления, согласования и утверждения ТЗ установлен ГОСТ 15.001-88. Этапы разработки задания ы при проектировании любых технологических машин, а содержание работ по этапам должно быть конкретизировано.

Техническое предложение представляет собой совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации. Обоснование делается путем анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов. Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного (технического) проекта.

Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект является совокупностью конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации. Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

Текстовые документы. К текстовым документам по ГОСТ 2.106-68 относятся следующие документы, выполняемые по установленным правилам и форме:

• ведомости: спецификаций (ВС); ссылочных документов (ВЦ); покупных изделий (ВП); технического предложения (ПТ); эскизного проекта (ЭП); технического проекта (ТП);

• пояснительная записка (ПЗ);

• программа и методика испытаний (ПМ);

• расчеты (РР).

Графическая часть

В графическую часть входят чертежи деталей, сборочные, общих видов, габаритные и монтажные для всех отраслей промышленности. Их выполняют с соблюдением общих правил выполнения чертежей по ГОСТ 2.301-68...2.316-68, 2.317-69, правил выполнения чертежей деталей, сборочных, общих видов, габаритных и монтажных по ГОСТ 2.109-73 и правил выполнения чертежей различных типовых изделий (пружин, зубчатых колес, реек, червяков, звездочек, цепных передач, металлоконструкций, деталей трубопроводных систем, электромонтажных, тары, подшипников, отливок и др.) по ГОСТ 2.401-68...2.425-74.

Чертежи деталей разрабатывают на каждую деталь изделия. Правила выполнения чертежей деталей и общие правила выполнения чертежей предусмотрены ГОСТ 2.109-73 и др.

Чертежи сборочные должны содержать:

• изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Допускается на сборочных чертежах помещать схемы соединения или расположения составных частей изделия, если их не оформляют как самостоятельные документы;

• размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. На сборочных чертежах изделий индивидуального и опытного производства допускается указывать размеры деталей и предельные отклонения, определяющие характер сопряжения;

*указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о способе соединения неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

• номера позиций составных частей, входящих в изделие;

• основные характеристики изделия;

• габаритные размеры изделия;

• установочные и присоединительные размеры, а также необходимые справочные размеры;

• координаты центра тяжести (при необходимости).

На сборочном чертеже не помещают характеристики, габаритные, установочные присоединительные и справочные размеры, если они указаны в другом конструкторском документе: габаритном чертеже, в технических условиях и др. На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами.

Чертежи общего вида должны содержать изображения изделий с их видами, разрезами, сечениями, а также текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его основных составных частей и принципа работы изделия, а также данные о составе изделия. На чертеже общего вида допускается помещать техническую характеристику изделия.

Габаритные чертежи разделяют на чертежи изготовляемых или проектируемых изделий; справочные покупных изделий.

На габаритном чертеже изделие изображают так, чтобы были видны крайние положения перемещающихся, выдвигаемых или откидываемых частей, рычагов, кареток, крышек на петлях и т. п. Изображения изделия выполняют с максимальными упрощениями. Допускается не показывать элементы, выступающие за основной контур на незначительную величину по сравнению размерами предмета. Количества видов на габаритном чертеже должно быть минимальным, но достаточным для исчерпывающего представления о внешних очертаниях изделия; о положении его выступающих частей (рычагов, маховиков, ручек и т. п.); об элементах, которые должны быть постоянно в поле зрения, например, шкалах); о расположении элементов связи изделия с другими изделиями.

На габаритном чертеже проставляют габаритные размеры изделия, установочные и присоединительные размеры и при необходимости размеры, определяющие положение выступающих частей. Установочные и присоединительные размеры, необходимые для увязки изделия с другими изделиями, должны быть проставлены с предельными отклонениями. Допускается указывать координаты центра тяжести.

Монтажные чертежи разрабатывают предприятия-поставщики изделия для проведения монтажа, и они служат исходными документами для выполнения посадочных мест на чертежах сопрягаемых изделий.

Монтажный чертеж должен содержать:

• изображение монтируемого изделия;

• изображение предметов, применяемых при монтаже изделия, а также полное или частичное изображение устройства (конструкции фундамента), к которому изделие крепится;

• установочные и присоединительные размеры с предельными отклонениями;

• технические требования к монтажу изделия.

Монтажные чертежи допускается выпускать на изделия:

• монтируемые на одном определенном месте (устройстве, объекте, фундаменте);

• монтируемые на нескольких различных местах (устройствах, объектах).

Вопросы для контроля

1. Содержание технического задания и предложения для эскизного, технического и рабочего проектов.

2. Особенности индивидуальных проектов машин.

3. Классификация факторов, определяющих развитие машины: внешние и внутренние; потребности, возможности и ограничения.

4. Классификационная система машин. Понятия о классе, роде, виде, разновидности, типоразмере, модели машины.

5. Основные принципы при конструировании машин.

Тема 5. Методики конструирования технологических машин и аппаратов

Ключевые вопросы темы

1. Общие правила конструирования.

2. Компоновка системы и выбор силовой схемы.

3. Типовые приемы и процессы конструирования.

4. Обеспечение конструктивной преемственности.

5. Проектно-конструкторские расчеты.

Ключевые понятия: технические требования; объем проектирования; конструктивная преемственность; разработка вариантов; компоновка конструкции; силовая схема.

Литература: [3, с. 136–154].

Методические рекомендации:

Свое назначение машина и ее механизмы выполняют посредством ряда поверхностей или их сочетаний, принадлежащих отдельным деталям машины (или сборочной единицы). Эти поверхности называются исполнительными. Например, поверхности винта и желоба винтового конвейера, оси валов соединяемых механизмов, поверхности зубьев в зубчатых передачах, поверхности кулачка и элемента толкателя и т. д. Исполнительные поверхности машины, механизма, сборочной единицы занимают определенные относительные положения и могут иметь относительные движения по тем или

иным законам в соответствии со служебным назначением. Каждая конструкция состоит из отдельных сборочных единиц и деталей, назначение которых подчиняется назначению машины в целом. Разработка технических требований и норм точности представляется достаточно сложным процессом, поскольку они являются отражением назначения изделия.

Разработка технических требований и норм точности производится на основе:

• теоретических исследований физических явлений технологического процесса, возникающих при работе машины;

• проведенных экспериментов на опытных образцах и моделях или на первых экземплярах машины или отдельных ее частях;

• изучения опыта эксплуатации машин аналогичного типа;

• суждений логического характера, которыми обладает конструктор.

Чтобы перейти от назначения машины техническим требованиям и нормам точности, необходимо:

• выявить исполнительные поверхности (ИП) машины;

• выявить виды связей ИП, посредством которых машина должна осуществлять технологический процесс или производить продукцию;

• осуществить переход от параметров технологического процесса или продукции к параметрам исполнительных поверхностей;

• преобразовать эти связи ИП в размерные связи и установить нормы точности размеров, формы, относительного положения и движения ИП машины.

Технические требования на сборочные единицы и детали в общем случае устанавливаются путем размерного анализа – построения и расчета соответствующих сборочных размерных цепей, выражающих размерные связи исполнительных поверхностей и соответствие допусков замыкающего размера. Технические требования указываются на чертежах, в стандартах, выпускных или приемочных документах и должны быть достаточными для выполнения изделиями своего служебного назначения.

Общие правила конструирования

Процессы и приемы конструирования.

Исходными материалами для проектирования машины могут быть:

• техническое задания заказчика, определяющие параметры машины, область и условия ее применения, технологические требования;

• техническое предложение, выдвигаемое в инициативном порядке проектно-конструкторской организацией;

• результаты научно-исследовательской работы или созданный на ее основе экспериментальный образец машины;

• образец современной зарубежной машины, подлежащий копированию или воспроизведению с обоснованными переделками.

Наиболее общим случаем является первый – он включает в себя весь объем проектирования со всеми этапами. К техническим заданиям следует подходить критически. Необходимо проверить его и, если потребуется, доказать необходимость его корректирования.

С момента начала проектирования до внедрения машины в промышленность неизбежен длительный период, складывающийся из следующих этапов:

1. Проектирования, изготовления и доводки опытного образца.

2. Его испытаний, доделок и переделок.

3. Испытаний и приемки опытного образца, изготовления технической документации головной серии и ее промышленных испытаний.

4. Разработки серийной документации, подготовки производства, организации серийного выпуска.

Процесс длится два-три года, за которые машина при неправильно выбранных и заниженных параметрах, шаблонных решениях, не обеспечивающих требований технического прогресса, устаревает уже к началу серийного выпуска и разработка машины утрачивает актуальность.

Конструктивная преемственность при проектировании предполагает эффективное использование предшествующего опыта машиностроения данного профиля и смежных отраслей, введение в конструкцию всего полезного из существующих машин. Почти каждая современная машина представляет собой итог работы конструкторов нескольких поколений. Начальную модель машины постепенно совершенствуют, снабжают новыми узлами и агрегатами обогащают новыми конструктивными решениями. С течением времени завышаются технико-экономические показатели машин: мощность и производительность, степень автоматизации, надежность и долговечность. Анализ изменения по годам главных параметров машин (мощность, производительность, масса и т. д.) позволяет установить тенденцию конструктивных решений и прогнозировать параметры машин и их конструкции в перспективе.

Проектируемая машина должна удовлетворять своему функциональному назначению не только обладая высокими эксплуатационными показателями, но и быть простой и дешевой в изготовлении. В связи с этим необходимо знать современную технологию машиностроения и конструкционные материалы. Наряду с принципами обеспечения технологичности конструкции, стандартизацией, унификацией, агрегатированием и другими принципами надо соблюдать принцип технологической преемственности.

Основную конструктивную схему машины обычно выбирают путем параллельного анализа нескольких вариантов. Сравнительная оценка делается по конструктивной целесообразности, степени совершенства кинематической и силовой схем, стоимости изготовления, энергоемкости, расходам на рабочую

силу, надежности работы, габаритам, металлоемкости и массе, технологичности, удобству обслуживания, сборки-разборки, осмотра, наладки, регулирования.

Разработка вариантов – закономерный метод конструирования, позволяющий найти наиболее правильное решение путем сравнительного анализа вариантов. Окончательный выбор варианта зависит от условий его применения и важнейших достоинств конструкции в этих условиях.

Одним из основных методов при разработке вариантов является метод инверсии – обращение функций, форм и расположения деталей часто позволяющий легко решать сложные задачи конструирования. Например, поменять детали: ведущую сделать ведомой, направляющую – направляемой, неподвижную – подвижной, наружный конус заменить внутренним, выпуклую поверхность – вогнутой и т. п.

Компоновка конструкции. Основные правила

После выбора принципиальной схемы машины и основных показателей выполняют компоновку, которая состоит из двух этапов: эскизного и рабочего. В эскизной компоновке разрабатывают основную схему и общую конструкцию машины. По результатам эскизной компоновки составляют рабочую компоновку, уточняющую конструкцию машины и служащую основанием для дальнейшего проектирования.

При компоновке рекомендуется следовать нескольким правилам:

• выделить главное из второстепенного и установить правильную последовательность разработки конструкции, избегая механического нанизывания конструктивных элементов и узлов;

• решить главные вопросы – выбор рациональных кинематической и силовой схем, правильных размеров и формы деталей, определения наиболее целесообразного взаимного их расположения;

• идти от общего к частному, избегая подробностей конструкции на данном этапе, так как это отвлекает от основных задач компоновки и сбивает логический ход разработки;

• разработать варианты, проанализировать и выбрать рациональный вариант для данных условий;

• в процессе компоновки необходимо проводить расчеты, хотя бы ориентировочные и приближенные;

• постоянно иметь в виду вопросы изготовления деталей и придавать им технологически целесообразные формы;

• добиваться максимальной унификации конструктивных элементов во всех частях конструкций;

• учитывать все условия, определяющие работоспособность машины – системы смазки, охлаждения, сборки-разборки, крепления агрегата и присоединения к нему смежных деталей;

• предусматривать условия удобного обслуживания, осмотра и регулирования механизмов;

• выбрать материалы основных деталей и предусматривать способы повышения долговечности, увеличения износостойкости трущихся поверхностей, защиты от коррозии;

• исследовать возможность формирования машины и определить ее границы;

• не исключать возможность возвращения к ранее забракованным схемам и решениям или разработке новых;

• учитывать беспристрастное мнение посторонних людей, указания старших по должности, придирчивую критику;

• не жалеть времени и усилий на проработку проекта, так как стоимость проектных работ составляет незначительную долю стоимости выпуска машин.

Выбор силовой схемы

Обоснованный выбор рациональной силовой схемы позволяет существенно повысить эффективность изделия за счет упрощения конструкции опор и снижения действующих нагрузок на несущие элементы. Основные направления создания таких схем – это создание конструкций с наименьшим числом деталей и наиболее выгодным распределением силового потока. И тот и другой случай приводят к созданию компактных конструкций и рациональному использованию габаритных размеров. Масса изделия во многом зависит от силовой схемы, т. е. от способа восприятия и замыкания главных действующих в конструкции нагрузок. Силовая схема рациональна, если силы замыкаются на коротком участке элементами, работающими предпочтительно на растяжение или сжатие. Целесообразно использовать имеющиеся элементы конструкции, так как введение специальных элементов увеличивает массу.

Вопросы для контроля

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 6. Обеспечение технологичности машин и конструкций сборочных единиц

Ключевые вопросы темы

1. Конструирование сборочных единиц.
2. Технологичность конструкции машин.
3. Методы сборки машин.
4. Отработка технологичности сборочных единиц.

Ключевые понятия: взаимозаменяемость; регулируемость; контролепригодность; инструментальная доступность; технологичность; методы сборки; автоматизация сборки.

Литература: [2, с. 60–84].

Методические рекомендации:

В процессе конструирования машины конструктор преобразует полученные решения в реальные чертежи машины, в которых заложены сборочные единицы и виды сборки. Само название «сборочная единица» предполагает, что часть машины получается в результате последовательного соединения деталей, узлов и агрегатов в функциональное целое. При этом помимо технических показателей, надо обеспечить ряд показателей, характеризующих технологичность конструкции: взаимозаменяемость собираемых изделий, регулируемость, контролепригодность, инструментальную доступность.

Взаимозаменяемость составной части изделия дает возможность ее применения в машине вместо другой, одноименной, без дополнительной обработки с сохранением заданного качества изделия.

Регулируемость обеспечивает удобство регулирования конструкции при сборке, техническом обслуживании и ремонте для достижения или поддержания ее работоспособности.

Контролепригодность конструкции предполагает возможность, удобство и надежность ее контроля при изготовлении, испытании и ремонте. Инструментальная доступность позволяет получить свободный доступ инструмента к поверхностям конструкции изделия при изготовлении, контроле, испытании техническом обслуживании и ремонте.

Методы сборки.

Требуемая точность взаимного расположения деталей в механизме достигается различными методами сборки:

– полной, неполной и групповой взаимозаменяемости;

– подбора;

пригонки по месту (с неподвижным компенсатором);

регулировки (с подвижным компенсатором или набором прокладок).

Первые два метода относятся к методам взаимозаменяемости, последние – к методам технологической компенсации.

При сборке по методу полной взаимозаменяемости все детали или узлы при их установке в машину не требуют никакой механической обработки и регулировки. Замена любой детали не вызывает изменения качества работы машины. Точность замыкающего звена размерной цепи достигается в любом случае. Такая сборка проста и экономична, но требует высокой точности изготовления деталей. Она окупается при массовом производстве.

Неполная взаимозаменяемость заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается не во всех размерных цепях, а у подавляющего их большинства. Это позволяет устанавливать только по значению допуски на составляющие звенья. Такой метод достижения точности сборки называется методом неполной взаимозаменяемости. Он осуществляется так же, как и метод полной взаимозаменяемости, но допускает некоторый небольшой процент риска выхода размера замыкающего звена за пределы допуска.

Метод групповой взаимозаменяемости предполагает перед сборкой сортировать детали по группам в соответствии с определенными правилами (селективная сборка). Этот метод применяется в условиях массового и крупносерийного производства, но только когда невозможно технически и технологически обеспечить условия полной и неполной взаимозаменяемости. Он позволяет существенно снизить требования к деталям, однако имеет организационные трудности.

Метод подбора заключается в том, что сборщик согласно размерам подбирает детали так, чтобы выполнялось условие их взаимозаменяемости.

В продовольственном машиностроение преобладает мелкосерийный тип производства с большим объемом ручных работ, пригоночных операций и регулировок. Трудоемкость сборочных работ при этом составляет 30…35 % общей трудоемкости производства машин. Для технологического процесса сборки машин характерны следующие основные этапы:

• соединение деталей в сборочные единицы (узловая сборка);

• уравновешивание (балансировка) деталей и сборочных единиц;

• общая сборка изделия;

• обкатка и испытание машины (гидроиспытания, проверка плавности хода, контроль прилегания зубьев, контроль выходных параметров и др).

В собственно сборочные операции входят:

• координирование и сопряжение деталей;

• регулирование узлов механизмов и сборочных единиц в процессе сборки;

• промежуточная сборка для совместной обработки деталей и определения размеров компенсатора.

Технологическая конструкция сборочных единиц

Одно из основных требований технологичности заключается в том, чтобы машина состояла из ряда сборочных единиц (узлов, подузлов, комплектов) и

отдельных деталей. Такое деление изделий машиностроения на сборочные единицы необходимо для облегчения сборки и позволяет создавать машины по агрегатному принципу, например из набора унифицированных сборочных единиц, стандартизированных узлов и серийно выпускаемых узлов, покупных изделий. Появляется возможность сократить число специальных сборочных единиц и тем самым сократить затраты на производство. Деление машины на отдельные сборочные единицы позволяет осуществить их изготовление независимо одна от другой и сократить сроки изготовления всей машины.

В свою очередь технологичность сборочной единицы, прежде всего, заключается в том, чтобы она содержала как можно меньшее число деталей. Их сокращение достигается путем объединения в одной детали функций нескольких. Это уменьшает объем сборочных операций либо полностью исключает их.

Для облечения транспортирования, ориентации и базирования присоединяемых деталей при сборке они должны отвечать требованиям приспособлений, используемых при сборке. Поэтому уже при конструировании изделий и деталей нужно учитывать весь комплекс движений, которой придется выполнять при сборке. Отработка конструкции изделия на технологичность предусматривает сокращение затрат времени и средств на технологическую подготовку производства и процессы его изготовления.

Основное требование к технологичности конструкции – ее соответствие технологическим требованиям производства, заданной серийности и степени автоматизации сборки, технического обслуживания и ремонта. Порядок и правила отработки конструкции сборочной единицы на технологичность регламентируются ГОСТ 14.201-83.

В процессе разработки технического задания окончательно уточняется изделие-аналог, которое вносится в задание. Уточнение делается путем группирования всех изделий как отечественного, так и зарубежного производства в специальную матрицу показателей технологичности изделий-аналогов. Знание показателей, тенденции развития техники в данной области позволяют выбрать изделия-аналоги и по ним определить границы использования стандартных, унифицированных, заимствованных и покупных деталей и сборочных единиц. На стадии разработки технического задания путем функционально-стоимостного анализа окончательно принимается технологическая схема работы изделия, и определяются нормативные (базовые) показатели технологичности.

При разработке рабочей конструкторской документации принимаются окончательные решения по всем без исключения задачам, стоящим при разработке технической документации. Производится окончательная отработка конструкции изделия на технологичность и дается оценка соответствия

требованиям процессов изготовления и соответствия материалов деталей номенклатуре, ограничивающей список применяемых материалов.

Технологичность конструкции машин

В комплекс работ по технологической подготовке производства входит обеспечение технологичности конструкции изделий. Одну из главных задач комплекса работ – обеспечение технологичности сборки – решают путем конструктивно-технологического анализа, руководствуясь основными требованиями технологичности. Номенклатура показателей технологичности для однотипных изделий с учетом их конструктивных особенностей устанавливается стандартами.

Технологичность конструкции характеризует один из основных показателей качества – экономичность. В связи с этим критерием технологичности конструкции является ее экономическая целесообразность при заданном качестве и принятых условиях производства, эксплуатации и ремонте на протяжении всего жизненного цикла машины. К условиям изготовления и ремонта изделия относятся тип, специализация и организация производства, годовая программа и повторяемость выпуска, а также применяемые технологические процессы. Таким образом, основной задачей отработки конструкции на технологичность является повышение производительности труда при снижении затрат на производство и эксплуатацию машины.

Основные требования технологичности.

По качественной оценке технологичность конструкций сборочных единиц должна соответствовать следующим признакам:

• простота компоновочной схемы машины в целом и отдельных составных частей;

• унификация составных частей и элементов конструкций;

• членение изделия на самостоятельные составные части, допускающие независимую и параллельную сборку, контроль и испытание;

• конструктивные сборочные единицы должны являться также и технологическими сборочными единицами;

• наличие в конструкции сборочных баз и фиксирующих элементов, выполненных при механической обработке деталей, которые определяют требуемое положение деталей в узле, агрегате и в машине;

• отсутствие необходимости предварительной, многократной сборки узлов, промеров, проверок работы и последующих разборок для внесения исправлений;

• обеспечение независимой разборки;

• обеспечение беспригоночной сборки, так как пригонка лишает конструкцию взаимозаменяемости и снижает качество сборки.

Вопросы для контроля

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

Тема 7. Компоновка приводов технологического оборудования

Ключевые вопросы темы

1. Требования к приводу машины.
2. Компоновочные решения приводов.
3. Кинематическая схема привода.
4. Структурная схема привода.

Ключевые понятия: электропривод; передача; редукторы; вариаторы; муфты; тормозные устройства; расчет привода.

Литература: [2, с. 60–84].

Методические рекомендации:

Преимущественное распространение в большинстве технологических машин получили электроприводы, состоящие из электродвигателя, комплекса аппаратуры для управления двигателем и передаточного механизма для преобразования параметров механического движения и передачи его от двигателя к рабочему органу машины.

Основными механизмами и элементами приводов машин являются электродвигатели, промежуточные механические передачи, приводные элементы, звездочки, блоки, тормоза (или остановы), ограничители крутящего момента и муфты. Приводы часто конструктивно оформляются в виде станций, в которых перечисленные механизмы и элементы обычно устанавливаются на общем основании – раме, станине, фундаменте.

Требования к приводу машин: компактность и простота конструкции; эксплуатационная надежность; технологичность изготовления и монтажа; экономичность; плавность пуска, снижение динамических нагрузок в период неустановившегося движения; точность движения; наличие устройств, останавливающих машину при нарушении технологического процесса; безопасность работы.

Промежуточные механические передачи в электроприводах могут быть выполнены набранными из открытых передач (устаревшие схемное решение), полностью из редуктора (наилучшая конструкция), комбинированными – с

редуктором и дополнительными открытыми клиноременной, зубчатой или цепной передачами (например, мотор-барабаны).

В приводах технологических машин все большее распространение получают системы управления, позволяющие осуществлять ступенчатое и бесступенчатое регулирование частоты вращения и плавный пуск. Электроприводы, в том числе и мотор-редукторы, укомплектовываются многоскоростными электродвигателями, преобразователями частоты различных модификаций и устройствами плавного пуска, которые используются совместно с трѐхфазными асинхронными электродвигателями. Возможность бесступенчатого регулирования частоты вращения выходного вала привода в широком диапазоне с сохранением вращающего момента и мощности в ряде случаев позволяет отказаться от применения привода с дорогостоящими электродвигателями постоянного тока.

Системы управления приводами технологических машин, позволяющие осуществлять бесступенчатое регулирование частоты вращения и плавный пуск, оснащаются прогрессивными, экономичными и многофункциональными преобразователями частоты (ПЧ) и устройствами плавного пуска и защиты электродвигателей.

Компоновочные решения приводов

Приводы технологических машин в зависимости от их сложности включают различные типы передач, редукторы, вариаторы, муфты, подшипниковые опоры. В простейшем случае привод рабочего органа может состоять только из двигателя. Анализ конструкций показывает, что большинство технологических машин имеют горизонтальное и вертикальное расположенное рабочих органов или исполнительных механизмов (реже – наклонное), достаточно сложную пространственную компоновку составных частей, различные характер и скорость движения рабочего органа (РО) п=0,06...3000 об /мин) и потребляемые мощности (N_{P0}= 0,2...100 кВт) В связи с этим технологические машины пищевых производств отличаются большим разнообразием структурных и кинематических схем.

Основными передающими и преобразующими составными частями привода технологических машин являются клиноременные, цепные и зубчатые открытые передачи, одно- и многоступенчатые редукторы (цилиндрические, конические, планетарные, червячные), регулирующие устройства.

При проектировании приводов машин используется их классификация по следующим признакам: назначение, количество двигателей, тип двигателя, возможность изменения направления движения, тип передаточного механизма, тип передач, конструкция передаточного механизма, расположение выходного вала.

Технологические машины пищевых производств преимущественно работают в стационарных условиях с переменными внешними нагрузками и

имеют установившийся характер движения РО. Система управления и регулирования приводов достаточно проста и может содержать устройства электрические (электродвигатели многоскоростные, с встроенным электромагнитным тормозом, пусковым устройством), электронные, осуществляющие частотное регулирование скорости, и механические в виде вариаторов.

Поскольку технологические и транспортирующие машины пищевых производств обычно входят в состав технологической линии, то всякий вынужденный простой машины ведет к остановке всей линии и, как следствие, невосполнимым потерям. Поэтому при проектировании привода необходимо свести до минимума его техническое обслуживание и ремонт путем конструкции, обладающей высокой надежностью и долговечностью, С этой целью применяют передачи и передаточные механизмы, не требующие периодического смазывания и ремонта.

Проектирование и расчет привода начинаются на стадии разработки эскизного проекта технологической или транспортирующей машины, когда разработана технологическая, кинематическая и компоновочная схемы, спроектированы рабочие органы и выбрана схема членения машины. Исходными для проектирования привода являются:

– кинематические и мощностные параметры рабочих органов;

– компоновочные параметры РО и единиц машины (размеры, масса, расположение);

– условия эксплуатация;

– срок службы машины.

Проектирование привода состоит, в общем, из следующих этапов:

– разработка кинематической схемы;

– расчет мощностей и сил, действующих в составных частях привода;

– выбор передаточных механизмов, муфт, опор;

– проверочные расчеты;

– разработка кинематических схем и выполнение чертежей привода.

Для разработки кинематической схемы требуется знать общее передаточное отношение привода и диапазоны регулирования. По общему передаточному отношению привода определяют передаточные отношения выбранных передач и передаточных механизмов. Типы передач, передаточных механизмов и муфт выбирают в зависимости от пространственного расположения вала РО и взаимного расположения осей валов РО и двигателя , геометрических и кинематических показателей с учетом преимущественного использования унифицированных и стандартных сборочных единиц и деталей. Потребная мощность двигателя определяется в зависимости от мощности РО, КПД исполнительного механизма (ИМ) и КПД привода.

При проектировании привода нужно знать не только номинальную мощность, частоту вращения двигателя и передаточное отношение привода, но и пусковой момент, число пусков в час, время работы за день, коэффициенты динамичности приводимой в движение машины и двигателя, а в критических случаях и частоту собственных крутильных колебаний системы.

По результатам расчета потребной мощности и принятой частоте вращения двигателя по техническим характеристикам, приведенным в каталогах или справочниках, подбирают тип и типоразмер двигателя. Далее уточняются наиболее рациональные типы передаточных механизмов (редукторов, вариаторов), открытых передач, муфт, подшипниковых опор. Иногда ввиду особенностей компоновки машины, специфики расположения и работы РО невозможно применить унифицированные или стандартные редукторы, передачи, муфты, промежуточные опоры. В таком случае используют специальные неунифицированные передачи, муфты, опоры, которые требуют отдельного проектирования и расчетов на прочность и долговечность.

Разработка структурной и кинематической схем приводов

Структурная схема привода определяет основные функциональные части привода, их назначение и взаимосвязи. Она разрабатывается при проектировании машины или другого оборудования на стадии, предшествующей е кинематической схемы, и дает общее представление о приводе и с рабочим органом.

Кинематическая схема привода отображает совокупность источника механического движения (двигателя), кинематических элементов в виде передач точных механизмов и соединений и их связи. Графически кинематическая схема представляется в виде условных обозначений в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.770-68.

Выбор и обоснование структурной и кинематической схем является первым этапом конструирования привода и зависит в первую очередь от назначения и условий работы технологической машины. Назначение привода – сообщить рабочему органу (РО) или исполнительному механизму (ИМ) машины механическое движение определенного характера, траектории, скорости, крутящего момента. Рабочие органы машины разделяются по форме траектории движения на вращательные, возвратно-поступательные, с качательным и сложным движением, а по характеру движения – с монотонным, разнообразным и циклическим движением. Двигатели технологических и транспортирующих машин могут быть с вращательным и возвратно-поступательным движением. В связи с этим передачи, устанавливаемые между двигателем и РО или ИМ. призваны выполнять целый ряд функций, главными из которых являются:

• понижение или повышение скорости РО (ИМ);

• повышение или понижение крутящего момента;
• изменение траектории или характера движения;
• изменение направления движения (реверсирование);
• изменение плоскостей движения;
• суммирование или разделение движений и моментов от двигателей;
• регулирование скорости;
• предохранение двигателей и сборочных единиц машины от поломок при перегрузках.

В машинах с монотонным движением рабочего органа (насосы, вентиляторы, конвейеры и т. п.) скорость постоянна и направлена в одну сторону. В приводах таких машин двигатель непосредственно соединяется с РО или между ними устанавливается какой-либо передаточный механизм, содержащий зубчатую, цепную, ременную передачи или их сочетания. Машины с разнообразным движением характеризуются переменным силовым и скоростным режимом, которые задаются вручную или автоматически. В машинах этой группы движение РО происходит по установленному циклу, соответствующему условиям работы и характеру технологического процесса. В приводы таких машин обычно включаются механизмы или устройства, позволяющие задавать и регулировать параметры работы машины, и механизмы, задающие требуемые законы движения РО (кулачковые, рычажные кулисные, мальтийские и т. д.), которые в технологических машинах часто относят к исполнительным механизмам.

Вопросы для контроля

1. Методика расчета привода машины.
2. Методика расчета выходной мощности.
3. Принципы выбора электропривода.
4. Методика расчета редуктора.
5. Методика расчета механической передачи привода.
6. Методика расчета муфты.
7. Методика расчета вариатора.
8. Методика расчета тормозного устройства.

Тема 8. Основы прочностных расчетов

Ключевые вопросы темы

1. Проектный расчёт.
2. Проверочный расчёт.
3. Расчёт коэффициента запаса прочности
4. Факторы, влияющие на запас прочности
5. Виды нагрузок, действующих на детали машин.
6. Циклы напряжений и их параметры

Ключевые понятия: расчёт, коэффициент запаса прочности, статические и динамические нагрузки, циклические нагрузки.

Литература:[5, с. 70–84]

Методические рекомендации

Для того чтобы составить математическое описание объекта расчета и по возможности просто решить задачу, в инженерных расчетах реальные конструкции заменяют идеализированными моделями или расчетными схемами. Например, при расчетах на прочность, по существу, несплошной и неоднородный материал деталей рассматривают как сплошной и однородный, идеализируют опоры, нагрузки и форму деталей. При этом расчет становится приближенным. В приближенных расчетах большое значение имеют правильный выбор расчетной модели, умение оценить главные и отбросить второстепенные факторы.

Погрешности приближенных расчетов существенно снижаются при использовании опыта проектирования и эксплуатации аналогичных конструкций. В результате обобщения предшествующего опыта вырабатывают нормы и рекомендации, например нормы допускаемых напряжений и коэффициентов запасов прочности, рекомендации по выбору материалов, расчетной нагрузки и пр. Эти нормы и рекомендации в приложении к расчету конкретных деталей приведены в соответствующих разделах учебника. Здесь отметим, что неточности расчетов на прочность компенсируют в основном за счет запасов прочности. При этом выбор коэффициентов запасов прочности становится весьма ответственным этапом расчета. Заниженное значение запаса прочности приводит к разрушению детали, а завышенное – к неопределенному увеличению массы изделия и перерасходу материала. В условиях большого объема выпуска деталей общего назначения перерасход материала приобретает весьма важное значение.

Факторы, влияющие на запас прочности, многочисленны и разнообразны: степень ответственности детали, однородность материала и надежность его испытаний, точность расчетных формул и определения расчетных нагрузок, влияние качества технологии, условий эксплуатации и пр. Если учесть все разнообразие условий работы современных машин и деталей, а также методов их производства, то станут очевидными большие трудности в раздельной количественной оценке влияния перечисленных факторов на величину запасов прочности. Поэтому в каждой отрасли машиностроения, основываясь на своем опыте, вырабатывают свои нормы запасов прочности для конкретных деталей. Нормы запасов прочности не являются стабильными. Их периодически корректируют по мере накопления опыта и роста уровня техники.

В инженерной практике встречаются два вида расчета: проектный и проверочный. Проектный расчет – предварительный, упрощенный расчет, выполняемый в процессе разработки конструкции детали (машины) в целях опреде-

ления ее размеров и материала. Проверочный расчет – уточненный расчет известной конструкции, выполняемый в целях проверки ее прочности или определения норм нагрузки.

При проектном расчете число неизвестных обычно превышает число расчетных уравнений. Поэтому некоторыми неизвестными параметрами задаются, принимая во внимание опыт и рекомендации, а некоторые второстепенные параметры просто не учитывают. Такой упрощенный расчет необходим для определения тех размеров, без которых невозможна первая чертежная проработка конструкции. В процессе проектирования расчет и чертежную проработку конструкции выполняют параллельно. При этом ряд размеров, необходимых для расчета, конструктор определяет по эскизному чертежу, а проектный расчет приобретает форму проверочного для намеченной конструкции. В поисках лучшего варианта конструкции часто приходится выполнять несколько вариантов расчета. В сложных случаях поисковые расчеты удобно выполнять на ЭВМ. То обстоятельство, что конструктор сам выбирает расчетные схемы, запасы прочности и лишние неизвестные параметры, приводит к неоднозначности инженерных расчетов, а следовательно, и конструкции. В каждой конструкции отражаются творческие способности, знание и опыт конструктора. Внедряются наиболее совершенные решения.

В процессе эксплуатации каждая машина испытывает различные виды нагрузок. Рабочей нагрузкой называют силу или момент воспринимаемые деталью или узлом в процессе эксплуатации изделия.

Рабочая нагрузка может быть постоянной или переменной в зависимости от характера ее изменения во времени. К постоянной можно отнести, например, нагрузку от собственного веса.

При эксплуатации детали машин, как правило, испытывают переменные нагрузки, характер которых зависит от систематических или случайных факторов, вызывающих эти нагрузки.

В зависимости от способа воздействия на деталь нагрузки могут быть статическими и динамическими.

Статические нагрузки обычно бывают постоянными без возникновения колебаний системы. Динамические нагрузки вызывают удар или колебания системы. В связи с переменным характером рабочих нагрузок вводят понятия о номинальной, эквивалентной и расчетной нагрузках.

Максимальная или длительно действующая нагрузка в установившемся режиме называется номинальной. Номинальные мощность, момент, частота вращения, скорость и т. д.

Эквивалентной называется такая постоянная нагрузка, которой можно заменить фактические действующую переменную рабочую нагрузку, считая ее равноценной в отношении соответствующих критериев надежности.

Расчетной называется условная постоянная нагрузка, определяемая (рабочей нагрузкой) с учетом ее характера воздействия на объект. Циклы напряжений и их параметры.

Одним из главных факторов, определяющих величину напряжений, является вид, и характер изменения во времени нагрузок, действующих на деталь.

Статистическое нагружение вызывает в материале детали постоянное напряжение, которое не изменяется в течение длительного времени ни по величине, ни по направлению.

Переменные нагрузки вызывают соответственно переменные напряжения. Детали, длительное время подвергающиеся повторно-переменной нагрузке, разрушаются при напряжениях значительно меньших предела прочности материала при статистическом нагружении. Приблизительно 80 % всех поломок и аварий, происходящих при эксплуатации машин, вызвано усталостными явлениями (цикличными нагрузками).

Циклические нагрузки наиболее явно выражены в машинах и механизмах с возвратно-поступательным движением звеньев (поршневые машины, кулачковые механизмы). Однако и в механизмах вращательного движения циклические нагрузки неизбежны (зубчатые передачи, валы). В современных машинах в большинстве случаев напряжения изменяются циклически с большей или меньшей частотой и амплитудой.

Пульсирующее нагружение в соответствии с отнулевым циклом (когда напряжения изменяются от нуля до максимума) имеют: зубья зубчатых колес при работе в одну сторону, толкатели и шатуны тихоходных механизмов с малой нагрузкой холостого хода, нереверсивные валы (напряжения кручения).

Знакопеременный симметричный цикл. Здесь наибольшие и наименьшие напряжения противоположны по знаку и одинаковы по модулю (напряжения изгиба при вращении валов и осей).

Знакопеременный асимметричный цикл – это наиболее общий случай нагружения деталей машин.

Число циклов нагружения, которые материал выдерживает до разрушения, зависит от максимального напряжения и амплитуды цикла. По мере уменьшения напряжений число циклов до разрушения детали увеличивается и при некотором достаточно малом напряжении становится неограниченно большим. Это напряжение называют пределом выносливости и кладут в основу расчета деталей машин, подверженным циклическим нагрузкам.

Методы определения допускаемых напряжений

Существуют два метода выбора допускаемых напряжений:

а) Табличный метод – конкретен, прост, удобен для пользования. Широко используется в НИИ, на заводах, СКТБ.

В зависимости от материала, вида термической обработки, технологии изготовления, цикла нагружения приведены в таблицах заранее рассчитанные значения допускаемых напряжений для отдельных видов деталей.

б) Дифференциальный метод, заключающийся в том, что допускаемое напряжение определяется по формуле, учитывающей основные факторы, влияющие на прочность.

Вопросы для контроля

1. Какие используются методы определения допускаемых напряжений?
2. Что такое знакопеременный цикл?
3. Что такое пульсирующее нагружение?
4. Охарактеризуйте нормальную и эквивалентную нагрузки.
5. В чём разница между проектным и проверочным расчётами?

Тема 8. Экономические основы конструирования машин

Ключевые вопросы темы

1. Коэффициент использования машины.
2. Экономический эффект и его показатели.
3. Величина полезной отдачи машины.
4. Принцип агрегатирования.

Ключевые понятия: амортизация, себестоимость, рентабельность, срок окупаемости, экономический эффект.

Литература: [3, с. 108–117]

Методические рекомендации:

Целью создания практически любой машины является получение какого-либо продукта или выполнение производственного процесса с экономическим эффектом (с прибылью). Естественно, что и конструкция машины не должна заслонять основной цели – увеличения экономического эффекта.

На первый взгляд, кажется, что экономически конструировать – значит уменьшать стоимость изготовления машины, избегать сложных и дорогих решений, применять наиболее дешевые материалы и наиболее простые способы обработки. Однако, это только небольшая часть задачи. Главное значение имеет то, что экономический эффект определяется величиной полезной отдачи машины и суммой эксплуатационных расходов за весь период работы машины. Стоимость машины является только одним не всегда главным, а иногда и очень незначительным составляющим этой суммы.

Экономически направленное конструирование должно учитывать весь комплекс факторов, определяющих экономичность машины и правильно оценивать относительное значение этих факторов. Это правило часто игнорируют. Стремясь к удешевлению продукции, конструктор нередко добивается экономии в одном направлении и не замечает других, гораздо более эффективных

путей повышения экономичности. Более того, частная экономия, осуществляемая без учета совокупности всех факторов, нередко ведет к снижению суммарной экономичности машин.

Главными факторами, определяющими экономичность машин, являются величина полезной отдачи машины, долговечность, надежность, расходы на оплату труда операторов потребление энергии и стоимость ремонтов.

Коэффициент использования машины представляет собой отношение времени фактической работы машины за определенный период к длительности этого периода.

Отдача машины и эксплуатационные расходы, за исключением и, пропорциональны продолжительности фактической работы за период эксплуатации. Амортизационные расходы за период эксплуатации равны стоимости машины.

Повышение отдачи может выражаться или в увеличении числа единиц продукции или в увеличении стоимости каждой единицы (повышение качества продукции, увеличение объема операции, выполняемых над заготовкой).

На практике, как правило экономический эффект в наибольшей степени зависит от величины полезной отдачи и долговечности машины. Эти факторы должны стоять в центре внимания при конструировании машин. Столь же большое значение имеет надёжность, определяющая общий объём и стоимость ремонтов, производимых за время эксплуатации машин.

На практике расходы на ремонт могут достигать очень большой величины, превышая в некоторых случаях стоимость машин в несколько раз. Иногда расходы на ремонт поглощают большую часть доходов, приносимых машиной, что делает эксплуатацию машины нерентабельной.

В настоящее время назрела задача перехода на безремонтную эксплуатацию, под этим понимают:

– устранение капитальных ремонтов;

– устранение восстановительного ремонта и замена его комплектационным ремонтом, осуществляемым сменой износившихся деталей, узлов и агрегатов;

– устранение вынужденных ремонтов, вызванных поломкой и износом деталей, систематическим проведением планово-предупредительных ремонтов.

Перевод на безремонтную эксплуатацию является комплексной задачей. Предпосылками решения этой задачи являются:

– увеличение срока службы изнашивающихся деталей;

– построение машины по агрегатному принципу, допускающему независимую смену изнашивающихся пар деталей и узлов;

– создание на машинах неизнашивающихся фиксирующих поверхностей, служащих базами при установке сменных деталей.

Конструктивным мероприятиям должны сопутствовать организационно-технические, главным из которых является централизованное изготовление запасных деталей и узлов.

Из сказанного выше отнюдь не вытекает, что конструктор может ослабить внимание к задаче уменьшения стоимости машин. Как было показано, роль фактора стоимости зависит от категории машин и может быть значительной у машин с малыми энергопотреблением, и расходами на труд, а также у машин с относительно небольшим периодом службы. Необходимо только правильно оценивать значение этого фактора среди других факторов повышения, экономичности и уметь поступиться им в случаях, когда уменьшение стоимости вступает в противоречие с требованиями увеличения полезной отдачи, долговечности и надежности.

Решение всех перечисленных выше задач следует положить в основу деятельности конструктора, который должен, во-первых, задавать тон «политике машиностроения», во-вторых, создавать конструкции, обеспечивающие увеличение экономической эффективности машины, сокращение эксплуатационных расходов и уменьшение стоимости машиностроительной продукции в целом.

Полезная отдача выражается стоимостью продукции или полезной работы, выполняемой машиной в единицу времени. Величина полезной отдачи зависит от производительности машин, т. е. от числа операций (или единиц работы), ею выполняемых в единицу времени, и от стоимости операций (единиц работы).

Увеличение отдачи является комплексной задачей, решение которой во многом зависит от правильности эксплуатации. Для автомашин, например, эксплуатационные средства повышения отдачи заключаются в сокращении холостых пробегов, увеличении технической скорости езды, повышении грузоиспользования (применение прицепов) и т. д. Производительность машин-орудий повышают интенсификацией технологических операций применением приспособлений и специальной оснастки. В основном же эту задачу необходимо решать конструктивными мероприятиями. Машине должна быть придана наибольшая возможная производительность, согласованная с реальными требованиями производства и перспективами его развития. Рабочие органы машины следует рассчитывать на максимальный объем операций с соответствующим выбором ее кинематики, мощности, прочности и жесткости.

Главными способами повышения производительности машин являются:

– увеличение числа одновременно осуществляемых над изделием операций;

– увеличение числа одновременно обрабатываемых изделий;

– сокращение длительности технологического цикла;

– автоматизация технологического процесса.

Первый способ получил наиболее полное выражение в конструкции агрегатных металлообрабатывающих станков, позволяющих обрабатывать детали одновременно по нескольким или всем поверхностям. Другим примером могут служить многорезцовые токарные автоматы.

Представителями второго способа являются роторные машины, на которых одновременно обрабатывают большое число деталей. Другой пример – групповая обработка одновременно нескольких деталей в многоместных приспособлениях.

Вопросы для контроля:

1. Дайте определение себестоимости.
2. Дайте определение рентабельности.
3. Назовите показатели экономического эффекта.
4. На чём основан принцип агрегатирования?
5. Перечислите основные способы повышения производительности.
6. Из чего складывается трудоёмкость?

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков проектирования рациональных конструкций оборудования с применением перспективных физических методов.

Практические занятия по дисциплине «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого 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
1	Составление технологической схемы и карты машины
2	Составление структурной схемы машины
3	Составление кинематической схемы машины
4	Составление схемы и карты смазки машины
5	Расчет пневматического привода технологической машины
6	Проектирование конвейера технологической машины
7	Проектирование узла резания рыбы дисковым ножом
8	Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора
9	Изучение конструкции червячного редуктора
Итого	

Практическая работа № 1: Составление технологической схемы и карты машины.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке технологической схемы и карты машины для переработки пищевых продуктов.

Задание по практической работе: разработать технологическую схему машины и технологическую карту машины.

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

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранной машины и ее технологических параметров.

Методические рекомендации:

Составление (разработка) технологической схемы и технологической карты машины является одним из главных этапов при конструировании машин. Технологические схема и карта машины – важные части документации созданной машины. Они разрабатываются инженерно-техническими работниками конструкторских организаций при выполнении технического проекта, а также дорабатываются и уточняются при выполнении рабочего проекта.

Технологической схемой машины называется графическое изображение основных и вспомогательных технологических операций и их элементов в порядке последовательного их выполнения на данной машине.

Технологической картой называется таблица основных и вспомогательных технологических операций и их элементов с указанием рабочих органов, выполняющих эти операции, порядковых номеров рабочих органов и позиций (мест), в которых эти операции выполняются.

Технологический процесс, выполняемый машиной, уже существующей или еще только создаваемой, состоит из одной или нескольких технологических операций. Некоторые из операций можно выполнить одним рабочим органом, другие – несколькими рабочими органами при строгой согласованности (синхронизации) их перемещений. Технологическая операция может быть разделена на несколько элементов, каждый из которых выполняется самостоятельным рабочим органом. В ряде случаев, для того чтобы технологический процесс мог быть выполнен при помощи машины, его приходится разделять на иные, чем при ручной работе, операции, изменять порядок их выполнения.

Анализ условий работы отдельных механизмов и их роли и выполняемом машиной технологическом процессе значительно облегчается при наличии технологических схемы и карты исследуемой машины.

Правильно оформленные технологические схема и карта машины должны давать исчерпывающее представление о последовательности выполнения операций, о положении обрабатываемых предметов или перерабатываемого сырья внутри машины в периоды воздействия на них рабочих органов, о количестве рабочих органов, их движении (в первом приближении), о системе транспортировки объектов или сырья в машине, о распределении операций обработки между позициями и т. п. В конечном итоге технологические схема и карта определяют взаимодействие рабочих органов и обрабатываемых объектов.

Разработка технологических схемы и карты машины является первой и наиболее ответственной задачей при ее расчете и конструировании, так как при этом определяются основные параметры, структура, кинематика, конструкция рабочих органов, последовательность и синхронность выполнения операций, условия эксплуатации, технико-экономические показатели и т. п.

Выбор технически рациональной и экономически эффективной технологической схемы машины является сложной задачей. Для того, чтобы научиться синтезировать такие схемы, необходимо сначала научиться их составлять на основе уже работающих машин.

Необходимо, прежде всего, расчленить весь технологический процесс на простейшие операции так, чтобы каждой отдельной операции в машине

соответствовал один рабочий орган, т. е. чтобы расчленение технологического процесса было увязано с механикой машины. После этого выполняются отдельные схемы (кадры) взаимного расположения обрабатываемого объекта или перерабатываемого продукта по данному технологическому процессу и рабочих органов машины во время их реального взаимодействия.

Для большей наглядности технологические схемы желательно выполнять многоцветными, вводя соответствующие условные расцветки.

Отдельные схемы взаимного расположения обрабатываемого объекта и рабочего органа для простых машин можно выполнять в зависимости от выбранной величины угла поворота ведущего звена (главного или распределительно-управляющего вала) машины. Количество поворотов вала ведущего звена (каждый раз на выбранный угол) до поворота его на 360° будет определять количество кадров одной операции или всего процесса. В сложных многопозиционных машинах возможно выделение отдельных групп элементов операций в самостоятельные технологические операции.

Проведение и выполнение практической работы

Работа проводится в лаборатории технологического оборудования на автоматах и полуавтоматах. Используя эти машины, студенты могут самостоятельно выполнять технологические схемы для отдельных технологических процессов машины, например, для подготовки оберточного материала, дозирования и завертывания.

Технологические схему и карту машины выполняет бригада из двух-трех студентов.

Названия операций, рабочих органов, их нумерация, а также нумерация позиций во всей документации должны быть одинаковыми.

При составлении технологических схем и карт студентам необходимо ознакомиться с назначением машины, принципом ее действия, технологическим процессом, который осуществляет машина, назначением и принципом действия всех ее рабочих органов. Такое ознакомление производится вначале по имеющейся краткой документации, учебному пособию или конспекту лекции. Затем медленно прокручивается главный вал машины и ведется наблюдение за движением рабочих органов, выполняющих как основные, так и вспомогательные операции (подготовительные, транспортные, контрольные и др.). По возможности машина изучается в действии с приводом от электродвигателя на естественных продуктах или объектах.

После ознакомления с назначением и принципом действия машины и ее отдельных звеньев приступают к составлению технологической карты, используя примеры данного практикума или примеры из рекомендованной литературы.

Схема и карта составляются сначала вчерне, а после проверки преподавателем и устранения всех сделанных замечаний они выполняются начисто. Схема должна быть вычерчена на листе формата А4.

Выполненные начисто технологические схема и карта машины вместе с подписанными черновиками сдаются преподавателю.

Вопросы для контроля:

1. Что такое технологическая схема машины?
2. Что такое технологическая карта машины?
3. Из чего состоит технологический процесс, выполняемый машиной?
4. Перечислите технологические операции, выполняемые машиной.
5. Перечислите основные узлы технологической машины.

Практическая работа № 2: Составление структурной схемы машины.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке структурной схемы машины для переработки пищевых продуктов.

Задание по практической работе: разработать структурную схему технологической машины.

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

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранной машины и ее технологических параметров.

Методические рекомендации:

Одним из первых этапов при конструировании новой машины или исследовании имеющейся является разработка или составление ее структурной схемы. Такой схемой называется графическое изображение основных функциональных частей машины, определяющих их назначение и взаимосвязи. На основании структурной схемы определяют основные размеры машины, осуществляют первое компоновочное решение и набрасывают предварительную кинематическую схему.

Структурная схема машины составляется в соответствии с рекомендуемыми условными обозначениями двигателя, передач, валов, исполнительных и других механизмов. Нанесение и соединение (линиями или стрелками) условных обозначений для получения структурной схемы начинают от двигателя в последовательности присоединения отдельных передач и механизмов.

На структурной схеме необходимо указывать мощность двигателя, скорости вращения вала двигателя и валов машины (частоты их вращения), передаточные числа промежуточных передач, порядковые номера валов (римскими цифрами), названия исполнительных механизмов, а также названия рабочих органов, укрепленных непосредственно на валах (обычно в конце того или иного ответвления схемы).

Схема включает электрический двигатель, систему механических передач от двигателя к распределительно-управляющему валу машины, к валам рабочих органов и промежуточным валам машины, исполнительный механизм подъема и опускания поршней формователя, исполнительный механизм (ручного действия) регулирования массы котлет за счет нижнего ограничения перемещения поршней формователя.

Структурная схема машины составляется на стадии технического проекта. Она показывает распределение энергии от двигателя к механизмам и рабочим органам машины и весьма удобна при определении общего КПД машины, т. к.

наглядно показывает параллельность или последовательность присоединения частей машины.

Проведение и выполнение практической работы

Работа проводится в лаборатории технологического оборудования на автоматических и полуавтоматических машинах непрерывно-циклического действия.

Структурная схема одной машины выполняется, как правило, одним или двумя студентами.

Для выполнения работы необходимо иметь измерительный инструмент (миллиметровую линейку, штангенциркуль) и краткое описание устройства и принципа действия машины.

Перед составлением структурной схемы необходимо ознакомиться с работой машины и назначением всех ее звеньев. Работа машины изучается при медленном прокручивании главного вала (при этом вращают штурвал) и наблюдении за работой ее механизмов и рабочих органов, выполняющих как основные технологические операции, так и вспомогательные (контрольные, подготовительные, транспортные и др.). Если возможно, работа машины изучается на моделях обрабатываемых изделий.

После того, как работа машины и ее назначение будут изучены, приступают к составлению чернового эскиза структурной схемы. Затем подсчитываются передаточные числа, частоты вращения валов и эти данные наносятся на схему. Особо следует обратить внимание на двойные связи некоторых механизмов, которые могут работать от распределительно-управляющего вала, а включаться и выключаться от другого механизма, как это имело место в приведенном примере..

Черновой эскиз структурной схемы согласуется с преподавателем, ведущим занятие, после исправления замечаний которою студент приступает к вычерчиванию схемы на листе бумаги формата А4.

Вопросы для контроля:

1. Что такое структурная схема машины?
2. Что входит в состав привода машины?
3. Из чего состоит передаточный механизм машины?
4. Перечислите рабочие органы машины.
5. Перечислите вспомогательные органы машины.

Практическая работа № 3: Составление кинематической схемы машины.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке кинематической схемы машины для переработки пищевых продуктов.

Задание по практической работе: разработать кинематическую схему технологической машины.

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

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранной машины и ее технологических параметров.

Методические рекомендации:

При конструировании новой машины, модернизации старой или исследовании (анализе) имеющейся необходимо составить ее кинематическую схему, на которой она представляется в упрощенном виде. Кинематическая схема является исходным документом для кинематического и статического расчетов машины. Она также является обязательным приложением к описанию и инструкции по эксплуатации машины, составляемых машиностроительными заводами, помогает при эксплуатации быстрее разобраться в принципе действия машины, понять ее структуру и кинематику, поэтому каждый инженер должен не только уметь читать и понимать кинематическую схему, но и быстро и четко составлять ее.

Кинематическая схема машины представляет собой условное плоскостное либо перспективное изображение всех ее механизмов и звеньев в их взаимосвязи и помогает понять порядок присоединения механизмов, распределения энергии и кинематические связи элементов машины, взаимное расположение ведущих звеньев.

Для многооперационных машин циклического действия составить кинематическую схему всей машины сложно, а составив — ее трудно читать и понимать. Поэтому для таких машин можно рекомендовать раздельное составление кинематических схем привода (трансмиссии) и.исполнительных (циклического действия) механизмов. Это облегчает выполнение кинематических схем частей машины в соответствии с требованиями стандарта и оправдывается тем, что в ряде машин трансмиссия представляет обособленную конструкцию (схему), кинематика механизмов которой может изучаться и разрабатываться независимо от кинематики остальных механизмов машины. В большинстве случаев механизмы привода обладают постоянными передаточными отношениями скоростей. Эти механизмы обычно являются либо механизмами непрерывного, либо прерывистого, но однонаправленного действия с обязательной увязкой их работы с цикличностью действия других механизмов. Работа исполнительных механизмов, как правило, должна быть подчинена цикличности технологического процесса, выполняемого машиной.

Непосредственно на кинематической схеме привода должны указываться мощность двигателя, частоты вращения выходного вала двигателя и всех других валов машины или частоты их вращения, диаметры шкивов, длины и типы ремней, числа зубьев (зубчатых колес, звездочек, храповиков, модули зубчатых колес, шаги цепных передач, числа и величины ходов рабочих органов.

Все валы должны быть пронумерованы римскими цифрами. Все повторяющиеся элементы схемы, такие, как кривошипы, кулачки н другие ведущие и ведомые звенья исполнительных механизмов, а также элементы схемы, произвольно обозначенные в связи, отсутствием таковых в стандарте, должны быть пронумерованы арабскими цифрами в порядке обхода схемы по

часовой или против часовой стрелки. Все элементы схемы, получившие номера, должны быть пояснены на свободном поле чертежа текстовой частью.

Кинематические схемы исполнительных и других механизмов циклического действия изображают в отличие от кинематической схемы привода в масштабе с точным соблюдением относительного расположения звеньев и пар. Использование условных обозначений при составлении плоских схем обязательно.

На схеме наносят размеры между, неподвижными шарнирами, а также между ними и осевыми линиями поступательно, движущихся звеньев. Кроме того, указывают углы изогнутых звеньев. Неподвижные шарниры должны быть обозначены буквой «О» с индексом внизу – порядковым номером; подвижные – прописными буквами латинского алфавита; звенья нумеруются арабскими цифрами, а их размеры заносятся в специальную таблицу. Направление вращения ведущего звена указывается стрелкой.

К выполнению кинематических схем исполнительных механизмов предъявляют те же требования, что и к выполнению кинематической схемы привода (если встречаются одинаковое элементы – зубчатые колеса, звездочки и др.).

Конструктивные особенности звеньев и механизма в целом, не оказывающие влияния на движение ведомых звеньев механизма и рабочих органов машин, кинематической схемой не учитываются.

Проведение и выполнение практической работы

Работа проводится на автоматических и полуавтоматических машинах непрерывно-циклического действия.

Каждый студент должен выполнить кинематическую схему привода машины или кинематические схемы двух-трех механизмов машины. Для выполнения последних необходимо пользоваться измерительными инструментами, а также сборочным чертежом машины, относящимся к соответствующему механизму.

Перед выполнением задания необходимо ознакомиться с устройством и принципом действия машины по техническому описанию, литературным источникам или по конспекту лекций и проследить за работой машины на естественном продукте или моделях обрабатываемых изделий.

Непосредственно перед составлением кинематических схем необходимо, прежде всего, разобраться в характере движения отдельных звеньев машины, медленно вращая штурвал (ручной привод) машины и наблюдая за действием интересующих звеньев.

После того как устройство и принцип действия машины, назначение ее звеньев будут усвоены, можно приступить к составлению чернового эскиза кинематической схемы. Затем произвести необходимые расчеты и замеры механизмов и нанести необходимые данные на схему.

При составлении кинематических схем механизмов необходимо выбрать такие их положения, при которых хорошо просматривались бы все звенья, а не

проектировались бы друг на друга. Измерения звеньев надо производить в следующей последовательности:

1) выбрать систему координат, удобную для измерения, причем за начало отсчета можно принять ось вала ведущего звена или другого неподвижного шарнира;

2) определить координаты неподвижных шарниров, а там, где это необходимо, и углы, составляемые неподвижными звеньями с плоскостью отсчета или с осями выбранной системы координат;

3) произвести замеры звеньев механизма, а с кулачка снять оттиск на бумагу с отметкой местоположения ролика при выбранном ранее положении механизма;

4) замерить углы между осевыми линиями изогнутых звеньев (рычагов).

В случае отсутствия специального измерительного инструмента, который требуется для составления кинематической схемы точно в масштабе, допускается ее выполнение в относительном приближенном масштабе.

Черновые эскизы кинематических схем утверждаются преподавателем, после чего схемы выполняются начисто с соблюдением требований, изложенных в теоретической части данной работы.

Вопросы для контроля:

1. Что такое кинематическая схема машины?
2. Что такое передаточное число?
3. Из чего состоит расчет цепной передачи?
4. Что включает расчет ременной передачи?
5. Что включает расчет зубчатой передачи?

Практическая работа № 4: Составление схемы и карты смазки машины.

Цель: получение практических умений и навыков по разработке схемы и карты смазки машины для переработки пищевых продуктов.

Задание по практической работе: разработать схему и карту смазки технологической машины.

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

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранной машины и ее технологических параметров.

Методические рекомендации:

Схема и карта смазки машины являются обязательным приложением к «Описанию и инструкции по эксплуатации и обслуживанию машины». Составляют их на стадии конструирования машины. Схема и карта смазки дают возможность предприятиям правильно организовать смазку оборудования, определить расход, нужные виды и сорта смазочных материалов.

Схема смазки представляет собой чертеж типа габаритно или монтажного в нескольких необходимых проекциях на небольшом формате с указанием тех

мест, подлежащих смазке, или приемников смазочного материала (масленок и др.) с помощью условных обозначений.

Карту смазки машины оформляют в виде таблицы, где указывают наименование узлов, условное обозначение приемника смазочного материала, количество однотипных узлов, сорт и норму расхода смазочного материала, периодичность смазки и способ подачи смазочного материала.

Смазка машин осуществляется с целью уменьшения потерь энергии на трение, снижения интенсивности износа трущихся поверхностей; предохранения их от заедания, задирания и коррозии. От правильного решения вопросов смазки машины в большой степени зависит ее надежная и долговечная работа. Выбор смазочного материала производится в зависимости назначения и условий работы машины, например от силовых узок, скорости скольжения трущихся поверхностей, места расположения и пр.

В соответствии с кинематической вязкостью и учетом особенностей работы пары трения выбирают смазочный материал.

Смазку зубчатых и червячных передач осуществляют путем частичного погружения в масло (масляную ванну, картер) зубчатого колеса или червяка. При этом применяют масло высокой вязкости, так как характер перемещения смазываемых поверхностей не способствует образованию устойчивого масляного клина. Для многоступенчатых редукторов смазочный материал выбирают по условиям работы зубчатой пары, у которой наименьшая окружная скорость и наибольшая нагрузка.

Для передач с ручным приводом применяют консистентные смазочные материалы, а для смазки открытых зубчатых передач следует применять графитную мазь.

Смазочный материал для цепных передач выбирается в зависимости от окружной скорости, рабочей температуры и системы смазки. Обычно применяют масла марок цилиндровое 11 и индустриальное И-40А. Смазку цепей открытых передач осуществляют консистентными смазочными материалами с добавлением графита.

Для определения периодичности смазки исходят из следующих нормативов:

1) при нормальных условиях работы смазку подшипников качения осуществляют консистентным смазочным материалом один раз в шесть месяцев; при тяжелых условиях (неравномерная нагрузка, реверсивное движение, частый пуск, пыльная среда и т. д.) – один раз в три месяца; при применении жидких смазочных материалов масло в корпус добавляют один раз в два-три дня;

2) смазку подпятников скольжения и втулок выполняют маслом один-два раза в смену при ручной смазке;

3) смазку подшипников выполняют консистентным смазочным материалом один раз в месяц; масло добавляют в корпус один раз в три-пять дней;

4) смазку зубчатых, червячных и винтовых передач маслом при ручном способе выполняют один раз в смену; консистентным смазочным материалом –

один раз в два-три дня; при картерной смазке консистентный смазочный материал добавляют в корпус один раз в месяц; жидкий смазочный материал – один раз в три-четыре дня;

5) смазку цепных передач консистентным смазочным материалом осуществляют один раз в месяц, маслом – один раз в смену;

6) смазка направляющих параллелей осуществляется два три раза в смену.

Срок службы консистентного смазочного материала принимается обычно равным шести месяцам при трехсменной работе подшипника.

Расход консистентного смазочного материала посредством набивки подшипников скольжения за 8 ч работы – 5 г.

Расход масла при применении лубрикатора выражается данными, приведенными для капельной смазки; в случае применения шприца — данными для ручной подачи.

Количество масла, необходимое для возмещения его потерь, в зависимости от вместимости картера за 8 ч работы машины можно выбрать из следующего ряда:

Вместимость картера, $дм^3$	5	10	15	20	30	50	75	100
Количество масла, г	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,5

Единовременные затраты графитного смазочного материала на зубчатые передачи определяют из расчета 0,5 г на каждый сантиметр диаметра зубчатого колеса.

Количество смазочного материала, необходимого для смазки шарниров за 8 ч их работы, составляет примерно 0,5 г.

При смазке цепей расход консистентного смазочного материала УС-1 определяется из расчета 0,4 г/ч, при смазке маслом – 1,0 г/ч на 1 м ее длины.

Ориентировочный расход смазочного материала на подшипники электродвигателя определяется следующими данными (за 8 ч его работы):

Мощность электродвигателя, кВт	5	15	30
Расход смазочного материала, г	0,5	1,0	1,5

Проведение и выполнение практической работы

Работа проводится в лаборатории технологического оборудования. Группе студентов из 2–5 человек в зависимости от сложности машины поручается составить схему и карту смазки машины или автомата. Каждому студенту из бригады поручается выполнить расчеты по определению вязкости масла для конкретной пары трения данной машины и подобрать сорт масла в соответствии с заданными условиями работы, которые либо задаются преподавателем, либо принимаются по заранее составленным методическим указаниям.

Перед началом работы студенты обязательно знакомятся с машиной по имеющейся в лаборатории документации либо мо рассказу преподавателя. В случае отсутствия простых машин схему и карту смазки можно составлять для отдельных частей (групп узлов) машины.

При выборе марки масла необходимо руководствоваться следующими правилами:

1) выбор производится по требуемой вязкости при рабочей температуре масла;

2) при большой окружной скорости вала (свыше 3 м/с) и малом удельном давлении в подшипнике (до 0,4 МПа) следует принять менее вязкое масло;

3) с возрастанием вязкости ухудшается подвижность масла, что затрудняет циркуляцию и проникновение его в малые зазоры подшипника. Это особенно важно для пуска непрогретых машин, эксплуатируемых при низких температурах окружающей среды;

4) ассортимент масел для одной машины и для групп совместно эксплуатируемых машин должен быть, возможно меньшим, поэтому сорт масла следует выбирать с учетом возможности использования его для смазки других подшипников и трущихся пар машины; при централизованной смазке соблюдение этого условия обязательно. Далее составляется схема смазки – внешний вид машины в самых общих чертах с указанием мест смазки (маслоприемников). Причем, одинаковые маслоприемники с одинаковым режимом смазки пар трения обозначают условно (идентично).

Вопросы для контроля:

1. Что такое схема смазки машины?
2. Что такое карта смазки машины?
3. Перечислите виды смазочных материалов.
4. Перечислите основные жидкие смазочные материалы, применяемые в пищевом машиностроении.
5. Перечислите основные консистентные смазочные материалы, применяемые в пищевом машиностроении.

Практическая работа № 5. Расчет пневматического привода технологической машины.

Цель: получить практические навыки расчета пневмопривода машины для порционирования пищевых продуктов.

Задание по практической работе: выполнить расчет динамики пневмопривода по значениям, выданным преподавателем.

Примечание: наименование, назначение и параметры машины определяются по согласованию студента с преподавателем.

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранной машины и ее технологических параметров.

Методические рекомендации:

Для обоснования основных параметров необходимо выполнить математическое моделирование динамики пневмопривода. В общем случае это

возможно сделать на основе системы нелинейных дифференциальных уравнений, решаемых численными методами.

Принципиальная схема пневмопривода мехатронного комплекса для порционирования пищевых продуктов приведена на рисунке 1.

К основным уравнениям динамики пневмодвигателя отнесены уравнения изменения давления в его камерах и уравнение движения режущего рабочего органа. Характер изменения давления в камере пневмодвигателя определяется интенсивностью подвода и отвода воздуха, а также и протекающими в этой камере термодинамическими процессами. При математическом моделировании сжатый воздух рассматривается как идеальный газ, давление и температура в напорной пневмолинии полагаются неизменными, а процессы в камере пневмодвигателя считаются квазистационарными.

Баланс энергии в камере пневмодвигателя определяется следующим выражением:

$$dQ_M = dU + dL + dQ_a .$$

Энергия dQ_M , подводимая к камере с поступающим в нее сжатым воздухом, расходуется на изменение внутренней энергии воздуха dU , а также на работу расширения dL . Кроме того, часть энергии dQ_a выделяется в окружающую среду с вытекающим из камеры воздухом.

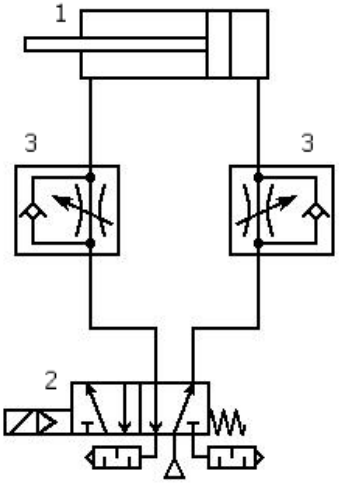

Рисунок 1. Принципиальная схема пневматического привода:
1 – пневмодвигатель (пневмоцилиндр); 2 – пневмораспределитель; 3 – регулятор скорости

Заменим $dQ_M = i_M d\ \theta_M$; $dQ_a = i\ d\ \theta_a$; $dU = \theta\ d\ u + u\ d\ \theta$; $dL = p\ d\ V$; $i_M = c_p T_M$; $i = c_p T$; $u = c_V T$, где θ_M, θ_a – массы втекающего и вытекающего из камеры воздуха, θ – масса воздуха в камере, u – удельная внутренняя энергия воздуха в камере, i_M, i – удельная энтальпия воздуха, поступающего в камеру из напорной пневмолинии и вытекающего из камеры в атмосферу, p – давление воздуха в камере, V – объём камеры, c_p, c_V – теплоёмкость воздуха при постоянном давлении и постоянном объёме, T_M, T – температура воздуха в напорной пневмолинии и в камере.

С учётом замены запишем выражение (1) в следующем виде:

$$c_p T_M \, d\,\theta_M - c_p T\, d\,\theta_a = \\ = c_V \theta\, d\, T + c_V T\, d\,\theta + p\, d\, V$$.

Используя уравнение состояния воздуха $p\,V = \theta\, R\, T$, где R – газовая постоянная для воздуха, получаем:

$$\theta\, d\, T = \frac{1}{R}\left(p\, d\, V + V\, d\, p + R\, T\, d\,\theta\right)$$

Подставим одно выражение в другое, заменив $c_p / c_V = k$ (k – показатель адиабаты), $c_p - c_V = R$:

$$k\, R\, T_M d\,\theta_M - k\, R\, T\, d\,\theta_a = \\ = k\, p\, d\, V + V\, d\, p$$,

где $d\,\theta_M = G_M d\, t$, $d\,\theta_a = G_a d\, t$, G_M , G_a – расходы воздуха, втекающего в камеру и вытекающего из нее, t - время.

Уравнение представим в следующем виде:

$$\dot{p} = \frac{k}{V}\left(G_M R\, T_M - G_a R\, T - p\, \dot{V}\right).$$

Уравнение изменения температуры воздуха в полости получаем из выражения, заменив $d\,\theta = (G_M - G_a) d\, t$, $\theta = \frac{p\, V}{R\, T}$:

$$\dot{T} = \frac{T}{V}\dot{V} + \frac{T}{p}\,\dot{p} - \frac{R\, T^2}{pV}(G_M - G_a).$$

В случае $T = const$ выражение (5) принимает вид:

$$\dot{p} = \frac{1}{V}\left(G_M R\, T_M - G_a R\, T - p\, \dot{V}\right).$$

Для двустороннего пневматического цилиндра выразим объемы полостей через площади поршня, а также координаты его положения в цилиндре:

$$V_1 = (x_0 + x\,)F_1;\; V_2 = (x_0 - x\,)F_2,$$

где F_1 , F_2 – площади поршня; x_0 – координата среднего (начального) положения поршня; x – текущая координата поршня, отсчитываемая от среднего положения вправо по оси абсцисс.

Пневматический привод режущего органа работает в цикловом режиме. Поршень перемещается от одного крайнего положения в другое, при этом полости пневмодвигателя соединяются пневмораспределителем поочередно то с напорной пневмолинией, то с атмосферой. Примем, что камера 1 пневмоцилиндра соединена с питающей линией пневмораспределителя, а камера 2 соединена с выхлопной линией. Поскольку в камере 2 идет процесс чистого опорожнения, процесс изменения её состояния описывается уравнением адиабаты. Кроме того, сделаем допущение о постоянстве температуры воздуха в камере.

Получим уравнения изменения давления в первой и второй камерах пневмоцилиндра:

$$\dot{p}_1 = \frac{k}{x_0 + x}\left(\frac{f_Э}{F_1} K \quad p_1\right),$$

$$\dot{p}_2 = \frac{k}{x_0 - x}\left(- f_Э \overline{K} \cdot \frac{\sqrt{R\ T_0}}{F_2} \cdot \frac{p_2^{(3k-1)/2k}}{p_M^{(k-1)/2k}} \cdot \frac{p_{атм}}{p_2} \cdot \varphi\ (\varepsilon)\right) -$$

$$- \frac{k}{x_0 - x} p_2 x,$$

где k – показатель адиабаты; $f_Э$ – эффективная площадь проходного сечения питающего и выхлопного отверстий пневмоцилиндра; $K = \overline{K}\sqrt{R\ T_0} = \sqrt{\frac{2\ k\ R\ T_0}{k-1}} \approx 760$ м/с; $\overline{K} = \sqrt{\frac{2k}{k-1}}$; p_M – давление воздуха в питающей пневмолинии; T_0 – температура воздуха в камерах; $\varphi\ (\varepsilon)$ – расходная функция; ε – отношение давлений воздуха за отверстием и перед отверстием,

$$\varphi\ (\varepsilon) = \sqrt{\varepsilon^{2/k} - \varepsilon^{(k+1)/k}} \text{ при } \varepsilon \geq \varepsilon_*;$$

$$\varphi\ (\varepsilon) = \varphi\ (\varepsilon_*) = 0{,}259 \text{ при } \varepsilon < \varepsilon_*.$$

Уравнение движения поршня и связанных с ним механизмов с предположением, что приведённая к штоку масса подвижных частей зависит от положения штока, выражается следующим образом:

$$m\frac{d^2 x}{d\ t^2} + \frac{1}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \frac{dm}{dx} = F_1 p_1 - F_2 p_2 - \\ - C_B \frac{dx}{dt} - P_{mp}\,\mathrm{sgn}\left(\frac{dx}{dt}\right) - P_C$$

,

где m – приведённая к штоку масса подвижных частей пневмоцилиндра, включая режущий инструмент; C_B – коэффициент вязкого трения; $P_{тр}$ – сила сухого трения; P_C – сила полезного сопротивления.

Таким образом, при допущении о постоянстве температуры воздуха в камерах пневмоцилиндра, приведенные выражения (являются математическим описанием динамики пневмоцилиндра.

Определим силу сопротивления при движении штока с режущим инструментом:

$$P_C = \left[F_1 p_1 - F_2 p_2\right] - \left[C_B \frac{dx}{dt} - P_{mp}\,\mathrm{sgn}\left(\frac{dx}{dt}\right)\right] - \\ - \left[m\frac{d^2 x}{d\ t^2} + \frac{1}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \frac{dm}{dx}\right]$$

,

Очевидно, что сила сопротивления определяется рабочим усилием пневмодвигателя с учётом потерь на трение и инерции подвижных частей.

Режущим рабочим органом мехатронного комплекса является пластинчатый нож, который имеет перемещение в одном направлении, перпендикулярном режущей кромке. Нож характеризуется углом заточки и

толщиной. Для повышения качества среза и повышения износостойкости инструмента режущей кромке пластинчатого ножа придается фасонная форма.

Усилие, необходимое для вдавливания ноже ножа в продукт, должно уравновешиваться нормальными и касательными напряжениями на контактных прямых:

$$Q = 2\ \tau_0 a \left[\frac{\gamma}{2} + \alpha + \frac{\cos\gamma}{\cos\frac{\gamma}{2}} \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \delta\right)\right] \sin\frac{\gamma}{2},$$

где τ_0 – напряжение трения; δ – угол трения; a – длина контактного участка; γ – угол заточки ножа; α – угол, определяющий размер области с упругой деформацией (зависит от угла заточки ножа).

Полное усилие резания включает силу сопротивления скольжению:

$$P_C = 2\ \tau_0 a \left[\frac{\gamma}{2} + \alpha + \frac{\cos\gamma}{\cos\frac{\gamma}{2}} \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \delta\right)\right] \cdot$$

$$\cdot \sin\frac{\gamma}{2} + k_C U_n S$$

где k_C – коэффициент сопротивления скольжению; U_n – скорость движения ножа; S – площадь боковых поверхностей ножа.

Далее получаем выражение для максимальной толщины пласта, разрезаемого ножом с пневматическим приводом:

$$a = \frac{\left[F_1 p_1 - F_2 p_2\right] - \left[C_B \frac{dx}{dt} - P_{mp} \operatorname{sgn}\left(\frac{dx}{dt}\right)\right]}{2\ \tau_0 \left[\frac{\gamma}{2} + \alpha + \frac{\cos\gamma}{\cos\frac{\gamma}{2}} \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \delta\right)\right] \sin\frac{\gamma}{2}} -$$

$$- \frac{\left[m \frac{d^2 x}{d\ t^2} + \frac{1}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \frac{dm}{dx}\right] - k_C U_n S}{2\ \tau_0 \left[\frac{\gamma}{2} + \alpha + \frac{\cos\gamma}{\cos\frac{\gamma}{2}} \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \delta\right)\right] \sin\frac{\gamma}{2}},$$

На рисунках 2 и 3 приведены график изменения скорости и ускорения рабочего органа, а также график изменения давления в пневмодвигателе и координаты рабочего органа пневматического привода.

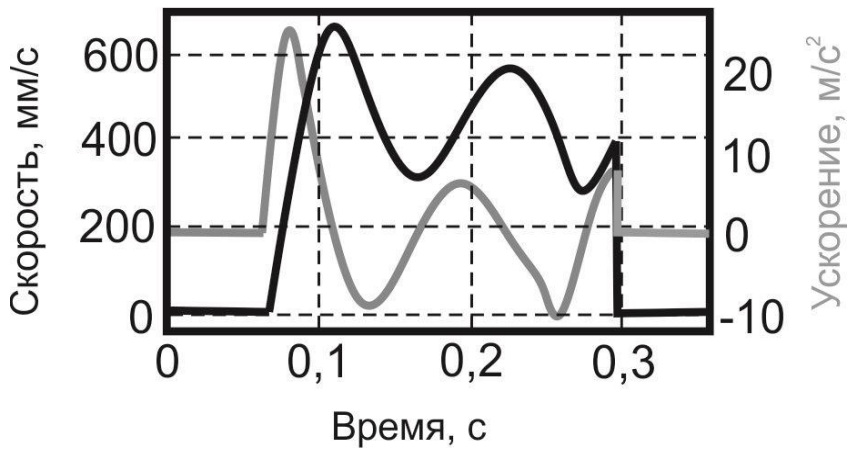

Рисунок 2. График изменения скорости и ускорения рабочего органа пневматического привода

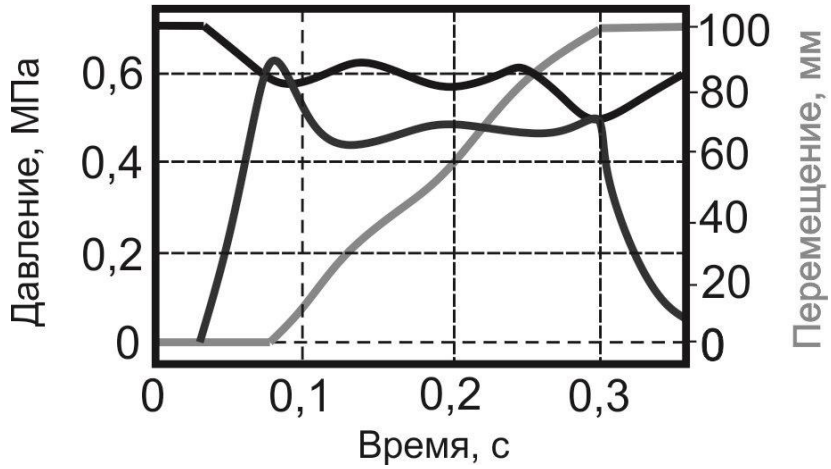

Рисунок 3. График изменения давления в пневмодвигателе и координаты рабочего органа пневматического привода

Контрольные вопросы:

1. Какие способы резания пищевых продуктов используются в пищевой промышленности?
2. Какие виды режущих устройств применяются в пищевой промышленности?
3. Каковы устройство и принцип действия машины для нарезки рыбы?
4. От каких факторов зависит мощность привода машины для нарезки рыбы?
5. Какие виды машин обеспечивают более высокую производительность нарезки?

Практическая работа № 6: Проектирование конвейера технологической машины.

Цель: получение практических умений и навыков по проектированию ленточного конвейера машины.

Задание по практической работе: выполнить расчет мощности приводного барабана конвейера, передаточного отношения привода, момента на валу двигателя и выбрать тип электродвигателя.

Примечание: тип и параметры конвейера определяются по согласованию студента с преподавателем.

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранного конвейера и ее технологических параметров.

Методические рекомендации:

Известно, что конвейер имеет периоды установившегося и неустановившегося периода движения. К неустановившемуся периоду относится пуск и торможение конвейера. Эти периоды кратковременные, однако, при пуске имеются наибольшие нагрузки, которые складываются из сопротивлений и динамических сил инерции поступательно и вращательно движущихся масс элементов конвейера, соединенных упругими связями. При пуске электродвигателя упругие связи деформируются и в системе конвейера возникают колебания. Приближенно максимальное натяжение конвейерной ленты при пуске определяется по формуле:

$$S_{max}^{n} = S_0 + \sum W_i + \frac{a}{g} q_л (L_р + L_х) + q_{гр} L_р (1+k_и),$$

где a = (0,1–0,2) м/ c^2 – линейное ускорение поступательно перемещающихся элементов конвейера;

$k_и$ = (0,05–0,1) – коэффициент инерции вращательных элементов конвейера;

S_0 – предварительное натяжение конвейерной ленты, Н;

$\sum W_i$ – сумма всех сопротивлений при работе конвейера, Н;

g – ускорение свободного падения, м/с2 .

$L_р$, $L_х$ – длины участков контура конвейера, соответственно рабочей и холостой ветви, м;

$q_л$, $q_{гр}$ – погонные веса, соответственно ленты и груза, кг/м.

В период пуска тяговое усилие на приводном барабане равно

$$P^n = S_{max}^{n} - S_2,$$

где S_2 – натяжение сбегающей ветви конвейерной ленты, Н.

Определим потребляемую мощность приводного барабана

$$N_б = \frac{P^n v}{\eta_б},$$

где $\eta_б$ = 0,95 – КПД барабана,

а на валу электродвигателя расчетная мощность равна

$$N_{эл}^{р} = \frac{N_б}{\eta_{пр}} k_п,$$

где $\eta_{пр}$ – КПД привода;

$k_п$ – коэффициент неучтенных потерь; для приводов мощностью до 50 кВт ;

$k_п$ = (1,15–1,2), мощностью более 50 кВт$k_п$ = (1,1–1,15).

Зная частоту вращения приводного вала конвейера $n_б$ и задаваясь синхронной частотой вращения электродвигателя n_c , определяется передаточное отношение привода

$$u_{пр} = \frac{n_c}{n_б},$$

Общее передаточное отношение разбивается по ступеням механических передач привода конвейера. Обычно приводом ленточного конвейера является коническо-цилиндрический редуктор типа КЦ, а также цилиндрических редукторов ЦУ, Ц2У. Не исключается применение червячных редукторов Ч, РЧУ и др., мотор-редукторов МЦ, МЦ2С, МПз, МПз2, открытых клиноременных и цепных передач. Выбор привода зависит от компоновки и конструкции конвейера.

Общий КПД привода будет равен

$$\eta_{пр} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \ldots\ldots \eta_n,$$

где η_1 …. η_n – КПД соответствующих механических передач и пар подшипников.

По расчетной мощности на валу электродвигателя $N^p_{дв}$ и синхронной частоте вращения его nc выбирается трехфазный асинхронный двигатель серии 4А ГОСТ 19523-81. Причем выбирается электродвигатель таким образом, чтобы он работал по отношению к номинальной мощности до 5% перегрузки и до 15% недогрузки. Выписывается основная техническая характеристика электродвигателя и определяется асинхронная частота вращения вала

$$n_{ас} = n_c \left(1 - \frac{S\%}{100}\right),$$

где S – коэффициент скольжения ротора относительно статора в магнитном поле, %.

Затем уточняется передаточное отношение привода

$$u'_{пр} = \frac{n_{ас}}{n_c},$$

в то же время передаточное отношение равно

$$u'_{пр} = u^{ст}_р u_{оп},$$

где $u^{ст}_р$ – стандартное передаточное отношение редуктора;

$u_{оп}$ – передаточное отношение открытой передачи.

Определяется момент на валу электродвигателя

$$M_{эл} = \frac{30\, N^p_{эл}}{\pi n_{ас}},$$

По уточненному передаточному отношению и расчетному крутящему моменту на тихоходном валу редуктора выбирается стандартный редуктор

$$M_р^{тв} = M_{эл} u_р^{ст},$$

Причем выбор редуктора производится таким образом, чтобы недогрузка по номинальному моменту принятого редуктора составляла не более 15 %, а перегрузка до 5 % по отношению к расчетному моменту. Если стандартные редукторы не подходят по величине расчетного передаточного отношения привода, то тогда вводится открытая передача ($u_{оп}$).

Вопросы для контроля:

1. Что такое передаточное отношение редуктора?
2. Как определяется момент на валу привода?
3. Что такое КПД привода?
4. Как определяется потребляемая мощность приводного барабана?
5. В чем заключается принцип работы редуктора?

<u>Практическая работа № 7</u>: Проектирование узла резания рыбы дисковым ножом.

Цель: получение практических умений и навыков по расчету дискового режущего приспособления филетировочной и порционирующей машины.

Задание по практической работе: определить геометрические и кинематические параметры дискового режущего приспособления.

Примечание: тип и параметры рыбоперерабатывающей машины определяются по согласованию студента с преподавателем.

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранного рабочего органа и его технологических параметров.

Методические рекомендации:

Основными рабочими органами разделочно-филетировочных машин являются дисковые ножи. При проектировании технологического оборудования уделяют внимание – как обеспечению требуемого качества реза, так и повышению экономичности процесса. Этого можно достичь не только за счет конструктивного усовершенствования рабочих органов, но и более точного расчета параметров процессов.

Схема резания однородного пищевого материала дисковым ножом представлена на рисунке 4.

В качестве исходных данных необходимо иметь значения следующих величин: плотности разрезаемого материала ρ; удельной силы резания материала σ; диаметра дискового ножа $2r$; толщины ножа 2δ; угла заточки 2α; толщины разрезаемого материала H; длины разрезаемого куска $2l$; скорости подачи материала $v_П$; отношения окружной скорости на кромке ножа v_O к скорости подачи материала $v_П$ (отклонение скорости λ); расстояния Δh, позволяющего осуществить сквозной рез материала; коэффициента трения материала о нож μ; модуля упругости материала E.

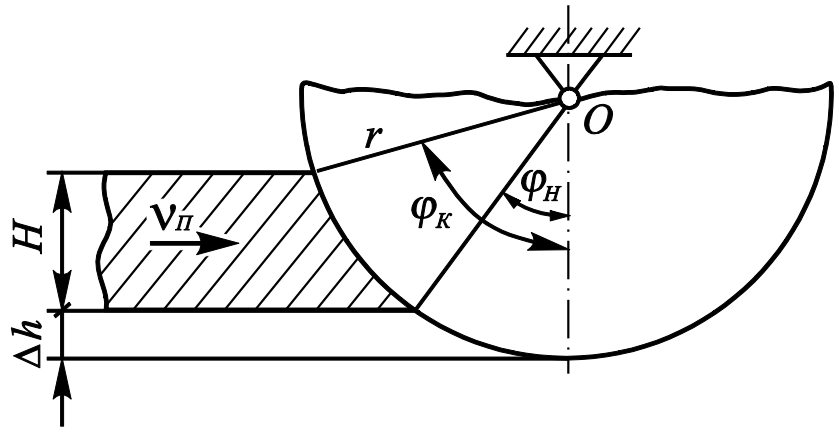

Рисунок 4. Схема резания однородного пищевого материала дисковым ножом

Целью расчета резания однородного рыбного сырья дисковым ножом является определение возникающего усилия резания и его составляющих; момента на валу дискового ножа; мощности, подводимой к ножевому валу и органам подачи материала.

При резании рыбы вращающимся дисковым ножом возможны две схемы, зависящие от взаимного направления абсолютной скорости кромки ножа и скорости подачи материала: попутное и встречное резание. В большинстве разделочно-филетировочных машин применяют попутную схему резания. Положение материала относительно ножа характеризуется отсеченными углами y_H и y_K, равными:

$$y_H = \arccos(r - \Delta h)/r,$$

$$y_K = \arccos[r - (H + \Delta h)/r].$$

Соотношение между окружной скоростью на кромке ножа $v_î$ и линейной скоростью подачи материала рекомендуется не менее:

$$\lambda = v_O / v_П \geq 5.$$

Угловая скорость дискового ножа:

$$\omega = v_O / r.$$

Число оборотов вала дискового ножа n связано с его угловой скоростью известным соотношением:

$$n = 30\omega/\pi.$$

Далее получим:

$$n = 30\lambda v_П / \pi r.$$

Для проведения элементарного реза пищевого материала к ножу нужно приложить движущую силу R, которой будет достаточно для преодоления всех возникающих сил сопротивления.

Рассмотрим схему попутного резания однородного пищевого материала дисковым ножом (рисунок 5).

На режущей кромке дискового ножа выделим элементарный участок LF. Если дугу LF заменить хордой, получим элементарный нож с наклонной режущей кромкой. У каждого элементарного ножа дуги AB будет собственный КПД, который зависит от угла фактического раздвижения материала и глубины погружения элементарного ножа в разрезаемый материал. Такое положение более соответствует физической картине процесса резания дисковым ножом.

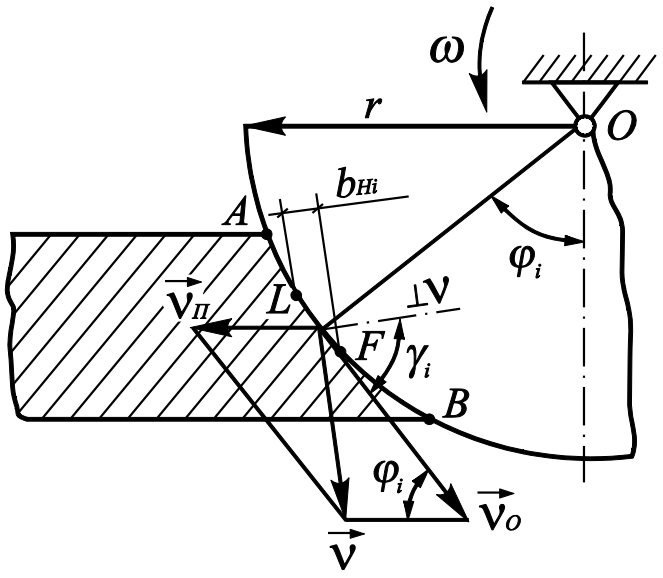

Рисунок 5. Схема резания рыбного филе элементарным ножом

Элементарный нож LF врезается в материал со скоростью, определяемой уравнением:

$$\vec{v} = \vec{v_O} + \vec{v_П}.$$

Угол фактического раздвижения материала:

$$tg\ \lambda_{Фi} = \cos\ \gamma_i \cdot tg\alpha\ .$$

где $L_{Фi}$ – угол фактического раздвижения материала i-го элементарного ножа; γ_i – угол наклона режущей кромки i-го элементарного ножа; α – половина угла заточки двухстороннего дискового ножа.

Величину $\cos\gamma_i$ определяем согласно выражению:

$$\cos\gamma_i = \sin\varphi_i \Big/ \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda\ \cos\varphi_i}\,,$$

где φ_i – угол, определяющий положение i-го элементарного ножа.

Определим глубину погружения элементарного ножа в материал (рисунок 6).

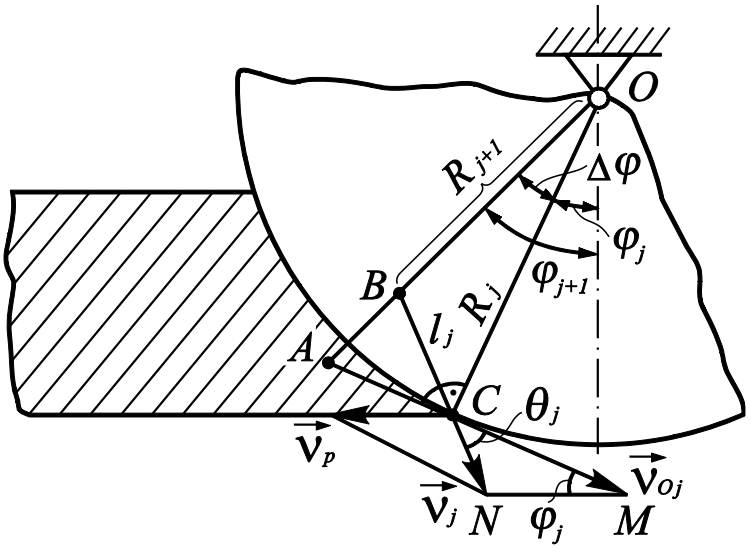

Рисунок 6. Схема к определению глубины погружения элементарного ножа в материал

Для расчета необходим алгоритм построения линии, глубины погружения элементарного ножа.

Рассмотрим ΔABC на рисунке 6. Здесь $\angle ACB = \angle \vec{v}j\vec{v}oj = \theta j$, где $\vec{v}_j$ – вектор скорости точки C, внедряемой в материал; а $\vec{v}_p$, $\vec{v}oj$ – его составляющие. Из ΔCMN определяем:

$$v_j^2 = v_{oj}^2 + v_p^2 - 2\, v_O\, v_p \cdot \cos\varphi_i .$$

Тогда по теореме косинусов, учитывая $MN = \left|\vec{v}_p\right|$, $CM = \left|\vec{v}oj\right|$, $CN = \left|\vec{v}_j\right|$, получим:

$$\theta_j = \arccos\left(v_{Oj}^2 + v_O^2 + v_p^2\right) \Big/ 2\, v_{Oj}\, v_j .$$

Задачей расчета является вычисление положения точки B, в которой следует построить новый параллелограмм скоростей, и из которого продолжим построение линии глубины погружения элементарного ножа. Положение точки B будет характеризоваться углом φ_{j+1}, которым задаемся, и расстоянием R_{j+1}, которое необходимо вычислить.

Рассмотрим ΔBCO. Здесь $\angle BCO = 90° - \theta_j$, $\angle OBC = 180° - \left(90° - \theta_j\right) - \Delta\varphi$ = $90° + \theta_j - \Delta\varphi$.

По теореме синусов получим:

$$BO = R_{j+1} = CO \Big/ \sin\left(\angle OBC\right) = \left(R_j \Big/ \sin\left(90° - \theta_j - \Delta\varphi\right)\right) \cdot \sin\left(90° - \theta_j\right) =$$
$$= \left(R_j \Big/ \cos\left(\theta_j - \Delta\varphi\right)\right) \cdot \cos\theta_j .$$

Строим параллелограмм скоростей в точке B, учитывая, что вектор окружной скорости $\overrightarrow{vOj+1}$ изменится по сравнению с $\overrightarrow{vOj}$ не только по направлению, но и по величине:

$$vOj+1 = vOj\left(Rj+1/Rj\right).$$

Решая уравнения в точке B, получим угол между направлением результирующей скорости $\overrightarrow{v_{j+1}}$ и направлением окружной скорости $\overrightarrow{vOj+1}$. Затем получим новую точку силовой линии сил трения ножа, характеризуемую углом φ_{j+2} и расстоянием R_{j+2}.

Расстояние между двумя соседними точками силовой линии сил трения ножа l_j (часть линии действия силы трения для данного элементарного ножа) равно:

$$l_j = \left(R_j/\sin\left(90° - \theta_j - \Delta\varphi\right)\right)\cdot \sin\Delta\varphi = R_j \cdot \sin\Delta\varphi/\cos\left(\theta_j - \Delta\varphi\right).$$

В дальнейшем цикл расчета повторяется до тех пор, пока силовая линия сил трения ножа не достигнет поверхности материала. Контроль этого положения осуществляется с учетом того, что в полярных координатах линия поверхности записывается следующим образом:

$$R_j = \left(r - H - \Delta h\right)/\cos\varphi_j.$$

При условии, что R_j и φ_j удовлетворяют уравнению, расчет силовой линии сил трения ножа прекращается.

Тогда величина погружения элементарного ножа в разрезаемый материал будет равна:

$$h_i = \sum l_i,$$

где i - номер элементарного ножа.

Весь цикл расчета осуществляется для каждого i-го элементарного ножа, для которого нужно определить удельную силу резания. Количество точек j, по которым ведется построение силовой линии сил трения ножа, зависит от того, выполняется ли условие

$$R_j < r.$$

В качестве начального значения R_j для каждого i-го элементарного ножа берется значение r. При невыполнении условия говорят о слишком крупном шаге $\Delta\varphi$, происходит увеличение точек j.

Для определения удельной движущей силы резания элементарного ножа необходимо также определить проекцию режущей кромки элементарного ножа на направление, перпендикулярное вектору скорости, которая равна:

$$b_{Hi} = \Delta\varphi \cdot r \cdot \sin\theta_1,$$

где θ_1 – первое вычисленное значение угла между вектором окружной скорости и вектором результирующей скорости i-го элементарного ножа.

КПД элементарного ножа зависит от угла фактического раздвижения материала и от глубины погружения режущей кромки в материал. $l_{H.P.K.} = \delta / \sin \alpha_\Phi$.

$$l_{H.P.K.} = \sum \left(l_j / \cos \alpha_{\Phi j} \right),$$

где l_j – расстояние между двумя соседними точками силовой линии силы трения; $\alpha_{\Phi j}$ – угол фактического раздвижения материала в каждой точке, равный

$$\alpha_{\Phi j} = arctg\left(\sin \theta_j \cdot tg(\alpha/2) \right).$$

Определяем удельную движущую силу резания однородного материала (рыбного филе) для элементарного ножа.

$$R_{УДj} = \sigma + l_{H.P.K.} \cdot (E\delta/l) \cdot \left(\sin \alpha + \mu \cos \alpha_{\Phi i} \right) + 2\mu \left(\left(h_i - (b_{Hi}/2) \cdot tg\gamma - \delta \cdot ctg\, \alpha_{\Phi i} \right) \cdot (E\delta/l) \right) +$$

$$+ (\rho l/3) \cdot v_i^2 \cdot tg^2 \alpha_{\Phi i},$$

где v_i – величина вектора скорости элементарного ножа, равная

$$v_i = \sqrt{v_{Oi}^2 + v_{П}^2 - v_{Oi} \cdot v_{П} \cdot \cos \gamma_i}.$$

В уравнении при малых значениях $\alpha_{\Phi i}$ возможен случай, когда $\delta \cdot ctg\, \alpha_i > h_i - b_{Hi}/2tg\gamma$, т.е. вся погруженная в материал часть ножа окажется наклонной поверхностью, а не боковой. В данном случае часть уравнения, которая включает данные члены и становится отрицательной, в программе расчета приравнивается к нулю.

Суммарные составляющие силы резания однородного материала типа рыбное филе определяются интегралами при условии, что количество элементарных ножей $i \to \infty$, а $d\varphi_i \to 0$. вертикальная и горизонтальная составляющие сил, приложенных к кромочной части ножа.

$$R_B = r \int_{\varphi_H}^{\varphi_K} R_{УД} \left[\left(\lambda \sin^2 \varphi \right) / \left(1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos \varphi \right) \right] \cdot d\varphi,$$

$$R_Г = r \int_{\varphi_H}^{\varphi_K} R_{УД} \left[\left(\sin \varphi \left(\lambda \cos \varphi - 1 \right) \right) / \left(1 - \lambda^2 - 2\lambda \cos \varphi \right) \right] \cdot d\varphi,$$

Момент на валу дискового ножа от сил, приложенных к кромочной части ножа, равен:

$$M_{КР} = r^2 \int_{\varphi_H}^{\varphi_K} R_{УД} \left[\left(\sin \varphi \left(\lambda - \cos \varphi \right) \right) / \left(1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos \varphi \right) \right] \cdot d\varphi,$$

При резании однородного материала дисковым ножом возможны различные варианты его расположения: от случая, когда нож (радиусом r_{MIN}) касается материала только в одной точке, до резания ножом (радиусом r_{MAX}), позволяющим осуществить сквозной рез, характеризуемый размером Δh (см. рисунок 6). r_i , где i – количество точек расчета.

Приращение радиуса Δr равно:

$$\Delta r = (r_{MAX} - r_{MIN})/i = (r - (r - H - \Delta h))/i = (h + \Delta h)/i,$$

Угол φ_i, характеризующий положение точки, для которой ведется расчет момента трения, равен:

при $(r_{MAX} - \Delta h) \geq r_i \geq r_{MIN}$

$$y_i = \arccos r_{MIN}/(r_{MIN} + \Delta r) = \arccos(r - H - \Delta h)/r_i,$$

при $r_i > (r_{MAX} - \Delta h)$

$$y_i = \arccos((r - H - \Delta h)/r_i) - \arccos(r - \Delta h)/r_i.$$

Момент силы трения разрезаемого рыбного филе о боковые поверхности дискового ножа равен:

$$M_{TP} = 2\mu E(\delta/l) \cdot \Delta r \sum_{r_{MIN}}^{r_{MAX}} 2\varphi_i \cdot r_i.$$

Для расчета процесса резания поликомпонентных пищевых продуктов (например, рыбного сырья) в модель необходимо вносить математические зависимости, описывающие формы различных частей материала в разрезаемом сечении. Тогда в полярных координатах легко определить толщину каждой составляющей поликомпонентного продукта. Например, при известных удельных усилиях резания составных частей рыбы – мяса, хребтовой и реберных костей, кожи и других, которые являются справочными величинами, аналогично рассчитывается общая сила резания поликомпонентного продукта.

Вопросы для контроля:

1. Что такое фактический угол резания?
2. Какие основные параметры дискового ножа?
3. Как определяется момент на валу дискового ножа?
4. Что такое КПД элементарного ножа?
5. Какие схемы возможны при резании дисковым ножом?

Практическая работа № 8: Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора.

Цель: получить практические умения и навыки определения основных кинематических параметров цилиндрического редуктора.

Задание по практической работе: ознакомиться с устройством цилиндрического редуктора; изучить особенности обслуживания редуктора в эксплуатации (регулирование зубчатых зацеплений, подшипников, проверка и залив масла).

Примечание: тип и параметры механизма определяются по согласованию студента с преподавателем.

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранной модели механизма и его технологических параметров.

Методические рекомендации:

1. Определить характерные особенности редуктора: тип, количество ступеней, конструктивные особенности входного и выходного валов, способы смазки зубчатых колес и подшипников, методы регулирования подшипников. Составить кинематическую схему механизма.

2. Произвести обмеры редуктора. Оценить каждый размер редуктора с точки зрения его конструктивного предназначения, т. е. указать, в какую группу размеров он входит (габаритные, установочные или присоединительные).

3. Разобрать редуктор. Замерить межосевые расстояния. Определить параметры зубчатых передач и опор валов.

4. Используя результаты замеров, произвести расчет основных геометрических параметров редуктора.

5. По предложенным данным выполнить кинематический расчет редуктора.

Вопросы для контроля:

1. Дать характеристику кинематической схемы изучаемого редуктора.

2. Какой способ установки зубчатых колес на валах применен в данном редукторе?

3. Указать назначение отдельных элементов корпуса редуктора.

4. Как регулируются осевые зазоры подшипников редуктора?

5. Охарактеризовать способ смазки зубчатых колес редуктора.

6. Как смазываются подшипники редуктора?

Практическая работа № 9: Изучение конструкции червячного редуктора.

Цель: получение практических умений и навыков определения геометрических, кинематических и энергетических параметров зацепления червячного редуктора.

Задание по практической работе: ознакомиться с конструкцией редуктора, особенностями регулировки зацепления, подшипников и их смазкой.

Примечание: тип и параметры механизма определяются по согласованию студента с преподавателем.

Контрольные вопросы: зависят от конкретно выбранной модели механизма и его технологических параметров.

Методические рекомендации:

1. Изучить конструкцию механизма, определить характерные особенности редуктора. Обратить внимание на эксплуатационные вопросы: особенности

конструкции данного редуктора, регулировка зацепления и подшипников, смазка, температурный режим.

2. Измерить габаритные и присоединительные размеры.

3. Разобрать редуктор. Измерить межосевое расстояние с помощью рейсмаса (по корпусным деталям) с точностью, обеспечиваемой мерительным инструментом (до 0,1 мм).

4. Замерить основные параметры червяка, червячного колеса, подшипников.

5. Используя результаты замеров, произвести расчет основных геометрических параметров редуктора. Выписать стандартные размеры и величины.

6. Выполнить кинематический и энергетический расчеты по индивидуальным заданиям.

7. Вычертить кинематическую схему редуктора.

8. Нанести основные размеры на эскизной компоновке.

Вопросы для контроля:

1. Каково назначение редуктора?

2. Каковы достоинства и недостатки червячных редукторов в сравнении с зубчатыми?

3. Какие детали участвуют в передаче вращающего момента?

4. Какие материалы и виды термообработки и механической обработки используют для изготовления червяка?

5. Какие материалы используются для изготовления червячных колес?

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану дисциплины «Основы методологии проектирования и конструирования пищевого оборудования» направления 15.03.02 Технологические машины и оборудование, студенты заочной формы обучения закрепляют изучаемый материал самостоятельно в виде выполнения контрольной работы.

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 А)
- 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.

Типовые темы контрольной работы:

1. Структурный анализ рабочего органа порционирующего оборудования.
2. Структурный анализ рабочего органа штамповочного оборудования.
3. Структурный анализ рабочего органа укладочного оборудования.
4. Структурный анализ рабочего узла транспортирующего оборудования.
5. Структурный анализ узлов редуктора.
6. Термический анализ варочного котла.
7. Термический анализ кожухотрубного теплообменника.
8. Термический анализ узла выпарной установки.
9. Термический анализ сушильной установки.
10. Гармонический анализ транспортера.
11. Гармонический анализ сортирующей машины.
12. Гармонический анализ ориентатора.
13. Гармонический анализ вибросита.
14. Гармонический анализ режущего органа.
15. Модальный анализ рабочего органа токарного оборудования.
16. Модальный анализ рабочего органа фрезерного оборудования.
17. Модальный анализ рабочего органа формующего оборудования.
18. Модальный анализ рабочего органа протяжного оборудования.
19. Модальный анализ рабочего органа хонинговального оборудования.
20. Модальный анализ рабочего органа упаковочного оборудования.

Оценка результатов выполнения заданий по контрольной работе производится при представлении студентом отчета. Результаты защиты контрольной работы оцениваются преподавателем по двухбалльной шкале «зачтено – не зачтено». Студент, самостоятельно выполнивший не менее 60 % от каждого задания и продемонстрировавший знания, получает по контрольной работе оценку «зачтено».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хозяев, И. А. Основы технологий пищевого машиностроения: учеб. пособие / И. А. Хозяев. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 264 с.

2. Прейс, В. В. Технологические системы роторных машин в пищевой промышленности: учебник / В. В. Прейс. – Тула: ТулГУ, 2022. – 216 с.

3. Экономическая эффективность технических решений: учеб. пособие / С. Г. Баранчикова, Т. Е. Дашкова, И.В. Ершова, Н. Е. Калинина; под ред. И. В. Ершовой. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. – 140 с.

4. Пантюхина, Е. В. Математическое моделирование технологических машин пищевых производств: учебник / Е. В. Пантюхина, Э. В. Дьякова. – Тула: ТулГУ, 2021. – 208 с.

5. Куклин, Н. Г. Детали машин / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина, В. К. Житков. – Москва: Высшая школа, 2007.

6. Белякова, А. Ю. Имитационное моделирование: учеб. пособие / А. Ю. Белякова. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2020. – 120 с.

7. Яковлев, С. В. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / С. В. Яковлев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ставрополь: СКФУ, 2014. – 354 с.

8. Пройдакова, Е. В. Построение математических моделей управляющих систем обслуживания: учеб.-методич. пособие / Е. В. Пройдакова. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. – 30 с.

9. Пройдакова, Е. В. Исследование систем массового обслуживания методом имитационного моделирования: учеб. пособие / Е. В. Пройдакова, М. А. Федоткин. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2017. – 21 с.

10. Зюльков, А. В. Имитационное моделирование. Вероятностные и статистические аспекты: учеб.-методич. пособие / А. В. Зюльков, Ю. С. Радченко, А. В. Захаров. – Воронеж: ВГУ, 2017. – 40 с.

11. Хрущева, И. В. Основы математической статистики и теории случайных процессов: учеб. пособие / И. В. Хрущева, В. И. Щербаков, Д. С. Леванова. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 336 с.

12. Салмина, Н. Ю. Имитационное моделирование: учеб. пособие / Н. Ю. Салмина. – Москва: ТУСУР, 2015. – 118 с.

13. Зариковская, Н. В. Математическое моделирование систем: учеб. пособие / Н. В. Зариковская. – Москва: ТУСУР, 2014. – 168 с.

14. Теория систем массового обслуживания: учеб. пособие / составители А. В. Шапошников [и др.]. – Ставрополь: СКФУ, 2017. – 134 с..

15. Моделирование систем: учеб. пособие. – Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М. А. Бонч-Бруевича, 2013. – Ч. 1. – 2013. – 78 с.

16. Моделирование систем: учеб. пособие. – Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М. А. Бонч-Бруевича, 2013. – Ч. 2. – 2013. – 95 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

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
ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ПИЩЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ
Шифр студента_____
Вариант №_____

Работу выполнил:
студент гр._____
_____Фамилия И.О.
«___»_____202__г.

Калининград – 20__

Локальный электронн[illegible]одический материал

Олег Вячеславович Агеев

ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ПИЩЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 6,2. Печ. л. 5,2.

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