

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения,  
металлообрабатывающих станков и комплексов

*А. Н. Поляков, И. П. Никитина*

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПО НАПРАВЛЕННОСТИ  
«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 15.06.01 Машиностроение

Оренбург  
2017

УДК 621.9.06-52:004.4 (076.5)  
ББК 34.63-5.05я7+32.973-018.я7  
П 54

Рецензент – доктор технических наук, профессор А. И. Сердюк

**Поляков, А. Н.**  
П 54 Научные исследования по направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»: методические указания / А. Н. Поляков, И. П. Никитина; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 26 с.

В методических указаниях представлена методика изучения модуля «Научные исследования» по направлению 15.06.01 Машиностроение, направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

УДК 621.9.06-52:004.4 (076.5)  
ББК 34.63-5.05я7+32.973-018.я7

© Поляков А. Н.,  
Никитина И. П., 2017  
© ОГУ, 2017

## Содержание

Введение .....	4
1 Содержание разделов модуля .....	6
2 Указания к выполнению натуральных экспериментов на станках с ЧПУ .....	10
3 Указания по разработке математической модели.....	14
4 Указания для контроля знаний с использованием фонда оценочных средств ....	18
5 Контрольные вопросы.....	23
Список использованных источников .....	25

## Введение

*Целью научных исследований* является формирование компетенций, способствующих развитию навыков научно-исследовательской деятельности при создании, проектировании, исследовании и изготовлении объектов машиностроения, а также подготовке научно-квалификационной работы.

В процессе научных исследований аспирант решает задачи, в ходе которых получает новые знания и умения, приобретает новые навыки, направленные на достижение главной сформированной цели обучения.

Для получения новых знаний аспирант выполняет обзор состояния вопроса по выбранной области исследования, что позволяет ему решить следующие задачи из категории «знать»:

- современное состояние ресурсной базы, техническую вооруженность машиностроительной отрасли;
- цели и задачи, стоящие перед машиностроением в области внедрения новейших технологий научных решений;
- достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в области знаний, соответствующей выполняемой работе;
- рациональные приемы поиска научно-технической информации, патентного поиска;
- методы автоматизации и компьютеризации исследовательских работ, проектирования и проведения эксперимента;
- основы изобретательства;
- методы исследования материалов, технологических процессов, средств технологического оснащения и автоматизации машиностроительных производств;
- методы диагностики оборудования с использованием современных приборов и аппаратуры.

Чтобы, при освоении программы научных исследований, обучающийся приобрел умения, описываемые компетенциями (ОПК-3, 4, 6, 7 и УК-3), он должен уметь решать следующие задачи:

- формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности;

- выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования;

- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;

- вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий;

- представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати;

- использовать современные компьютерные технологии в науке, технике и технологии машиностроительных производств;

- использовать современное оборудование (станки, приборы, другие установки) для получения новых знаний.

Проводя научные исследования с использованием соответствующего научного, лабораторного или производственного оборудования, аспирант по образовательной программе получает навыки:

- использования современных компьютерных технологий в науке, технике и технологии машиностроительных производств;

- применения методов научных исследований в области машиностроительных производств;

- применения современных металлорежущих станков, контрольно-измерительных приборов, установок для 3D-печати в области проектирования и изготовления изделий машиностроения.

## 1 Содержание разделов модуля

Модуль *«Научные исследования»* состоит из двух связанных модулей: *«Научно-исследовательская деятельность (распределенная)»* и *«Подготовка научно-квалификационной работы»*.

Модуль *«Научно-исследовательская деятельность (распределенная)»* изучается в течение четырех семестров. Модуль *«Подготовка научно-квалификационной работы»* реализуется в течение всего периода обучения в аспирантуре.

Модуль *«Научно-исследовательская деятельность (распределенная)»* включает изучение четырех разделов:

- постановка задачи исследования;
- экспериментальный (предварительный этап);
- экспериментальный (этап активного эксперимента);
- обработка экспериментальных данных.

В первом разделе *«Постановка задачи исследования»* рассматриваются следующие вопросы: выбор области исследования; состояние вопроса по данным отечественных и зарубежных исследователей; обоснование актуальности исследования; формирование научных и технических проблем, и задач в выбранной области исследований; формулировка цели и задач научно-исследовательской работы; выбор направления достижения поставленной цели и способов решения сформулированных задач; формулирование научной гипотезы (при необходимости); составление варианта библиографии по направлению исследований.

Второй раздел *«Экспериментальный (предварительный этап)»* включает изучение следующих вопросов: разработка программы эксперимента; выбор технических и программных средств оснащения эксперимента; разработка или изучение методического, программного, технического обеспечения эксперимента; проектирование, конструирование и изготовление экспериментальных стендов.

Третий раздел *«Экспериментальный (этап активного эксперимента)»* включает изучение следующих вопросов: проведение стендовых, натуральных и вычислительных экспериментов; выявление доминирующих факторов; выявление закономерностей и установление взаимосвязей; уточнение программы экспериментов; доработка экспериментальных стендов и программных средств.

В четвертом разделе *«Обработка экспериментальных данных»* рассматриваются следующие вопросы: разработка и выбор математического, методического и программного обеспечения обработки экспериментальных данных; получение результатов обработки экспериментальных данных; проведение анализа экспериментальных результатов и принятие решения о дальнейшем направлении исследований.

Согласно учебному плану модуль *«Научно-исследовательская деятельность (распределенная)»* реализуется только в форме самостоятельной работы аспиранта, поэтому все, выше сформулированные, вопросы решаются аспирантом индивидуально, при непосредственном участии научного руководителя. Научный руководитель знакомит аспиранта с соответствующими методиками и контролирует ход их выполнения.

Модуль *«Подготовка научно-квалификационной работы»* включает восемь основных разделов:

- постановка задачи исследования;
- разработка исходных данных для натурального эксперимента;
- натуральный эксперимент;
- обработка экспериментальных данных;
- математическое моделирование;
- физическое и компьютерное моделирование;
- апробация разработанных технических и программных средств;
- подготовка к защите.

В первом разделе *«Постановка задачи исследования»* рассматриваются следующие вопросы: обоснование актуальности исследования; формулировка актуальных задач в выбранной области исследования; составление отчета по

материалам отечественных и зарубежных исследователей; оформление результатов патентного поиска; составление библиографии; формулировка научной задачи работы, цели, предмета и объекта исследования; формулировка конкретных задач научно-исследовательской работы, направленных на решение одной научной задачи и достижение цели исследования; обоснование направления достижения поставленной цели и способов решения сформулированных задач; формулирование научной гипотезы. Итогом выполненной работы является оформление варианта первой главы научно-квалификационной работы и подготовка публикаций по выполненной работе. На этом этапе, в идеале, может быть подготовлена одна обзорная статья по материалам зарубежной и отечественной периодики для опубликования в одном из рецензируемых научных изданий из рекомендованного списка высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации..

Во втором разделе *«Разработка исходных данных для натурального эксперимента»* рассматриваются следующие вопросы: описание программы эксперимента; описание выбранных технических и программных средств оснащения эксперимента; описание разработанных или использованных видов обеспечения эксперимента: математического, методического, программного, технического; описание разработанных стендов. Прделанная работа должна быть оформлена в виде раздела научно-квалификационной работы и подготовлена публикация по выполненной работе в виде материалов научной конференции.

В третьем разделе *«Натурный эксперимент»* решаются следующие вопросы: описание всех этапов выполнения стендовых, натуральных или вычислительных экспериментов; описание результатов выявления закономерностей и установления взаимосвязей; составление уточненной программы эксперимента; описание внесенных изменений в конструкцию экспериментальных стендов и программных средств. Вся полученная на этом этапе информация оформляется в виде раздела научно-квалификационной работы. В этом разделе должны быть представлены схемы стендовых, натуральных или вычислительных экспериментов с подроб-

ным описанием условий проведения экспериментов, используемой измерительной и иной аппаратуры. Материалы экспериментов должны быть опубликованы в журнале из списка ВАК.

В четвертом разделе *«Обработка экспериментальных данных»* необходимо изучить следующие вопросы: обоснования выбора математического, методического и программного обеспечения обработки экспериментальных данных; описание разработанного математического, методического и программного обеспечения обработки экспериментальных данных; описание результатов обработки экспериментальных данных; описание проведенного анализа полученных результатов. Обработанные результаты эксперимента должны быть оформлены разделом научно-квалификационной работы, а материалы исследований должны быть опубликованы в журнале из списка ВАК.

При выполнении в работе пятого раздела *«Математическое моделирование»* необходимо рассмотреть следующие вопросы: математическое описание исследуемых процессов на основе известных методов и методик; разработка и описание собственной математической модели или модернизация известной математической модели. Разработанная математическая модель должна быть оформлена разделом научно-квалификационной работы и опубликована в открытой печати. После разработки математической модели должно быть выполнено физическое (натурное или стендовое) и компьютерное моделирование.

В шестом разделе *«Физическое и компьютерное моделирование»* рассмотрены следующие вопросы: описание новой физической или компьютерной модели или опытно-конструкторской разработки; проведение и описание проведенных исследований на новой физической или компьютерной модели или опытно-конструкторской разработке. Результаты моделирования должны быть представлены в научно-квалификационной работе и опубликованы в открытой печати.

В седьмом разделе *«Апробация разработанных технических и программных средств»* необходимо осуществить апробацию разработанных технических и программных средств в условиях действующего производства или лаборатории.

Результаты апробации оформить разделом научно-квалификационной работы и подготовить публикации по выполненной работе.

Восьмой раздел *«Подготовка к защите»* включает: окончательное оформление работы в соответствии с требованиями по оформлению научно-квалификационных работ; подготовку и оформление автореферата в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11–2011; подготовку доклада и презентации выступления на публичной защите научно-квалификационной работы.

## **2 Указания к выполнению натуральных экспериментов на станках с ЧПУ**

При проведении экспериментов на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) следует учитывать две особенности. Первая особенность – станки с ЧПУ являются сложным высокотехнологичным оборудованием, требующим высокой квалификации исследователя, предпочтительно, чтобы аспирант сам владел навыками программирования и работы на станках с ЧПУ. Вторая особенность – точность станков с ЧПУ соизмерима с точностью координатно-измерительных машин (КИМ). Это создает возможность осуществлять измерения необходимых размеров на станке с ЧПУ с использованием измерительных головок.

При проведении экспериментальных исследований на конкретном станке с ЧПУ необходимо:

- знать не паспортные характеристики точности станка, а фактические;
- таким образом составлять управляющие программы для станка, чтобы они были инвариантны к параметрическим изменениям, для этого наилучшим способом подходит параметрическое программирование.

Чтобы знать фактические параметры точности станка, необходимо использовать методики экспериментальной оценки точности станка с ЧПУ.

Одной из наиболее эффективных систем с ЧПУ являются системы семейства Sinumerik. Параметрическое программирование системы Sinumerik использует следующие типовые операторы [1, 2]:

**DEF** – определение переменной;

**IF** – ввод условного перехода;

**ELSE** – ветвление программы, если условие не выполнено;

**ENDIF** – конечная строка ветвления **IF**;

**REAL, INT** – типы данных (переменная с плавающей запятой со знаком и целочисленное значение со знаком, соответственно);

**R** – *R*- параметры используют для передачи информации между отдельными подпрограммами;

**RET** – конец подпрограммы;

**SET** – кодовое слово для инициализации всех элементов поля с перечисленными значениями;

**SIN, COS** - тригонометрические функции;

**EXP** – экспоненциальная функция;

**SPOS** – позиция шпинделя;

**SQRT** – квадратный корень;

**FOR-TO-ENDFOR; IF-ELSE- ENDIF; WHILE-ENDWHILE** – операторы циклов.

*Синтаксис цикла: FOR-TO-ENDFOR.*

Этот цикл используется для повторения операций фиксированное количество раз; начальное значение счетной переменной меньше ее конечной величины, так как счетная переменная увеличивается от начальной к конечной величине. Счетная переменная имеет тип **INT**. Но в качестве счетной переменной можно также использовать *R*-параметры. Например, фрагмент кода управляющей программы имеет вид:

**FOR R10=R12-R20\*R1 TO R11**

**R20=R21\*R22**

**ENDFOR**

В этом примере содержимое *R*-параметров осталось «за кадром» представленного фрагмента управляющей программы. Но в данном варианте управляющей программы тип *R*-параметров имеют вещественный, а не целочисленный.

*Синтаксис программного цикла с альтернативой: **IF–ELSE– ENDIF**.*

Этот блок служит для выбора между двумя альтернативами:

- сначала выполняется операция сравнения **IF** (выражение);
- при выполнении этого условия записываются исполняемые **NC**-кадры;
- для задания альтернативного условия используют оператор **ELSE**;
- после установления альтернативного условия **ELSE** задаются **NC**-кадры;
- в качестве завершающего оператора этого цикла используют **ENDIF**.

Этот цикл допускает отсутствие **ELSE**-ветви.

*Программный цикл с условием в начале цикла **WHILE-ENDWHILE**.*

Особенностью цикла является наличие одного условия в начале цикла. Синтаксис:

**WHILE <УСЛОВИЕ>**

**NC-КОД**

**ENDWHILE**

*Переходы и ветвления в программе: **GOTOS, GOTOB, GOTOF**.*

Возврат на начало программы – **GOTOS**. С помощью этой команды для повторения программы можно вернуться на начало главной программы или подпрограммы. Применив в конце программы команду **GOTOS**, можно зациклить выполнение программы. Этот вариант актуален, при вычисляемом или наоборот случайном выполнении некоторого критического условия.

Оператор **GOTOF** используется с целью программирования перехода вперед, то есть в направлении конца программы. Оператор **GOTOB** используется для программирования перехода назад, то есть к началу программы.

В настоящее время все активней при работе на станках с ЧПУ внедряются **OMV**-технологии [3], основанные на включении измерительных переходов в общую технологию изготовления детали с использованием измерительных щупов, устанавливаемых непосредственно на станке. На мировом рынке наиболее известными изготовителями таких щупов являются следующие фирмы: **Renishaw**

(Великобритания), *Heidenhain* (Германия), *Carl Zeiss* (Германия) и *Blum Novotest* (Германия) [4-6]. На рисунках 1 и 2 приведен общий вид и конструкция измерительного щупа *TC50 Blum Novotest*. Этим щупом оснащен кафедральный станок *400V* (г. Стерлитамак, ОАО «Станкостроение»).



Рисунок 1 – Измерительный щуп TC50 Blum Novotest

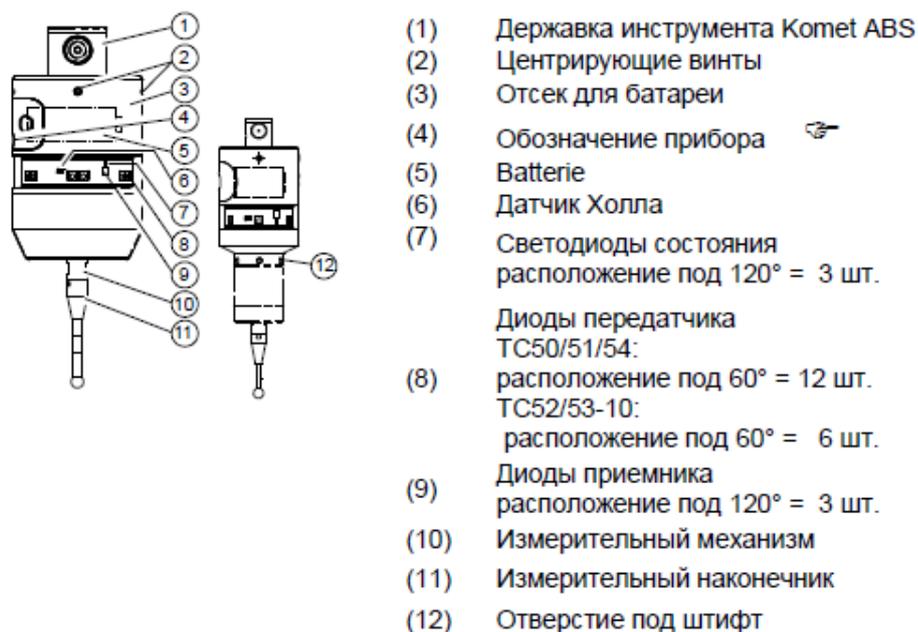


Рисунок 2 – Конструкция измерительного щупа TC50

В таблице 1 приведены технические характеристики измерительных щупов Blum серий TC50/TC51/TC53/TC76.

Таблица 1 – Технические характеристики измерительных щупов Blum серий TC50/TC51/TC53/TC76

	TC50	TC51	TC51-20	TC53-30 TC76-T
Направления замера	$\pm X, \pm Y, -Z$	$XY^*, -Z$	$XY^*, -Z, +Z$	$\pm X, \pm Y, \pm Z^a)$
Измерительное усилие в направлении XY	2 N**	1,5 N**	1,5 N**	1,3 N***
Измерительное усилие в направлении Z	7 N	4 N	4 N	5,9 N
Макс. отклонение XY	$\pm 15^\circ$	$15^{**}$	$15^{**}$	$\pm 15^\circ$
Макс. отклонение Z	10 мм	10 мм	$\pm 5$ мм	5 мм
Точка переключения XY	---	Табл 2.2	Табл 2.2	---
Точка переключения Z	---	0,8 мм	0,8 мм	---
Макс. ускорение	50 м/с <sup>2</sup>	100 м/с <sup>2</sup>	100 м/с <sup>2</sup>	50 м/с <sup>2****</sup>
Стабильность повторяемости точки переключения**	1 мкм 2 $\sigma$	0,5 мкм 2 $\sigma$	0,5 мкм 2 $\sigma$	1 мкм 2 $\sigma$
Макс. скорость замера	3 м/мин	5 м/мин	5 м/мин	2 м/мин
Масса	970 г	870 г	870 г	680 г
Степень защиты прибора	IP 68			
Передача сигналов	инфракрасное излучение			
Характеристика передачи	$\pm 60^\circ$ в направлении Z, $360^\circ$ в направлении XY			
Батарея	Ultralife Lithium 6LR61 (9B)			
Державка инструмента HSK-SK-ВТ	Kommet ABS 50			
Температура хранения	-20 °C ... +70 °C			
Рабочая температура	+5 °C ... +50 °C			

### 3 Указания по разработке математической модели

Разработка математической модели включает следующие этапы:

- разработка концепции модели;
- разработка первого варианта модели, основанная на гипотезах, предположениях и некоторой предварительной экспериментальной информации;

- уточнение математической модели на основе экспериментальной информации и более детальной теоретической проработке;
- постановка и проведение экспериментов по тестированию разработанной математической модели;
- обработка результатов моделирования.

Собственная математическая модель создается аспирантом. Базой модели является предметная область. Аспирант, как правило, не создает математическую модель впервые – он ее модернизирует, добавляя новые элементы, позволяющие уточнить модель предметной области. Однако, при разработке математической модели, необходимо использовать последние достижения в области математического моделирования, а также информационных технологий. Программная реализация математической модели может быть реализована с использованием языка высокого уровня, а может быть достигнута применением различных математических пакетов, представляющих автоматизированные системы математических вычислений.

На сегодняшний день весь современный математический аппарат, вполне достаточный для использования в математическом моделировании станков, представлен в последних версиях автоматизированных систем математических вычислений: *Mathematica*, *Maple*, *Statistica*, *MathCad* и *Matlab*.

Математический пакет *Mathematica* [4] является средством выполнения и оформления математических исследований в символьной и в численной форме. Имеет собственный язык программирования и графические средства. Выходной документ совместим с системами *Word* и *Excel*. Основное достоинство пакета – проведение аналитических расчетов. Пакет содержит средства: преобразования алгебраических выражений, их дифференцирования и интегрирования; разложения функции в ряды и определение пределов. Пакет снабжен различными алгоритмами численных расчетов. Вместе с этим имеет ряд недостатков по формированию входной и выходной информации. Пакет не имеет хорошей справочной системы.

Система математических вычислений *Maple* [5] имеет также широкий диапазон функциональных возможностей и включает следующие разделы математики: дифференциальное и интегральное исчисление; линейная алгебра; дифференциальные уравнения; аналитическая геометрия; математическая статистика; теория чисел; теория групп; оптимизация; численные вычисления; комбинаторика; теория графов и другие разделы. Система снабжена хорошей графической поддержкой: более 20 типов специальных графиков и опций для настройки каждого создаваемого графика, а также средствами анимации. Система оснащена встроенными специальными функциями типа: Дельта-функции и функции Дирака. Система *Maple*, в отличие от *Mathematica*, снабжена хорошей справочной системой. Модуль, написанный в *Maple*, может быть сгенерирован в код языка высокого уровня типа *C* и *LaTEX*.

Изначально программное средство *MathCad* [6] создавалось как полнофункциональный калькулятор для решения типовых инженерных задач, включая: решение алгебраических и дифференциальных уравнений; исследование функций; численное и аналитическое дифференцирование; интегрирование. Также в *Mathcad* предусмотрен вывод таблиц и графиков для анализа полученных решений.

Отличительными особенностями пакета являются:

- максимально приближенная к математическому описанию запись сложных математических выражений;
- возможность выполнения численных и аналитических вычислений, не очень высокой сложности;
- возможность подготовки технических отчетов с текстом, таблицами и графиками;
- возможность разработки пользовательских функций, реализующих уникальные вычислительные алгоритмы.

Автоматизированная система математических вычислений *MatLab* [7]. В данной системе реализованы современные алгоритмы и методы вычислительной математики: дифференциальное и интегральное исчисление; линейная ал-

гебра и матричный анализ; задачи математической физики и методы обработки сигналов и изображений; методы статистической обработки данных; методы комбинаторики; методы оптимизации; методы обработки и визуализации данных; методы нечеткой логики и нейронные сети. Базовый пакет *Matlab* не представляет научного интереса даже для инженера, не говоря о специалисте высшей квалификации. Однако функциональные возможности базовой система *Matlab* многократно расширяются специализированными средствами, представленными так называемыми пакетами-расширения *ToolBox*. В этом случае *Matlab* становится незаменимым помощником аспиранта. Так как в этом случае аспирант только выстраивает архитектуру своей модели, а сложные математические методы и алгоритмы на профессиональном уровне (без ошибок) реализует *Matlab*.

*MatLab*, еще в большей степени, чем *Mathcad* обладает хорошо развитыми возможностями визуализации двумерных и трехмерных данных.

*Matlab* позволяет создавать собственные приложения, снабженные графическим интерфейсом пользователя. Приложения могут быть перекомпилированы в коды языка *C*.

Наряду с математическим аппаратом, базирующимся на решении различных типов уравнений, нейросетевых технологий, методов нечеткой логики и статистики, математическая модель может быть построена на конечно-элементном анализе. В этом случае непревзойденным помощником является САЕ-система *Ansys*. Эта система может быть использована для решения задач: механики твердого деформируемого тела; электромагнетизма; гидродинамики; термоупругости. Особенностью *Ansys* является возможность решения связанных задач различной физической природы на одной расчетной модели. Система имеет встроенный язык программирования *APDL*, что существенно повышает эффективность применения *Ansys* в многоитерационном анализе. *Ansys* имеет модуль параллельных вычислений. Однако следует учитывать, что *Ansys* очень требователен к вычислительным ресурсам. Решение задач динамики и теплового анализа требует значительный объем виртуальной памяти. Это означает, что на компьютерах с ограниченным

объемом доступной виртуальной памяти такого класса задачи с использованием *Ansys* могут быть не решены.

#### **4 Указания для контроля знаний с использованием фонда оценочных средств**

Фонд оценочных средств включает четыре блока.

Первый блок содержит оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «*знать*» (блок А). Этот блок содержит вопросы для устного собеседования. Модуль «*Научные исследования*» включает два связанных модуля: «*Научно-исследовательская деятельность (распределенная)*» и «*Подготовка научно-квалификационной работы*». В первом модуле предусмотрен контроль четырех разделов. Во втором модуле – восьми разделов.

При собеседовании по модулю «*Научно-исследовательская деятельность (распределенная)*» обучающийся должен быть подготовлен к собеседованию по четырем разделам, предусмотренным в рабочей программе.

При собеседовании по первому разделу «*Постановка задачи исследования*» обучающийся должен уметь: объяснить особенности выбора темы научного исследования; рассказать о планировании научно-исследовательской работы; рассказать о классификации источников научной информации; назвать основные справочно-информационные, библиографические, реферативные и обзорные издания по техническим наукам; назвать основные периодические издания по техническим наукам; рассказать о способах поиска литературных источников; рассказать об объектах и условиях патентоспособности; назвать основные этапы разработки изобретения; рассказать о принципах разработки структурных схем изобретения к заявке на устройство и к заявке на способ; назвать правила оформления заявки на изобретение и полезную модель. В этом разделе обучающийся должен: достаточно хорошо представлять предметную область своих исследований; знать и уметь формулировать основные проблемы предметной области; знать основных исследователей своей предметной области и особенности их разработок. Напри-

мер, профессор Бушуев В.В. – специалист в области конструирования уникальных станков, использующих гидростатический эффект, а также эксперт в области общих (стратегических) вопросов станкостроения и направлений развития отечественного и мирового станкостроения. Профессор Хомяков В.С. – специалист в области динамики станков и их математического моделирования. Аспирант обязан знать и современные работы, и работы основоположников. Это позволит ему из всего многообразия работ выделить научные школы и тем самым позволит сфокусироваться на более значимом перечне работ, что должно повысить эффективность работы с библиографией и обзором литературы.

При собеседовании по второму разделу модуля «*Экспериментальный (предварительный этап)*» аспирант должен уметь пояснить методологию разработки программы экспериментов на предварительном этапе, а также рассказать о собственной программе экспериментов на этом этапе. На этом этапе аспирант должен уметь пояснить выбор применяемого оборудования и приборов. На этом этапе обучающийся должен пояснить, какими компетенциями для проведения экспериментальных исследований он должен овладеть. Например, если он будет проводить в дальнейшем многочасовые исследования на высокотехнологичном оборудовании, то, в общем случае, лучше ему самостоятельно проводить эти эксперименты, независимо от занятости оператора этой установки. Поэтому на этом этапе он должен поставить себе задачу обучения и получения практических навыков работы на данном оборудовании.

При собеседовании по третьему разделу «*Экспериментальный (этап активного эксперимента)*» обучающийся должен рассказать об особенностях используемого на этом этапе оборудования и измерительных приборах. Он должен суметь пояснить причину внесения уточнений в программу вычислительных экспериментов.

При собеседовании по заключительному разделу модуля «*Обработка экспериментальных данных*» обучающийся должен знать: различные автоматизированные средства, применяемые для обработки экспериментальных данных; ос-

новые методы обработки экспериментальных данных; критерии адекватности; критерии Фишера и Стьюдента.

При собеседовании по модулю *«Подготовка научно-квалификационной работы»* обучающийся должен быть подготовлен к собеседованию по восьми разделам, предусмотренным в рабочей программе.

При собеседовании по первому разделу *«Постановка задачи исследования»* обучающийся должен особенно обратить внимание на следующие вопросы: обоснование актуальности исследования; оценка результатов патентного поиска; выделение актуальных задач в выбранной области исследования; формулирование научной гипотезы, цели и основной научной задачи работы; выбор объекта и предмета исследования; формулировка конкретных задач научно-исследовательской работы, направленных на решение основной научной задачи и достижение цели исследования.

Во втором разделе *«Теоретическое обоснование решения основной научной задачи»* обучающийся при собеседовании должен обратить особое внимание на вопросы выбора методов моделирования объекта и выявления определяющих факторов влияния на параметры модели.

При собеседовании по третьему разделу *«Математическое моделирование»* обучающийся должен: обосновать выбор методов математического моделирования; суметь кратко рассказать основную квинтэссенцию разработанной в диссертации математической модели.

При собеседовании по трем последующим разделам, связанным с натурными и вычислительными экспериментами, обучающийся должен: рассказать принципы разработки программ вычислительного и натурального экспериментов; уметь обосновать выбор технических и программных средств оснащения эксперимента.

При собеседовании по разделу *«Апробация результатов исследования»* обучающийся должен рассказать о возможной комплексной апробации результатов исследований в лабораторных условиях, либо в условиях действующего производства.

В заключение собеседования обучающийся должен продемонстрировать знания действующего стандарта организации по оформлению студенческих работ.

*Второй блок* содержит оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «уметь» (блок В).

В рамках этого блока каждый аспирант должен быть подготовлен к решению типовых задач, возникающих перед технологом: выбор вида и методов и получения заготовок; подбор режимов резания; выбор средств технологического оснащения; расчет приспособлений на точность; расчет размерных цепей; обоснование схем базирования.

В этом блоке могут быть предложены примерные темы рефератов:

- применение новых инструментальных материалов для обработки труднообрабатываемых материалов;
- особенности высокоскоростной обработки;
- основные направления развития режущих инструментов для лезвийной обработки;
- особенности конструкции современных концевых фрез для высокоскоростной обработки;
- станки для высокоскоростной обработки;
- станки с ЧПУ – тенденции совершенствования и развития;
- современные конструкции шпиндельных узлов и линейных приводов, используемых в станках с ЧПУ;
- обзор современных САД-систем, применяемых при проектировании станков;
- обзор современных САЕ-систем, применяемых при проектировании станков;
- новые технологии изготовления деталей сложного профиля;
- аддитивные технологии;
- роль САМ-систем в технологической подготовке производства.

Выполнение реферата ориентировано на: выработку навыков критического анализа исследовательских достижений по современной инженерной теории и

практике; формирование представлений о современных требованиях к стандартам, формату и содержанию аналитических статей по данной проблематике; презентацию подготовленной информации; умение вести дискуссию и поддерживать конструктивный контакт с аудиторией.

При подготовке реферата предполагается использование не менее десяти источников по выбранной теме, опубликованных в периодической печати. Допускается использование статей, обзоров, материалов из сети интернет, монографий.

Реферат должен отражать следующие положения:

а) теоретические положения и практические рекомендации:

1) анализ актуальности проблемы, выбранной для исследования, с учетом существующих исследовательских достижений и литературы по теме;

2) содержательность и новизна подходов к решению проблемы;

3) особенности исследуемых конструкций и технологий;

4) преимущества и недостатки предлагаемых методов, исследуемых конструкций и технологий;

5) перспективы применения предлагаемых теоретических подходов или распространения практического опыта в других отраслях и организациях;

б) аргументированная авторская позиция, критический анализ, постановка задачи исследования;

б) организационные положения:

1) письменное и электронное предоставление материалов по реферату преподавателю, курирующему выбранную аспирантами тему реферата, к дате, указанной в календарном плане данного курса;

2) защита реферата осуществляется в виде презентации в электронном виде.

*Третий блок* содержит оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «*владеть*» (Блок С). Этот блок реализуется в творческом задании. Примерное задание на творческое задание следующее:

а) расчет или подбор режимов резания для конкретных технологических переходов, с последующей реализацией на станке с ЧПУ;

- б) проект специального инструмента;
- в) проект модернизации станка;
- г) разработка конструкции узла станка;
- д) разработка 3D-модели несущей системы станка;
- е) проведение инженерного анализа станка с использованием любой из САЕ-систем.

В основной текст готовой работы творческого задания должны быть включены следующие элементы, соответствующие последовательным этапам инженерного исследования:

- 1) цель исследования и ее актуальность, основные задачи исследования и период исследования;
- 2) описание предмета и объекта исследования;
- 3) описание используемой в инженерной практике системы показателей;
- 4) представление в виде рисунков и графиков результатов расчета;
- 5) интерпретация собранной по теме информации на основе нормативных теоретических знаний, полученных аспирантом в результате всего предшествующего обучения;
- б) обобщающее заключение с выделением основных полученных выводов;
- 7) представление списка использованной литературы.

Объём основного текста работы должен составлять 20 – 30 страниц.

В *Блоке D* содержатся оценочные средства, используемые в рамках промежуточного контроля знаний, проводимого в форме дифференцированного зачета.

## **5 Контрольные вопросы**

- 1 Назовите основные модули «Научных исследований».
- 2 Расскажите назначение модуля «Научно-исследовательская деятельность».
- 3 Какие разделы изучаются в модуле «Научно-исследовательская деятельность»?

4 Какие разделы изучаются в модуле «Подготовка научно-квалификационной работы»?

5 Расскажите об особенностях разработки программы натурального эксперимента.

6 Расскажите об особенностях разработки программы вычислительного эксперимента.

7 Расскажите, в чем заключается особенность формулировки вопроса: «Постановка задачи исследования».

8 Какие методы используют при обработке экспериментальных данных?

9 Назовите основные требования, предъявляемые к программным средствам, используемым при обработке экспериментальных данных?

10 Назовите особенности разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.

11 В чем заключаются особенности разработки управляющих программ для станков токарной группы с использованием САМ-систем?

12 Расскажите о роли автоматизированных систем математических вычислений в создании математической модели предметной области?

13 Назовите достоинства и недостатки наиболее известных автоматизированных систем математических вычислений.

14 Расскажите о функциональных возможностях системы Siemens NX.

15 Расскажите о функциональных возможностях системы Matlab.

16 Расскажите об общих тенденциях в конструкциях режущих инструментов.

17 Расскажите о перспективах современного станкостроения.

## Список использованных источников

1 Основы программирования фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ в системе "Sinumerik" [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 15.03.06 Мехатроника и робототехника / А. Н. Поляков [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2.46 Мб). – Оренбург : ОГУ, 2014. – Загл. с тит. экрана. – Adobe Acrobat Reader 6.0.

2 Мычко, В.С. Программирование технологических процессов на станках с программным управлением / В.С. Мычко.– Минск: Вэшэйшая школа, 2010. – 287 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=507276>.

3 Поляков, А.Н. Использование системы измерения детали на станке 400V на базе измерительного щупа TC50: учебное пособие / А. Н. Поляков, А. Н. Гончаров; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 132 с.

4 Mathematica 5/6/7: полное руководство [Электронный ресурс] / Дьяконов В. П. - ДМК Пресс, 2010. – 346 с.: ил.

Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232017>.

5 Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах: учебное пособие [Электронный ресурс] / Дьяконов В. П. – ДМК Пресс, 2011. – 446 с.: ил.

Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231878>.

6 Дьяконов, В. П. Mathcad 11/12/13 в математике [Комплект] : справочник / В. П. Дьяконов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 958 с. : ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Прил.: с. 905-931. – Библиогр.: с. 932–935. – ISBN 5-93517-332-8.

7 Математические пакеты расширения Matlab [Текст] : спец. справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2001. – 480 с. : ил. – (Справочник) – ISBN 5-318-00004-5.

8. Седов, Е. С. Основы работы в системе компьютерной алгебры Mathematica/ Е. С. Седов. – М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 402 с. : ил.

Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=429169](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=429169).

9. Золотарев, А. А. Инструментальные средства математического моделирования: учебное пособие/ А. А. Золотарев, А. А. Бычков, Л. И. Золотарева [и др.] – Ростов-н/Д. : Издательство Южного федерального университета, 2011. – 388 с. : ил.

Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=233999](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=233999).