

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технологический факультет
Кафедра физических технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета

_____ В.С. Муратов

"__" _____ 2005 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

" Теоретические основы обработки материалов
концентрированными потоками энергии"

Специальность 12.07.00 (направление 651400)

"Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов"

Всего учебных часов	143
Всего аудиторных занятий, час	68
Из них:	
Лекции, час	34
Лабораторные занятия, час	--
Практические (семинарские) занятия, час	34
Всего часов на самостоятельную работу студентов	75
Курсовая работа (семестр)	6
Экзамен (семестр)	6

Рабочая программа составлена на основании Государственного Образовательного Стандарта Высшего профессионального образования специальности 12.07.00 (направление 651400) "Машины и технология высокоэффективных процессов обработки" и учебного плана СамГТУ от 27 марта 2000 года.

Составитель рабочей программы
Доцент, к. ф. - м. н.

Шишковский И. В.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры "Физические технологии"

Заведующий кафедрой

" ____ " _____ 2005 г.

Паркин А. А.

Одобрено научно-методической комиссией
Физико-технологического факультета СамГТУ

" ____ " _____ 2005 г.

Председатель научно-методической комиссии
Физико-технологического факультета СамГТУ

Бичуров Г. В.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник УМУ

" ____ " _____ 2005 г.

Чертыковцева А. Н.

Заведующий кафедрой

" ____ " _____ 2005 г.

Паркин А. А.

1. Структура и содержание рабочей программы

1.1. Цели и задачи учебной дисциплины, ее место в учебном процессе.

1.1.1. Цели и задачи изучения дисциплины

Дисциплина специализации "Теоретические основы обработки материалов концентрированными потоками энергии" (в дальнейшем ТООМ КПЭ) предназначена для профессиональной подготовки инженеров по специальности 12.07.00 "Машины и технология высокоэффективных процессов обработки" и бакалавров направления 55.16.00. "Материаловедение и технология новых материалов". Он включает в себя лекционные и практические занятия.

Содержание курса охватывает освещение следующих основных вопросов:

- Термодинамика и теплопередача при обработке материалов КПЭ;
- Физико-математическое описание явлений при взаимодействии КПЭ с веществом;
- Физические закономерности формирования КПЭ для технологических целей;
- Теоретические и численные методы решения технологических задач обработки материалов КПЭ.
- Плавление, испарение и тепловое разрушение материалов;
- Особенности фазовых и структурных превращений в жидком и твердом состояниях в процессе и после воздействия КПЭ;
- Теоретические основы взаимодействия КПЭ с материалами в условиях различных технологических процессов;
- Термомодеформационные процессы при обработке КПЭ.

Курс преследует целью усвоение студентами теоретических основ взаимодействия КПЭ с материалами и приобретения практических навыков решения технологических задач различными математическими методами. В связи с этим помимо лекций предусмотрено проведение практических занятий, на которых студенты осваивают методологию решения технологических задач обработки материалов КПЭ на персональных компьютерах в среде MathCad. Курсовая работа студентов в 6 семестре предусматривает развитие навыков численного программирования этих задач, на базе полученных в курсе теоретических знаний.

По результатам изучения данного курса студент должен:

- **знать** основные явления, которые наблюдаются в материалах при обработке их методами КПЭ в условиях различных технологических процессов; особенности фазовых и структурных превращений в жидком и твердом состояниях в процессе и после воздействия КПЭ; закономерности развития упруго - пластических деформаций и напряжений на стадиях нагрева и охлаждения; механизмы образования остаточных напряжений; влияние остаточных деформаций и напряжений на прочностные и эксплуатационные свойства деталей после обработки КПЭ.

- **уметь** решать теплофизические задачи при обработке материалов КПЭ, проводить расчеты параметров источников КПЭ в тепловых задачах обработки материалов и определять геометрические размеры зоны термического влияния.

- **приобрести навыки** в работе с методами численного и теоретического анализа тепловых процессов при обработке материалов КПЭ, применять на практике данные методы, используя пакеты прикладных математических программ.

1.1.2. Краткая характеристика дисциплины, ее место в учебном процессе.

В рамках данной дисциплины на основании теоретического и практического изучения физических процессов, обработки материалов КПЭ, физико-математического описания явле-

ний при взаимодействии КПЭ с веществом, методов численного и аналитического анализа тепловых процессов обработки КПЭ, будущий специалист в области обработки материалов с помощью КПЭ приобретает не только знания по теоретическим основам обработки материалов КПЭ, но и навыки расчета параметров КПЭ приводящие к требуемым на практике результатам технологической обработки. Особенно важными являются следующие разделы данной дисциплины – моделирование процессов обработки КПЭ, аналитические и численные методы расчета тепловых процессов обработки материалов КПЭ; особенности фазовых и структурных превращений в жидком и твердом состояниях в процессе и после воздействия КПЭ; термомеханические процессы при обработке КПЭ.

1.1.3. Связь с предшествующими дисциплинами.

Учебная программа выполняется в 6 семестре и базируется, в частности, на общих естественнонаучных и математических дисциплинах: общая физика, химия, высшая математика и информатика, компьютерное моделирование термодинамических процессов, а также на обще профессиональных и специальных дисциплинах: сопротивление материалов, материаловедение и технология конструкционных материалов, основы генерации КПЭ и ряде других.

1.1.4. Связь с последующими дисциплинами.

Без знаний данной дисциплины не могут быть успешно усвоены такие дисциплины специализации как: «Модифицирование поверхности методами КПЭ», технологии сварки, резки, наплавки, легирования, прошивки отверстий и т.п. методами КПЭ, «Проектирование оборудования и оснастки для обработки КПЭ».

1.2. Распределение часов учебных занятий по семестрам

Вид занятий	Количество часов в семестр									Всего
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Лекции						34				34
Лабораторные работы										
Практические (семинарские) занятия						34				34
Самостоятельная работа студентов						75				75
Курсовой проект						+				+
Контрольная работа										
Экзамен						+				+
Зачет										
Итого										143

1.3. Содержание дисциплины.

Содержание дисциплины "Теоретические основы обработки материалов концентрированными потоками энергии" соответствует действующему учебному плану ГОС специальности 12.07.00 направления 651400 и включает в себя лекционный курс, практические занятия, а также выполнение курсовой работы. На самостоятельное изучение выносятся подготовка к выполнению практических работ и курсовая работа.

1.3.1. Наименование тем, их содержание, объём в часах лекционных занятий

ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Количество часов
1	2	3
I	1. Введение	(34)
1	Тема 1.1 Предмет и задачи курса. Понятие об обработке материалов КПЭ. Виды КПЭ. Обзор технологических процессов обработки КПЭ. Взаимосвязь ТООМ КПЭ с технологическим процессом изготовления изделий.	(2) 2
II	Раздел 2. Теплопередача при обработке материалов КПЭ. Физико-математическое описание явлений при взаимодействии КПЭ с веществом.	(32)
2	Тема 2.1 Тепловой баланс и законы передачи тепла при обработке материалов КПЭ. 2.1.1 Основные положения теории теплопроводности. Вывод уравнения теплопроводности на основе закона Фурье. Условия применимости теплофизических моделей при обработке КПЭ. Тема 2.1 (продолжение)	2
3	2.1.2 Теплопередача на границе раздела двух сред (закон Ньютона). Основные теплофизические характеристики вещества. Стационарное - нестационарное и однородное - неоднородное уравнения теплопроводности. Граничные условия 1, 2, 3 рода при обработке КПЭ. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Законы подобия. Закон Фика и элементы теории диффузии.	2
4	Тема 2.1. (продолжение) 2.1.3 Моделирование тепловых процессов обработки КПЭ.: - источники теплоты КПЭ; - движущиеся источники теплоты КПЭ; - нелинейные задачи воздействия КПЭ на материалы.	2
5	Тема 2.2 Аналитические и численные методы решения задач теплопроводности и диффузии при обработке КПЭ. 2.2.1 Метод разделения переменных. Метод конечных разностей;	2
6	Тема 2.3 (продолжение) 2.2.2 Метод интегральных преобразований. Метод функций Грина;	3

	Тема 2.3 Фазовые переходы 1-го и 2-го рода в материалах при обработке КПЭ.	
7	2.3.1 Виды состояния вещества. Фазовые переходы 1 и 2 рода. Теплопередача при фазовых переходах. Фазы и структурно-фазовые превращения.	2
8	Тема 2.3 (продолжение) 2.3.2 Особенности фазовых переходов 1 рода при обработке материалов КПЭ. Понятие о плазме, как 4-м состоянии вещества, ее свойства и методы получения (явление пробоя газов).	2
	Тема 2.4 Особенности переноса энергии, количества движения (внутренне трение) и концентрации вещества при различных фазовых состояниях вещества и через границу раздела фаз.	
9	2.4.1 Лучистый теплообмен и основные законы теплового излучения. Экспериментальные методы определения тепловой обстановки в обрабатываемом материале.	2
10	Тема 2.4 (продолжение) 2.4.2 Перенос тепла в жидкостях (расплавах) и газах. Явления переноса внутреннего трения и концентрации вещества. Поверхностные явления. Элементы теории пограничного слоя.	2
	Тема 2.5 Механизм развития пробоя и динамика плазмы у поверхности материалов подвергнутых КПЭ.	
11	2.5.1 Поглощение концентрированной энергии веществом. Пробой газа у поверхности материала при обработке КПЭ.	2
12	Тема 2.5 (продолжение) 2.5.2 Взаимодействие излучения с плазмой и плазмы с поверхностью твердого тела.	2
	Тема 2.6 Гидродинамические явления в расплаве и модели проплавления материала при обработке КПЭ.	
13	2.6.1 Образование ванны расплава при плавлении и испарении вещества. Гидродинамические и термокапиллярные явления в ванне расплава.	2
14	Тема 2.6 (продолжение) 2.6.2 Кинжальное проплавление. Модель движения расплава при обработке перемещающимся источником КПЭ.	2
15	Тема 2.6 (продолжение) 2.6.3 Модель глубокого проплавления и взаимодействие КПЭ с продук-	2

	тами выброса.	
16	Тема 2.7 Деформационные процессы в материалах при обработке КПЭ. Закономерности развития упругопластических деформаций. Остаточные напряжения и их влияние на эксплуатационные свойства материалов после обработки КПЭ. Экспериментальные и теоретические методы определения деформаций и напряжений при обработке КПЭ.	2
17	Тема 2.8 Технологическая прочность материалов после обработки КПЭ. Взаимосвязь структуры материала, обработанного КПЭ с технологическими и эксплуатационными свойствами изделий. Заключительные комментарии.	2

1.3.2. Практические (семинарские) занятия, их наименование, содержание и объём в часах

Номер занятия	Наименование темы практического занятия	Раздел, тема дисциплины	Объем часов
1	Импульсная лазерная обработка неподвижным точечным источником.	Раздел II. Тема 2.1	2
2	(продолжение)		2
3	(продолжение)		2
4	Лазерная обработка Гауссовым точечным источником (импульсный режим, двумерная задача, цилиндрическая симметрия).	Раздел II. Тема 2.1	2
5	(продолжение)		2
6	(продолжение)		2
7	Обработка объемным (лазер или электронный пучок) точечным источником (импульсный режим, одномерная задача).	Раздел II. Тема 2.1	2
8	(продолжение)		2
9	(продолжение)		2
10	Лазерная обработка мощным быстродвижущимся источником (двухмерная задача)	Раздел II. Тема 2.1	2
11	(продолжение)		2
12	(продолжение)		2
13	Лазерная обработка Гауссовым распределенным источником (импульсный режим, двумерная задача, цилиндрическая симметрия).	Раздел II. Тема 2.2	2
14	(продолжение)		2
15	(продолжение)		2
16	Лазерная сварка точечным импульсным лазерным источником (два листа в стопке, одномерная задача).	Раздел II. Тема 2.2	2
17	(продолжение)		2
	ИТОГО:		34

1.3.3. Лабораторные занятия, их наименования и объём в часах

№ работы	Наименование лабораторной работы	Раздел, тема лекционного курса	Кол-во часов
Итого	Занятия учебным планом не запланированы		0

1.3.4. Самостоятельная работа студентов. Разделы, темы, перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы. Сроки выполнения, объём в часах

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень домашних заданий и других видов работ	Сроки выполнения	Объем в часах
Все разделы	Курсовая работа	В течение семестра.	39 ч
Раздел II. Темы 2.1.1-2.4.2	Подготовка к выполнению практической работы №1	К каждому практическому занятию.	4 ч
	Подготовка к выполнению практической работы №2		4 ч
	Подготовка к выполнению практической работы №3		4 ч
	Подготовка к выполнению практической работы №4		4 ч
	Подготовка к выполнению практической работы №5		4 ч
	Подготовка к выполнению практической работы №6		4 ч
	Подготовка и экзамену	Сессия ИТОГО:	12 ч 75 ч

Организация и методика межсессионного и итогового контроля знаний.

По лекционному курсу в конце 6 семестра сдается экзамен. Перед экзаменом проводятся консультации. В течении семестра студенты пишут экспресс - контрольные работы (не менее двух) по лекционному курсу. К экзамену допускаются только те студенты, которые отработали и отчитались преподавателю по практическим работам и выполнили курсовую работу в полном объеме, предусмотренном данной программой.

	Сроки проведения контроля	Разделы и темы рабочей программы
1. Отчет по практическим работам №1-6. 3. Тестирование 4. Защита курсовой работы 5.Экзамен	В конце каждого практического занятия В середине семестра В конце семестра По расписанию Сессия	Раздел 2. Темы 1.1-2.3, Темы 2.4-2.8, Все разделы и темы курса Все разделы и темы курса

1.3.5. Курсовой проект (работа), его характеристика и трудоемкость, примерная тематика

Целью курсовой работы, выполняемой по данной дисциплине, является закрепление изучаемого теоретического материала, приобретение навыков и умения самостоятельного

анализа физических процессов обработки материалов КПЭ, расчета их основных характеристик и умения пользоваться теоретическими и численными методами моделирования ТООМ КПЭ на персональных компьютерах. Результаты выполнения курсовой работы представляются на защиту в виде пояснительной записки и программы расчетов с их результатами, оформленными в виде таблиц и графиков. Объем пояснительной записки – от 20 до 30 печатных страниц. Программа расчетов должна включать блок-схему расчетов, непосредственно саму программу, написанную на одном из известных языков программирования или в среде прикладных математических пакетов MathCAD, Maple, Matlab, Mathematica. Курсовая работа выполняется в течение 6-го семестра в соответствии с учебным планом. Защита курсовой работы проводится в конце семестра.

Примерный перечень тем курсовых работ:

- Разработка технологической программы расчета температурного поля вглубь материала, возникающего при лазерной или электронно-лучевой сварке.
- Разработка технологической программы расчета глубины закалки в зоне лазерного или электронно-лучевого воздействия на материал.
- Разработка технологической программы расчета температурного поля вглубь материала, возникающего при лазерной или электронно-лучевой термообработке двухслойной пластины из разнородных материалов.
- Разработка технологической программы распределения тепловых полей при воздействии импульсным или движущимся непрерывным лазерным или электронно-лучевым пучком на материал.
- Разработка технологической программы для расчета объема зоны термического влияния при лазерном или электронно-лучевом воздействии на материал.
- Разработка технологической программы расчета деформаций и напряжений вглубь материала, возникающих при лазерной или электронно-лучевой термообработке.
- Разработка технологической программы расчета диффузии углерода вглубь материала, возникающего при лазерной или электронно-лучевой закалке сталей.

1.3.6. Учебная практика по дисциплине, краткая характеристика.

Учебная практика по дисциплине в соответствии с учебным планом не запланирована.

1.4. Учебно-методические материалы по дисциплине.

1.4.1. Основная и дополнительная литература.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Narendra B. Dahotre, Vladimir Semak. **Laser Materials Processing**. ISBN: 3-527-30487-8, 400 p. November 2005. Willey Publ. USA.
2. Гуреев Д.М., Ямщиков С.В. Основы физики лазеров и лазерной обработки материалов. Самара. 2001. 392 с.
3. Клышко Д. Н. Физические основы квантовой электроники. М.: Наука 1996. 293 с.

1.4.2. Дополнительная литература к самостоятельному изучению.

1. Основы ЛО материалов. Григорьянц А.Г. М.: Маш-е. 1989.
2. Модифицирование и легирование поверхности лазером, ионным и электронным пучком М.: Маш-е. 1987.
3. Расчет тепловых процессов при сварке. Рыкалин Н.Н. М.: Машгиз. 1981.
4. Лазерная и эл. лучевая обработка материалов. Справ-к под ред. Н.Н. Рыкалина и др. М.: Машиностроение 1985.

5. Основы электроннолучевой обработки материалов. Рыкалин Н.Н., Зуев И.В., Углов А.А. М.: Маш-е. 1978.
6. Лазерная обработка материалов. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Кокора А.Н. М.: Маш-е. 1975.
7. Обработка материалов резанием с плазменным нагревом. Под ред. Резникова Н.Л. и др. М.: Маш-е. 1986.
8. Воздействие ЛИ на материалы. Под ред. Арутюняна Р.В. и др. М.: Наука. 1989.
9. Взаимодействие ЛИ с веществом. Курс лекций. Делоне Н.Б. М.: Наука. 1989.
10. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна. Бабей Ю.И. Киев. 1988.
11. Физические процессы при ЛО материалов. Веденов А.А., Гладуш Г.Г. М.: Энергоатомиздат. 1985.
12. Структура и прочность материалов при ЛВ. Бакаев М.С. и др. М.: МГУ. 1985.
13. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. Диденко А.Н., Лигачев А.Е., Куракин И.Б. М.: Энергоатомиздат. 1987.
14. Ионно-плазменная обработка материалов. Ивановский Г.Ф., Петров В.И. М.: Радио и связь. 1986.
15. Уравнения математической физики. Под ред. Бицадзе А.В. М.: Наука. 1976.
16. Сборник задач по математической физике. Будак Б. М., Самарский А. А., Тихонов М. Н. - М.: Наука. 1972.

1.4.2. Перечень методических указаний к проведению учебных занятий и самостоятельной работы студентов

1.4.3. Перечень методических указаний к лабораторным и практическим занятиям с содержанием каждого из методических указаний студенты могут ознакомиться на странице кафедры «Физических технологий» СамГТУ по адресу в Интернете

<http://www.samgtu.ru/~laser/sotrudniki/Shishkovsky/teaching/index-r.htm>

1. Шишковский И. В. Изучение методов постановки краевых задач для решения уравнения теплопроводности при обработке материалов КПЭ.: Метод. указания к практ. работе/ Самар. гос. техн. ун-т; Самара. 1996. 10 с.
2. Шишковский И. В. Решение уравнения теплопроводности при обработке материалов КПЭ методом интегральных преобразований Фурье.: Метод. указ. к практ. работе / Самар. гос. техн. ун-т; Самара. 1997. 11 с.
3. Шишковский И. В. Расчет распределения температур, глубины закалки и скоростей нагрева-охлаждения при обработке материалов КПЭ. Метод. указ. по курсов. проект. / Самар. гос. техн. ун-т. Самара. 1997. 10 с.
4. Шишковский И. В. Расчет тепловых полей при обработке материалов КПЭ в среде MATHCAD. Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 12.07.00 "Машины и технология высокоэффективных процессов обработки". / Самар. гос. техн. ун-т. Самара. 2003. 40 с.

1.4.4. Перечень обучающих, контролирующих компьютерных программ, диафильмов, кино- и телефильмов, мультимедиа и т.д.

С содержанием каждой программы для лабораторных (практических) работ студенты могут ознакомиться на странице кафедры «Физических технологий» СамГТУ по адресу в Интернете <http://www.samgtu.ru/~laser/sotrudniki/Shishkovsky/teaching/index-r.htm>

Для выполнения лабораторных работ разработаны следующие программы в среде MathCad:

Лаб. Работа 1. Импульсная лазерная обработка неподвижным точечным источником. (файл MathCad - **impulse11.mcd**).

Лаб. Работа 2. Лазерная обработка Гауссовым точечным источником (импульсный режим, двумерная задача, цилиндрическая симметрия). (файл MathCad - **impulse21.mcd**)

Лаб. Работа 3. Обработка объемным (лазер или электронный пучок) точечным источником (импульсный режим, одномерная задача). (файл MathCad - **impulseV.mcd**)

Лаб. Работа 4. Лазерная обработка мощным быстродвижущимся источником (двухмерная задача) (файл MathCad - **cw2d.mcd**).

Лаб. Работа 5. Лазерная обработка Гауссовым распределенным источником (импульсный режим, двумерная задача, цилиндрическая симметрия). (файл MathCad - **impulse2p.mcd**).

Лаб. Работа 6. Лазерная сварка точечным импульсным лазерным источником (два листа в стопке, одномерная задача). (файл MathCad - **welding.mcd**).

1.4.5. Примерный перечень вопросов к экзамену по всему курсу.

Предмет и задачи курса. Понятие об обработке материалов КПЭ. Виды КПЭ. Обзор технологических процессов обработки КПЭ. Взаимосвязь ТООМ КПЭ с технологическим процессом изготовления изделий.

Тепловой баланс и законы передачи тепла при обработке материалов КПЭ.

Основные положения теории теплопроводности. Вывод уравнения теплопроводности на основе закона Фурье. Условия применимости теплофизических моделей при обработке КПЭ.

Теплопередача на границе раздела двух сред (закон Ньютона). Основные теплофизические характеристики вещества. Стационарное - нестационарное и однородное - неоднородное уравнения теплопроводности. Граничные условия 1, 2, 3 рода при обработке КПЭ. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Законы подобия. Закон Фика и элементы теории диффузии.

Моделирование тепловых процессов обработки КПЭ.:

- источники теплоты КПЭ;
- движущиеся источники теплоты КПЭ;
- нелинейные задачи воздействия КПЭ на материалы.

Аналитические и численные методы решения задач теплопроводности и диффузии при обработке КПЭ.

Метод разделения переменных. Метод конечных разностей;

Метод интегральных преобразований. Метод функций Грина;

Виды состояния вещества. Фазовые переходы 1 и 2 рода. Теплопередача при фазовых переходах. Фазы и структурно-фазовые превращения.

Особенности фазовых переходов 1 рода при обработке материалов КПЭ. Понятие о плазме, как 4-м состоянии вещества, ее свойства и методы получения (явление пробоя газов).

Лучистый теплообмен и основные законы теплового излучения. Экспериментальные методы определения тепловой обстановки в обрабатываемом материале.

Перенос тепла в жидкостях (расплавах) и газах. Явления переноса внутреннего трения и концентрации вещества. Поверхностные явления. Элементы теории пограничного слоя.

Механизм развития пробоя и динамика плазмы у поверхности материалов подвергнутых КПЭ.

Поглощение концентрированной энергии веществом. Пробой газа у поверхности материала при обработке КПЭ.

Взаимодействие излучения с плазмой и плазмы с поверхностью твердого тела.

Образование ванны расплава при плавлении и испарении вещества. Гидродинамические и термокапиллярные явления в ванне расплава.

Кинжальное проплавление. Модель движения расплава при обработке перемещающимся источником КПЭ.

Модель глубокого проплавления и взаимодействие КПЭ с продуктами выброса.

Деформационные процессы в материалах при обработке КПЭ. Закономерности развития упругопластических деформаций. Остаточные напряжения и их влияние на эксплуатационные свойства материалов после обработки КПЭ. Экспериментальные и теоретические методы определения деформаций и напряжений при обработке КПЭ.

Технологическая прочность материалов после обработки КПЭ. Взаимосвязь структуры материала, обработанного КПЭ с технологическими и эксплуатационными свойствами изделий.

2. Дополнения и изменения в рабочей программе

2.1. Дополнения и изменения в рабочей программе

за _____/_____ учебный год

В рабочую программу _____
(наименование дисциплины)

для специальности (-тей) _____
(номер специальности)

вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
(наименование кафедры)

«_____» _____ 200_г.

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

3. Коэффициент обеспеченности дисциплины «Теоретические основы обработки материалов концентрированными потоками энергии»

Коэффициент обеспеченности дисциплины «Теоретические основы обработки материалов КПЭ» составляет $K_1 = 1.3$