Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра проектирования технологических машин

Паспорт курсового проекта

по дисциплине «Проектирование технологических машин», 8 семестр

1. **Методика оценки.**

Выполнение курсового проекта (далее – КП) является обязательным видом самостоятельной работы студента по дисциплине, предусмотренным учебным планом.

Выполнение КП является одним из важнейших этапов конструкторской подготовки инженера. На нем систематизируются и углубляются знания, полученные ранее при изучении многих естественнонаучных, общетехнических и специальных дисциплин.

Основные цели этой работы, имеющей творческий характер, состоят в том, что она позволяет студенту в полной мере овладеть методикой проектирования нового и совершенствования действующего технологического оборудования с обеспечением требуемых показателей качества; развить умение производить сложные инженерные расчеты и закрепить навыки конструирования с эффективным привлечением средств ВТ, приобретенные при выполнении предшествующих КП, и повысить эрудицию в конкретной области машиностроения.

Тематика КП соответствует профилю (направленности) подготовки, формируются преподавателями в начале семестра и утверждаются решением кафедры Количество тем КП достаточно для обеспечения, каждого обучающегося.

Выполнение студентами КП начинается с ознакомления с примерной тематикой. Закрепление тем КП за студентами и назначение научных руководителей производится распоряжением заведующего кафедрой и утверждается решением кафедры.

Курсовой проект выполняется индивидуально.

Структура курсового проекта:

1. Титульный лист;
2. Введение;
3. Основная часть;
4. Заключение;
5. Список литературы и источников.

Список литературы оформляется в соответствии с библиографическими требованиями в алфавитном порядке и включает необходимое количество источников (книг, статей разных авторов, интернет-источников, документов), которые были изучены при выполнении проекта.

Требования к оформлению:

Объем КП до 60 страниц машинописного текста формата А4. Шрифт Times New Roman, 14. Формулы набираются в редакторе Math Type. Размещение сканированных формул не допускается. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. КП должен быть отредактирован, не содержать орфографических, синтаксических и стилевых ошибок.

Законченный курсовой проект предоставляется для проверки на кефедру в срок, установленный преподавателем. Преподаватель оценивает качество КП с учетом теоретического и практического содержания, достижения ее целей и задач.

Курсовой проект проверяется руководителем работы, который дает письменное заключение по работе – рецензию.

Если при выполнении КП были допущены ошибки, то работа возвращается студенту для исправления выявленных недочетов и затем вновь предоставляется руководителю для проверки. При положительном результате оценивания студент распечатывает работу, передает на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время.

Защита КП проходит публично перед группой студентов.

По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

2. Уровни сформированности компетенций и критерии оценки

В соответствии с балльно-рейтинговой системой НГТУ курсовой проект по дисциплине «Расчет и конструирование станков», 8 имеет максимальную оценку 100 баллов.

Курсовой проект выполнен **на продвинутом** уровне, если:

- выполнен в полном соответствии с заданием, отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, текстовая часть оформлена с соблюдением установленных правил;
- руководитель характеризует деятельность студента положительно (в частности, отмечает его инициативу, самостоятельность, систематичность работы на всех этапах выполнения работы);
- студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании;
- результаты представлены исчерпывающе, последовательно, четко и логически правильно; на все вопросы студент дал обстоятельные и аргументированные ответы, убедительно защищал свою точку зрения;
- компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект, сформированы в полном объеме.

Оценка за выполнение КП составляет *100-87 баллов.*

Курсовой проект выполнен на **базовом** уровне, если:

- соответствует заданию, отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, текстовая часть оформлена с соблюдением установленных правил;
- руководитель характеризует деятельность студента положительно, но с незначительными замечаниями;
- правильно изложены основные результаты;
- студент достаточно твердо усвоил теоретический материал и может самостоятельно его применять;
- основные результаты представлены полно; на все вопросы студент дал ответы, но их полнота и аргументированность недостаточны;
- компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект сформированы с небольшими пробелами и соответствуют базовому уровню.

Оценка за выполнение КП составляет *86-73 балла*.

Курсовой проект выполнен **на пороговом** уровне, если:

- выполнен в основном правильно, но без необходимой проработки некоторых разделов;
- в докладе упущены некоторые принципиальные моменты содержательной части работы;
- ответы на вопросы вызвали существенные затруднения;

– компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект сформированы с пробелами и соответствуют пороговому уровню.

Оценка за выполнение КП составляет *72-50 баллов.*

Курсовой проект считается **не выполненным,** если студентом не проработаны важные разделы исследования, допущены принципиальные ошибки, не исправленные после замечаний руководителя курсовой КП. Студент не допущен к защите курсового проекта. компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект не сформированы.

Оценка составляет *менее 50 баллов*.

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за проект учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Курсовой проект по дисциплине считается успешно выполненным, если сумма полученных баллов составляет от 100 до 50 баллов включительно.

Оценка за выполнение КП является частью общей оценки по дисциплине «Расчет и конструирование станков», 8 и учитывается с коэффициентом 0,8 баллов в соответствии с правилами аттестации по дисциплине.

4. Примерный перечень тем курсового проекта.

Тематика курсового проекта – разработка различных технологических машин и оборудования, либо разработка привода главного движения металлообрабатывающих станков и технологических комплексов. Выполнение КП является одним из важнейших этапов конструкторской подготовки инженера. На нем систематизируются и углубляются знания, полученные ранее при изучении многих естественнонаучных, общетехнических и специальных дисциплин. Основные цели этой работы, имеющей творческий характер, состоят в том, что она позволит студенту в полной мере овладеть методикой проектирования нового и совершенствования существующего технологического оборудования с обеспечением требуемых показателей качества; развить умение производить сложные инженерные расчеты; закрепить навыки конструирования с эффективным привлечением средств ВТ, приобретенные при выполнении предшествующих КП, и повысить эрудицию в конкретной области машиностроения. Опыт, полученный при работе над проектом, даст студенту возможность реально оценить свою способность к самостоятельному решению сложных практических задач и станет необходимым фундаментом для дальнейшего совершенствования по профилю избранной инженерной специальности. Объективным критерием уровня знаний является качество выполнения КП, умение аргументировано обосновывать и отстаивать принятые технические решения, сравнивать их с альтернативными вариантами.

На первом этапе осуществляется разработка общей концепции специализированного оборудования, предназначенного для обработки конкретной детали-представителя. На основе выбранных методов производится моделирование эксплуатационных характеристик, а затем обоснование технических характеристик. Вариант задания формируется на основе цифрового трехразрядного кода, устанавливаемого руководителем курсового проектирования. В частности, при шифре 754 необходимо выписать данные

седьмой колонки табл. 2 (или 5), а из табл. 3 (или 6) и табл. 4 (или 7) – соответственно пятого и четвертого столбцов.

Анализ конструкций приводов станков-аналогов

Напоминаем, что после ознакомления с комплексом требований технического задания именно с этого вопроса начинается работа над курсовым проектом **по типовой тематике**, т.е. с изучения и анализа принципа действия и конструкции привода главного движения известных на настоящий момент станков аналогичного по функциональному назначению (или прототипа). Кроме рекомендуемой литературы, желательно использовать обзоры международных станкостроительных выставок, проспекты фирм, каталоги и другие материалы.

При анализе акцентируют внимание не только на общих, схемных решениях, но и на более конкретных, определяющих специфику конструктивного исполнения изделия. В частности, следует непременно рассмотреть вопросы компоновки как оборудования, так и самого привода, а также его структуру и кинематику. Иначе говоря, анализу подвергают положение узла в станке и его координатных осей в пространстве; способ соединения корпуса коробки скоростей с элементами несущей системы; состав привода; размещение электродвигателя относительно входного вала; системы смазывания зубчатых передач, муфт, опор валов и шпинделя, а также способы настройки частоты вращения, реверса и останова последнего. Изучая конструкции элементов и механизмов приводов, выявляют применяемые в них оригинальные и типовые технические решения.

В результате комплексного анализа исходных данных к проекту и различных вариантов альтернативных решений, их сравнительной оценки с учетом конструктивных особенностей разрабатываемого и существующих узлов формируется общая концепция привода с наиболее рациональным вариантом структуры. Принятые решения в обязательном порядке следует подкреплять необходимыми схемами и рисунками.

Кинематический расчет

Цель расчета – разработка структуры привода главного движения (ПГД), распределение передаточных отношений между кинематическими группами и их оптимизация с последующим подбором числа зубьев колес и шестерен всех передач и диаметральных размеров шкивов. Завершается расчет построением наиболее рационального варианта картины частот вращения и кинематической схемы привода. *Для студентов* при решении этого вопроса в качестве исходной служит информация, полученная ранее на этапах синтеза СКС станка (способ регулирования скорости главного движения) и предварительной компоновки привода, а также при обосновании ТХ (предельные значения частоты вращения шпинделя и максимальное значение эффективной мощности резания). *Для студентов, разрабатывающих привод по типовой тематике,* комплекс исходных данных, приведенных в техническом задании, несколько иной.

Расчетные нагрузки и схемы

Надежность, материалоемкость и другие показатели качества станков во многом зависят от правильной оценки действующих на его узлы и системы эксплуатационных нагрузок, принятых во внимание при проектировании. Продукционным станкам присущи универсальность операций, большой диапазон режимов обработки, возникновение длительных и кратковременных перегрузок при резании и переходных процессах. В связи с этим реально действующие нагрузки статического и динамического характера изменяются в очень широких пределах. Из-за многообразия конструктивных элементов и условий их работы достаточно точное определение используемых в различных видах расчета нагрузок представляет значительные трудности. Поэтому на практике применяют методики, базирующиеся главным образом на статистических данных.

Зубчатые передачи

Порядок расчета зубчатых переач приводов станков отличается от принятого в других отраслях машиностроения. Основная специфика состоит в том, что числа зубьев

шестерен подбирают при кинематическом расчете. Поэтому *задача сводится к определению модуля, который при неизменном межосевом расстоянии валов одинаков для всех передач группы*. Для эвольвентных цилиндрических зубчатых передач выполняют, как правило, *проектировочный и уточненный расчеты на контактную и изгибную выносливость*, а также *проверочный на действие максимальной нагрузки*. Однако если в результате вычислений полученный коэффициент долговечности окажется меньше допустимого, а также при наличии тихоходных валов передачи подвергают *расчету на статическую прочность*. Причем модуль определяют только для одной – наиболее нагруженной передачи группы. Процесс вычислений довольно трудоемок, поэтому его рекомендуется выполнять на ЭВМ.

При подготовке исходных данных следует помнить, что принимаемые решения носят комплексный характер, так как закладывают основы надежности, технологичности изготовления и сборки привода, конструктивные особенности передач. Поэтому они должны быть очень продуманными. Так, желательно унифицировать номенклатуру материала передач и способы их термической обработки. Причем выбор технологии упрочнения тесно увязан с функциональным назначением деталей (подвижные или неподвижные), целесообразностью и практической осуществимостью последующей чистовой обработки. В постоянных передачах или передачах, получающих вращение, например, при помощи электромагнитных муфт, лучше использовать косозубые колеса. Подвижные в осевом направлении блоки допускают, как известно, только прямозубое зацепление. Значения коэффициентов долговечности, а также номинальных крутящих, эквивалентных и пиковых моментов находят по методике, описанной в предыдущем разделе пособия.

Полученные *стандартные значения модуля* одной передачи в каждой кинематической группе позволяют определить геометрические параметры остальных передач привода. Результаты сводят в таблицу. Если по каким-либо причинам величина модуля отдельных групп, а, следовательно, и размеры передач конструктора не устраивают, то ее обычно корректируют путем соответствующего изменения исходных данных и повторного расчета. На практике увеличение модуля производят просто по технологическим или конструктивным соображениям. Подобный прием осуществляют либо при унификации модуля для всего привода с целью сокращения номенклатуры режущего и мерительного инструмента, либо вынужденно – для увеличения межосевого расстояния.

Ременные передачи

Ременные передачи относятся к виду передач гибкой связью и в ПГД применяются качестве кинематических групп, занимающих различное конструктивное место. В зависимости от структуры привода они могут передавать вращение от электродвигателя на входной вал коробки скоростей, от выходного вала на автономный шпиндельный узел, а также возможны и другие варианты.

Выбор конкретного типа ременной передачи при прочих равных условиях производят с учетом его достоинств по сравнению с другими. В частности, передачи зубчатым ремнем обладают более высокой тяговой способностью, а клиноременные лучше гасят вибрации.

Критерием работоспособности *клиновых ремней* (нормальных, узких и поликлиновых) являются *тяговая способность и долговечность*, а *зубчатых* - *усталостная прочность зубьев*.

Корпуса коробок, пиноли

В общем случае возможны *три варианта практической реализации требуемой степени подвижности (числа управляемых координат) привода*, предопределяющих конструктивное исполнение его базовых деталей. При одной координате корпус коробки скоростей неподвижен – вращается шпиндель. Если же координат две, то второе движение (установочное или подача) осуществляется перемещением корпуса по

направляющим станины (стойки, траверсы) либо, когда необходимо обеспечить высокую точность позиционирования, путем выдвижения пиноли (гильзы) со шпинделем на малый ход при неподвижном корпусе. Причем пиноль совершает поступательное, а шпиндель, помещенный внутри нее, вращательное движение. Подобное устройство привода применяется при выполнении сверлильных и расточных операций, в частности на фрезерных станках. Таким образом, корпус коробки скоростей является базовой деталью привода и элементов несущей системы станка, а пиноль – базовой деталью шпиндельного узла.

Если привод снабжен *пинолью*, то при конструировании корпуса определяют ее основные размеры (длину, наружный и внутренний диаметры), которые, в свою очередь, зависят от параметров шпинделя. Пара корпус-пиноль фактически представляют собой цилиндрические направляющие. При проектировании следует предусмотреть устройства для перемещения (обычно червячно-реечная передача) и фиксации (чаще всего клеммные). Эти механизмы унифицированы, поэтому их на чертежах детально не прорабатывают. На пиноли приходится значительная часть упругих деформаций станочной системы, в связи с чем на практике их подвергают проверочному расчету на жесткость. При прочих равных факторах она существенно уменьшается по мере выдвижения, поэтому максимальный ход (вылет) пиноли, как правило, ограничивается величиной, в 1,5 раза превышающей ее наружный диаметр.

Корпуса коробок довольно металлоемки и имеют сложную конфигурацию. Чаще всего их изготавливают методом литья обычно из серого чугуна, реже – дешевых марок стали. Сварные конструкции широкого применения не получили из-за их дороговизны.

Система управления

Программные и непрограммные системы управления (СУ) станками, несмотря на известные отличия, в общем случае содержат: задающий орган, собственно механизм управления, состоящий из передаточного устройства и исполнительного органа, а в необходимых случаях – элементы обратной связи и индикации.

Цепь управляющей команды в зависимости от степени автоматизации оборудования может быть реализована на базе различных видов энергии: механической, электрической, пневмогидравлической, но чаще всего их комбинаций. Это предполагает многообразие возможных решений. Задающий орган (рукоятка, кнопка, командоаппарат, система ЧПУ и другое) представляет собой начальное звено настройки параметров исполнительных движений. Его команды проходят по цепи механизма управления (передач шестернярейка или винт-гайка, двигатель, кулачковый механизм), и посредством исполнительного органа, являющегося конечным звеном (вилка, поворотный камень и т.п.), осуществляется управление объектом (зубчатое колесо, муфта, шкив).

На конструктивные варианты СУ сильно влияет также принятый способ переключения частот вращения шпинделя и осуществления его останова (торможения) и реверса. В ПГД применяют *два разных способа* путем осевого смещения по валам убчатых блоков и полумуфт, в результате чего они выходят из одного зацепления и ключаются в другое; путем передачи крутящего момента зубчатым колесам, находящимся в постоянном зацеплении при помощи электромагнитных и гидравлических фрикционных муфт. Первый способ получил наибольшее распространение в универсальных станках, хотя чаще способы используют комплексно. Реверсирование и торможение можно осуществить также электродвигателем. *Непрограммные* СУ бывают *с ручным* (РУ) и *дистанционным* (ДУ) управлением. И каждую из них можно выполнить с применением индивидуальных, групповых и централизованных механизмов. Таким образом, конструктивное исполнение СУ, т.е. совокупность элементов, устройств и механизмов, реализующих требуемую цепь команды управления, зависит от многих факторов. Поэтому при проектировании СУ следует проанализировать варианты альтернативных решений в рамках задания и выбрать наиболее рациональный. При РУ подробной конструктивной проработке подлежат все звенья цепи управления: от задающего до

исполнительного органа с максимальным использованием типовых устройств. РУ характерно тем, что рукоятки и кнопки располагаются непосредственно на корпусе коробки скоростей в удобной для обслуживания зоне.

Причем их количество должно быть минимальным. ДУ подразумевает значительную удаленность зоны обслуживания от узла, поэтому задающие органы должны быть размещены вне привода (аналогично программному управлению — ПУ), например, на выносном пульте управления станком. В системах ДУ и ПУ разрабатывают конструкцию только собственно механизма управления. Проектирование СУ выполняют поэтапно в такой последовательности. Количество объектов управления (ОУ) и перечень необходимых команд управления определяют на стадии формирования технического предложения. При эскизной компоновке узла в первую очередь решают вопрос о месте панели управления на корпусе коробки в соответствии с эргономическими требованиями и выделяют зоны под размещение передаточных механизмов и исполнительных органов СУ с учетом положения ОУ, обеспечивая кратчайшую длину цепей управления. Затем ищут конструктивные решения этих цепей и разрабатывают схему управления приводом.

5. Примерный перечень вопросов к защите курсового проекта.

1. Основные показатели качества технологических машин.
2. Показатели качества, характеризующие производительность технологических машин. Факторы, влияющие на производительность.
3. Показатели качества, характеризующие надежность технологических машин.
4. Показатели качества, характеризующие безотказность и долговечность технологических машин. Основные пути повышения надежности.
5. Факторы, влияющие на температурные деформации исполнительных органов. Основные пути повышения теплостойкости.
6. Энергетический баланс привода главного движения (ПГД) технологических машин.
7. Причины возникновения геометрических погрешностей технологических машин и пути их уменьшения.
8. Причины возникновения кинематических погрешностей и пути их снижения.
9. Жесткость технологических систем и пути ее повышения.
10. Структура КПД привода главного движения и пути его повышения.
11. Показатели качества, характеризующие гибкость технологических систем.
12. Факторы, определяющие виброустойчивость, и пути повышения устойчивости исполнительных органов технологических машин к внешним воздействиям.
13. Пути повышения технологичности конструкций.
14. Структура погрешностей (ошибок) технологического оборудования и причины их появления.
15. Суть графоаналитического метода расчета передаточных отношений передач привода на примере нормальной множительной структуры.
16. Требования, предъявляемые к различным исполнительным органам.
17. Материалы, методы и способы упрочнения исполнительных органов.
18. Способы смазывания опор исполнительных органов и валов. Критерии применения.
19. Выборка зазоров и создание натяга в опорах. Общие положения.
20. Конструктивные варианты выборки зазоров и создания натяга в опорах.
21. Область применения и принцип работы гидростатических опор (на примере радиальных опор), достоинства и недостатки.
22. Область применения и принцип работы упорных гидростатических подшипников, достоинства и недостатки.
23. Факторы, определяющие несущую способность и жесткость гидростатических опор.

24. Область применения и принцип работы гидродинамических подшипников, достоинства и недостатки.
25. Факторы, определяющие несущую способность и жесткость гидродинамических опор.
26. Область применения и принцип работы аэростатических опор. Факторы, определяющие несущую способность и жесткость опор.
27. Достоинства и недостатки активных магнитных опор, область применения.
28. Методики расчета радиальной и осевой точности вращения.
29. Методики расчета радиальной и осевой жесткости.
30. Специфика расчета и конструирования зубчатых колес, валов и опор в машиностроении.
31. Структуры привода подач.
32. Геометрическая форма направляющих скольжения, достоинства и недостатки.
33. Материал направляющих смешанного трения.
34. Защитные устройства направляющих смешанного трения.
35. Сущность методики расчета направляющих смешанного трения на износостойкость.
36. Сущность методики расчета направляющих смешанного трения на жесткость.
37. Дать сравнительную оценку направляющим скольжения и качения.
38. Классификация направляющих качения по характеру движения тел качения, достоинства и недостатки.
39. Способы создания натяга в направляющих качения.
40. Материал направляющих качения. Устройства защиты и смазывания.
41. Методика расчета направляющих качения на контактную прочность.
42. Методика расчета направляющих качения на жесткость.
43. Конструктивные особенности комбинированных направляющих. Область применения.
44. Область применения и принцип действия гидродинамических направляющих. Факторы, определяющие несущую способность направляющих.
45. Область применения и принцип действия гидростатических направляющих. Факторы, определяющие жесткость направляющих.
46. Геометрическая форма направляющих кругового движения. Достоинства и недостатки.
47. Требования, предъявляемые к тяговым устройствам привода подач.
48. Достоинства и недостатки передачи винт-гайка скольжения.
49. Способы регулировки передачи винт-гайка скольжения.
50. Характерные особенности передачи винт-гайка качения.
51. Способы решения проблемы фрикционных автоколебаний в приводе подач.
52. Термодинамический привод.
53. Магнитострикционный привод.
54. Упруго-силовой привод.
55. Способы смазывания зубчатых передач и муфт. Достоинства и недостатки.
56. Методика расчета и подбор аппаратуры системы смазывания привода главного движения.
57. Конструктивные особенности систем с ручным управлением. Достоинства и недостатки.
58. Конструктивные особенности систем управления на базе электромагнитных и гидравлических фрикционных муфт. Достоинства и недостатки.
59. Специфика проектирования корпусов коробок скоростей и подач.
60. Требования, предъявляемые к элементам несущей системы технологической машины, их конструктивные формы и материалы.