

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ВЫПУСКНЫЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ РАБОТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И КОНСТРУКТОРСКОГО ХАРАКТЕРА

Учебное пособие

Самара
Самарский государственный технический университет
2015



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

А.П. ОСИПОВ, С.П. ПЕТРОВА,
Г.С. ЖЕЛЕЗНОВ

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ВЫПУСКНЫЕ КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ РАБОТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И КОНСТРУКТОРСКОГО ХАРАКТЕРА

Учебное пособие

Самара
Самарский государственный технический университет
2015

Печатается по решению редакционно-издательского совета СамГТУ

УДК 621.002.001.63 (075.8)
О40, П40

Осипов А.П

О40, П4 **Технология машиностроения. Выпускные квалификационные работы научно-исследовательского и конструкторского характера: учеб. пособие /А.П. Осипов, С.П. Петрова, Г.С. Железнов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2015. –101 с.: ил.**

ISBN 978-5-7964-1861-1

В учебном пособии освещены тематика, общие правила оформления комплексных и индивидуальных дипломных проектов по технологии машиностроения,

Представлены данные по выполнению дипломных проектов с развитой научно-исследовательской и конструкторской частью. Даны подробные рекомендации по структуре проектов.

Для студентов механического факультета, очно-заочной и заочной форм обучения по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (уровень бакалавриата).

УДК 621.002.001.63 (075.8)
О40, П40

Рецензенты: технический директор ЗАО «КАРДАН» *А. Ю. Полубанов*

зав. 9 кафедрой общетехнических дисциплин филиала ВУНЦ
ВВС «ВВА» (г. Сызрань), к.т.н., доцент, *В. Я. Судаков*

ISBN 978-5-7964-1861-1

© А. П. Осипов, С. П. Петрова, 2015
Г. С. Железнов, А.В., 2015
© Самарский государственный
технический университет, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель данного учебного пособия - оказать помощь студенту в выполнении дипломного проекта и адаптации его к будущей профессиональной технологической, конструкторской и исследовательской деятельности в качестве технолога механосборочного производства или конструктора по оборудованию и технологической оснастке.

В отличие от существующих учебных пособий аналогичного назначения, общим недостатком которых является абстрагированность от конкретных тем в силу отсутствия конкретных примеров, данное учебное пособие относится к определенной тематике: проектирование технологических процессов механосборочного производства общего и тяжелого машиностроения, средств его технологического оснащения, является обобщением длительной деятельности в этом направлении кафедры «Технология машиностроения» филиала ФГБОУ ВО СамГТУ в г. Сызрани.

Учебное пособие содержит конкретные рекомендации, сопровождающиеся примерами, по разработке тех разделов проектирования, которые характерны для профессиональной деятельности бакалавра, работающего в сфере машиностроительного производства, которые, можно надеяться, не только облегчат работу студентам над дипломным проектом, но и будут способствовать их профессиональной подготовке. Изложение материала позволяет совершенствовать методику выполнения дипломных проектов.

Некоторые разделы учебного пособия могут быть полезны магистрантам и аспирантам, а также инженерам - технологам механосборочного производства при решении производственных задач, связанных с проектированием технологических процессов изготовления деталей с минимальной себестоимостью и их технологического оснащения.

ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование является завершающим, наиболее ответственным этапом подготовки бакалавра в учебном заведении. Содержание его, как и любого вида деятельности, определяется целями. Поэтому большое значение имеет определение целей дипломного проектирования. Концепция дипломного проектирования должна базироваться на его главных целях.

Дипломное проектирование преследует две цели: образовательную и контрольную.

Образовательная цель заключается в освоении студентом в процессе выполнения дипломного проекта методов проектирования, приобретении навыков применения полученных знаний, применении справочной, научной и технической литературы, принятии технических решений и их защите. Эта цель достигается студентом при участии научного руководителя дипломного проекта и консультантов. При этом также производится как бы зачистка тех шероховатостей, которые были допущены в процессе обучения и специальной подготовки студента.

Вторая цель - контрольная, выполняемая научным руководителем дипломного проекта, консультантами и Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК). Она позволяет установить соответствие качества подготовки требованиям образовательных стандартов и профессиональной деятельности. Контроль позволяет выявить недостатки образовательной деятельности учебного заведения и определить направление работы вуза по их устранению.

В процессе дипломного проектирования решаются следующие основные задачи:

- комплексное применение общеинженерных и специальных знаний при решении конкретных технических задач, привлечение современных средств разработки технических проблем, в том числе новейших методов исследования, средств вычислительной техники;

- критическое осмысление сущности известных технических решений;

- поиск новых технических решений на уровне последних отечественных и мировых достижений;

- анализ вариантов решений с учетом их технической, экономической и социальной целесообразности;

- логическое и расчетное обоснование всех принимаемых технических решений;

- грамотное графическое и словесное выражение технических понятий и идей;

- самостоятельная организация этапов выполнения дипломного проекта во времени для качественного завершения их в установленный срок;

- реальная направленность результатов работы, предполагающая хотя бы частичное практическое внедрение их в производство

Выполнение указанных целей и задач во многом предопределяется правильным выбором темы дипломного проекта и содержанием технического задания. Тема дипломного проекта должна полностью соответствовать направлению подготовки, учебному плану и государственному стандарту подготовки бакалавра. Она должна предполагать возможность наиболее полного применения студентом на практике специальных, общеинженерных и теоретических дисциплин.

По направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" профилю "Технология машиностроения" темы могут быть технологические, конструкторские, исследовательские и комбинированные. По форме выполнения - индивидуальные и групповые (комплексные).

Независимо от направления темы выполненный дипломный проект должен отражать в значительной степени элементы, составляющие основу данного направления подготовки и относящиеся к содержанию специальных дисциплин.

Существующие учебные пособия освещают, главным образом, проработку вопросов технологических тем, очень редко уделяя внимание вопросам, связанным с разработкой конструкции машины или механизма, детализацией, оформлением конструкторской документации, организацией научно-исследовательской работы и принципов оформления ее результатов и т.п.

Конструкторские темы должны соответствовать данному направлению подготовки и выбранному профилю и отражать содержание основных специальных дисциплин. Это, например, проектирование металлорежущего оборудования, специальных приспособлений, технологической оснастки, средств автоматизации и механизации технологических процессов механической обработки или сборки и т.п.

Научно-исследовательские темы также должны быть направлены на решение технологических проблем: качество обработки, повышение производительности труда при механической обработке или сборке, снижение затрат, улучшение условий труда на основе использования и широкого отражения специальных дисциплин и современных достижений науки и техники.

В рамках любой темы бакалавр данного профиля должен выполнить на профессиональном уровне ту ее часть и решить в первую очередь те вопросы, которые относятся к его области профессиональной деятельности, и не пытаться выполнять ту часть, которая не относится к этой области.

Показателем правильности выбранной темы и разработанного задания является не только качество проекта, но и зависимость студента от руководителя и консультантов, которые не должны подменять студента, не обучать его заново, а выполнять контрольную, совещательную и рекомендательную функции. Необходимо, чтобы значительная часть дипломного проекта была повторением на более высоком научно-техническом уровне той работы, которую он выполнял в курсовом проектировании, на практических и лабораторных занятиях и НИРС.

Главными требованиями к дипломному проекту, предъявляемыми при оценке, являются:

- соответствие принятых решений современному состоянию науки и техники;

- обоснованность решений техническими расчетами и анализом;

- соответствие представленных документов предъявляемым требованиям, действующим стандартам наиболее высокого уровня: международным, государственным и региональным;

- эстетический уровень проекта;

- соответствие текстовых документов литературным требованиям, четкость, полнота и краткость описаний;

- степень возможности непосредственного применения разработанных в проекте решений на производстве.

Качество дипломного проекта значительно снижается, если в нем разработаны известные, но устаревшие идеи и решения и не использованы новые, более эффективные. Существенным недостатком является и то обстоятельство, когда использованные известные решения или даже созданные студентом новые, не имеют обоснования, не подтверждены конкретным анализом и расчетами, т.к. это ставит под сомнение их реальность. Дипломные проекты должны отвечать нормативным требованиям. Обязательным требованием ко всем составным элементам проекта является соответствие их действующим стандартам и установленным требованиям. Любой документ в проекте, во-первых, должен поддаваться идентификации, т.е. позволять отнести его к тому или иному виду, предусмотренному стандартами; во-вторых, он должен полностью соответствовать тем требованиям, которые предъявляются к данному виду документа. Несоблюдение этих требований делает невозможным их проверку и оценку.

Все проекты, независимо от типа и направления, должны быть адекватными по трудоемкости, которая определяется объемом выполненных расчетов, количеством листов графического материала и плотностью изображений на них, а также их сложностью. Таблицы,

текст, графические изображения алгоритмов и т.п., вынесенные в качестве графического материала на листы, не могут равноценно заменять по объему чертежи, схемы и плакаты и должны выходить за пределы установленного минимума количества листов формата *A1*.

В настоящем учебном пособии рассматриваются вопросы, связанные с методикой выполнения дипломных проектов бакалавров. Авторы стремились обобщить и систематизировать информацию, необходимую для выполнения дипломных проектов студентами направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (особенно профиля «Технология машиностроения»). Все методические положения, относящиеся к разработке технологических и конструкторских вопросов, рассматриваются в свете требований стандартов Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), Единой системы технологической документации (ЕСТД) и Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). При написании пособия использовался многолетний опыт подготовки инженеров - механиков на кафедре «Технология машиностроения» филиала ФГБОУ ВО "Сам ГТУ" в г. Сызрани, материалы учебных пособий кафедры по дипломному проектированию, а также методические рекомендации учебно-методического объединения по образованию в области автоматизированного машиностроения по квалификационным работам бакалавров и инженеров.

Учебное пособие содержит материалы, необходимые для проектирования технологических процессов механической обработки деталей машин и средств их оснащения. Представлены данные по выполнению дипломных проектов с развитой научно-исследовательской и конструкторской частью. Приводятся методические указания по оформлению графической части проектов и расчетно-пояснительной записки.

Учебное пособие подготовлено коллективом авторов: профессором Железновым Г.С. - предисловие, введение, раздел 1, раздел 2, (глава 3 - выполнена в рамках базовой части

государственного задания №2014/199 Минобрнауки РФ); доцентом Осиповым А.П. - разделы 2, 3, 4, 5; доцентом Петровой С.П. - разделы 2 и 3.

Авторы надеются, что данное пособие будет полезно студентам при выполнении дипломных проектов.

Глава 1. СОДЕРЖАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

1.1. Содержание задания

В задании на выполнение дипломного проекта должна быть сформулирована тема проекта и определены:

- объем производства и годовая программа;
- исходные данные к проекту: рабочие чертежи деталей, на которые потребуется подробная технологическая разработка; чертежи сборочного узла или изделия и технические условия на изготовление и сборку;
- перечень основных вопросов, подлежащих разработке;
- объем графического материала с точным указанием обязательных чертежей;
- фамилии руководителя и консультантов по проекту.

Пример задания на дипломный проект научно-исследовательской тематики дан в *приложении 1*.

Выполнение дипломного проекта производится студентом в соответствии с графиком, разрабатываемым на кафедре. В задании необходимо предусмотреть патентную проработку темы в целом и обязательно одного из объектов проектирования.

Если требования к технологическим темам профиля «Технология машиностроения» достаточно полно определены в стандарте предприятия, то требования к конструкторским и исследовательским темам по профилю «Технология машиностроения» пока не определены. Поэтому на практике на такие темы техническое задание разрабатывается весьма укрупнено и по существу не является таковым, так как содержит только наименование разделов. Техническое задание должно быть разработано как минимум с указанием подразделов, т.е. содержание всех разделов должно быть описано соответствующими заголовками подразделов. Дипломные проекты - это применение и расширение знаний студента при разработке вопросов технического задания. Техническое задание на

дипломный проект должно исходить из методических указаний, разработанных кафедрой и тем дипломных проектов.

Примерная тематика дипломных проектов с развитой научно-исследовательской частью дана в *приложении 2*.

Техническое задание на исследовательскую тему должно содержать следующие разделы и подразделы:

1. Состояние вопроса.

1.1. Анализ литературных данных.

1.2. Анализ и обобщение производственного опыта на примере конкретных предприятий.

1.3. Цель и задачи исследования.

2. Методы и способы исследования.

3. Методика и план исследования.

4. Исследование (теоретическое, аналитическое и т.п.) конкретных вопросов и зависимостей - излагаются конкретные задачи подраздела.

5. Экспериментальное исследование.

5.1. Разработка плана исследования.

5.2. Аппаратура для исследования.

5.3. Исследование параметров, зависимостей и т.п.

(Дать заголовки пунктов 5.3.1, 5.3.2 и т.д.)

6. Внедрение или рекомендации по применению на практике результатов исследования.

В п. 6.1, 6.2 и т.д. необходимо описать конкретные рекомендации или случаи внедрения результатов исследования.

7. Общие выводы по работе.

Заключение.

Конструкторско-технологические темы по профилю "Технология машиностроения" могут быть посвящены разработке устройств, непосредственно обеспечивающих функционирование технологических систем механической обработки или сборки изделий, к которым относятся:

- проектирование специальных металлорежущих станков;

- модернизация существующих металлорежущих станков;
- проектирование комплекса специальных приспособлений для обработки нескольких однотипных деталей;
- проектирование комплекса металлорежущих инструментов для обработки определенного вида поверхностей (шлицевых, зубчатых колес, плоскостей, круглых цилиндрических, конических, отверстий, резьбовых поверхностей и т.п.);
- проектирование автоматических линий с подробной разработкой технологических процессов;
- проектирование гибких автоматических линий;
- проектирование робототехнологических комплексов;
- проектирование транспортных средств и средств автоматизации;
- разработка конструкции изделия или сборочной единицы, например, узла опорного винта направляющего подшипника вертикальной гидротурбины.

Приведенный перечень тем не претендует на полноту, возможны и другие темы, но независимо от этого, разработка каждой темы должна предусматривать определение технологических параметров системы или оборудования: производительность, точность размеров, шероховатость, основанные на оптимальных геометрических параметрах инструментов, режимов резания и технологических процессов.

Недопустимо сводить тему конструкторского дипломного проекта до уровня разработки простейших устройств: тисков, патронов, приспособлений и т.п., предназначенных для обработки одной конкретной детали. Такие темы в лучшем случае соответствуют уровню техника, но не бакалавра.

Комбинированные темы: конструкторско-технологические, конструкторско-исследовательские, технологическо - исследовательские и другие должны отвечать всем требованиям, предъявляемым к составляющим частям проекта в качественном отношении, но не в количественном. Любая тема предполагает наличие технологической части. Для конструкторско-

технологической темы это может быть обработка детали простой формы или разработка технологического процесса сборки изделия. Результативность рекомендаций и выводов научно-исследовательской темы должна быть подтверждена практическим примером использования в технологическом процессе обработки детали.

1.2. Порядок выполнения дипломного проекта

Дипломный проект выполняется в три этапа: сбор и анализ материалов, необходимых для выполнения проекта, выполнение содержательной части и защита дипломного проекта.

В период прохождения производственной практики студент должен изучить и проанализировать основные технические, организационные и экономические вопросы производства, которые ему надлежит решить в своем проекте.

Собранные на производстве материалы являются лишь исходными данными для проектирования. Они не должны быть перенесены в дипломный проект без соответствующей творческой переработки. Материал к дипломному проектированию бакалавры подготавливают при выполнении курсовых проектов.

Второй период производится в соответствии с заданием на основе критического анализа собранных и изученных по литературным источникам материалов. Студент должен тщательно изучить не только отечественные, но и зарубежные данные по всем вопросам, затрагиваемым в проекте. Для этого можно использовать данные, полученные из интернета, переводную литературу, реферативные журналы «Технология машиностроения», «СТИН», «Вестник машиностроения» и другую периодическую литературу.

Разработка мероприятий по снижению трудоемкости начинается с рационального выбора заготовок (с учетом типа производства), после чего устанавливается оптимальная маршрутная технология

механической обработки деталей и выбираются оборудование и технологическая оснастка.

Согласовав принципиальные вопросы дипломного проекта с научным руководителем, студент приступает к выполнению проекта.

Одновременно с выполнением каждого этапа проекта составляется соответствующий раздел расчетно-пояснительной записки.

Полностью выполненный дипломный проект представляется студентом на кафедру руководителю проекта в электронном виде в двух файлах: один – с полной версией дипломного проекта, второй – для проверки в системе "Антиплагиат. ВУЗ" в соответствии с положением о проверке выпускных квалификационных работ обучающихся на наличие заимствований не менее чем за 20 дней до начала работы ГЭК по защите дипломного проекта, подписывается заведующим кафедрой, после чего студент получает направление на рецензию.

Дипломный проект разрабатывается студентом-дипломником самостоятельно. Консультации с научным руководителем и консультантами по отдельным разделам проекта не снимают с него ответственности за качество дипломного проекта. В течение дипломного проектирования кафедра проводит два просмотра дипломных проектов всех студентов и предварительную защиту.

1.3. Состав и объем дипломного проекта

Дипломный проект состоит из расчетно-пояснительной записки (РПЗ) (объемом 50 - 60 с.) и графической части, состоящей из чертежей формата А1 не менее 8 листов. Состав и структурное построение РПЗ должны соответствовать ее типовому содержанию, приведенному в приложении 1.

Расчетно-пояснительная записка дипломного проекта с развитой научно - исследовательской частью содержит обычно следующие разделы:

1. Введение.
2. Постановка цели и задач исследования.
3. Научно-исследовательская часть (при наличии).
4. Конструкторская часть (при наличии).
5. Технологическая часть.
6. Безопасность жизнедеятельности, экологическая чистота

производства.

7. Организационно-экономические вопросы.

Заключение.

Библиографический список.

Приложения.

В состав графических разработок тем научно-исследовательского содержания могут быть включены следующие материалы:

1. Чертеж общего вида экспериментальной установки.....1 - 2 л.
2. Структурные, кинематические, гидравлические, электрические и другие схемы устройств, механизмов и приборов, разработанных (исследованных) в работе1 - 2 л.
3. Чертежи общих видов устройств механизмов и приборов2 л.
4. Графики, диаграммы, фотографии, осциллограммы и другие материалы, полученные в результате теоретико-экспериментальных исследований.....3 - 4 л.
5. Технологические эскизы.....2 л.
- Всего.....9 – 12 л.

Дополнительно студент может представить в ГЭК экспериментальные образцы или макеты приборов, приспособлений, сборочных единиц, устройств, механизмов, изготовленные самим студентом или по его чертежам и эскизам.

Содержание расчетно-пояснительной записки и графической части проекта может резко изменяться в зависимости от особенностей темы, но соблюдение пропорций отдельных частей дипломного проекта является обязательным:

научно-исследовательская часть — 50-60%,

конструкторская и технологическая части — 30-40%.

организационно-экономическая часть — 10%.

При этом все части проекта должны быть органически связаны.

В ряде проектов рассматриваемого типа технологические разработки можно не включать. В этом случае соответственно увеличивается объем конструкторской части: например, число листов чертежей, посвященных конструктивным разработкам, увеличивается до 5-8.

Расчетно-пояснительная записка проекта с развитой конструкторской частью обычно содержит следующие разделы:

Введение.

1. Задание на проектирование.
2. Конструкторская часть.
3. Технологическая часть.
4. Техничко-экономические расчеты.
5. Организация производства.
6. Техника безопасности и охрана труда.

Заключение.

Библиографический список.

Приложения.

В зависимости от особенностей каждой темы может быть изменена как приведенная последовательность разделов, так и их объем и наименование. Например, зачастую экономические обоснования технических решений помещают в соответствующих разделах, не выделяя экономическую часть проекта в отдельный раздел.

Состав графической части проекта с развитой конструкторской частью должен быть примерно следующий:

- принципиальные или кинематические схемы, раскрывающие принцип работы проектируемого устройства.....1 л.
- чертеж общего вида изделия, сборочной единицы
- или агрегата.....1 - 2л.
- рабочие чертежи основных деталей.....1 л.

- расчетные схемы, графики нагрузок, эпюры нагрузок основных деталей, графики, показывающие зависимость эксплуатационных характеристик от основных режимных параметров работы устройства.....1 л.
- чертежи монтажные.....1 л.
- циклограммы работы автоматического оборудования.....1 л.
- технико-экономические характеристики устройства при эксплуатации на оптимальных условиях.....1 л.
- технологические наладки обработки детали изделия.....2 л
- Всего9-10 л.

Содержание графического материала конкретизируется для каждой темы проекта.

Комбинированные темы: конструкторско-исследовательские, технологическо - исследовательские и др. должны отвечать всем требованиям, предъявляемым к составляющим частям проекта в качественном отношении, но не в количественном.

1.4. Защита дипломного проекта

Защита дипломного проекта производится на заседании государственной экзаменационной комиссии (ГЭК), назначаемой ректором университета. В состав комиссии входят ведущие преподаватели, представляющие различные специальные дисциплины. В комиссию в обязательном порядке включаются ведущие специалисты предприятий, практическая деятельность которых соответствует профилю подготовки студентов. К защите дипломного проекта допускаются студенты, выполнившие все требования учебного плана и программ. Списки этих студентов, а также отзыв руководителя работы, рецензия на работу и другие материалы представляются в ГЭК деканом факультета.

Серьезное внимание перед защитой необходимо уделить подготовке доклада. Он должен быть рассчитан примерно на 10-15

минут. За это время ясно, в сжатой форме должны быть изложены основные вопросы проекта. Пример доклада на защите приведен в *приложение 7*.

Рекомендуется следующая схема доклада в случае конструкторской (научно-исследовательской) темы:

- краткий анализ состояния вопроса и постановка цели и задач проекта;

- характеристика и анализ конструкции изделия (технологического метода обработки поверхности, конструкции режущего инструмента и т.п.) и обоснование его совершенствования;

- описание новой конструкции (предлагаемого метода обработки, конструкции режущего инструмента с режимами его использования и т.п.);

- решение исследовательских задач;

- обоснование экономической эффективности принятых решений;

- формулирование общих выводов по работе и технологических рекомендаций.

В докладе необходимо отразить творческий вклад студента - дипломника во все проектные решения.

Глава 2. ДИПЛОМНЫЕ ПРОЕКТЫ С РАЗВИТОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТЬЮ

2.1. Раздел работы «Введение»

Научно-исследовательская работа, составляющая основное содержание дипломных проектов этого типа, обычно является продолжением и развитием НИР, которую студент выполнял под руководством преподавателей кафедры по тематике УНИРС, госбюджетной тематике и хозяйственным договорам.

Однако это условие не является обязательным, тем более что, как правило, студент включается в разработку темы, которой занимается руководитель дипломного проекта довольно поздно.

Темы дипломных проектов с развитой научно-исследовательской частью разнообразны (см. приложение. 2). Исследование должно иметь законченный характер по теме в целом, если она посвящена узкому вопросу, или представлять законченный раздел комплексной темы.

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, основание и исходные данные для разработки темы, обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы, сведения о патентных исследованиях и выводы из них.

Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы, связь с другими научно - исследовательскими работами, практическая целесообразность разработки темы.

2.2. Постановка цели и задач исследования

Цель и задачи исследования могут быть сформулированы на основе изучения и критического анализа научно-исследовательских работ и достижений отечественной и зарубежной техники в исследуемой области. При постановке цели и задач, решаемых в дипломном проекте, особое внимание необходимо обращать на научно-практическую и социальную значимость, технико-экономическую эффективность и перспективность.

Все это требует изучения библиографии, сбора и систематизации соответствующих материалов: публикаций в отечественной и

зарубежной литературе, проспектов, каталогов, патентов, авторских свидетельств на изобретения, ГОСТ, паспортов оборудования, технических описаний.

Глубина поиска – 10 лет.

Чтобы сократить объем этого раздела дипломного проекта, следует концентрировать привлекаемые материалы, сводить их в таблицы, строить графики, диаграммы, схемы и т.д.

После рассмотрения работ необходимо критически сопоставить точки зрения их авторов, дать оценку состояния исследуемого вопроса, выразить свое мнение о достоверности и достаточности литературных данных, о методике исследования, противоречивых или ошибочных положениях и выводах. В конце анализа делают выводы, в которых должны быть сформулированы вопросы, требующие дальнейшего исследования, приводят рабочую гипотезу и основное направление, в котором следует проводить исследование. По результатам анализа и сделанных выводов формулируют цель и задачи исследования, которое предстоит выполнить студенту в дипломном проекте.

Пример формулировки цели и задач исследования.

Цель дипломного проекта – исследование механизма формирования обработанной поверхности при разворачивании и создание на этой базе методики проектирования режущего инструмента и технологических процессов обработки отверстий разворачиванием.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать механизм формирования геометрических параметров обработанной поверхности и ее шероховатости при разворачивании.

2. Исследовать основные физические параметры, определяющие процесс резания при разворачивании.

3. Исследовать неравномерную загрузку зубьев разверток и разработать математическую модель разбивки и образования

отклонений формы обработанной поверхности, обусловленной неравномерной разбивкой.

4. Разработать конструкции и методику проектирования разверток, обеспечивающих высокую точность и качество обработанных отверстий.

5. Разработать и экспериментально обосновать технологические регламенты по развертыванию тонкостенных заготовок, обеспечивающих точность обработки отверстий и возможность повышения производительности обработки.

6. Провести испытания новых средств технологического оснащения операций развертывания.

2.3. Методика исследований

Методику разрабатывают для экспериментального решения поставленных задач исследования.

Рекомендуется разрабатывать методику исследований в дипломном проекте по следующей схеме [54]:

1. Критерии оценки эффективности исследуемого процесса (устройства, машины);

2. Параметры, контролируемые при исследованиях;

3. Методика аналитических исследований, математические модели, численное моделирование;

4. Математическое планирование экспериментов;

5. Условия экспериментальных исследований (оборудование, стенды, экспериментальные установки, приборы, аппаратура, оснастка, образцы, режимы обработки, методы и средства измерения контролируемых параметров);

6. Условия и порядок проведения эксперимента (натурный эксперимент, физическое моделирование, компьютерное моделирование);

7. Состав опытов;

8. Обработка результатов исследований и их анализ, выводы, предложения, рекомендации.

Теоретические положения и созданные на их основе модели должны базироваться на строго доказанных выводах фундаментальных и прикладных наук, таких как математический анализ, математическая статистика, теория оптимизации и планирования эксперимента, теория резания, технология машиностроения и др.

В настоящее время благодаря развитию математической теории экспериментов существует возможность применения математических методов не только при обработке результатов наблюдений, но и при планировании экспериментального исследования. Планирование эксперимента — это постановка опытов по некоторой заранее составленной схеме, обладающей какими-то оптимальными свойствами. Под планированием эксперимента понимают процедуру выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Основная задача планирования эксперимента — оптимизация уровней факторов, при которых отклик (параметр оптимизации) принимает экстремальное значение. При этом определяется минимальное число опытов, дающих на каждом этапе исследования оценку отклика с заданной точностью. Определение числа опытов проводят по методике, изложенной в работе [55] с учетом поставленных задач исследования и надежности получения результатов.

В отличие от наиболее распространенного однофакторного метода исследования, когда изучается действие каждого фактора в отдельности, применение метода планирования эксперимента позволяет при исследовании сложных процессов выполнять эксперименты так, чтобы варьировать все факторы сразу. Это способствует повышению эффективности эксперимента, выражающейся в том, что интересующие исследователя параметры определяются со значительно меньшей ошибкой, чем при

традиционных методах исследования. При этом с повышением числа факторов повышается точность эксперимента.

При планировании эксперимента должны быть определены необходимое число опытов, последовательность проведения эксперимента, математическая модель для описания эксперимента.

При составлении плана проведения экспериментального исследования для каждой независимой переменной выбирается определенное число уровней варьирования, поэтому необходимое число опытов определяется числом возможных комбинаций уровней варьирования независимых переменных, а также количеством повторных опытов.

Для планируемого эксперимента важную роль играет последовательность выполнения опытов. В целях усреднения эффектов от неконтролируемых переменных, сопутствующих любому экспериментальному исследованию (например, от неоднородности обрабатываемого материала и материала режущего инструмента и т.д.) отдельные опыты следует проводить в случайной последовательности. Случайная последовательность проведения эксперимента может быть определена, например, с помощью таблиц случайных чисел, лотереи, путем бросания игральной кости или других способов.

Сложнее решается вопрос выбора математической модели, описывающей эксперимент. В наиболее общем случае при исследовании процессов, зависящих от многих факторов, когда механизм процесса неизвестен, обычно прибегают к представлению результатов исследования полиномом. При такой математической модели можно улучшать аппроксимацию повышением порядка полинома, и при этом аппроксимирующая функция остается линейной по параметрам; это, в свою очередь, облегчает применение метода наименьших квадратов для количественной оценки постоянных коэффициентов полинома. В целях облегчения решения системы нормальных уравнений обычно применяют матричную алгебру, представляя результаты наблюдений в матричной форме. Для упрощения расчетов матриц, чтобы превратить их в единичные,

применяют кодирование, которое осуществляется с помощью уравнений преобразования.

При использовании современного математического аппарата для описания процесса (объекта) исследования в расчетно-пояснительной записке следует дать описание этого аппарата. В методике исследований приводят описание оборудования, экспериментальных установок, стендов, измерительных схем, аппаратуры, оснастки, необходимых для проведения экспериментов. Весьма тщательно следует подходить к описанию условий и порядка проведения опытов (оборудование, образцы, инструмент, режимы обработки или функционирования). Экспериментальные исследования должны быть метрологически обеспечены. При описании параметров, контролируемых при исследованиях с применением стандартных методов измерения, приборов и устройств, достаточно указать, чем и как измеряется каждый параметр объекта (процесса) и указать в каждом случае погрешность измерения. Особое внимание следует обратить на разработку нестандартных методов измерения исследуемых объектов и оценки процесса.

Для получения максимума информации об исследуемом объекте или процессе при минимально возможном числе экспериментов необходимо определить состав опытов и выбрать методы планирования экспериментов [56].

В дипломных проектах с развитой научно-исследовательской частью рекомендуется применение статистического метода планирования многофакторного эксперимента [8], [9], [23], [54], [55], [56], [76] [77], так называемого активного эксперимента, с автоматизацией статистической обработки результатов эксперимента и получением математической модели технологического процесса (операции) на ЭВМ.

В разделе дипломного проекта, посвященном методике исследований, должен быть приведен анализ полученной информации с целью оценки научной достоверности полученных результатов и адекватности математической модели с опытными

данными. При анализе полученной информации применяют теоретико-вероятностный и расчетно-статистический методы (регрессионный, дисперсионный и корреляционный анализ) [23], [54], [77] и др., а при исследовании сложных процессов (объектов) используют математическое моделирование их на ЭВМ с последующей сравнительной оценкой полученных результатов с данными эксперимента.

Примеры методик планирования экспериментов для решения различных задач исследования и определения состава и качества опытов приведены ниже.

Пример 1. Математическое планирование эксперимента при определении температурных деформаций резца при точении.

Пластическое деформирование и трение, составляющие физическую сущность процессов обработки резанием, сопровождаются интенсивным тепловыделением. Под действием теплоты режущий инструмент и обрабатываемая заготовка нагреваются, вследствие чего изменяются их размеры и форма. Это приводит к появлению погрешностей обработки.

Существенное влияние на точность обработки оказывают температурные деформации режущего инструмента, которые в ряде случаев могут достигать значительной величины. С позиций обеспечения точности температурные деформации инструмента представляют наибольший интерес для условий чистовой обработки.

В процессе обработки конструкционной мягкой стали тепловое равновесие устанавливается значительно быстрее, чем при точении легированной стали. При повышении скорости резания, глубины резания и подачи интенсифицируется нагревание, а, следовательно, увеличивается удлинение резца.

Большое влияние на удлинение оказывает вылет резца. При уменьшении вылета резца его удлинение значительно сокращается. Удлинение резца приблизительно обратно пропорционально площади поперечного сечения его стержня. С увеличением толщины пластинки твердого сплава удлинение резца уменьшается.

Нагревание и удлинение резцов прямо пропорциональны твердости обрабатываемого материала.

В обычных условиях работы без охлаждения удлинение резца может достигать 30-50 мкм. При создании обильного охлаждения удлинение резцов уменьшается в 3-3,5 раза.

Закон изменения температурных деформаций l_0 по времени можно характеризовать показательными функциями:

при охлаждении

$$\Delta l = \Delta l_p \cdot e^{-\alpha T} ; \quad (2.1)$$

при нагревании

$$\Delta l = \Delta l_p (1 - e^{-\alpha T}), \quad (2.2)$$

где Δl – величина удлинения;

Δl_p – величина удлинения при установившемся режиме теплового равновесия;

α – коэффициент, характеризующий форму кривой;

T – время.

Наибольший рост температурных деформаций наблюдается в начальный период времени работы резца, затем интенсивность роста понижается, и, наконец, наступает период установившегося теплового режима, в течение которого температурные деформации практически не изменяются.

Аналитический расчет температурных деформаций резца при нагревании или охлаждении по формулам (2.1), (2.2) может быть осуществлен лишь в том случае, когда помимо коэффициента α известна величина удлинения резца при установившемся режиме теплового равновесия.

При токарной обработке величина температурных деформаций резца в основном зависит от режимов резания, механических свойств обрабатываемого материала, конструкции и геометрии резца. Как показали результаты экспериментальных исследований, эта зависимость в общем виде может быть аппроксимирована функцией

$$\Delta l_p = C \frac{l_p}{F} \sigma_B t^m S^n V^k, \quad (2.3)$$

где Δl_p – удлинение резца, соответствующее установившемуся тепловому состоянию резца, мкм;

l – вылет резца, мм;

F – площадь сечения резца, мм²;

σ_B – предел прочности обрабатываемого материала, МПа;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – скорость резания, м/мин;

m, n, k – показатели степени

Обозначив
$$A = C \frac{l}{F} \sigma_B = \text{const},$$

выражение (2.3) можно представить следующим образом

$$\Delta l_p = A t^m S^n V^k, \quad (2.4)$$

где A – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, а также от материала, геометрии и размеров резца.

Из уравнения (2.4) следует, что для расчета Δl_p , необходимо определить зависимости Δl_p от режимов резания.

Для решения этой задачи, в целях сокращения числа опытов, используется статистический метод планирования экспериментов. Предусматривается применение метода многофакторного планирования эксперимента при исследовании зависимости стационарных температурных деформаций резца Δl_p от режимов резания. Как показали результаты экспериментов, выполненных рядом исследователей, эта зависимость в общем виде может быть аппроксимирована степенной функцией (2.4).

Степенная функция (2.4) после логарифмирования может быть преобразована в линейное уравнение:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3, \quad (2.5)$$

где y – логарифм температурных деформаций резца; b_0, b_1, b_2 и b_3 - параметры; x_1, x_2, x_3 - логарифмы V, S и t .

Проведение статистического анализа, заключающегося в проверке значимости коэффициентов регрессии и гипотезы адекватности представления опытных данных выбранной математической моделью, не предусматривается. Поэтому для трех независимых переменных V, S и t можно выбрать два уровня варьирования (верхний и нижний), а при планировании эксперимента использовать полуреплику от полного факторного эксперимента типа 2^3 . В этом случае следует поставить 2^{3-1} опытов, т.е. всего четыре опыта, планируя эксперимент так, как это показано в табл. 2.1. Уровни варьирования независимых переменных V, S и t в данной таблице представлены в закодированном виде: верхнему уровню соответствует (+1), а нижнему - (-1).

Кодирование производилось при помощи уравнений преобразования:

$$x_1 = \frac{2(\lg V - \lg V_{\max})}{\lg V_{\max} - \lg V_{\min}} + 1;$$

$$x_2 = \frac{2(\lg S - \lg S_{\max})}{\lg S_{\max} - \lg S_{\min}} + 1;$$

$$x_3 = \frac{2(\lg t - \lg t_{\max})}{\lg t_{\max} - \lg t_{\min}} + 1.$$

Таблица 2.1

Матрица планирования

Номер	Матрица планирования				Температурные деформации	$y = \ln \Delta l_p$
	Скорость резания	Подача S ,	Глубина резания	Кодовое обозначение		

	V , м/мин	мм/об	t , мм	x_0	x_1	x_2	x_3	резца Δl_p	
1	V_{min}	S_{miu}	t_{max}	+1	-1	-1	+1	Δl_{p1}	y_1
2	V_{max}	S_{min}	t_{min}	+1	+1	-1	-1	Δl_{p2}	y_2
3	V_{max}	S_{max}	t_{min}	+1	-1	+1	-1	Δl_{p3}	y_3
4	V_{max}	S_{max}	t_{max}	+1	+1	+1	+1	Δl_{p4}	y_4

Величина x_0 представляет собой значение фиктивной переменной, она всегда принимается равной +1 и используется для определения свободного члена b_0 уравнения (2.5).

Параметры уравнения (2.5) определяются по формулам

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{4} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4); \\ b_1 &= \frac{1}{4} (-y_1 + y_2 - y_3 + y_4); \\ b_2 &= \frac{1}{4} (-y_1 - y_2 + y_3 + y_4); \\ b_3 &= \frac{1}{4} (y_1 - y_2 - y_3 + y_4), \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

где y_1, y_2, y_3, y_4 – логарифмы фактических значений температурных деформаций резца для разных номеров опытов.

Полученное после подстановки в выражение (2.5) численных значений параметров b_0, b_1, b_2 и b_3 линейное уравнение может быть вновь преобразовано в степенную функцию. Для этого необходимо значения x_1, x_2 и x_3 выразить через V, S и t , используя для этой цели формулы преобразования, и путем потенцирования перейти от логарифмов к числам. Таким образом, по результатам весьма ограниченного числа опытов (меньшего, чем при традиционном однофакторном планировании) может быть получено уравнение, выражающее зависимость температурных деформаций резца от режимов резания.

На основе применения методики планирования эксперимента проведено исследование влияния режимов резания на температурную

деформацию токарного резца при точении с применением статистического метода планирования экспериментов.

Работа выполнялась на токарно-винторезном станке. Обработываемая заготовка - пруток диаметром 90-100 мм., длиной 700-850 мм., материал заготовки сталь 30. Инструмент - резец проходной правый, оснащенный пластинкой из твердого сплава Т5К6. Температурные деформации резца фиксировались индикатором с ценой деления 0,001 мм.

Измерения проводили в следующей последовательности. Через определенное время работы быстро отводили резец от обрабатываемой заготовки и измеряли его укорочение при остывании до температуры окружающей среды. Величина укорочения резца равна предшествующему его удлинению в процессе резания. Эти измерения проводили неоднократно через определенные промежутки времени работы резца.

Примеры заполнения таблиц по результатам эксперимента даны в табл. 2.2, 2.3.

Рассчитав коэффициенты b_0 , b_1 , b_2 и b_3 по формуле (2.6), нашли зависимости x_1 , x_2 и x_3 от V , S и t .

Подставив в формулу (2.5), нашли зависимость y от V , S и t :

$$y = 3,539 + 0,136 \ln V + 0,942 \ln S + 0,306 \ln t .$$

Таким образом, $\Delta l_p = e^{3,539} \cdot V^{0,136} \cdot S^{0,942} \cdot t^{0,306}$

Таблица 2.2

Результаты опытов

Номер опыта	n , об/мин.	Скорость резания, V , м/мин	Подача, S , мм/об	Глубина резания, t , мм	Температурная деформация резца, Δl_p , мкм	$y = \ln \Delta l_p$
1	200	44	0,1	0,4	9	2,197
2	400	88	0,1	0,2	8	2,079
3	200	44	0,2	0,2	14	2,639

4	400	88	0,2	0,4	19	2,944
---	-----	----	-----	-----	----	-------

Таблица 2.3

Результаты опытов

Параметры	Время, мин									
	работа резца					охлаждение резца				
	1	2	5	10	15	1	2	5	10	20
Путь резания L_p , м	110	220	550	1100	1650	-	-	-	-	-
Температурные деформации при нагревании Δl_i , мкм	3	5	18	22	25	-	-	-	-	-
Температурные деформации при охлаждении $\Delta l'_i$, мкм	-	-	-	-	-	25	24	21	16	9

Пример 2. Определение оптимальных геометрических параметров режущей части разверток, оснащенных поликристаллическим эльбором.

Геометрия режущей части разверток, оснащенных поликристаллическим эльбором, количественно отличается от геометрии быстрорежущих и твердосплавных разверток. Эти отличия обусловлены сравнительно низкой прочностью эльбора, малыми размерами поликристаллов, сравнительно высокими скоростями резания и малыми подачами, характерными для обработки. Низкая прочность поликристаллов эльбора на изгиб определяет необходимость малых передних углов. Малые размеры поликристаллов обуславливают небольшую длину калибрующей и режущей частей. Последнее определяет необходимость применения увеличенных углов в плане.

Высокая скорость резания определяет необходимость увеличения угла заострения лезвия с целью улучшения теплоотвода и снижения температуры нагрева лезвия.

Малые подачи с учетом радиуса округления режущих кромок определяют несущественное влияние переднего угла заточки на процесс стружкообразования и возможность его уменьшения, а также целесообразность увеличения заднего угла.

Вышесказанное определяет качественную сторону выбора геометрических параметров разверток из эльбора, но не определяет ее количественную. Конкретные значения углов необходимо определить экспериментально, поскольку других путей решения этой задачи неизвестно. Данные соображения позволяют сузить область изменения переменных факторов, определяющих геометрию, до минимума.

В качестве параметров рассматривали следующие элементы геометрии развертки: передний угол γ , главный угол в плане φ и задний угол α .

Влияние геометрических параметров на стойкость определяли методом математического планирования эксперимента.

Зависимость $T=f(\gamma, \varphi, \alpha)$ было принято аппроксимировать полиномом второй степени. Эксперименты проводили по программе центрального композиционного рототабельного планирования второго порядка. При этом постоянные факторы имели следующие значения: скорость резания $V=2,0\text{м/с}$, подача на зуб $S_z=0,06\text{мм}$, глубина резания $t=0,2\text{мм}$. Уровни факторов и интервалы варьирования выбраны по результатам поисковых экспериментов. Переменные факторы, уровни и интервалы варьирования приведены в табл. 2,4.

Таблица 2.4

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы, град.	Кодовое обозначе ние	Интервалы варьирован ия	Натуральные уровни факторов, соответствующие кодированным				
			+1,682	+1	0	-1	- 1,682
($-\gamma$)-	x_1	5	28,41	25	20	15	11,59

передний угол							
ф-гл. угол в плане	x_2	10	46,88	40	30	20	13,18
α-задний угол	x_3	5	23,41	20	15	10	6,59

Матрица планирования и результаты опытов приведены в табл. 2.5.

Центральный композиционный рототабельный план второго порядка для трех факторов состоит из плана полного факторного эксперимента 2^3 (опыты 1-8), шести опытов в “звездных точках” (опыты 9-14) и шести опытов в центре плана (опыты 15-20).

Влияние геометрических параметров инструмента на его стойкость описывается экстремальными зависимостями, которые с достаточной точностью аппроксимируются полиномом второго порядка:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2.$$

По результатам спланированного эксперимента определяли коэффициенты уравнения регрессии.

После подстановки коэффициентов уравнение приняло вид:

$$y = 81,7 + 6,6x_1 + 4,9x_2 + 0,4x_3 + 3,25x_1x_2 + 0,5x_1x_3 - 1,5x_2x_3 - 16x_1^2 - 6,18x_2^2 - 10,3x_3^2.$$

Таблица 2.5

Матрица планирования и результаты опытов

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	Y_i , мин
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	60
2	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	62
3	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	46
4	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	42

5	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	43
6	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	47
7	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	42
8	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	40
9	+	+1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	61
10	+	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	30
11	+	0	+0,1682	0	0	0	0	0	2,829	0	79
12	+	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	64
13	+	0	0	+0,1682	0	0	0	0	0	2,829	63
14	+	0	0	-0,1682	0	0	0	0	0	2,829	60
15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
16	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
17	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
18	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
19	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84
20	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86

Для проверки адекватности полученного уравнения и определения дисперсий коэффициентов необходимо знать дисперсию S_y^2 воспроизводимости эксперимента. Дисперсию S_y^2 воспроизводимости определяли по результатам шести опытов, поставленных в центре плана (опыты 15-20, табл. 2.5). Дисперсии, характеризующие ошибки в определении коэффициентов уравнения регрессии, вычисляли по формулам:

$$\begin{aligned}
S^2(b_0) &= 0,1666 ; & S_y^2 &= 2,38; & S(b_0) &= 1,54; \\
S^2(b_i) &= 0,07322; & S_y^2 &= 1,04; & S(b_i) &= 1,02; \\
S^2(b_{ji}) &= 0,125; & S_y^2 &= 1,79; & S(b_{ji}) &= 1,34; \\
S^2(b_{jj}) &= 0.0695; & S_y^2 &= 0.99; & S(b_{jj}) &= 1.
\end{aligned}$$

Доверительные интервалы для коэффициентов уравнения регрессии определяли с учетом табличного значения критерия Стьюдента при 5% уровне значимости и числе степеней свободы $f=n_0-1=6-1=5$

$$\Delta b_0 = \pm tS(b_0) = \pm 2,57 \cdot 1,54 = \pm 3,96;$$

$$\Delta b_i = \pm tS(b_i) = \pm 2,57 \cdot 1,02 = \pm 2,62;$$

$$\Delta b_{ji} = \pm tS(b_{ji}) = \pm 2,57 \cdot 1,34 = \pm 3,44;$$

$$\Delta b_{jj} = \pm tS(b_{jj}) = \pm 2,57 \cdot 1 = \pm 2,57.$$

Затем определяли значимость коэффициентов:

$$b_0 = 81,7 > \Delta b_0 = \pm 3,96; \quad b_1 = 6,6 > \Delta b_1 = \pm 2,62;$$

$$b_2 = 4,9 > \Delta b_i = \pm 2,62; \quad b_3 = 0,4 < \Delta b_i = \pm 2,62;$$

$$b_{12} = 3,25 < \Delta b_{ji} = \pm 3,44; \quad b_{13} = 0,5 < \Delta b_{ji} = \pm 3,44;$$

$$b_{23} = -1,5 < \Delta b_{ji} = \pm 3,44; \quad b_{11} = -16 > \Delta b_{ji} = \pm 3,44;$$

$$b_{22} = -6,8 > \Delta b_{ij} = \pm 2,57; \quad b_{33} = -10,3 > \Delta b_{ij} = \pm 2,57.$$

Коэффициенты $b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}$ меньше доверительных интервалов, поэтому их можно признать статистически незначимыми и исключить из уравнения регрессии. После исключения незначимых коэффициентов уравнение принимает вид

$$y = 81,7 + 6,6x_1 + 4,9x_2 - 16x_1^2 - 6,8x_2^2 - 10,3x_3^2.$$

Адекватность полученной модели проверяли с помощью F -критерия. $F_p = S_{ad}^2 / S_y^2$, где S_{ad}^2 - дисперсия адекватности, S_y^2 - дисперсия параметра оптимизации. Для определения S_{ad} вычисляли сумму S_R квадратов отклонений расчетных y_p значений функции отклика от экспериментальных y_i во всех точках плана.

Дисперсию адекватности определяли по выражению:

$$S_{ad}^2 = (S_R - y_n) / f,$$

где y_n - сумма результатов опытов в центре плана (табл. 5); f - число степеней свободы. Число степеней свободы $f = N - [k' - (n_0 - 1)]$, где k' - число статистически значимых коэффициентов модели, равное 6; N -

общее число опытов, равное 20; n_0 - число опытов в центре плана, равное 6.

Таким образом, $f = 19$ и $S^2_{ad} = (1241,58 - 519) / 19 = 38,03$

Для рассматриваемого случая, при котором $S_y^2=14,3$ значение критерия $F_p=38,03/14,3=2,66$.

Табличное значение F - критерия при 5%-ном уровне значимости, число степеней свободы для числителя 19 и для знаменателя 5 равно 4,85. Значение $F_p < F_T$, поэтому полученную модель можно считать адекватной.

Для определения оптимальных значений геометрических параметров развертки ($-\gamma$), φ , α дифференцировали полученное уравнение по x_1, x_2 и x_3 и приравнивали частные производные нулю

$$\begin{aligned}\partial y / \partial x_1 &= 6,6 - 32x_1 = 0; \\ \partial y / \partial x_2 &= 4,9 - 13,6x_2 = 0; \\ \partial y / \partial x_3 &= -20,6x_3 = 0.\end{aligned}\tag{2.7}$$

Получили следующие оптимальные значения рассматриваемых параметров: $x_1=0,21$, $x_2=0,36$, $x_3=0$.

Кодированные значения факторов связаны с натуральными следующими зависимостями:

$$\begin{aligned}x_1 &= (-\gamma) - (-\gamma)_0 / \varepsilon_1 = (-\gamma) - 20 / 5; \\ x_2 &= \varphi - \varphi_0 / \varepsilon_2 = \varphi - 30 / 10; \\ x_3 &= \alpha - \alpha_0 / \varepsilon_3 = \alpha - 15 / 5,\end{aligned}$$

где $(-\gamma)_0$, φ_0 , α_0 – основные уровни факторов в натуральном выражении;

- ε_1 , ε_2 , ε_3 – интервалы варьирования факторов.

Отсюда $\gamma_{\text{опт}} = -21,05^\circ$, $\varphi_{\text{опт}} = 33,6^\circ$, $\alpha_{\text{опт}} = 15^\circ$.

Оптимальные геометрические параметры режущей части разверток показаны на рис 2.1.

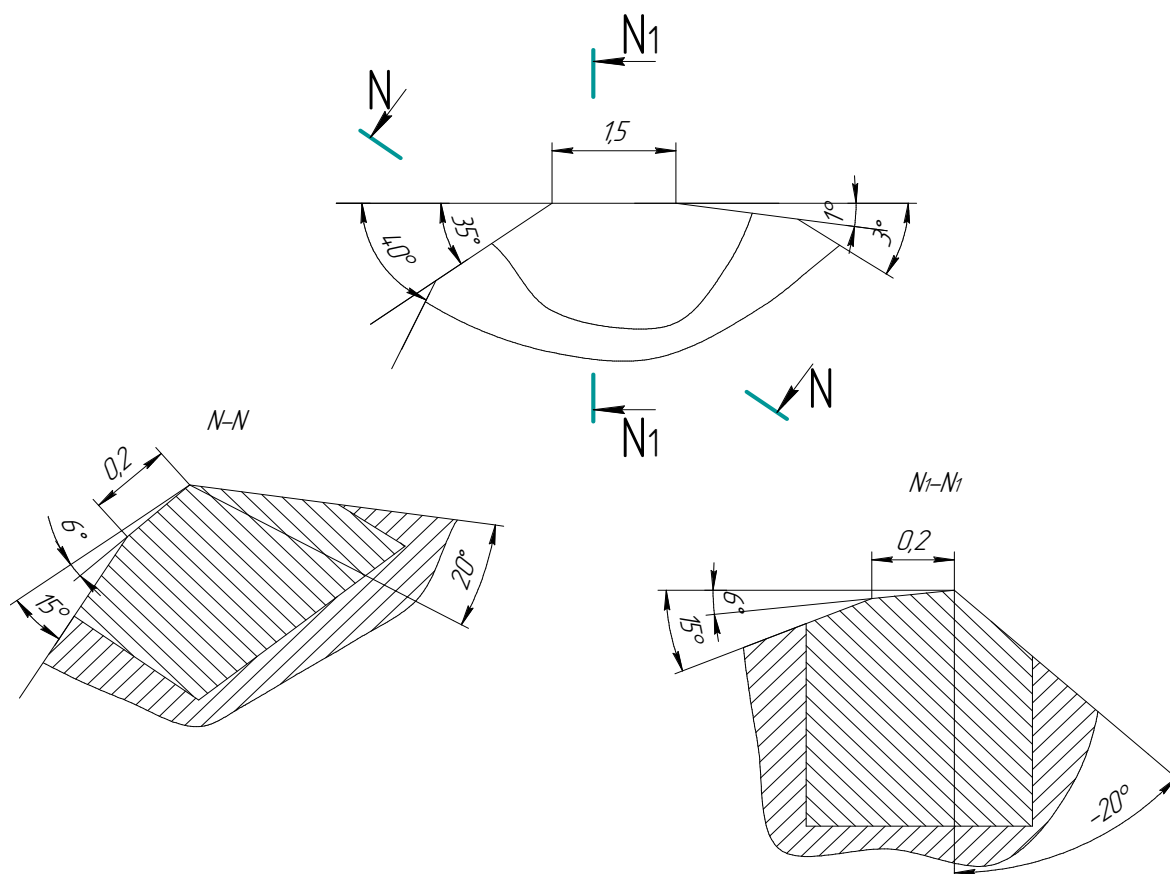


Рис. 2.1. Оптимальная геометрия режущей части развертки

По результатам экспериментов построены зависимости влияния геометрических параметров на стойкость разверток. Эти зависимости имеют экстремальный характер и свидетельствуют о значительном влиянии переднего угла γ , угла в плане ϕ и заднего угла α на стойкость. Однако область оптимальных углов выражена не достаточно четко и поэтому оптимальные значения углов заключены в следующих интервалах: передний угол $\gamma = -18^\circ \dots -20^\circ$; угол в плане $\phi = 30^\circ \dots 35^\circ$; задний угол $\alpha = 14^\circ \dots 18^\circ$.

Пример 3. Планирование эксперимента при исследовании влияния режимов резания на стойкость разверток.

Для выявления зависимости стойкости разверток от режимов резания был применен статистический метод планирования экстремальных экспериментов. Зависимость стойкости от исследуемых факторов можно представить уравнением регрессии степенного вида

$$T = C V^x S_z^y t^z$$

Данное уравнение после логарифмирования получило вид:

$$\ln T = \ln C + x \ln V + y \ln S_z + z \ln t$$

Если результаты эксперимента выразить полиномом вида:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3,$$

где $y = \ln T$, а x_1, x_2, x_3 - кодированные значения факторов V, S_z, t , то справедливость зависимости $T=f(V, S, t)$ можно установить проверкой адекватности линейной части полинома.

Принятые в исследовании уровни факторов и их кодовые обозначения указаны в табл. 6. Кодированные значения факторов x_1, x_2, x_3 будут равны +1 на верхнем уровне, нулю на основном уровне и -1 на нижнем уровне при натуральных значениях факторов, указанных в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Уровни факторов

Факторы	Кодированное значение	Натуральные уровни факторов, Соответствующие кодированным		
		верхний +1	основной 0	нижний -1
Скорость резания V , м/мин	x_1	160	120	80
Подача на зуб S_z , мм	x_2	0,1	0,06	0,02
Глубина резания t , мм	x_3	0,3	0,2	0,1

Формулы преобразования натуральных значений факторов в кодированные в данном случае имеют вид:

$$x_1 = 2(\ln V - \ln 160) / \ln 160 - \ln 80 + 1;$$

$$x_2 = 2(\ln S_z - \ln 0,1) / \ln 0,1 - \ln 0,02 + 1;$$

$$x_3 = 2(\ln t - \ln 0,3) / \ln 0,3 - \ln 0,1 + 1;$$

$$x_1 = 2,86 \ln V - 13,2;$$

$$x_2 = 1,25 \ln S_z + 3,53;$$

$$x_3 = 1,82 \ln t + 3,09.$$

Для определения коэффициентов полинома нами был проведен полный факторный эксперимент типа 2^3 . В табл. 2.7 представлены матрица планирования эксперимента и результаты опытов.

Опыты выполнялись в случайной последовательности, причем каждый опыт, предусмотренный матрицей планирования, повторяли 3 раза. Поэтому общее число опытов равно 24, а порядок их выполнения устанавливали по таблице случайных чисел.

Номера опытов выше 8-го относятся к повторным, например, условия опытов 1-го и 9-го одинаковы и соответствуют условиям 1-го опыта в матрице планирования и т.д.

Матрица планирования и результаты опытов

№ п/п	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	Стойкость Т, мин			T_{cp}	$y_1=lnT_1$	$y_2=lnT_2$	$y_3=lnT_3$	lnT_{cp}
									T_1	T_2	T_3					
1	+	-	-	-	+	+	+	-	105	107	115	109	4,65	4,67	4,74	4,69
2	+	+	-	-	-	-	+	+	57	53	60	57	4,04	3,97	4,09	4,04
3	+	-	+	-	-	+	-	+	58	59	65	61	4,06	4,08	4,17	4,11
4	+	+	+	-	+	-	-	-	32	34	30	32	3,47	3,53	3,4	3,47
5	+	-	-	+	+	-	-	+	79	84	86	83	4,37	4,43	4,45	4,42
6	+	+	-	+	-	+	-	-	45	42	42	43	4,81	3,74	3,74	3,76
7	+	-	+	+	-	-	+	-	44	48	46	46	3,78	3,78	3,83	3,83
8	+	+	+	+	+	+	+	+	26	24	23	24	3,26	3,18	3,14	3,18

Обработку производили развертками оптимальной геометрии: передний угол $\gamma = -20^\circ$, задний угол $\alpha = 15^\circ$, угол в плане $\phi = 35^\circ$. При этом периодически контролировался износ инструмента, а при достижении фаски износа по задней поверхности $h_3 = 0,6$ мм определялась стойкость развертки.

Для каждой серии опытов вычисляли среднее арифметическое y_{cp} и дисперсию воспроизводимости опыта S_y^2 . Дисперсию S_u^2 определяли по выражению:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (y_j - y_{cp})^2,$$

где j и m - соответственно номер и число параллельных опытов, u - номер опыта или строки матрицы планирования.

Так как число n параллельных опытов в каждой серии одинаково, то однородность ряда дисперсий S_u^2 проверяли по G - критерию Кохрена:

$$G_p = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^n S_u^2} = \frac{0,0043}{0,0225} = 0,191,$$

где S_{\max}^2 - наибольшая дисперсия среди n опытов;

$\sum_{i=1}^n S_u^2$ - сумма всех дисперсий.

При 5%-ом уровне значимости для $n=8$ и $m=3$ табличное значение критерия $G_m = 0,52$. Гипотеза однородности дисперсий S_u^2 принимается, поскольку $G_p < G_m$.

Убедившись в том, что дисперсии однородны, производили вычисления дисперсии воспроизводимости эксперимента:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^n S_u^2}{n} = \frac{0,0225}{8} = 0,0028.$$

Выполняем расчет коэффициентов полинома, их значимости и проверку адекватности полученного уравнения. После подстановки значений коэффициентов уравнение получило вид:

$$y = 3,94 - 0,396x_1 - 0,29x_2 - 0,14x_3 + 0,0025x_1x_2 - 0,0025x_1x_3 + 0,0025x_2x_3$$

Проверка значимости коэффициентов уравнения показала, что некоторые коэффициенты не значимы. После исключения незначимых коэффициентов уравнение приняло вид:

$$y = 3,94 - 0,396x_1 - 0,29x_2 - 0,14x_3. \quad (2.8)$$

Для перехода от кодированных значений факторов к натуральным в уравнение подставляем значения факторов x_1, x_2, x_3 .

$$\begin{aligned} \ln T &= 3,94 - 0,396 (2,86 \ln V - 13,2) - 0,29 (1,25 \ln S_z + 3,53) - \\ &0,14 (1,82 \ln t + 3,09) = 3,94 - 0,93 \ln V + 4,3 - 0,36 \ln S - 1,02 - \\ &0,25 \ln t - 0,43; \quad (2.9) \\ \ln T &= 6,78 - 0,93 \ln V - 0,36 \ln S_z - 0,25 \ln t. \end{aligned}$$

Потенцируя выражение (2.9), находили зависимость стойкости разверток, оснащенных эльбором, от элементов режима развертывания.

$$T = 900/V^{0.93} S_z^{0.36} t^{0.25}, \text{ мин.} \quad (2.10)$$

Из полученной зависимости видно, что наибольшее влияние на стойкость оказывает скорость резания V , в меньшей степени на стойкость влияют подача S_z и глубина резания t .

2.4. Результаты исследования

Научные положения, выводы, рекомендации, сделанные в работе, должны быть подтверждены результатами экспериментальных

исследований. Объем исследований устанавливается руководителем в зависимости от темы работы. Тематика дипломных проектов с более развитой научно-исследовательской частью весьма разнообразна. Поэтому вряд ли представляется возможным дать исчерпывающие рекомендации, пригодные для всех работ.

Если в процессе выполнения темы предполагается проведение экспериментальных исследований, подтверждающих теоретические положения, необходимо в первую очередь подготовить чертежи, схемы и эскизы стендов, устройств, приспособлений, инструментов, приборов, которые понадобятся для выполнения опытов. Желательно разместить заказы на все вышперечисленное и обеспечить их выполнение.

Экспериментальная часть проекта может выполняться в лабораториях университета, на предприятиях и в научно-исследовательских организациях на объекте эксперимента (натурный эксперимент), можно прибегать к моделированию (физическое моделирование или моделирование на ЭВМ).

Результаты исследований в виде таблиц, графиков, столбиковых, секторных, ленточных диаграмм, математических зависимостей, гистограмм, микрофотографий, осциллограмм, схем, скриншотов и чертежей приводятся в графической части дипломного проекта.

Все данные по экспериментальному исследованию в виде обобщающих таблиц приводятся в расчетно-пояснительной записке.

В расчетно-пояснительную записку надлежит включить протоколы всех проведенных опытов, чтобы дать полное представление об объеме выполненной студентом работы, распечатки с ЭВМ и другие материалы. Выполняют аппроксимацию полученных зависимостей с проверкой полученного уравнения по критериям Стьюдента (t -критерию), Кохрена (G -критерию). Адекватность моделей целесообразно оценивать по критерию Фишера (F -критерию) [8], при этом желательно выполнять анализ точности полученных зависимостей. Все результаты исследования

должны быть подробно описаны в записке с изложением точки зрения исследователя. Приводятся результаты измерений и их математическая обработка, оценка точности измерений, расчеты и другие данные. Если при выполнении проекта была спроектирована аппаратура или другие устройства, приводятся их описание, принцип действия и характеристика.

По каждому исследованию и по работе в целом должны быть сделаны выводы. В выводах следует отразить соответствие выполненных исследований ранее разработанной программе, полноту решения поставленной задачи проведенными исследованиями и достоверность полученных результатов. Необходимо четко сформулировать научные и практические результаты, сравнить их с известными результатами других исследователей.

Математическую обработку результатов исследований рекомендуется производить с применением ЭВМ, широко использовать прикладные программные средства, позволяющие уменьшить затраты времени на обработку, оформление и графическую интерпретацию результатов исследований (например, EXCEL, прикладные программы STATSGRAPHICS, MATHCAD, PATRAN и т.д.).

2.5. Технологическая часть

В этом разделе дипломного проекта разрабатывается технологический процесс изготовления детали (деталей) или сборки каких-либо узлов, приборов и устройств из числа спроектированных или исследуемых в проекте.

Вся работа ведется и оформляется в соответствии с общими для всех дипломных проектов требованиями и правилами [10], [14], [46], [47]. С учетом специфики дипломного проекта руководитель проекта может заменить технологические разработки конструкторскими.

2.6. Конструкторская часть

В конструкторской части дипломного проекта разрабатываются экспериментальные установки, испытательные стенды, механизмы, устройства, оригинальные станочные, сборочные или контрольные приспособления, режущие и измерительные инструменты, необходимые дипломнику для проведения исследований.

Кроме того, могут разрабатываться средства механизации и автоматизации, узлы какого-либо станка (машины) или автоматической линии, разработка конструкции которых связана с проводимым исследованием или внедрением нового метода обработки, нового инструмента и т.д. Все разработки следует вести в соответствии с методическими указаниями, изложенными в разделе 3 и [46].

2.7. Организация научно - исследовательской работы

В данном разделе дипломного проекта решаются следующие вопросы:

- а) организация рабочего места исследователя;
- б) организация подготовки и проведения исследований;
- в) сетевое планирование исследовательской работы;
- г) организация эксплуатации экспериментальных установок.

Разработанный дипломником календарный план проведения экспериментально-исследовательских работ должен быть утвержден руководителем проекта и согласован с заведующим кафедрой в том случае, когда изготовление оснастки, устройств и механизмов, необходимых для выполнения научно-исследовательской работы или проведение экспериментов планируется в лабораториях университета.

С целью сокращения периода подготовки и проведения научно-исследовательской работы в плане необходимо предусмотреть параллельность выполнения отдельных этапов работы. На

основании календарного плана составляется график выполнения дипломного проекта.

Выполнение календарного плана систематически контролируется руководителем проекта, и в случае отставания от графика дипломником с помощью руководителя проекта принимаются срочные меры для ликвидации имеющегося отставания.

Все указанные материалы должны быть помещены в разделе 6 (см. прил. 1) расчетно-пояснительной записки. Методические положения по решению вопросов организации проведения НИР изложены в работах [10], [46], [72], [77]. Все принимаемые организационные решения должны быть логически связаны с соответствующими разделами проекта и обоснованы технико-экономическими расчетами.

2.8. Экономическое обоснование разработок проекта

Для ряда тем дипломных проектов с более развитой научно-исследовательской частью (исследование новых методов и процессов обработки материалов, методов и средств автоматизации и механизации производственных процессов, исследование причин появления брака, разработка мероприятий по его устранению, эффективность предложенных высокопроизводительных средств технологического оснащения и др.) экономическая часть выполняется в соответствии с указаниями, изложенными в работах [46], [47] и [64].

Для тех тем, которые носят в основном чисто исследовательский характер (научные исследования теоретического плана), развернутой экономической части, как правило, может и не быть. В этом случае выполняются отдельные экономические расчеты, например, обоснование технологических процессов обработки деталей, спроектированных и изготовленных в ходе научно-исследовательской работы устройств, конструкций приспособлений

и других конструкторских разработок, определение затрат на проведение экспериментов и т.д. Расчет должен включать также анализ социально-экономических и экологических эффектов от внедрения предложенных разработок с учетом затрат на НИР.

Расчет экономической эффективности использования в промышленности результатов НИР и опытно-конструкторских разработок или реализации рекомендаций, разработанных в итоге выполнения НИР, производят в соответствии с методиками определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники [51], [59].

При сравнении вариантов техники и организации исследований допускается проводить укрупненные экономические расчеты или принимать решения на основе рекомендаций литературы.

2.9. Безопасность жизнедеятельности, экологическая чистота производства

В расчетно-пояснительной записке описываются и обосновываются расчетами мероприятия, обеспечивающие полную безопасность исследователей при проведении экспериментальных работ. Рассчитывается местное (а если необходимо, то и общее) освещение и обосновывается выбор светильника. Разрабатываются мероприятия противопожарной безопасности, вычерчивается план рабочего места с указанием расположения средств защиты и противопожарной техники.

В расчетно-пояснительной записке также должны быть отражены мероприятия техники безопасности и охраны труда, относящиеся к конструкторской и технологической части дипломного проекта: сведения о загрязнении атмосферного воздуха установкой (по теме дипломного проекта), сведения о загрязнении сточными водами, сведения о продуктах незавершенного производства установки и т.д.

2.10. Раздел работы «Заключение»

В этом разделе расчетно-пояснительной записки дается заключение о соответствии выполненного дипломного проекта заданию на дипломное проектирование, и обосновываются возможные отклонения от него. Подчеркиваются опорные положительные моменты работы: актуальность, новизна, достоверность.

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной НИР (в целом по 3-5 показателям) и оценку полноты решений поставленных задач, рекомендации по использованию материалов проекта в практике, оценку технико-экономической и экологической эффективности внедрения.

Если определение технико-экономической эффективности не представляется возможным, следует указать научную, народнохозяйственную и социальную ценность результатов научно-исследовательской работы.

2.11. Раздел работы «Приложение»

В приложение включают:

- 1) отчет о патентном поиске, оформленный по ГОСТ 15.011-82;
- 2) промежуточные математические преобразования, зависимости и расчеты;
- 3) таблицы вспомогательных числовых данных;
- 4) описание аппаратуры и приборов, использованных при проведении экспериментов, измерений и испытаний;
- 5) методики, описания алгоритмов и программ задач, решаемых на ЭВМ, разработанных в процессе выполнения НИР;
- 6) скриншоты с ЭВМ и другие материалы;

В каждом конкретном случае состав приложений определяет студент по согласованию с научным руководителем.

Глава 3. ДИПЛОМНЫЕ ПРОЕКТЫ С РАЗВИТОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТЬЮ

3.1. Раздел работы «Введение»

Во введении кратко обосновывается актуальность и новизна разработки данной и аналогичных тем. Нужно показать, как разработка темы дипломного проекта будет способствовать повышению конкурентоспособности продукции, системы экономического стимулирования производства, какие социальные последствия влечет внедрение данных конструкторских разработок в машиностроительное производство.

3.2. Цель и задачи проекта

Дипломник четко формулирует цель и задачи проекта, служебное назначение, область применения и требования, которым должно отвечать проектируемое изделие.

Пример 1 формулировки цели и задачи проекта.

Цель проекта - усовершенствовать существующие конструкции мельниц мокрого самоизмельчения, создав принципиально новое конструктивное решение.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Проанализировать источники информации на предмет выявления аналогов, требований к их конструкциям и выбора прототипа;
2. Теоретически обосновать предлагаемую конструкцию мельниц;
3. Разработать принципиально новую конструкцию мельницы, ее отдельных узлов, оформить конструкторскую документацию;
4. Разработать технологические процессы изготовления отдельных деталей и сборки отдельных узлов;

5. Собрать модель и провести натурные испытания по разработанной методике;
6. Предложить меры по сертификации изделия;
7. Оформить конструкторскую и технологическую документацию;
8. Произвести укрупненный расчёт технико-экономических показателей проекта.

Пример 2 формулировки цели и задачи проекта.

Цель проекта - спроектировать поддерживающее устройство листовых заготовок для кривошипного прессы PKZZ IV 500. 1FS при размерных ограничениях, связанных с размерами существующих матриц и размерами пазов плиты кривошипного прессы, создав принципиально новое конструктивное решение. Данное устройство является одним из элементов модернизации прессы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Проанализировать источники информации на предмет выявления аналогов, требований к их конструкциям и выбора прототипа;
2. Теоретически обосновать предлагаемую конструкцию поддерживающего устройства листовых заготовок для кривошипного прессы PKZZ IV 500. 1FS;
3. Разработать принципиально новую конструкцию поддерживающего устройства, его отдельных узлов, оформить конструкторскую документацию;
4. Решить вопросы по модернизации кривошипного прессы, таких как, установка электронной линейки, определяющей положение ползуна кривошипного прессы и установка панели управления с ПУ, с использованием существующих программ, установка калькулятора процесса гибки с базами данных по оснастке;
5. Составить базы данных серийно производимых деталей;

6. Разработать технологические процессы изготовления отдельных деталей и сборки отдельных узлов;
7. Собрать опытный образец и провести натурные испытания по разработанной методике;
8. Предложить меры по сертификации поддерживающего устройства листовых заготовок для кривошипного пресса PKZZ IV 500. 1FS;
9. Оформить конструкторскую и технологическую документацию;
10. Произвести экономические расчёты себестоимости поддерживающего устройства листовых заготовок, модернизации пресса.

3.3. Анализ аналогов и выбор прототипа

Первой задачей, которую решает конструктор, является задача поиска аналогичных конструкций (аналогов), их анализ с выявлением существенных и несущественных признаков и выбор конструкции, которая наиболее удачно, наиболее полно соответствует техническому заданию на разработку изделия.

Необходимо исходить из мысли, что подобные конструкции (изделия) уже кто-то предлагал, более того – они прекрасно работают. В начале данного раздела дипломного проекта приводятся описания этих конструкций, чаще всего в хронологическом порядке. Обзор составляется по материалам отечественной и зарубежной литературы, информационных изданий, каталогов, руководств, патентной информации, собственных обследований существующих конструкций изделия аналогичного назначения на отечественных предприятиях. Не стоит в этом месте критиковать других авторов, делать какие-то выводы (для этого есть раздел «Выводы»), заострять внимание на достоинствах и недостатках.

Достоинства и недостатки перечисляются в следующей части раздела. При этом достоинством следует считать наличие

существенного признака (ов), а недостатком – соответственно – его (их) отсутствие. Существенные признаки – это признаки, которые удовлетворяют потребности владельца изделия: скорость автомобиля и его пассажироместимость, диагональ дисплея смартфона, его цвет, производительность мельницы и т.п. Несущественные признаки «украшают» изделие, но их отсутствие никак или очень незначительно скажется на удовлетворенности потребителя. Для формирования желательного набора характеристик изделия стоит прислушаться к отзывам потребителей, мнению экспертов, закрепленных в публикациях и/или в нормативных документах, а также своему собственному мнению. В этой части раздела необходимо сравнить количественные параметры разных конструкций, обратить внимание на критические моменты, обосновать согласие или несогласие с авторами работ, которые будут цитироваться. Одним из способов сравнения может быть морфологический анализ, который оформляется в виде таблицы, где строки соответствуют конструкциям-аналогам, а столбцы – существенным признакам (характеристикам). В таблице можно указывать только наличие или отсутствие существенного признака, можно ранжировать признаки по степени удовлетворенности производителя (значением, цветом и т.п.). Правильно подобранные к анализу конструкции, комплектный набор признаков позволят сделать корректный вывод, который выразится в отсутствии в таблице большого числа пустых ячеек или, наоборот, в присутствии столбцов с одинаковыми значениями во всех строках. Выводом будет выбор конструкции, которая имеет наибольшее число существенных признаков, то есть ближе всего удовлетворяет требованиям технического задания. Эта конструкция-аналог и будет принята за прототип, который конструктор модернизирует под свою задачу, разрабатывает на ее основе свою конструкцию изделия.

Поиск аналогов осложняется тогда, когда в рассматриваемой предметной области подобные машины не используются. В этом случае стоит проанализировать конструкции изделий в смежных

областях или даже в очень отдаленных областях, где решаются сходные задачи. Например, сортировать необходимо как абразивные зерна, чтобы получить отличный абразивный инструмент, так и семена зерновых культур, чтобы наиболее эффективно провести их посадку.

В конце раздела желательно привести уточненные характеристики будущей конструкции и наметить план модернизации конструкции-прототипа.

3.4. Конструкторская часть

В конструкторской части, пользуясь тем или иным методом общего проектирования, необходимо определить весовые, габаритные, геометрические и силовые характеристики изделия (конструкции). Для оценки качества изделия, используя критерии (показатели) качества и технологичности произвести оптимизацию показателей по одному, или, если это возможно, по нескольким параметрам. В любом случае эффективность изделия должна быть определена в формализованном виде.

В расчетно-пояснительной записке помещаются расчеты основных характеристик изделия и спроектированных механизмов, таких как производительность, скорость срабатывания, КПД, скорость перемещения рабочих органов, мощность привода, кинематический расчёт звеньев устройств, расчет сил (или коэффициентов этих сил), действующих на детали и узлы изделия при эксплуатации, профилирование кулачков и т.д. При проведении вышеуказанных расчётов студент должен привлекать методы теоретической механики, теории механизмов и машин, деталей машин. Подробно описываются технико-экономические преимущества, принципы работы, правила эксплуатации спроектированного изделия и механизмов. Чётко указывается, какие сборочные единицы, механизмы и устройства разработаны самим дипломником, а какие заимствованы (с указанием источника).

Собственные разработки дипломник описывает более подробно. По согласованию с руководителем проекта некоторые устройства и механизмы проектируемого изделия разрабатываются в объёме технического, а остальные в объёме эскизного проекта. Обязательными являются расчёты проектируемых механизмов на точность (геометрическую, кинематическую, динамическую). Так, у поворотных механизмов и конвейеров нужно определить погрешность фиксации, вероятность перекоса, возможность заклинивания, погрешность регулировки. При проектировании сборочных автоматических линий необходимо выполнить расчёт точности спроектированной линии по условиям автоматической собираемости деталей. Студент дипломник должен определить суммарную погрешность ориентации детали, зависящую от многих факторов, и сопоставить её с допустимой погрешностью, определяемой видом сопряжения и точностью изготовления сопрягаемых поверхностей. Расчёт может показать, какие нужно ввести изменения в технологический процесс сборки или конструкцию механизмов и сборочных единиц линии, чтобы уменьшить некоторые составляющие погрешности. В соответствии с расчётом дипломник вносит коррекцию в конструкторскую или технологическую часть проекта с целью снижения погрешностей и обеспечения автоматической собираемости.

Если расчёт покажет, например, что на спроектированной линии условие автоматической собираемости не выполняется, не обязательно отказываться от автоматизации процесса сборки. В этом случае нужно использовать различные прогрессивные методы обеспечения собираемости деталей, такие как автопоиск вибрационными методами, центрирование деталей с использованием дополнительных базирующих элементов, центрирование и ориентацию деталей под действием электромагнитных сил и т.д.

При выполнении точностных расчётов механизмов и сборочных единиц широко должны использоваться методы теории размерных цепей.

Особо нагруженные элементы механизмов и устройств проектируемого изделия проверяются на прочность (расчет цилиндров и труб, работающих под давлением, деталей привода, механизмов подачи, перемещения, закрепления, сочленений, опор, ферм, стыковых узлов, основных резьбовых и крепежных соединений). Здесь же обосновываются размеры и конструктивные особенности этих элементов (выбираются подшипники, муфты, определяются размеры рычагов, тяговых звеньев, валов, осей и т.д.). Все расчеты сопровождаются схемами, реакциями сил.

Необходимо также рассчитать надёжность, долговечность, нормы кинематической точности спроектированного изделия в целом. При проведении расчетов следует формализовать задачи и применять для их решения системы программного обеспечения (ADAMS, Patran и др.).

В дипломный проект могут быть включены выполненные дипломником уточнения и изменения существующих методов расчёта производительности, надёжности, долговечности, вывод новых формул, алгоритмы и программы для расчёта характеристик спроектированного изделия на ЭВМ и другие материалы.

Завершающим этапом конструкторской части дипломного проекта является разработка общего вида изделия в объёме эскизного проекта. В расчётно-пояснительной записке должны быть приведены спецификации всего изделия, механизмов, устройств и сборочных единиц. Общий вид изделия должен быть размещён не более чем на 2-2,5 листах формата А1. Графическую часть желательно дополнить чертежами детализации. При составлении спецификаций, выполнении чертежей детализации очень важно давать деталям и узлам понятные "говорящие" названия. Кроме "листов", "пластин", "дисков", "корпусов", "валов", "рёбер" и т.п. существуют еще десятки наименований. В случае необходимости стоит добавлять к названиям деталей "говорящие" определения: "втулка распорная", "вал промежуточный", "тяга горизонтальная рулевая" и т.п.

3.5. Технологическая часть

В конструкторской части дипломного проекта перед студентом ставится задача разработать или усовершенствовать конструкцию изделия или сборочной единицы. В технологической части он должен обосновать правильность принимаемых конструктивных решений.

Дипломник должен стремиться к разработке изделия высокого качества, соответствующего действующим ГОСТам и стандартам отрасли. Для этого он должен в ходе конструирования обоснованно назначить технические требования на изготовление изделия, а в технологической части подробно разработать средства и методы обеспечения всех параметров качества в производстве. Параллельно с составлением технических требований на изделие и деталь проводится анализ конструкции деталей на технологичность с точки зрения их изготовления.

Технологические разработки должны обеспечивать высокую производительность труда, снижение трудоёмкости и себестоимости изготовления проектируемого изделия.

Объектом технологических разработок должны являться проектируемые студентом изделия, сборочные единицы и детали. Разработанные в проекте сборочные единицы могут отличаться принципиально новыми конструктивными элементами, изменёнными технологическими условиями на сборку, применением иных методов выполнения соединений. Вновь проектируемые детали могут изготавливаться из других материалов, при других способах получения заготовки, отличаться техническими условиями на изготовление и т.п.

При проектировании экспериментальных машин и установок в задании на технологическую часть можно предусматривать разработку нескольких вариантов технологического процесса изготовления сборочной единицы или детали для различных типов производства (единичного и серийного) с учётом перспектив выпуска данного изделия.

В качестве технологической части дипломных проектов можно рекомендовать:

1. Проектирование технологического процесса сборки заданной сборочной единицы с разработкой технологической оснастки: сборочных, контрольных приспособлений, испытательных стендов, исполнительных механизмов.

2. Проектирование технологического процесса изготовления одной - двух (в зависимости от сложности) деталей с разработкой приспособления для механической обработки и контроля.

3. Сравнение двух или более типов конструкций соединений узлов и деталей по технологической себестоимости.

4. Проектирование технологических процессов сборки заданной сборочной единицы и изготовление детали, входящей в эту сборочную единицу, с разработкой технологической оснастки, приспособлений для сборки, механической обработки и контроля.

5. Проектирование технологического процесса сборки испытательных стендов и установок для научно-исследовательских целей.

6. Анализ и сравнительная оценка существующих методов сборки, испытаний, контроля качества изделий проектируемых конструкций. Данный вариант задания целесообразно применять, когда для разработанной конструкции существуют разнообразные специфические методы сборки, контроля, испытаний, обеспечивающие требования чертежа по одному или нескольким параметрам.

7. Проектирование технологического процесса испытаний деталей и узлов на герметичность, прочность, устойчивость и т.д.

Технологическая часть составляет 15-20% объёма дипломного проекта (2-3 листа формата А1) и 25-30 страниц текста формата А4 расчётно-пояснительной записки. Технологическая часть выделяется в отдельный раздел.

Графическая часть технологических разработок в зависимости от варианта задания может включать в себя:

1. Чертёж сборочной единицы или детали (1 лист формата А1), на которую проектируется технологический процесс механической обработки. Чертёж сборочной единицы дорабатывается и оформляется с учётом технологических задач ее изготовления.

2. Конструктивные варианты изделия, сборочной единицы или их составных частей при отработке конструкции на технологичность (1-2 л. формата А1).

3. Чертёж приспособления (1-2 л. формата А1). Приспособления могут быть: сборочные приспособления; испытательные стенды; устройства для уравнивания деталей, сборочных единиц; устройства для мойки, краски, сушки; приспособления для механической обработки, контрольные приспособления, приспособления для ремонтных работ, для автоматизации технологических и производственных процессов, а также механизированный слесарно-сборочный инструмент.

4. Наладки технологические (1-2 л. формата А1). Это могут быть технологические сборочные эскизы, наладки механической обработки деталей, эскизы операций комплексного контроля деталей и сборочных единиц.

Содержание и последовательность выполнения раздела технологической части в расчётно-пояснительной записке видоизменяется в зависимости от задания.

При проектировании технологического процесса сборки заданной сборочной единицы дается описание сборочной единицы в изделии, её служебного назначения, конструктивных особенностей, условий работы, исходя из служебного назначения изделия. Анализируются технические требования на сборку с выявлением задач её изготовления. Необходимо установить, в какой мере то или иное требование способствует правильному выполнению изделием его служебного назначения.

Разрабатываются конструктивные схемы проверки основных требований, методы контроля изделия, выбираются средства измерения.

Анализируется технологичность конструкции изделия с точки зрения сборки. Главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкций, являются: вид изделия, объём выпуска или тип производства. Уровень технологичности конструкции выявляет её соответствие современному уровню техники, экономичность и удобство в эксплуатации, а так же возможность использования наиболее экономичных и производительных технологических методов её изготовления применительно к заданному выпуску и условиям производства.

При качественном анализе технологичности необходимо отразить, на сколько точно и конкретно в конструкции изделия отражены требования технологичности сборки:

- расчленение изделия с учётом принципа агрегатирования на рациональное число составных частей, сборку которых можно производить независимо друг от друга;

- удобство сборки и разборки;

- совмещение конструкторских, технологических и измерительных баз;

- удобный доступ к местам, требующим контроля и регулирования;

- обеспечение максимальной механизации и автоматизации сборочных работ;

- соблюдение принципа взаимозаменяемости (полной и частичной);

- сокращение до минимума пригоночных работ, промежуточной разборки, повторной сборки и т.д.;

- использование стандартных и нормализованных деталей и сборочных единиц;

- уменьшение количества наименований деталей и сборочных единиц, рациональное расположение такелажных узлов и легкость захвата их грузоподъёмными средствами.

Количественную оценку проводят по показателям технологичности: основным (трудоемкость и себестоимость) и

дополнительным на основании статистических данных по типовым представителям конструкции.

Одновременно с анализом технологичности конструкции составляется технологическая схема сборки. На схеме сборки должна быть показана последовательность общей сборки изделия или сборочной единицы, а затем схемы сборки входящих в них более мелких сборочных единиц. При составлении схем сборки устанавливают характер и место контрольных и вспомогательных операций. Схемы сборки можно составлять по любой из принятых в настоящее время форм.

На основе составленной схемы сборки разрабатывается технологический процесс сборки и заполняются технологические карты сборки. Для этого определяются все виды сборочных и вспомогательных работ, которые необходимо выполнить в последовательности, диктуемой схемой сборки (отдельно для общей и узловой сборки). При этом выбираются технологическая оснастка, средства механизации и автоматизации сборочных работ. Все сборочные и вспомогательные работы должны быть пронормированы по общемашиностроительным нормативам на слесарно-сборочные работы [36].

Исходя из технологической схемы сборки и заданного типа производства, намечаются сборочные операции. Сборочная операция должна выполняться на одном рабочем месте и представлять законченный этап сборки. Одним из признаков законченности этапа является то, что выполненная сборка не нарушается при изменении положения собираемого объекта или его транспортировке. Сборочные и контрольные операции иллюстрируются технологическими эскизами. В расчётно-пояснительной записке даётся их описание с соответствующими расчётами усилия запрессовки, температуры нагрева или охлаждения при выполнении соединений с натягом, усилия клёпки и т.д.

Конструкция одного из сборочных, контрольных приспособлений, испытательных стендов разрабатывается подробно,

в расчетно-пояснительной записке описываются конструктивные особенности и назначение разрабатываемого приспособления или станда. Обосновывается выбор схемы конструкции. Выполняются необходимые кинематические, силовые и прочностные расчёты, например, передаточного числа редуктора, потребной мощности электродвигателя, параметров силовых узлов, точности позиционирования и т.д.

Устанавливаются технические требования на сборку проектируемого приспособления, которые должны быть обоснованы точностью выполняемой сборочной операции.

Рассчитывается экономическая целесообразность проектируемого приспособления [63]

Описываются принцип работы сборочных, контрольных приспособлений и методики испытаний, проводимых на стандах.

При проектировании технологического процесса изготовления детали подробно анализируются служебное назначение детали, на которую предстоит разработать технологический процесс, технические условия на изготовление детали. Выявляются технологические задачи, возникающие при её изготовлении. Особое внимание необходимо уделить вопросам термической, финишной и упрочняющей обработки, увеличивающей срок службы детали.

Проводится анализ конструкции детали на технологичность с учётом принятых условий производства. При оценке технологичности детали с точки зрения изготовления проектант должен обосновать принятие данного конструктивного решения с учётом выполнения следующих требований:

- конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;

- должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов её изготовления и ремонта;

- деталь должна изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок;

- размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные точность и шероховатость, обоснованные ее служебным назначением;

- базовые поверхности детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля и т.д.

Качественный анализ технологичности необходимо подтвердить количественными показателями, основными и дополнительными, приведёнными в [47].

Обосновывается метод и способ получения заготовки. Выбор метода получения заготовки определяется технологическими свойствами материала заготовки (жидкотекучестью, способностью к пластическим деформациям при обработке давлением); размерами и конфигурацией детали, программой выпуска и сроками её выполнения; требуемой точностью и качеством поверхности, требованиями к механическим свойствам детали. Детали, работающие в тяжелых производственных условиях, должны иметь определенные пределы прочности на изгиб, растяжение, кручение, не допускают пор, трещин, раковин. Такие детали получают ковкой, штамповкой. Желательно рассмотреть несколько вариантов получения заготовок, обеспечивающих требуемое качество с учётом себестоимости получения заготовки и последующей механической обработки. Выбор варианта получения заготовки обосновать расчетом технико-экономической целесообразности. Необходимо проверить возможность рациональной комбинации различных методов получения заготовки применительно к конструкции детали и с учётом условий производства (штампо-сварная конструкция, сварная из отлитых секций и т.д.). Из различных вариантов выбирается наиболее производительный, рентабельный, обеспечивающий требуемое качество заготовки [20]. Формулируются технические требования на заготовку с учётом соответствующих ГОСТов. При необходимости назначается термообработка. В серийном производстве целесообразно рассмотреть возможность

применения групповой (комплексной) заготовки и получения заготовки в переналаживаемом штампе.

Разрабатывается маршрутная технология обработки детали, устанавливаются технологические базы, выбирается технологическое оборудование и оснастка. Рекомендации по выбору технологических баз, оборудования и оснастки приведены в [40], [41], [47].

Техническое обоснование маршрута обработки выполняется на основе сопоставления различных вариантов последовательности выполнения операций, схем установки заготовки и в связи с этим различных вариантов маршрута. Необходимо сделать выводы, подтверждающие, что выбранный маршрут обработки в данных условиях является оптимальным. На основе маршрутной технологии и выбранных схем базирования прорабатываются маршруты обработки отдельных поверхностей (одна - две поверхности, выбранные по указанию руководителя проекта).

Рассчитываются припуски на заданные поверхности, определяются промежуточные (операционные) размеры заготовки по всем технологическим переходам, назначаются допуски на них. Определяются предельные размеры поверхностей заготовок и наносятся на чертёж заготовки. Припуски на обработку и предельные размеры заготовок определяются на основе расчётно-аналитического метода [46], [47]. В расчётно-пояснительной записке приводятся необходимые расчёты, пояснения и схемы, иллюстрирующие методы суммирования пространственных погрешностей. С разрешения руководителя дипломного проекта расчёт припусков можно не проводить, а взять их табличные значения.

Составляется и оформляется в виде карт механической обработки операционная технология механической обработки детали с указанием технологических переходов в порядке последовательности их выполнения, уточняются схемы установок, параметры оборудования, типы приспособлений. Для тех операций, наладки которых вынесены на листы, определяются режимы резания по нормативам и рассчитывается штучное время.

При проектировании технологии механической обработки для условий мелкосерийного и серийного производства следует большее внимание уделять применению станков с ЧПУ, обрабатывающих центров. В этом случае дипломник разрабатывает одну - две наладки с показом траектории движения режущего инструмента, выделяя расчетные точки.

Для одной - двух операций (по указанию руководителя) в расчетно-пояснительной записке приводятся с подробным пояснением выбор режимов резания и расчет штучного времени.

На одну - две операции вычерчиваются технологические наладки.

Отдельные этапы проектирования технологического процесса механической обработки могут выполняться с применением ЭВМ. К ним относятся: разработка маршрута обработки детали, проектирование операций обработки на универсальном, специальном оборудовании, выбор оборудования, технологической оснастки и инструмента, расчет межоперационных припусков, применение САПР ТП по выбору оптимальных режимов резания, шлифовальных кругов и т.п.

3.6. Специальный вопрос

С целью более глубокой разработки отдельных частей проекта дипломник может выполнить ряд научно-исследовательских разработок. Предметом исследования могут быть точность, жесткость, надежность и долговечность изделия или его отдельных узлов, возможность применения при изготовлении спроектированного изделия новых методов обработки деталей, новых конструкций режущих инструментов, физико-химические явления, происходящие в зоне резания или при работе какого-либо механизма.

Дипломник может разрабатывать новые методы расчета узлов и механизмов проектируемого изделия, его основных параметров. Могут быть исследованы пути повышения качества обработки деталей или сборки изделия.

Исследовательская работа может носить реферативный характер. При этом анализируются и обобщаются литературные и патентные данные по одному из сложных вопросов расчета и конструирования изделия. Дипломник должен вскрыть основные тенденции проектирования того или иного узла изделия, наметить проблемные спорные вопросы и пути их разрешения.

Результаты исследовательской работы должны быть использованы в проекте.

В данном разделе дипломного проекта могут быть также рассмотрены вопросы:

- сертификации всего изделия или отдельных его частей;
- разработки технического паспорта изделия и правил его эксплуатации;
- моделирования изделия с использованием современных САД-систем и моделирования (создание натурной копии в уменьшенном масштабе);
- натуральных испытаний и исследований модели или опытного образца;
- стратегии выхода на рынок с данным изделием, его конкурентных преимуществ.

В случае выполнения комплексного дипломного проекта рекомендуется проводить исследования по одному – двум вопросам в обязательном порядке.

3.7. Технико-экономические расчеты

Важнейшим принципом, которым должен руководствоваться студент-дипломник при проектировании изделия, является обеспечение его эффективности. Эффективность новых конструкций во многом определяется уровнем и полнотой экономических расчетов и обоснований, выполненных при проектировании этих конструкций.

Эффективность проектируемого изделия необходимо рассматривать в двух направлениях:

1. Экономичность в эксплуатации.

2. Экономичность изготовления, которая в конечном счете выражается в себестоимости проектируемого изделия.

Экономичность конструкции в изготовлении характеризуется, в первую очередь, степенью ее технологичности.

Для оценки результатов проведенной работы по обеспечению технологичности проектируемой конструкции изделия по сравнению с базовой студент-дипломник должен рассчитать ряд показателей:

1. Экономические показатели, характеризующие изделие с точки зрения затрат труда и денежных средств (трудоемкость изготовления и себестоимость).

2. Показатели технологичности, характеризующие степень конструктивного совершенства конструкции изделия в отношении компоновки, нормализации входящих в нее деталей и отдельных конструктивных элементов, степени проведенной унификации (коэффициенты конструктивной преемственности, оригинальности, стандартизации, нормализации).

Сопоставление трудоемкости, себестоимости и показателей технологичности спроектированной конструкции изделия с базовой позволяет судить об экономичности ее изготовления. При сравнении необходимо подробно указать, какие меры были предусмотрены студентом дипломником для улучшения экономических показателей. При выполнении данного раздела проекта необходимо все вопросы согласовать с консультантом по экономической части.

3.8. Организация производства

По согласованию с руководителем проекта и консультантом по экономической части в этом разделе решается один или несколько из перечисленных ниже вопросов:

1. Организация и управление технической подготовки производства.
2. Управление качеством продукции.
3. Организация технологической подготовки производства.
4. Организация использования средств технологического оснащения.

Каждый разрабатываемый вопрос должен быть изложен конкретно, применительно к проектируемому и изготавливаемому изделию, в тесной связи с остальными разделами дипломного проекта. Принимаемые в проекте организационные решения должны быть обоснованы техническими и экономическими требованиями, вытекающими из особенностей проектируемого изделия и производства. Категорически запрещается изложение в расчетно-пояснительной записке общих положений, определений и т.п.

3.9. Охрана труда и окружающей среды

В дипломном проекте должно быть предусмотрено соблюдение всех действующих норм охраны труда, техники безопасности и противопожарной техники.

В этом разделе должны найти отражение вопросы охраны труда при сборке, при подготовке изделия к эксплуатации и в процессе эксплуатации, описаны все мероприятия и устройства, обеспечивающие безопасную работу спроектированного изделия, блокировочные устройства, отсутствие недопустимого шума, рациональное расположение источников освещения, заземление и зануление электрооборудования, предупреждение возникновения статического электричества, ограждение вращающихся и движущихся частей оборудования и т.д.

По указанию руководителя проекта и консультанта разрабатываются схемы автоматизации, механизации, дистанционного управления опасными процессами, конструкции защитных устройств и ограждений и другие схемы и конструкции.

Разрабатываемые в дипломном проекте инженерные решения должны подтверждаться расчетами в расчетно-пояснительной записке с приложением схем, графиков и т.д. Справочные сведения по этому разделу дипломного проекта приведены в источнике [4].

3.10. Раздел работы «Заключение»

В настоящем разделе должны быть отражены основные решения, особенности и достигнутые результаты, дается заключение о соответствии выполненного проекта заданию на проектирование. Необходимо перечислить собственные конструктивные решения, указать степень их новизны, отметить преимущества, связанные с реализацией, внедрением в производство предлагаемых разработок, дать технико-экономическую оценку предложенных в проекте технических и организационных решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие реализуется в учебном процессе при выполнении дипломных проектов, подготовлено в соответствии ФГОС ВПО третьего поколения по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» для реализации основных образовательных программ бакалавриата, профиль подготовки «Технология машиностроения».

Учебное пособие содержит теоретические положения и практические рекомендации по выполнению дипломных проектов конструкторского и научно - исследовательского характера, должно способствовать дальнейшему повышению их качества, как в отношении научно-технического уровня, так и в методическом плане.

Учебное пособие позволит выпускникам глубже вникнуть в суть поставленных проблем, проявить свои способности, теоретические и практические знания при разработке современных прогрессивных технологий и технологического оснащения для производства деталей машин, при конструировании технологичных в изготовлении и эксплуатации, надежных и долговечных конструкций машин.

При проектировании новых сложных изделий с целью увеличения эффективности производства продукции необходимо отходить от старых типовых схем конструирования. Применение современных программных продуктов MSC. Software Corporation (программы ADAMS, MSC PORTRAN) и др. позволит значительно сократить цикл разработки конструкторской документации и обеспечит вариативность конструкций за счет виртуального моделирования.

Сочетание конструкторских, технологических, научно-исследовательских задач в дипломных проектах создает благоприятные условия для проверки подготовленности студента к профессиональной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для вузов. /А.Г. Схиртладзе, В.Н. Воронов, В.П. Борискин. – Старый Оскол: «ТНТ», 2011. – 612 с. – ISBN 978-5-94178-195-9
2. Афонькин М. Г., Звягин В.Б. Производство заготовок в машиностроении. – 2-е изд., доп. и перераб. СПб: Политехника, 2007. – 380с. – ISBN 978-5-7325-0622-8
3. Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 464 с.
4. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов. 2-е изд. /Под ред. Михайлова Л.Р. – СПб.: Питер, 2010.– 461 с. – ISBN 5-91180-521-0
5. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2013. – 568 с. – ISBN 978-5-94275-669-7
6. Блюменштейн В.Ю., Клепцов А.А. Проектирование технологической оснастки: Учебное пособие. 2-е изд, испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 224 с. – ISBN 978-5-8114-1099-6
7. Боровской Г.В., Григорьев С.Н., Маслов А .Р. Справочник инструментальщика./Под общ. ред. А. Маслова. – М.: Машиностроение, 2005. – 464 с.
8. Волосухин В.А. Планирование научного эксперимента: учебник /В.А. Волосухин, А.И. Тищенко. - 2-е изд.– Москва: Инфра - М Риор, 2014.– 175 с.
9. Гишваров А.С. Повышение эффективности многокритериального планирования многофакторного эксперимента. /Под ред. А. Гишварова. - 1-е изд.– М.: Машиностроение, 2014. – 215 с. – ISBN 978-5-94275-730-4
10. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Учебное пособие для вузов. – 5-е изд. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с. – ISBN 978-5-903034-08-6
11. Григорьев И.А., Дворецкий Е.Н. Контроль размеров в машиностроении. Справочное пособие. – М.: Машгиз, 1959. – 400 с.

12. Григорьев С.Н., Кохомский М.В., Маслов А.Р. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник /Под общ. ред. А.Р. Маслова. – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с. – ISBN 5-217-03363-0
13. Гузеев В.И., Батуев В.А., Сурков И.В. Режимы резания для токарных, сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением. Справочник /Под редакцией В. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2005.– 368 с. – ISBN 5-217-03278-2
14. Дмитриев В.А. Проектирование технологического маршрута изготовления детали и определение технологической себестоимости обработки: Метод. указ. к выполнению контр. работы /В.А. Дмитриев. – Самара: Самар.гос. техн. ун-т, 2011. – 54 с.
15. Железнов Г.С. Процессы механической и физико-химической обработки материалов. Учеб. пособие – М.: Машиностроение -1, 2005. – 359 с. . – ISBN 978-5-94178-195-9?
16. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства: Учебник для машиностр. спец. вузов / В. А. Гречишников, А. Р. Маслов, Ю. М. Соломенцев и др.; Под общ. ред. Ю. Соломенцева. – М.: Высш. шк., 2001. – 271 с.
17. Инструменты для обработки точных отверстий. 2-е изд., исправл. и доп. / С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 336 с.
18. Информация станкостроительного торгово-промышленного объединения. Цены на станки металлорежущие, кузнечно-прессовое, раскройно-заготовительное, автосервисное оборудование. – Изд-во «ДВТ», 2002. – 102 с.
19. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник.– М.: Машиностроение, 1983. – 392 с.
20. Кондаков А.И., Васильев А.С. Выбор заготовок в машиностроении: – М.: Машиностроение, 2007.– 560 с. – ISBN 978-5-217-03382-9
21. Константинов И.Л. Технологияковки и горячей объемной штамповки: Учебное пособие. – М.: ИНФРА – М; Красноярск:

Сиб.федер. ун-т, 2014. – 551 с. – ISBN 978-5-16-006372-0 (ИНФРА – М), – ISBN 978-5-7638-2515-2 (СФУ)

22. Корешков В.Н., Кусакин Н.А., Хейфец М.Л. Управление качеством и сертификация продукции: Справочное пособие. – Мн.: Бел ГИСС, 2000. – 64 с.

23. Космин В.В. Основы научных исследований: учебное пособие для вузов./В.В. Космин – 2-е изд. Москва: РИОР Инфра - М, 2014.-214 с.

24. Косов Н.П., Исаев А.Н., Схиртладзе А.Г. Технологическая оснастка: Вопросы и ответы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 304 с.

25. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. 2-е. изд., исправл. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

26. Кузнецов Ю.И., Орлов А.Е. Приспособления и оснастка для базирования и крепления деталей типа тел вращения на металлорежущих станках. /ВНИИТЭМР – М.: ВНИИТЭМР,1991. – 304 с.

27. Маслов А.Р. Инструментальные системы машиностроительных производств: учебник. – М.: Машиностроение, 2006. – 336 с.

28. Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник. 2-е изд., испр. – СПб. : Издательство "Лань", 2008. – 512 с. – ISBN 978-5-8114-0771-2

29. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Проектирование механосборочных цехов»/ Уютов А.А.– Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. – 45 с.

30. Новицкий Н. И. Организация, планирование и управление производством: Учебно- метод. пособие для вузов. /Н.И. Новицкий , В.П. Пашуто; под ред. Н. Новицкого. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 576 с.

31. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А. Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736с.?
32. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполненных на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени. – М.: «Экономика», 1990. – 207 с.
33. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполненных на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М.: «Экономика», 1990. – 473 с.
34. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Т.1 /А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.
35. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Т.2 /А.Д. Локтев, И.Ф. Гушин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
36. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы по сборке машин: Массовое и крупносерийное производство М.: Машиностроение, 1973. Серийное производство. М.: Машиностроение, 1968.
37. Общесоюзные нормы технологического проектирования механообрабатывающих и сборочных цехов предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Гипростанок, М.: НИИМАШ, 1984.- 112 с.
38. Основы автоматизации техпроцессов [Текст]: учеб. пособие для вузов /А.В. Щагин, В.И. Демкин, В.Ю. Кононов, А.Б. Кабанова. – М.: Высш. образование, 2009. – 287 с.
39. Осипов А.П., Петрова С.П. Автоматизация технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие. /Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. – 137 с. – ISBN 978-5-7964-1583-2

40. Осипов А. П., Петрова С. П. Технологическая оснастка. Учеб. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2006. –110 с.
41. Осипов А. П., Петрова С. П. Базирование при механической обработке. Учеб. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 110 с. –ISBN 978-5-7964-1189-6
42. Организация, планирование и управление производством. Практикум: Учеб. пособие для вузов. / Под ред. Н. Новицкого – М.: Кнорус, 2006. – 320 с.
43. Приспособления к металлорежущим станкам. Детали и сборочные единицы общего применения. Конструкция. Ч. 1, 2. Альбом А.31.0175.40-91. – М.: Изд. стандартов, 1991. – 502 с., 467 с.
44. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник /В. И. Баранчиков, А. В. Жариков, Н. Д. Юдин, А. И. Садыхов.; под общ. ред. В. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400с.
45. Проектирование машиностроительного производства: Учебник для вузов /В.П. Вороненко, Ю.М. Соломенцев, А.Г. Схиртладзе; под. ред. чл.– корр. РАН Ю. Соломенцева. 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2006. – 380 с.
46. Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учеб. пособие для вузов /И.П.Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под общ. ред. И. Филонова; + CD. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 910 с.
47. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие /В. В. Бабук, В. А. Шкред и др.; под ред. В. Бабука. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 255 с.?
48. Проектирование технологических процессов сборки машин: учебник /А.А. Жолобов, В.А. Лукашенко, И.С. Сазонов, А.Н. Рязанцев; под общ. ред. проф. А.А. Жолобова. – Мн.: Новое знание, 2005, – 410 с. –. ISBN 985-475-009-X
49. Радкевич Я. М. Расчет припусков и межоперационных размеров в машиностроении. Учеб. пособие для машиностр. вузов. – М.: Высш. шк., 2004. – 272 с.

50. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: Справочник /В. П. Жедь, Г. В. Боровский, Я. А. Музыкант, Г. М. Ипполитов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

51. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учеб. пособие. / Под. ред. Е. Фельдштейна. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320 с.

52. Резание материалов: термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: Учебник для техн. вузов. /С. А. Васин, А. С. Верещака. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 448 с.

53. Рогов В. А. Чудаков А. Д. Средства автоматизации производственных систем машиностроения. Учеб. пособие для вузов./В.А. Рогов, А.Д. Чудаков. – М.: Высш. шк., 2005. – 399 с. – ISBN 5 - 06- 004840 – 3

54. Руководство к дипломному проектированию по технологии машиностроения, металлорежущим станкам и инструментам: учебное пособие для вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" /Л.В. Худобин, В.А. Гречишников, А.Г. Маеров, В.Ф. Гурьянихин; под общ. ред. Л.В. Худобина. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.

55. Сизый Ю.А., Сталинский Д.В. Основы научных исследований в технологии машиностроения. Изд-во: Сага, 2007. – 212 с.

56. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебное пособие для вузов. /Н.И. Сидняев. – М.: Юрайт, 2011. – 390 с.

57. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. – М.: Машиностроение, 1987 – 846 с.

58. Справочник конструктора-инструментальщика /В.И. Баранчиков, Г.В. Боровской, Ю.В. Гаврилов и др.; под общ. ред. проф. В.А. Гречишникова, С.В. Кирсанова – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. – 542 с.

59. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. /Под ред. А. Косиловой и Р. Мещерякова. Т.-1. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
60. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. /Под ред. А. Косиловой и Р. Мещерякова. Т.-2. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
61. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 /Под ред. А. Дальского, А. Косиловой, Р. Мещерякова, А. Сулова – 5 - е изд., перераб. и доп. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
62. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 /Под ред. А. Дальского, А. Косиловой, Р. Мещерякова, А. Сулова – 5-е изд., перераб. и доп. Т. 2.– М.: Машиностроение, 2001. – 905 с.
63. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – 912 с.
64. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Под ред. Б. Вардашкина, А. Шатилова. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
65. Станочные приспособления: Справочник. в 2-х т. /Под ред. Б. Вардашкина, В. Данилевского. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1984. – 655 с.
66. Сулов А.Г. Технология машиностроения: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2007. – 430 с. – ISBN 978-5-217-03371-3
67. Технологические основы управления качеством машин /А.С. Васильев, А.М. Дальский, М.Л. Хейфец и др. – М.: ФТИНАНБ, 2002. – 216 с.
68. Технологичность конструкций изделий: Справочник /Под ред. Ю. Амирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.
69. Типаж оборудования автоматизированных транспортно-складских систем для гибких производственных систем на 1985-1990 гг. – М.: ВНИИТЭМР, 1985.

70. Торопов Ю. А. Припуски, допуски и посадки гладких цилиндрических соединений. Справочник. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. – 598 с.
71. Управление качеством продукции. /Под ред. В. Бойцова, А. Гличева. – М.: Изд. стандартов, 1985. – 464 с.
72. Фатхудинов Р. А. Организация производством. – М.: ИНФРА – М., 2001. – 672 с.
73. Федюкин В. К., Дурнов В. Д., Лебедев В. Т. Методы оценки и управление качеством промышленной продукции. Учебник. Изд. 2-ое, перераб. и доп. – М.: Информ. изд. центр «Филинь» Рилант, 2001. – 328 с.
74. Фельдштейн Е.Э. Металлорежущие инструменты: Справочник конструктора/ Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич, – Минск: Новое знание, 2009. – 1039 с. – ISBN 978-985-475-346-1
75. Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Обработка деталей на станках с ЧПУ: учеб. пособие /Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. –2- е изд., исправл. – Мн.: Новое знание, 2006 – 287 с.
76. Хейфец М.Л. Математическое моделирование технологических процессов: Справочное пособие. – Новополюцк: ПГУ, 1999.– 104 с.
77. Худобин Л.В., Гурьянихин В.Ф., Берзин В.Р. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов /Л.В. Худобин, В.Ф. Гурьянихин, В.Р. Берзин. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с. – ISBN 5-217-00340-5
78. Черпаков Б.И. Технологическая оснастка. Учебник. – М.: Академия, 2003. – 368 с.
79. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации. [Текст]. - учебник для студ. высш. учеб. заведений /Б.В. Шандров, А.Д. Чудаков. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 368 с. – ISBN 978-5-7695-6633 - 2
80. Широков А. В., Осипов А.П. Выбор инструментальной оснастки иностранных фирм Sandvik Coromant и Dormer. Учеб.-метод. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т. 2007. – 20 с.

Перечень ГОСТов, рекомендуемых к использованию при выполнении дипломного проекта

ГОСТ 3.1121-84 ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции). Введ. 1986 - 01 - 01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 47 с.

ГОСТ 3. 1105 – 84 ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения. Введ. 1986 - 01 - 01. Изд-во стандартов, 1984. – М.: Стандартиформ, 2008. – 21 с.

ГОСТ 3. 1118 – 82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт. Введ. 1984 - 01 - 01. Изд-во стандартов, 1983. – М.: Стандартиформ, 2003. – 21 с.

ГОСТ 3. 1404 – 86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. Введ. 1987 - 01 - 01. Изд-во стандартов, 1986. – М.: Стандартиформ, 2003. – 60 с.

ГОСТ 3. 1502 – 86 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технический контроль. Введ. 1987 - 01 - 01. Изд-во стандартов, 1986. – М.: Стандартиформ, 2003. – 15 с.

ГОСТ 3.1702-79 ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием. Введ. 1981 - 01 - 01. – М.: Стандартиформ, 2003. – 33 с.

ГОСТ 14. 205 – 83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения. Введ. 1983 - 07 - 01. Изд-во стандартов, 1983. – М.: Стандартиформ, 2009. – 30 с.

ГОСТ 31.1001.01-88 Приспособления станочные для станков с ЧПУ, ГПМ, ГПС. Основные параметры. Введ. 1990 - 01 - 01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 36 с.

ГОСТ 25557-2006. Конусы инструментальные. Основные размеры – Вед. 2008-01-01. – М.: Стандартиформ. 2007. – 12 с.

ГОСТ 25827-93. Хвостовики инструментов с конусом 7:24. Размеры. – Введ. 1995-01-01. – М: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 1994. – 10 с.

ГОСТ РД-50-533-85. Методические указания. Система стандартов технологической оснастки. Приспособления к металлорежущим станкам. Информационно-поисковая система по выбору. Основные требования. Правила выбора приспособлений. Введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 45 с.

ГОСТ РД 50-34.698-90 ЕСТПП. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. Введ. 1992 - 01 - 01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 27 с.

ГОСТ Р 50-54-11-87 ЕСТПП. Общие положения по выбору, проектированию и применению средств технологического оснащения. Введ. 1987-09-22 – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1987. – 20 с.

ГОСТ Р 50-54-16-87. ЕСТПП. Выбор средств механизации и автоматизации производственных процессов. Введ. 1987 - 06 - 30. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1987. – 63 с.

ГОСТ Р 50-54-85-88. Проектирование роботизированных технологических процессов. Введ. 1988-06-28. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 49 с.

ГОСТ Р 50-54-93-88. Классификация, разработка и применение технологических процессов. Введ. 1988-07-04. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 35 с.

ГОСТ Р 51547-2000. Хвостовики инструментов полые конические типа HSK. Основные размеры. – Введ. 2001-01-01. – М: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 2000. – 9 с.

ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. Введ. 2009 - 12 - 09. – М.: Стандартинформ, 2010. – 56 с.

ГОСТ ISO 26623-1:2014. Polygonal taper interface with flange contact surface – Part 1: Dimensions and designation of shanks.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Типовое содержание расчетно-пояснительной записки дипломного проекта с развитой научно-исследовательской частью (направление подготовки 15.03.05)

Титульный лист.

Реферат.

Содержание.

Введение.

1. Анализ и обобщение исходной информации. Цель и задачи исследования.

2. Методика исследований

2.1. Критерии оценки эффективности исследуемого процесса (устройства, машины).

2.2. Параметры, контролируемые при исследованиях.

2.3. Методика аналитических исследований. Математические модели.

Численное моделирование.

2.4. Условия экспериментальных исследований (средства технологического оснащения, образцы (заготовки), режимы обработки, методы и средства измерения контролируемых параметров).

2.5. Состав опытов. Планирование экспериментов.

2.6. Обработка результатов исследования.

2.7 Методы анализа полученной информации.

3. Результаты исследования

3.1. Графики, диаграммы, таблицы и другие средства обобщения и показа полученной информации.

3.2 Анализ и обобщение полученной информации.

3.3. Научные и практические выводы.

3.4. Предложения по использованию результатов выполненных исследований.

4. Технологические разработки

4.1. Маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали, входящей в спроектированное дипломником изделие.

5. Конструкторские разработки

5.1. Расчет и проектирование кинематических, гидравлических, пневматических, электрических и других схем специального научного оборудования, установок, стендов, приборов, аппаратов.

5.2. Технические и рабочие проекты специального научного оборудования, установок, стендов, приборов и аппаратов, а также узлов, усовершенствованных по результатам исследований.

5.3. Технические проекты технологической оснастки (сборочные и станочные приспособлений, вспомогательного, режущего и измерительного инструмента), средств механизации и автоматизации технологических процессов сборки изделия и изготовления деталей по п. 4.

6. Организация научно-исследовательской работы

6.1. Научная организация труда исследователя.

6.2. Сетевое планирование исследовательской работы.

7. Безопасность жизнедеятельности, экологическая чистота производства

7.1. Охрана труда исследователя.

7.2. Охрана труда в связи с технологией сборки или механической обработки по п. 4 или в связи с эксплуатацией исследуемого объекта.

8. Экономическое обоснование разработок проекта

8.1. Расчет экономической эффективности и промышленного внедрения результатов НИР.

8.2. Экономическое обоснование технологических процессов по п. 4 или применения исследованного (усовершенствованного) технологического оборудования и (или) технологической оснастки.

Заключение.

Библиографический список.

Приложение.

Задание на выполнение дипломного проекта.

**Рамочные темы дипломных проектов
с развитой научно-исследовательской частью**

1. Исследование эффективности применения новой техники.
2. Исследование новых методов обработки металлов.
3. Исследование эффективности новых технологических процессов механической обработки и сборки.
4. Исследование методов и средств автоматизации и механизации технологических процессов.
5. Исследование обрабатываемости новых материалов или материалов со специальными свойствами различными методами размерной обработки заготовок.
6. Исследование причин возникновения погрешностей обработки на операциях и разработка мероприятий по их устранению.
7. Обеспечение устойчивости технологических процессов и рабочих параметров отдельных машин.
8. Исследование и анализ технологических процессов или операций с целью повышения производительности обработки или сборки и качества деталей, сборочных единиц и машин.
9. Исследование влияния качества обрабатываемых поверхностей на ресурс работы детали.
10. Анализ и расчет на точность кинематических и размерных цепей машин и механизмов.
11. Исследование причин появления брака и разработка мероприятий по его устранению.
12. Исследование методов настройки, регулировки и испытания машин.
13. Создание и испытание специальных установок и стендов для исследования отдельных вопросов технологии изготовления деталей.
14. Разработка и исследование новых высокопроизводительных режущих инструментов и технологической оснастки.
15. Исследование технико-экономической эффективности технологических методов повышения производительности

технологических процессов, качества надежности деталей, конструкций и технических систем.

16. Исследование кинематической точности, жесткости, виброустойчивости многооперационных станков, станков с ЧПУ, роботов, манипуляторов.
17. Исследование систем управления станками, способов коррекции погрешностей на станках.
18. Исследование размерной стойкости режущего инструмента.
19. Исследование влияния уровня вибраций на точность обработки.
20. Исследование точности настройки металлорежущих станков различными методами.
21. Исследование эффективности операций плоского шлифования с применением устройств микроподачи заготовок.
22. Повышение производительности и качества обработки внутренних поверхностей гидроцилиндров.
23. Исследование критериев осуществления процессов самозатачивания и самозатупления абразивного инструмента при шлифовании.
24. Исследование влияния чистоты СОЖ на эффективность операций внутреннего шлифования.
25. Оптимизация процесса плоского шлифования на основе дискретного наложения профиля инструмента.
26. Разработка методики экономического анализа технологических процессов на основе системы универсальных критериев с учетом динамического фактора.
27. Исследование теплонапряженности шлифования клиновидных заготовок путем компьютерного моделирования.
28. Исследование влияния комбинированной упрочняющей обработки на работоспособность режущего инструмента.
29. Исследование работоспособности и надежности силоизмерительного устройства на основе струнного датчика.
30. Контрольно-измерительный участок для контроля деталей и узлов.

**Пример оформления реферата на дипломный проект
по технологии машиностроения с развитой научно-исследовательской
частью**

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 11 листов формата А1 графического материала, расчетно-пояснительная записка содержит 56 листов формата А4, иллюстраций 12, таблиц 7, приложений 5.

ОТВЕРСТИЕ, ОБРАБОТКА, УПРУГАЯ ДЕФОРМАЦИЯ, УСАДКА, ОТКЛОНЕНИЕ ФОРМЫ, РЕЗАНИЕ, ТОЧНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ.

В расчетно-пояснительной записке представлены методика и результаты исследования методом конечных элементов упругих деформаций деталей, возникающих под действием сил резания при обработке точных отверстий режущими инструментами с различным числом зубьев: резцами и развертками. По результатам вычислений определены отклонения размеров и формы отверстий, обусловленные упругими деформациями, которые аппроксимированы эмпирическими формулами степенного вида. Формулы позволяют учесть влияние всех значимых факторов процесса резания на отклонения, возникающие при обработке, и предлагаются для инженерных расчетов при проектировании мерных режущих инструментов и технологических процессов обработки точных отверстий деталей, характеризующихся отношением диаметра отверстия к наружному диаметру, превышающим 0,7.

Описана методика, разработано устройство экспериментального исследования упругих деформаций на физической модели и приведены результаты исследований для реперных точек, свидетельствующих о сходимости расчетных и экспериментальных данных с точностью около 5%.

Типовое содержание расчетно-пояснительной записки дипломного проекта с развитой конструкторской частью частью (направление подготовки 15.03.05)

Титульный лист.

Реферат.

Содержание.

Введение.

1. Анализ аналогов и выбор прототипа. Цель и задачи исследования.

2. Разработка конструкции изделия

2.1. Определение существенных признаков изделия.

2.2. Разработка эскизного варианта конструкции.

2.3. Моделирование конструкции изделия, расчеты на прочность, жесткость и тп.

2.4. Разработка сборочного чертежа изделия и связанных с ним подборок, выполнение спецификаций.

2.5. Разработка чертежей деталей.

2.6. Оформление конструкторской документации.

3. Технологические разработки

3.1. Маршрутно-операционный технологический процесс изготовления детали, входящей в спроектированное дипломником изделие.

3.2. Разработка технологического процесса сборки изделия (узлов изделия) и оформление карт сборки.

4. Организация научно-исследовательской работы

4.1. Научная организация труда исследователя.

4.2. Сетевое планирование исследовательской работы.

5. Специальный вопрос (разработка методов сертификации изделия, стратегия выхода на рынок, организация производства в условиях мелкосерийного производства, создание опытного образца изделия и т.п.)

6. Безопасность жизнедеятельности, экологическая чистота производства

6.1. Охрана труда исследователя.

6.2. Охрана труда в связи с технологией сборки или механической обработки по п. 4 или в связи с эксплуатацией исследуемого объекта.

7. Экономическое обоснование разработок проекта

7.1. Расчет экономической эффективности и промышленного внедрения результатов проектирования.

7.2. Экономическое обоснование применения разработанной конструкции изделия.

Заключение.

Библиографический список.

Приложение.

Задание на выполнение дипломного проекта.

Рамочные темы дипломных проектов с развитой конструкторской частью

1. Разработка конструкции изделий спецтехники.
2. Модернизация конструкции изделия на примере усовершенствования конструкции отдельного узла.
3. Разработка базовой конструкции изделия .
4. Исследование эффективности применения нового материала в конструкции узла (изделия).
5. Разработка гидравлической системы проектируемого изделия.
6. Разработка конструкции конструкторско-испытательного стенда для проверки основных характеристик изделия.
7. Конструкторско-технологическое обеспечение заданной неуравновешенности вала-карданного.
8. Разработка конструкции уплотнительного узла деталей вращения, предотвращающего проникновение мелкодисперсной пыли.
9. Разработка процедуры проверки станков ... группы.
10. Разработка робототехнологического комплекса для производства изделий заданной номенклатуры.
11. Анализ и расчет на точность кинематических и размерных цепей машин и механизмов.
12. Разработка конструкции малогабаритной техники для индивидуального использования.
13. Стенд мобильный для испытания основных характеристик изделия.
14. Проектирование системы нажатия размольного вала мельниц типа МВС.
15. Транспортное средство для городской среды: проектирование конструкции и технология производства.
16. Проектирование компенсатора для водовода прямоугольной формы.
17. Реконструкция механизма передвижения крана мостового электрического грузоподъемностью 5/10 т.
18. Проектирование эффективного приспособления для монтажа/демонтажа подшипников мельницы-вентилятора.

- 19.Проектирование узла опорного винта направляющего подшипника вертикальной гидротурбины.
- 20.Проектирования узла фиксации вала ротора на примере динамического сепаратора.
- 21.Совершенствование конструкции клапана выравнивания давления для шлюза основного.
- 22.Модернизация токарно-карусельного станка модели 1512.
- 23.Модернизация конструкции гидроцикла.
- 24.Разработка и исследование фрикционных тяговых устройств в приводах подач металлорежущих станков.
25. Разработка конструкции тележки с приводом от двигателя внешнего сгорания.
- 26.Модернизация конструкции фермы линии электропередач с учетом тепловых и радиационных нагрузок.
- 27.Разработка конструкции маслопремника, рассчитанного на рабочее давление 12 Мпа.
- 28.Разработка конструкции мобильной тракционной установки.
- 29.Парк развлечений и оборудование для него.
- 30.Разработка конструкции ветроэнергетической установки с независимыми ветроколесами.

**Пример оформления реферата на дипломный проект
по технологии машиностроения с развитой конструкторской частью**

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 11 листов формата А1 графического материала, расчетно-пояснительная записка содержит 50 листов формата А4, иллюстраций 8, таблиц 7, приложений 5.

ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТ, ПРОНИЦАЕМЫЙ ПОРИСТЫЙ, РЕГЕНЕРАЦИЯ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИЙ АППАРАТ, ПАТРОН, ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ, ПРЕССОВАНИЕ, СПЕКАНИЕ.

Разработана конструкция пылеулавливающего аппарата, описан принцип его работы, разработан стенд по очистке запыленного воздуха и изучен процесс регенерации пористых проницаемых металлических материалов методом обратной продувки. Разработана технология механической обработки на деталь «Плита трубная». Сделана смета затрат на изготовление, сборку и монтаж разработанного пылеулавливающего аппарата, определен срок его окупаемости. Решен комплекс вопросов по организации производства, выполнены разработки по обеспечению безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства.

Пример доклада на защите

Здравствуйте. Уважаемые члены государственной экзаменационной комиссии, вашему вниманию представляется дипломный проект на тему: "Оптимизация финишной обработки отверстий в деталях типа цилиндр в условиях ОАО "Тяжмаш". В настоящее время на заводе имеется всего один хонинговальный станок НТН-8000, а номенклатура деталей, требующих финишной обработки отверстия, с каждым днем увеличивается.

Следствием этого, является высокая загрузка станка и увеличение объема ремонтных работ, что, в свою очередь, приводит к увеличению времени изготовления изделия. В связи с этим, завод поставил перед нами следующую задачу: рассмотреть альтернативные методы финишной обработки отверстий на примере детали «Корпус» в условиях ОАО «Тяжмаш».

Целью дипломного проектирования является оптимизация методов предварительной и финишной обработки отверстий.

Для достижения этой цели мы решили ряд задач, озвучу некоторые:

- разработаны альтернативные маршруты обработки точных отверстий;
- изучен опыт, накопленный специалистами ОАО «Тяжмаш» по обработке отверстий;
- проведены натурные испытания ряда методов обработки точных отверстий;
- проведена сравнительная оценка различных методов.

На слайде представлен маршрут обработки отверстий. Красным цветом показаны операции по базовому технологическому процессу, зеленым - возможные варианты, растачивание в рамках ДП не рассматривалось.

Отдельно выделим в маршруте операции предварительной и финишной обработки отверстий.

Рассмотрим шлифование, как метод предварительной обработки.

На данном слайде показана технологическая наладка обработки отверстия шлифовальным кругом.

В рамках дипломного проектирования мы провели ряд экспериментов. Один из них был направлен на изучение процессов предварительного шлифования. Обработка осуществлялась кругом зернистостью F60. В результате достигнута шероховатость Ra 0,8 мкм, отмечено наличие «рисок» после обработки. Однако визуально они не наблюдались.

Развертывание является наиболее высокопроизводительным и универсальным методом обработки отверстий по 7 ... 10 квалитетам точности.

Развертка имеет большое количество режущих кромок и работает с малыми припусками.

К снижению качества отверстия при развертывании приводят:

- отклонение от соосности оси отверстия в заготовке с осью шпинделя;
- отклонение от соосности оси развертки с осью шпинделя;
- погрешность заточки зубьев.

Все эти факторы приводят к понижению динамической устойчивости процесса резания и как следствие, к разбивке отверстий и ухудшению шероховатости.

Важное практическое значение имеет установление зависимостей между величиной разбивки обработанного отверстия и параметрами технологической системы.

Изучению явления разбивки отверстий при развёртывании посвящён ряд работ профессора Г. С. Железнова и его учеников. Им получена математическая модель разбивки в виде системы нелинейных уравнений, которая позволяет прогнозировать её величину.

Недостатком системы является сложность и громоздкость уравнений, а также их нелинейный характер. Нами было принято решение упростить систему и заменить её степенной зависимостью.

На данном слайде показана технологическая наладка развертывания на токарно-винторезном станке. Был проведен эксперимент обработки отверстия на токарном станке 16К20ПФ1.

Из-за большой несоосности в процессе обработки возникла вибрация и «разбивка».

Поэтому было принято решение провести обработку оставшихся заготовок на радиально-сверлильном станке. На проекторе представлены основные стадии развертывания на радиально-сверлильном станке в рамках эксперимента. По итогам развертывания получены следующие результаты: шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,63$ мкм на токарном станке и $Ra = 1,25$ мкм на радиально-сверлильном.

Отмечаем высокую производительность при обработке на сверлильном станке, скорость резания 75 м/мин. В качестве методов финишной обработки отверстий рассматривались хонингование, шлифование, обработка Flex-Hone и раскатывание. На слайде показана технологическая наладка хонингования. Отметим, что хонингование является высокопроизводительным методом финишной обработки. Нами изучен опыт сотрудников ОАО «Тяжмаш», проведён анализ результатов протоколов испытаний.

Выявлены следующие особенности применения хона в условиях ОАО «Тяжмаш»:

- периодическое возникновение «рисок»;
- достигаемая шероховатость $Ra = 0,16$ мкм;
- высокая производительность;
- высокая загрузка станка и рост объема ремонтных работ.

На данном слайде показана технологическая наладка шлифования, как метода финишной обработки отверстия.

На заводе в наличии имеются полировальные круги с зернистостью F90 на вулканитовой основе. При проведении экспериментов мы использовали именно эти круги.

Отмечаем, что «риски» после обработки остаются. В результате обработки достигнута шероховатость $Ra = 0,32$ мкм, на профилограмме хорошо видны «риски».

Рассмотрим Flex-Hone в качестве инструмента для финишной обработки.

На слайде наглядно показан микрорельеф до и после обработки инструментом Flex-Hone.

Данный инструмент срезает вершины микрорельефа поверхности, сохраняя впадины от предшествующих методов обработки. На слайде показана технологическая наладка обработки отверстия Flex-Hone. Проведен анализ опыта работников завода по использованию Flex-Hone.

Отметим следующие особенности: низкая производительность обработки; достигаемая шероховатость $R_a = 0,08$ мкм; низкая стойкость инструмента.

Раскатывание, как метод финишной обработки.

На слайде показана технологическая наладка обработки раскатником на радиально-сверлильном станке 2A554.

В процессе раскатки ролики прижимаются к поверхности заготовки, пластически деформируя верхний слой материала.

Показан график зависимости затрат на обработку от шероховатости.

Раскатное полирование имеет преимущество над другими методами финишной обработки.

Однако необходима апробация данного метода в условиях ОАО «Тяжмаш».

В рамках дипломного проектирования проведен расчет технико-экономических показателей. При применении развертывания современным высокоскоростным инструментом в качестве метода предварительной обработки трудоемкость операции снизится в 6,5 раз, а себестоимость уменьшится в 4 раза.

Годовая экономия для детали «Корпус» составит 144 тыс. руб. Сравнивая экономические показатели финишных методов, наиболее экономически эффективными являются хонингование и раскатывание. Применение раскатывания вместо хонингования позволит снизить трудоемкость в 1,4 раза, а годовая экономия составит 23 тыс. руб. или 24 %. Проведена сравнительная оценка методов предварительной и финишной обработки по трем параметрам: шероховатость R_a , штучно-калькуляционное время и себестоимость в условиях ОАО «Тяжмаш».

Результаты сведены в таблицы.

Отметим, что, не смотря на все свои преимущества данные по раскатыванию необходимо подкрепить опытными данными применения в условиях ОАО «Тяжмаш».

По итогам дипломного проектирования сформулированы основные выводы, озвучу некоторые из них:

- проведены натурные эксперименты и составлены соответствующие протоколы;

- проведена сравнительная оценка различных методов

- считаю, что применение современных высокоскоростных разверток для предварительной обработки и приобретение заводом оборудования для хонингования или раскатывания позволит не только выполнить обязательства перед заказчиком в установленные сроки, но и расширить пакет заказов ОАО «Тяжмаш».

По данной работе имеется ряд достижений:

опубликовано четыре научные статьи, в том числе одна статья, принятая для публикации в журнал «СТИН». Завоёваны призовые места, как на городском, так и областном уровне. Доклад закончен, спасибо за внимание.

Учебное пособие

*ОСИПОВ Александр Петрович
ПЕТРОВА Светлана Петровна
ЖЕЛЕЗНОВ Геннадий Степанович*

**Технология машиностроения.
Выпускные квалификационные работы
научно-исследовательского и конструкторского характера**

Редакторы:
*Е.С. Захарова
И. А. Назарова*

Подписано в печать 26.11.2014г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная
Усл. п. л.5,6 Уч.-изд. л. 4,4
Тираж 100 экз. Рег. № 12/15 sf

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии
Самарского государственного технического университета
Филиал в г. Сызрани, 446001, г. Сызрань, ул. Советская 45