


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»

Утверждено на заседании кафедры  
«Промышленная автоматика  
и робототехника»  
«17» января 2023 г., протокол № 2

И.о. заведующего кафедрой

 О.А. Ерзин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)  
«Технологические системы роторных машин в пищевой  
промышленности»**

**основной профессиональной образовательной программы высшего  
образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**15.04.02 Технологические машины и оборудование**

с направленностью (профилем)  
**Машины и агрегаты пищевой промышленности**

Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 150402-03-23

Тула 2023 год

**Разработчик:**

Прейс В.В., профессор, д-р техн. наук, профессор  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа призвана:

- обучить студентов правилам и методам расчёта технологических роторных машин и их узлов на прочность, устойчивость, колебания;
- закрепить, расширить и углубить теоретические знания по дисциплине;
- привить навыки практического применения полученных теоретических знаний к комплексному решению конкретных задач, поставленных темой курсовой работы;
- развить необходимые навыки по производству расчётов принимаемых конструктивных решений, по составлению расчётно-пояснительной записки и по оформлению графической части работы;
- выработать у студентов умение самостоятельно пользоваться специальной литературой, справочниками, стандартами, ГОСТами и другой нормативно-технической документацией;
- научить студентов творчески и самостоятельно подходить к решению конкретных инженерных задач, воспитывать у них ответственность за выполненную работу;
- подготовить студентов к выполнению и защите выпускной квалификационной работы.

## **2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

### **2.1. Тематика курсовой работы**

Тематика курсовых работ должна предусматривать разработку новых, более совершенных и экономически эффективных технологических роторных машин, необходимость которой диктуется требованиями научно-технического прогресса. Объектом разработки могут быть опытно-промышленные и лабораторные аппараты и установки, предназначенные для исследования различных технологических процессов или конструктивного совершенства самих роторных машин.

Темы курсовых работ должны быть органически связаны с задачами по развитию пищевой промышленности и как можно полнее учитывать конкретные потребности предприятий, являющихся базовыми. При выборе темы необходимо учитывать основные тенденции и направления развития отрасли.

## 2.2. Задание на курсовую работу

Задание выдается студенту на кафедре руководителем работы.

В задании указывают: конкретную тему, исходные данные, перечень подлежащих разработке вопросов с указанием их объёма и обязательных чертежей, срок готовности и руководителя работы.

Работы, не имеющие утвержденного и оформленного на кафедре задания, к защите не принимают, а студенту, утерявшему задание, выдают новую тему.

## 2.3. Состав и объем курсовой работы

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части.

**Пояснительная записка** является документом, в котором излагают исчерпывающие сведения о выполненной работе. Материал, включаемый в пояснительную записку, должен быть обработан и систематизирован.

Общими требованиями к пояснительной записке является:

- чёткость построения;
- логичная последовательность изложения материала;
- убедительность аргументации;
- краткость и точность формулировок, исключающая возможность субъективного и неоднозначного истолкования;
- конкретность изложения результатов работы;
- доказательность выводов и обоснованность рекомендаций.

Пояснительная записка с необходимыми эскизами, расчётными схемами, графиками, таблицами имеет объём 20-30 страниц стандартного размера А4 (210×297 мм).

Структура и примерный объём пояснительной записки:

	Кол-во стр.
1. Титульный лист	1
2. Задание на проектирование	1
3. Содержание	1
4. Введение	1-2
5. Назначение и область применения конструируемой машины (аппарата)	1-2
6. Техническая характеристика	1
7. Описание разрабатываемой машины (аппарата) и краткий обзор существующих конструкций	2-3
8. Расчетная часть (механические расчёты основных деталей и сборочных единиц разрабатываемой машины)	10-15

9. Техничко-экономическое обоснование разрабатываемой машины.....	3-4
10. Заключение	1
11. Список использованной литературы	1-2
12. Спецификации к сборочным чертежам, <u>выполненным в графической части проекта</u>	<u>2-4</u>
 ВСЕГО:	 25-30

**Графическая часть.** Число чертежей для курсовой работы составляет 2-3 листа формата А1. На них изображают общий вид разрабатываемой машины, кинематическую схему привода машин, общий вид основной сборочной единицы (узла, агрегата) машины, чертежи деталей. Чертежи выполняют с соблюдением всех действующих стандартов ЕСКД.

## 2.4. Организация выполнения курсовой работы

Выполнение курсовой работы начинают с момента получения задания примерно в следующей последовательности:

- 1) получив задание, студенту следует изучить рекомендованную литературу по теме проекта;
- 2) составить краткое описание (черновик) и эскиз аппарата или машины, выяснить назначение сборочных единиц и деталей;
- 3) обосновать выбор материала для изготовления важнейших сборочных единиц и деталей;
- 4) составить расчетные схемы и выполнить необходимые расчеты;
- 5) выполнить эскиз разрабатываемой сборочной единицы;
- 6) после проверки и утверждения расчетов руководителем. приступить к выполнению графической части и оформлению пояснительной записки. При этом особо обращают внимание на необходимость соблюдения графика выполнения курсовой работы, указанного в задании.

Работа руководителя проводится индивидуально с каждым студентом в соответствии с графиком, определяющим календарные сроки выполнения отдельных разделов. На консультациях студент получает ответы на все возникающие у него вопросы, получает рекомендации по основным разделам работы с указанием литературных источников, подлежащих изучению.

При выполнении работы студенту рекомендуется иметь рабочую тетрадь, в которую делаются все записи, относящиеся к работе. В нее заносят все материалы, соображения, черновые расчёты, библиотечные

шифры, названия книг и статей. В эту же тетрадь следует записать все замечания и задания руководителя, а также отметки об их исполнении.

Литература, записанная в тетради, позволит при окончании работы составить список использованной литературы, и библиотечные шифры значительно сократят время на поиск нужных источников. Тетрадь всегда должна находиться у студента при посещении библиотеки, на практике, при посещении руководителя и заводских специалистов.

Как показывает опыт, пояснительную записку нецелесообразно писать начерно, а потом переписывать. Лучше всего для пояснительной записки приобрести лапку белой бумаги и писать сразу записку набело, нумеруя их карандашом. В случае помарок и ошибок испорченный лист можно заменить другим. Записку пишут по разделам в произвольной последовательности, но с соблюдением общего плана.

Следует иметь в виду, что написание записки очень трудоёмкое дело. Даже при полной ясности и хорошо подготовленном материале студент обычно пишет не более 10 страниц в день. Если учесть, что при написании записки возникают различные недоразумения и выявляются ошибки, требующие устранения, то окажется, что время, которое необходимо потратить на переработку и редактирование, составит 5-6 дней активной работы. Поэтому целесообразней отдельные разделы записки параллельно писать с выполнением графических работ.

## **2.5. Защита курсовой работы и её оценка**

Пояснительная записка и чертежи законченной курсовой работы представляются студентом на утверждение руководителю. Если работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ней, то руководитель утверждает работу, подписывая чертежи и пояснительную записку. После утверждения работы руководитель направляет её на рецензию к преподавателю соответствующей выпускающей кафедры. При получении положительной рецензии студент допускается до защиты курсовой работы.

Защита курсовой работы осуществляется в сроки, предусмотренные учебным планом, и состоит из короткого доклада (3-5 мин) студента по выполненной работе и ответов на вопросы членов комиссии. В докладе излагают устройство, принцип действия и основу расчета машины, обращают внимание на конструкцию разрабатываемой сборочной единицы. Вопросы служат для выяснения технической, чертежной грамотности студента и могут касаться разделов всех пройденных курсов (материаловедение, детали машин, черчение и т.д.), относящихся к курсовой работе. Ответы на вопросы должны быть четкими и конкретными.

Оценка защиты проекта – по столбальной системе. Шкала оценок: качество выполнения проекта – до 35 баллов; рецензия – до 5 баллов;

качество доклада – до 20 баллов; качество защиты (ответы на вопросы) – до 40 баллов.

За принятые в курсовом проекте технические решения и за правильность всех вычислений несет ответственность студент - автор работы.

### **3. ОФОРМЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

#### **3.1. Содержание и оформление пояснительной записки**

Рекомендуется следующее содержание пояснительной записки.

##### *1. Титульный лист.*

Титульный лист является первым листом пояснительной записки, выполняют на листах того же формата, что и записка и оформляют согласно действующим стандартам университета.

##### *2. Задание на проектирование.*

Основанием для выполнения курсовой работы является задание на проектирование. В задании указывают исходные данные, перечисляют основные вопросы, подлежащие разработке в пояснительной записке, объём записки и общий объём графической части с указанием обязательных чертежей в листах формата А1, указывают срок готовности проекта и руководителя.

##### *3. Содержание.*

Содержание включает наименование всех разделов и подразделов, а также "Введение", "Заключение", список использованной литературы с указанием номеров страниц на которых они начинаются. Заголовки приводятся в той форме, в какой они даны в тексте. Все заголовки в содержании начинают с прописной буквы, точку на конце не ставят.

##### *4. Введение.*

Данному разделу следует придать четкий аннотационный характер. В нем излагают общие соображения о состоянии и перспективах развития данной отрасли промышленности. Чётко формулируют: цель проектирования и средства достижения ее, актуальность и новизну темы, связь решаемых в работе вопросов с общими задачами развития народного хозяйства страны, указывают значение разрабатываемого оборудования и обосновывают целесообразность разработки темы с учётом практических интересов производства.

##### *5. Назначение и область применения проектируемой машины.*

Приводят краткую характеристику области и условий применения машины, общую характеристику цеха (участка, отделения, установки), для применения в котором предназначена разрабатываемая машина.

##### *6. Техническая характеристика.*

Приводят основные технические характеристики машины - производительность, мощность, частоту вращения рабочих органов, расход электроэнергии, коэффициент полезного действия и другие параметры, характеризующие машину.

*7. Описание разрабатываемой машины и краткий обзор существующих конструкций.*

Приводят данные о назначении, устройстве и принципе работы разрабатываемой машины. Описание конструкции машины и ее отдельных элементов дают с указанием стандартизованных и нормализованных узлов, деталей, приборов контроля и регулирования параметров производственного процесса и т.п. Описание должно сопровождаться ссылками на соответствующий рисунок в тексте пояснительной записки.

Кратко рассматривают отечественные и зарубежные конструкции оборудования, аналогичного разрабатываемому, описывают их достоинства и недостатки. Содержание обзора должно показывать умение студента критически анализировать известный из литературных источников материал.

На основе проведенного анализа существующих конструкций обосновывают выбор конструкции и разрабатывают кинематическую схему проектируемой сборочной единицы (узла машины, агрегата), намечают основные направления ее усовершенствования. Приводят описание выбранной конструкции сборочной единицы, которое должно сопровождаться ссылками на соответствующий чертеж общего вида в графической части работы.

Обосновывают выбор конструкционных материалов с указанием их стойкости в соответствующих средах и условиях режима работы оборудования.

*8. Расчетная часть.*

Расчётная часть состоит из конструктивного расчета, обосновывающего размеры всех основных элементов проектируемой машины, кинематических расчетов и расчётов на прочность (жёсткость) основных и наиболее нагруженных деталей машины.

При выполнении расчетов можно задаваться необходимыми недостающими параметрами продукта и процесса его переработки, не указанными в исходных данных задания. Они выбираются либо на основании подобных параметров в смежных отраслях промышленности из литературных источников.

*9. Техничко-экономическое обоснование разрабатываемой машины.*

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

практически всегда заключается в получении экономического эффекта от применения разрабатываемой машины.

Экономическая эффективность машины оценивается следующими основными показателями: коэффициентом использования, рентабельностью, экономическим эффектом от применения и коэффициентом стоимости. Рассмотрим каждый из этих показателей.

Коэффициент использования машины

$$K_{\text{исп}} = \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{э}}} \quad \text{или} \quad \frac{D}{T_{\text{э}}},$$

где  $T_{\text{ф}}$  – фактическое время работы машины за период эксплуатации;  $T_{\text{э}}$  – период эксплуатации;  $D$  – долговечность машины.

При круглосуточной работе  $K_{\text{исп}} = 0,95 \dots 1,0$ . При односменной, двухсменной, трехсменной работе соответственно  $K_{\text{исп}} = 0,2; 0,4; 0,6$ . При сезонной работе  $K_{\text{исп}} = 0,05 \dots 0,1$ .

Рентабельность машины

$$R = \frac{Q_{\text{т}}}{P},$$

где  $Q_{\text{т}}$  – полезная отдача за определенный период;  $P$  – сумма расходов за определенный период.

Сумма расходов в общем случае складывается из стоимости:  $\text{Эн}$  – энергии,  $\text{М}$  – материала заготовок,  $\text{И}$  – инструмента,  $\text{Тр}$  – оплаты труда операторов,  $\text{То}$  – технического обслуживания,  $\text{Рм}$  – ремонта,  $\text{Нк}$  – накладных расходов,  $\text{Ам}$  – амортизационных расходов

$$P = \text{Эн} + \text{М} + \text{И} + \text{Тр} + \text{То} + \text{Рм} + \text{Нк} + \text{Ам}.$$

Величина  $R$  должна быть больше единицы ( $R > 1$ ), иначе конструируемая машина будет убыточна и смысл ее разработки утрачивается.

Экономический эффект (годовой доход)

$$Q = Q_{\text{т}} - P = Q_{\text{т}} \left( 1 - \frac{1}{R} \right),$$

где  $Q_{\text{т}}$  – годовая полезная отдача, руб./год;  $P$  – сумма годовых эксплуатационных расходов, руб./год.

Суммарный экономический эффект за весь период эксплуатации машины, равный её долговечности  $D$

$\sum Q = \sum Q_{\text{т}} - \sum P$ , где  $\sum Q_{\text{т}}, \sum P$  – суммарные отдача и эксплуатационные расходы.

Амортизационные расходы за период эксплуатации равны стоимости машины  $\text{Ам} = C$ . Ремонтные расходы  $\text{Рм}$  не находятся в прямой зависимости от продолжительности работы  $T_{\text{ф}}$ , а полезная отдача  $Q_{\text{т}}$  и

эксплуатационные расходы  $P$  пропорциональны времени эксплуатации, поэтому можно записать

$$\sum Q = T_{\phi} [Q_T - (\text{Эн} + M + I + Tr + To + H_k)] - \sum P_M - C$$

или 
$$\sum Q = D [Q_T - (\text{Эн} + M + I + Tr + To + H_k)] - \sum P_M - C.$$

Срок окупаемости определяется как период службы, при котором суммарной экономический эффект равен стоимости машины, т. е.

$$C = T_{\text{ок}} K_{\text{исп}} (Q_T - P) - A_M;$$

$$A_M = \frac{C T_{\text{ок}}}{T_{\phi}} = \frac{C T_{\text{ок}} K_{\text{исп}}}{D};$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{C}{K_{\text{исп}} \left( Q_T - P - \frac{C}{D} \right)}.$$

При этом принято, что затраты на ремонт в первые годы эксплуатации весьма малы и поэтому не учитываются.

Коэффициент эксплуатационных расходов есть отношение суммы эксплуатационных расходов за весь период работы (до исчерпания ресурса) машины к ее стоимости

$$k = \frac{\sum P}{C} = \frac{D(\text{Эн} + M + I + Tr + To + H_k) + \sum P_M + C}{C}.$$

Тогда суммарный экономический эффект за весь срок эксплуатации машины определится по формуле  $\sum Q = DQ_T - kC$ .

$$\text{Коэффициент стоимости машины } c = \frac{C}{\sum P} \cdot 100\% = \frac{1}{k} \cdot 100\%.$$

#### 9. Заключение.

Кратко излагают результаты проделанной работы, отмечают элементы новизны и собственного творчества студента в разработке конструкции узла машины. Высказывают суждение о практической полезности работы.

#### 10. Список использованной литературы.

Список должен содержать перечень источников, использованных при выполнении курсовой работы. Литературу следует располагать по алфавиту или в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки.

Сведения об литературных источниках, включенных в список, необходимо давать в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Пояснительная записка должна удовлетворять требованиям ЕСКД.

### 3.2. Содержание и оформление графической части

Объём и состав графической части определяется руководителем курсовой работы. Как правило, графическая часть включает:

**Лист 1.** Общий вид разрабатываемой конструкции машины.

Чертеж общего вида машины должен полностью показывать конструктивное устройство машины и позволять по этому чертежу разрабатывать сборочные чертежи основных узлов (сборочных единиц) машины.

В чертеже общего вида машины проставляют габаритные размеры; сопряженные размеры с обозначением посадок; размеры с предельными отклонениями, которые по конструкции машины проверяет при ее сборке; размеры зазоров, которые должны устанавливать при сборке; присоединительные размеры; координаты осей крепежных отверстий, диаметры этих отверстий; основные размеры, характеризующие машину и т.п. Кроме того, приводят технические характеристики машины и технические требования к машине.

**Лист 2.** Кинематическая схема привода машины.

Чертеж кинематической схемы машины должен полностью показывать структуру привода всех исполнительных органов машины, содержать всю необходимую информацию о параметрах кинематических элементов привода (начальные диаметры шкивов, начальные диаметры и шаги цепных звездочек, начальные диаметры и модули зубчатых колес, передаточное отношение редукторов и т.п.), частоты вращения и установленные мощности электродвигателей.

**Лист 3.** Общий вид (сборочный чертеж) основной сборочной единицы.

Чертежи общего вида сборочной единицы должны полностью показывать конструктивное устройство сборочной единицы, места сопряжения деталей и позволять по этому чертежу разрабатывать рабочие чертежи деталей.

В чертеже сборочной единицы проставляют габаритные размеры: сопряженные размеры с обозначением посадок; размеры с предельными отклонениями, которые по конструкции сборочной единицы проверяет при ее сборке; размеры зазоров, которые должны устанавливать при сборке; присоединительные размеры; координаты осей крепежных отверстий, диаметры этих отверстий; основные размеры, характеризующие сборочную единицу или её главные детали, например, межосевые расстояния с допускаемыми отклонениями и т.п.

В чертеже сборочной единицы приводят также следующие сведения: указания по дополнительной обработке деталей при их сборке; указания о крайних (предельных) положениях движущихся элементов механизмов (рычагов, ползунов и т.п.); указания о назначении рукояток и приборов для управления работой механизмов; техническая характеристика сборочной единицы; технические требования к готовой сборочной единице: плавность хода, бесшумность, точность расположения сопрягаемых деталей и т.п.

#### 4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клусов И.А. Проектирование роторных машин и линий: учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.: ил.

2. Прейс В.В. Роторные машины и автоматические роторные линии в пищевых производств: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012 . 108 с.: ил. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2014020616211576946000006107> , по паролю.

3. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий / С.Т. Антипов [и др.]: под ред. В.А. Панфилова. [Электронный ресурс]: учебное пособие. Электрон. дан. СПб.: Лань, 2013. 912 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=6599](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=6599).  
Загл. с экрана.

4. Компьютерные технологии при проектировании и эксплуатации технологического оборудования: учеб. пособие для вузов / Г.В.Алексеев [и др.]. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: ГИОРД, 2006. 296 с.

5. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии. М.: Машиностроение, 1982. 236 с.; 2-е изд. стереотип., 1986. 320 с.; 3-е изд. перераб. и доп., 1991. 400 с.

6. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн.: учеб. для вузов / С.Т. Антипов [и др.]; под ред. В.А. Панфилова. М.: Высш. шк., 2001. Кн. 1. 703 с. Кн. 2. 680 с.

7. Прейс В.В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра. М.: Машиностроение, 1986. 128 с.