

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОВ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методические указания к практическим занятиям
и самостоятельной работе
для студентов направления
210100.62 – Электроника и наноэлектроника

Томск 2014

Орликов Леонид Николаевич.

Специальные вопросы технологии приборов квантовой электроники: Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника / Л. Н. Орликов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2014. - 32 с.

Целью настоящего пособия является углубление понимания процессов, происходящих при формировании приборов квантовой электроники.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-6);

– способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов (ПК-8);

– способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения (ПК-9);

– способностью готовить документацию и участвовать в работе системы менеджмента качества на предприятии (ПК-15);

– способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-20);

– способностью организовывать работу малых групп исполнителей (ПК-23);

– готовностью участвовать в разработке организационно-технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет) установленной отчетности по утвержденным формам (ПК-24);

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм, обучающихся по направлению «Электроника и наноэлектроника».

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
« ____ » _____ 2014 г.

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОВ
КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

Методические указания к практическим занятиям
и самостоятельной работе
для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника

Разработчик
д-р техн. наук, проф. каф. ЭП
_____ Л.Н. Орликов
« ____ » _____ 2014 г

Содержание

Введение.....	5
Занятие 1. Проектирование технологий, методы оценки перспективности проектов	6
Занятие 2. Построение маршрутных и операционных карт	7
Занятие 3. Расчеты технологичности	10
Занятие 4 . Расчеты технологических параметров оборудования	14
Занятие 5. Решение ситуационных задач	18
Занятие 6. Решение ситуационных задач	21
Занятие 7. Подготовка документации и участие в работе системы менеджмента качества на предприятии. Организация работы малых групп исполнителей	24
Занятие 8. Разработка документации	26
Занятие 9. Конференция по защите рефератов самостоятельных заданий.....	28
Интерактивные занятия и их контроль	29
Интерактивные занятия – конференции	30
Критерии оценок за самостоятельное задание.....	30
Вопросы для самостоятельной проработки лекционного материала	31

Введение

Целью настоящего пособия является углубление понимания процессов, происходящих при формировании приборов квантовой электроники. Уделяется внимание процессам выбора проектов для разработки приборов квантовой электроники, обеспечения технологичности. Рассматриваются варианты задач по процессам, сопровождающим формирование оптических покрытий в вакууме.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-6);

- способностью проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов (ПК-8);

- способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения (ПК-9);

- способностью готовить документацию и участвовать в работе системы менеджмента качества на предприятии (ПК-15);

- способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-20);

- способностью организовывать работу малых групп исполнителей (ПК-23);

- готовностью участвовать в разработке организационно-технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет) установленной отчетности по утвержденным формам (ПК-24);

В результате изучения дисциплины студент должен

- *знать*: физические принципы работы приборов электроники и наноэлектроники; основные приемы построения последовательностей технологических операций при формировании и синтезе оптических материалов;

- *уметь*: ориентироваться в многообразии современных технологий, применяемых при производстве приборов электроники и наноэлектроники; разрабатывать принципиальные схемы последовательностей технологических операций; определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы проведения технологических операций; использовать для анализа процессов стандартные программные продукты;

– *владеть* основными навыками анализа достоинств и недостатков известных технологий формирования оптических материалов на элементах электроники и наноэлектроники.

Темы занятий

1. Проектирование технологий (ПК-6) и методы оценки перспективности проектов (ПК-8).
2. Технологичность (ПК-6) и ее расчет.
3. Расчеты: вакуумная система (ПК-9) электрофизической (ПК-9),
4. Расчеты режимов работы приборов (ПК-20)
5. Маркетинг, семинар по рефератам (ПК-15)
6. Документация. Семинар по документации (ПК-24)
7. Работа в группах. (ПК-23) Сертификация, стандартизация (ПК-24)
8. Защита рефератов по самостоятельным работам (ПК-20; ПК-6; ПК-9; ПК-8; ПК-15; ПК-23; ПК-24)
9. Конференция по темам рефератов (ПК-20; ПК-6; ПК-9; ПК-8; ПК-15; ПК-23; ПК-24)

Занятие 1. Проектирование технологий, методы оценки перспективности проектов

Формируемые компетенции (ПК-6) и (ПК-8).

На первом занятии студент выбирает тему для проработки. Проводится семинар и обсуждается актуальность каждой темы и возможные пути ее практической реализации.

Такими темами могут быть следующие темы.

1. Формирование зеркал с внешним отражающим слоем
2. Изготовление акустоэлектронного элемента
3. Изготовление оптоэлектронного элемента
4. Формирование прозрачных теплообразующих покрытий на оконных стеклах
5. Формирование полупрозрачных покрытий под золото на конкретные изделия из алюминия, полиэтиленовой пленки, стекла и тд
6. Формирование просветляющих покрытий на ниобате лития
7. Ионное формирование антибликовых покрытий
8. Ионное травление ниобата лития.
9. Изготовление волноводов на основе цинка, висмута, свинца на стеклах.
10. Изготовление диффузионных волноводов на ниобате лития на основе титана.
11. Процесс легирования диффузионного волновода
12. Ионно-диффузионный метод изготовления оптического волновода на основе меди
13. Разработать процесс формирования просветляющего покрытия (Cu/MgF₂/LiNbO₃)

14. Разработать процесс ионного травления нанослоя MgF_2
 15. Разработать процесс легирования поверхности ниобата лития железом
 Разработать процесс получения эпитаксиальных пленок алюминия

Задание

Каждому студенту выбрать тему для самостоятельной проработки материала. Рекомендуется проанализировать задание в целом и обозначить неясные вопросы.

Методические рекомендации по выполнению заданий

Следует рассмотреть задание в целом и обосновать актуальность тем заданий

Примерная схема выполнения индивидуального задания

1. Патентный поиск по теме
 Описание преимуществ выбранного метода решения проблемы перед другими для индивидуального задания. Обоснование типа электронно-ионных источников для самостоятельного задания. Параметры технологичности, допуски и посадки в конструкторской части индивидуального задания.
2. Математическое моделирование процесса в индивидуальном задании
 Уточненный расчет вакуумной системы для индивидуального задания. Расчеты электрофизических параметров оборудования. Составление технологической карты процесса или последовательности технологических операций формирования оптических покрытий.
3. Маркетинговые исследования
 Обосновать рынки сбыта изделий. Описать сертифицированные и не сертифицированные узлы в оборудовании, предлагаемом в индивидуальном задании.
4. Разработка инструкций по безопасному ведению работ применительно к индивидуальному заданию

Занятие 2. Построение маршрутных и операционных карт

Формируемые компетенции (ПК-6), (ПК-8), (ПК-20)

1.Тема: Конструирование последовательности технологических операций изготовления волновода (цинк-стекло) для зеленого лазера с длиной волны 532 нм

Подавляющее число приборов квантовой электроники изготавливаются по пленочной технологии с путем испарения материалов в вакууме. Для

получения приборов важна последовательность технологических операций.

Перед конструированием определяют «участников», наиболее влияющих на процесс. Такими участниками являются: вакуумная камера, испаритель материала, испаряемая навеска, подложка. Вначале из справочников следует получить сведения об участниках процесса (марка, температура испарения, степень чистоты, что делалось в вакуумной камере до настоящего времени).

В таблице 2.1 представлена общая схема технологического процесса изготовления планарного волновода на стекле.

Таблица 2.1 – Первый этап: очистка.

Участники	Справка	Очистка	Монтаж	Примечание
Подложка	Стекло ОП-10	Спирт	Держатели	
Навеска	Цинк	Механическая	5 грамм	
Испаритель	Железо, лист	Механическая	Для токового нагрева	Прокалить в вакууме
Камера	УВН-2М	Ацетон		
Термопара	Хромель-копель	-	На подложку	
Свидетель	Стекло	Спирт	Визуальный контроль	
Трафарет	Полоски никеля	Спирт	Под подложку	

На первом этапе определяется число, последовательность и режимы проведения технологических операций. Проводится расчет скорости и КПД испарения, массоперенос. Подбирается оборудование и оснастка, обеспечивающие заданное качество обработки и требуемый объем выпуска (составляется инструментальный каталог).

Последовательность технологических операций

Сначала рисуется схема последовательности технологических операций с указанием времени проведения процесса, давления и температуры. Число каналов должно быть больше или равно числу участников процесса. Например, участниками процесса напыления пленки в вакууме являются камера, испаритель, навеска, подложка, свидетель, напыляемый материал и т.д. В ходе построения последовательности операций следует предусмотреть обратную связь на случай устранения брака.

На рисунке 2.1 представлена общая схема формирования пленки для волновода (маршрутная карта)

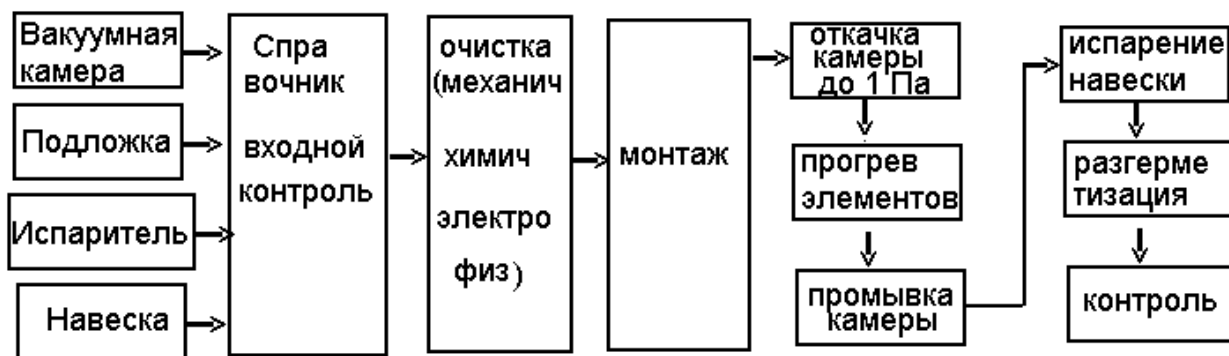


Рисунок 2.1 - Общая схема формирования пленки для волновода (маршрутная карта)

В таблице 2.2 представлена «операционная карта» подготовки цинка для формирования пленки

Таблица 2.2 - Операционная карта подготовки цинка

№	Операция	Средства	Марка	Примечание
1	Выбор марки цинка	справочник	технический	
2	Раскрой	кусачки	Слесарные	
3	Очистка	механич	Нож	
4	Анализ чистоты	Микроскоп	МБС-10	
5	Переплавка при 760 ммрт ст	тигель		
6	Заправка в тигель	3 гр	весы	

В таблице 2.3 представлена «операционная карта» термической полировки стекла для волновода

Таблица 2.3 - Операционная карта термической полировки стекла

№	Операция	Средства	Марка	Примечание
1	Выбор марки стекла	справочник	С 8-93	
2	Раскрой	стеклорез		
3	Боковая разметка	наждак		
4	Очистка	Ткань, ацетон	пинцет	
5	Анализ чистоты	Микроскоп	МИМ 7	
6	Укладка на фланец	нерж		
7	Нагрев 5град/мин	Выдержка 5 часов	Печь СУОЛ	
8	Остывание в печи			

Таблица 2.4 - Второй этап – откачка (необходимо использовать алгоритм включения и выключения установки)

Закрывать все вентили	Запуск форвакуумного насоса	Откачка 10 минут	Запуск диффузионного насоса	Откачка 20 минут
Прогрев подложки до 200 ⁰ С 5 ⁰ /мин	Контроль вакуума (<0,01Па)	Обезгаживание испарителя (200 ⁰ С)	Формирование пленки, 1000 ⁰ С, 5 сек, 0,5 мкм	Отжиг пленки 200 ⁰ , 30 мин

Этап 3- выход из технологического процесса (согласно алгоритму выключения установки)

Технологические инструкции составляют при разработке новых, оригинальных операций или при модернизации оборудования, требующей изменения последовательности переходов, приемов их выполнения и т.д.

В итоге специалист, прочитавший технологическую часть должен понять, как изготовить прибор или его фрагмент.

Задание для проработки темы

Разработать технологический процесс изготовления конкретного оптоэлектронного прибора (ПК-20). Проанализировать известные решения (ПК-6), дать качественное технико-экономическое обоснование необходимости изготовления прибора (ПК-8), оценить значимость и перспективы реализации прибора (ПК-15), проанализировать необходимую документацию (ПК-24) и ее разработку в малой группе из 2-3 чел (ПК-23). Показать расчетами возможные режимы работы прибора (ПК-9) и как экспериментально исследовать возможности прибора (ПК-20).

Обосновать метод решения проблемы и выбрать типовую установку для решения проблемы. Обосновать конкретно: какой материал применяется, какая толщина нанослоя необходима, какие токи и напряжения используются, какой вакуум. Спроектировать последовательности технологических операций изготовления конкретного прибора квантовой электроники. Спроектировать процесс подготовки под технологические операции, спроектировать последовательность формирования пленки. Спроектировать схему измерения толщины и адгезии пленки.

Занятие 3. Расчеты технологичности

Формируемые компетенции (ПК-8), (ПК-9).

Под технологичностью понимается изготовление прибора с минимальными затратами

Задачи составлены на основе общих закономерностей протекания процессов при изготовлении электронных приборов. Формулы для вычислений взяты из лекционного материала. В ряде случаев рекомендуется проанализировать системы единиц измерения. Это связано с тем, что выпускаемые параметры оборудования тяготеют к измерениям в технических единицах.

Задачи этого раздела рассчитаны на закрепление материала по энергоёмкости, стандартизации и материалоемкости процессов, по определению показателя параллельности процессов, по оптимизации последовательностей технологических операций.

Основные понятия и методические указания по решению задач.

Коэффициент использования материала в изделии массой M_i относительно массы заготовки M_z насчитывается по формуле: $K_i = M_i / M_z$; Масса заготовки с учетом базовых показателей технологичности может быть рассчитана по массе аналога M_a через коэффициент изменения размеров K_p : $M_z = M_a K_p$.

Эрготический показатель-это показатель автоматизации, рассчитываемый по объему машинных и ручных работ.

$$K = \sum \text{Эмаш} / (\sum \text{Эмаш} + \sum \text{Эруч}).$$

Коэффициент параллельности – это отношение времени параллельной работы к времени всего процесса.

Время изготовления $T_{изг}$ партии деталей определенного количества “ m ” складывается из времени подготовки оборудования $T_{подг}$, времени изготовления каждой детали t_i , время контроля T_k , планируемых отказов по организационно-техническим причинам $T_{от}$. При этом учитывается коэффициент использования оборудования K_i .

$$T_{изг} = T_{подг} + \sum_m t_i / k_i \times m + T_k \times m + T_{от}.$$

Коэффициент освоенности изделия есть отношение

$$K = \sum \text{сторонних деталей} / \sum \text{всех деталей без учета крепежных деталей}.$$

Процент стандартизации изделия $K_{ст}$, есть сумма числа стандартных изделий в отрасли $N_{ст.о}$ и числа покупных деталей N_p , отнесенная к числу стандартных изделий без крепежа $N_{ст}$

$$K_{ст} = (N_{ст.о} + N_p) / N_{ст}.$$

Коэффициент использования прогрессивной технологии есть отношение массы чистовой детали к массе черновой заготовки

$$K_i = N_{чист} / N_{черн}.$$

Коэффициент повторяемости изделий, есть отношение числа оригинальных деталей в изделии к суммарному числу проекций этих изделий в чертежах.

Коэффициент стабильности процесса, есть отношение дисперсии мгновенного распределения контролируемого параметра σ_m к средне квадратичному отклонению «б» всех параметров процесса.

$$K_c = \sigma_m / \sum \sigma_b$$

Коэффициент настроенности линии K_n есть отношение среднеарифметического значение параметра $\bar{b}_{са}$ без поля допуска размеров $\Delta_{доп}$ к сумме среднеквадратичного отклонения всех параметров σ_b , включая среднюю цену деления измерительных приборов $\sigma_{бр}$.

$$K_n = (\bar{b}_{са} - \Delta_{доп}) / \sum \sigma_b + \sigma_{бр}$$

Примеры решения задач

Задача 3.1. Определить показатель параллельности процесса при термовакуумном напылении пленок, если весь процесс напыления длился 4 часа, а суммарное время параллельно включенных блоков составило 2 часа. Ответ дать в процентах.

Решение. Коэффициент параллельности – это отношение времени параллельной работы к времени всего процесса

$$K = 2/4 = 0,5 = 50\%$$

Задача 3.2. Рассчитать коэффициент освоенности изготовления изделия, если число покупных комплектующих $N_{пк} = 10$, число стандартных изделий в отрасли $N_{с} = 5$, число заимствованных деталей с соседнего завода $N_{з} = 8$, число нестандартных деталей $N_{нс} = 2$, общее число деталей в изделии $N = 95$, число крепежных стандартных изделий $N_{ст} = 20$. Ответ дать в процентах.

Решение.

$$K = \sum \text{сторонних деталей} / \sum \text{всех деталей без крепежа};$$

$$K = 10 + 5 + 8 + 2 / 95 - 20 = 0,33. \text{ Ответ } 33\%.$$

Задачи по теме

Задача 1. Рассчитать коэффициент использования материала при изготовлении изделия массой 5 кг. Масса аналога 10 кг. Коэффициент изменения размеров $K_r = 2$.

Задача 2. Рассчитать эрготический показатель автоматизации технологического процесса, если при его выполнении тратится 3 квтч машинных затрат и 2квтч на ручной труд.

Задача 3. Определить показатель параллельности процесса при термовакуумном напылении пленок, если весь процесс напыления длился 4 часа, а суммарное время параллельно включенных блоков составило 1 час. Ответ дать в процентах.

Задача 4. Рассчитать время изготовления партии микросхем в количестве 100 шт., если время подготовки оборудования составляет $T_{\text{подг}}=10$ ч, время изготовления каждой микросхемы $t_i= 0,5$ часа, время контроля $t_k= 0,1$ ч, планируемые отказы по организационно-техническим причинам $T_{\text{от}} = 5$ ч. Коэффициент использования оборудования $K_i=0,5$.

Задача 5. Рассчитать коэффициент освоенности изготовления изделия, если число покупных комплектующих $N_{\text{п}}=10$, число стандартных изделий в отрасли $N_{\text{с}}=5$, число заимствованных деталей с соседнего завода $N_{\text{з}}=8$, число нестандартных деталей $N_{\text{нс}}=2$, общее число деталей в изделии $N=100$, число стандартных крепежных изделий $N_{\text{ст}}=20$. Ответ дать в процентах.

Задача 6. Рассчитать процент стандартизации изделия $K_{\text{ст}}$, если число стандартных изделий подобного типа в отрасли $N_{\text{ст.о}} =8$, число покупных деталей $N_{\text{п}}=10$, а число стандартных изделий без крепежа $N_{\text{ст}}=60$.

Задача 7. Рассчитать процент использования прогрессивной технологии при формообразовании изделий, если из 8 кг заготовок 3 кг составляют чистовые.

Задача 8. Рассчитать коэффициент повторяемости изделий, если число оригинальных деталей в изделии $N=2$, а суммарное число проекций этих изделий в чертежах равно 8.

Задача 9. Рассчитать коэффициент стабильности процесса, если дисперсия мгновенного распределения контролируемого параметра $\sigma^2=0,1$, а средне квадратичное отклонение всех параметров $\sigma=0,8$.

Задача 10. Рассчитать коэффициент настроенности линии производства колб радиоламп, если среднеарифметическое значение толщины стенки равно $\bar{b}_{\text{са}}=0,6$ мм, средние поля допусков размеров $\bar{b}_{\text{доп}}=0,18$ мм, среднеквадратичное отклонение всех параметров $\sigma=0,5$ при цене деления измерительных приборов $\sigma_{\text{пр}}= 0,1$.

Занятие 4 . Расчеты технологических параметров оборудования

Формируемые компетенции (ПК- 9, ПК-20),

Задание

1. Выбрать две соединяемые детали. Описать условия работы.
2. Обозначить сортамент материала.
3. Обосновать метод изготовления.
4. Определить оборудование и инструменты для изготовления деталей.
5. Составить ориентировочную схему изготовления.
6. Провести анализ необходимых организационно-технических мероприятий.
7. Определить показатели стандартизации, унификации и технологичности
8. Определить показатели готовности к проведению процесса (норматив 0,6)
9. Составить маршрутную карту.
10. Составить операционные карты.
11. Провести размерный анализ на условие сборки

Пример. Расчет фрагмента вакуумного трубопровода

1. Берем трубу с двумя фланцами на концах. Фланцы диаметром по 100 мм, соединение на 8 болтов М8. Условие работы – соединение вакуумпровода, партия 400 шт.

2. Материал сталь фланцев СТЗ, сталь углеродная обыкновенного качества, группа А, ГОСТ380-71, листовая, толщина 10 мм.

Материал трубы: Труба водогазопроводная 65х 3,2 ГОСТ 3262-75, т.е труба диаметром прохода 65 мм, толщиной 3,2 мм,

3. Среди известных методов изготовления (литье, давление, точение, фрезеровка...) выбираем точение.

4. Оборудование для изготовления – токарный станок ДИП-200. Инструменты: резец проходной, резец отрезной, сверло, сверлильный станок, штангельциркуль.

5. Ориентировочная схема изготовления.

Операции по листу металла. Заготовка листа, разметка, вырезка газосваркой, обточка на токарном станке, сверление отверстий. Итого 5 операций, 4 рабочих места

Операции с трубой. Раскрой по длине, очистка. Итого 2 операции, 2 рабочих места

Общие операции – сварка трубы и фланца, сборка. Итого 2 операции, 2 рабочих места

Таблица схемы изготовления

1	Заготовка листа			
	Разметка			
	Вырезка заготовок газосваркой			
	Обточка на токарном станке			

6. Анализ необходимых организационно-технических мероприятий

			Примечание
1	Коэффициент серийности: коэффициент заполнения операций K_o (число операций O_n / число рабочих мест P_m)	$K_o=9/8=1,12$	$K_o > 40$ единичное $K_o = 20-40$ мелкосерий $K_o = 10-20$ средне $K_o = 1-10$ крупносер
2	Такт выпуска (время изготовления) $T_b = \text{кпд} \times \text{действительный годовой фонд времени работы оборудования (час) / годовая программа } N$	$T_b = k(T_d \times 60) / N$ $T_b = 0,9(200 \times 60) / 400 = 27$	200 раб дней в год $27 < 400$, дополнительное оборудование не нужно
3	Среднее основное время по формулам справочника	$t = 0,000075(D^2 - d^2) \cdot L$ $t = 0,000025(D^2 - d^2) \cdot L$ $t = 0,000015(D^2 - d^2) \cdot L$	Токарь, черновое точение Сварщик слесарь
4	Среднее время $t_{\text{осн}} = \Sigma \text{времен} / \text{число операций}$	$t = 0,88 / 4 = 0,22 \text{ мин}$	
5	Среднештучное время $t_{\text{шт}} = t \phi$	$t = 0,22 \times 1,75 = 0,385$	$\phi = 1,75$ коэф. запаса
6	Позиции, вне анализа		Торцовка, фаски, заусенцы, зенковка, шлифовка

7. Показатели стандартизации, унификации и технологичности

	Заготовительные операции 000001, сварка 000005	Примечание
1	Класс точности: требуемый класс точности / точность оборудования (Литье-7 класс, Токарный -3 класс, Координатный-1 класс)	$K_T = K_{\text{тр}} / K_{\text{об}}$ $K_T = 3/3$
2	Коэффициент новизны: число принципиально новых деталей / общее число деталей	$K_H = N / N_o$ Новизны нет

3	Коэффициент сложности: число разработанных деталей/ число подобных в аналоге	$K_{сл} = N/N_a$ Сложных нет
4	Коэффициент использования материала: масса детали/масса заготовки	$K_{и} = M_d/M_3$ $K_{и} = 0,5/1 = 0,5$
5	Коэффициент прогрессивной технологии: количество изготовленных за один прием/количество переходов	0
6	Масса заготовки по аналогу: масса аналога x коэффициент размера	$M_3 = M_a \cdot K_p$
7	Эрготический показатель: машинные затраты/машинные+ ручные $K = \sum \mathcal{E}_{маш} / (\sum \mathcal{E}_{маш} + \sum \mathcal{E}_{руч})$	
8	Коэффициент параллельности – отношение времени параллельной работы над деталью/ к времени всего процесса.	
9	Коэффициент освоенности K_o отношение числа деталей, приобретенных «на стороне» N_c к сумме всех деталей изделия N без крепежа	$K_o = \sum N_c / \sum N$
10	Коэффициент стандартизации изделия $K_{см}$: число, стандартных деталей $N_{см.о}$ к числу покупных N_n :	$K_{см} = (N_{см.о} + N_n) / N$
11	Коэффициент повторяемости: (K_n) – отношение числа оригинальных деталей $N_{оп}$, к числу проекций	$K_n = N_{оп} / N_{np}$
12	Коэффициент стабильности процесса K_c – отношение мгновенного отклонения контролируемого параметра δ_m к средне квадратичному отклонению всех параметров δ	$K_c = \delta_m / \sum \delta$
13	Коэффициент настроенности K_n отношение среднеарифметического параметра δ_{ca} без допуска на отклонение размеров $\delta_{дон}$ к средне-квадратичному отклонению всех параметров δ , включая цену деления измерительных приборов δ_{np} :	$K_n = (\delta_{ca} - \delta_{дон}) / \delta + \delta_{np}$
14	Коэффициент прямоточности $K_{нр.м}$: отношение общего числа связей (станков) S_m к сумме общих и обратных S_n связей	$K_{нр.м} = S_m / (S_m + S_n)$
	Средний коэффициент общей готовности: 1- по инструменту; 2- по документации; 3- по оснастке для каждой операции	$K_H = N/N_o$

8. Показатели готовности к проведению процесса (норматив 0,6)

Показатели		
Условный коэффициент весомости в ядре процесса		0,3
Степень обеспеченности материалами		0,9
Степень обеспеченности спец. инструментом		0,7
Степень обеспеченности средствами метрологического контроля		1
Интегральная обеспеченность		

9. Составление маршрутной карты по ГОСТ. 1. 1118-82

Условные обозначения. М01- служебный символ, А- номер цеха, Б- код изделия по трудозатратам; К- комплектация (движение откуда/куда); М- материал, О- содержание операции, Т- технологическая оснастка, РМ- рабочее место

№	цех	участок	РМ	операция	Код опер, наим	Ед изм, шт	№ док	Т, оснастка	
А	1	2	3	разметка	сварка	400			
Б	Код оборудования- плазмотрон							ручная	
КМ	Наименование детали, изделия					Фланец трубопровода			
А01	01	02	04	Токарная	Код ИОТ № 49-90				
Б02	Подрезать торец трубы–код 38602								
03	Снять фаску трубы								
А04								
Б05								
А07	01	02	04	Резьбонарезная					
Б08	38602-нарезать канавку								
А09									
А10	шлифовка								

Составление маршрутной карты по ГОСТ. 3. 1118-82

Рисуется штамп форма 5А. Указывается марка материала, норма расхода. Каждой строке присваивают служебный символ. Строки можно корректировать.

Задание

Каждому студенту проанализировать соединение применительно к своему заданию.

На рис. 4.1 представлены некоторые соединения

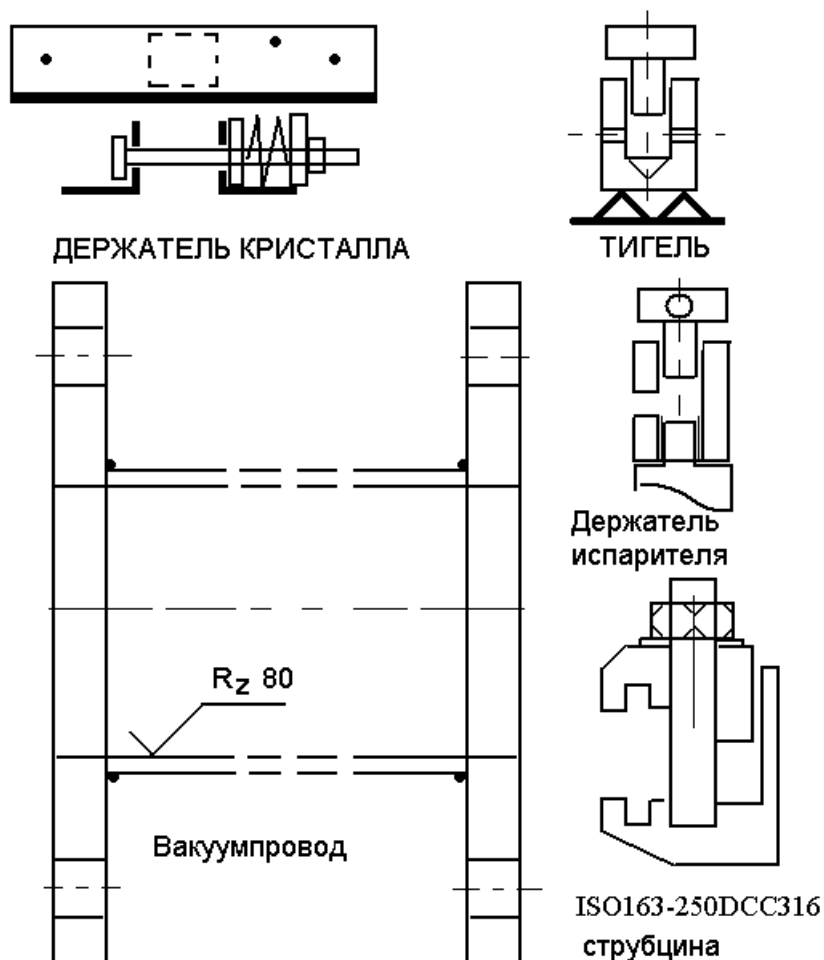


Рисунок 4.1 - Некоторые соединения

Занятие 5. Решение ситуационных задач

Формируемые компетенции (ПК- 8, ПК-9, ПК-20).

Расчет электрофизических параметров источников частиц, необходимых для проведения операций

Электрофизическая часть предполагает разработку схемы или конструкции устройства для напыления или травления покрытий, а также расчет параметров проводимых процессов. Первоначально, исходя из технологических особенностей проведения процесса, следует выбрать тип используемого источника, отметить зарубежные и отечественные аналоги. При этом целесообразно приводить рисунок схемы устройств и принцип их работы. После этого следует остановиться на предлагаемой схеме устройства, принципе его работы. Следует обратить внимание на научную новизну, заключающуюся в применении новых явлений и эффектов для улучшения получаемых параметров изделий, повышения производительности и т.д.

В ходе выполнения задания выполняется электрофизический расчет, включающий пробеги и скорости частиц, электронную температуру и концентрацию плазмы, расчет коэффициентов распыления, и др.

В таблице 5.1 приведены некоторые соотношения для расчета электрофизических параметров.

Магнетрон с термокатодом	1 кВ, 0,5 А, d=1 см	
Параметр	Формула	Значение
Скорость электрона в электрическом поле в вакууме	$V_e = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$	$2,6 \cdot 10^7$ м/с
Температура газа	$T = P/nk$	319К
Электронная температура (T_e)	$\frac{3}{2} kT_e = eU_i$	$1,1 \cdot 10^5$ К
Энергия теплового движения электрона	$W_T = 3/2 kT_e$	$2,67 \cdot 10^{-19}$ Дж
Плотность электрического тока	$J = I/S_p$	$5 \cdot 10^{-4}$ А/см ²
Напряженность поля	$E = U/d$	$2 \cdot 10^4$ В/м
Концентрация плазмы	$J = en_e V_e$	$1,2 \cdot 10^8$ 1/см ³
Пробег молекулы газа ($\lambda_{газ}$)	$(\lambda_{газ}) = 5 \cdot 10^{-5} / P$	10^{-3} м
Пробег иона	$\lambda_i = \sqrt{2} \lambda_{газ}$	$1,41 \cdot 10^{-3}$ м
Пробег электрона	$\lambda_e = 4 \sqrt{2} \lambda_{газ}$	$5,64 \cdot 10^{-3}$ м
Время пробега электрона	$\tau_{es} = \lambda_e / v_e = 1 / V_e n_e Q_e$	$0,83 \cdot 10^{-3}$ сек
Сечение рассеяния	$Q = 1 / \lambda_n$	
Минимальное сеч взаимодействия	$S_e = n_e Q_e$	10^{-6} 1/см
Коэф амбиполярной диффузии	$D = 1/3 v_i \cdot \lambda_i$	$2,79 \cdot 10^2$ м ² /с
Подвижность ионов	$\mu_i = v_i / E$	30 м ² /В·с
Дебаевский радиус	$r = 5 \sqrt{\frac{T_e}{n}}$ см	$1,7 \cdot 10^{-1}$ см
Степень термической ионизации (СИ) ($T=2500$ К)	$\alpha = 0,2 \cdot 10^{-7} \frac{a}{\sqrt{P}} T^{5/4} \exp(-\frac{5800U_i}{T_e})$	0,7
Коэффициент вторичной эмиссии	$\gamma e^{\alpha d} = 1$	$\gamma = 2,9 \cdot 10^{-3}$
Напряжение пробоя (В=300, А=15, d=4 см)	$U = \frac{Bpd}{\ln[Apd / \ln(1/\gamma)]}$	760 В
Проводимость плазмы	$\delta = n_e e V_e / E$	25 ом/м ²
Кулоновский логарифм	$\Lambda = 23,4 - 1,15 \lg n - 3,45 \lg T_e$	$8,4 < 50$

Ленгмюровская (плазменная) частота	$\omega_0 = \left(\frac{4\pi n e^2}{m_e}\right)^{1/2}$	$5,94 \cdot 10^3$
Ларморовский радиус ($B=0,3\text{Тл}$)	$R = mV/eB$	$5,68 \cdot 10^{-6}\text{м}$
Ларморовская частота	$f = gH/mc$	$2,55 \cdot 10^{-2}$
Мера замагниченности	λ/R	10^2
Коэффициент диффузии ($B=0$)	$D_0 = \lambda_e V_e / 3$	$4,88 \cdot 10^4$
Параметр Холла	$\omega_e \tau_e$	4,93
Коэффициент анизотропии	D_0/D_{\perp}	$2,6 \cdot 10^{13}$

Один из подходов к расчету приведен ниже.

Зная ускоряющее напряжение U , следует определить скорость V электронов и ионов из соотношения:

$$mV^2 / 2 = eU$$

где m – масса частицы.

Для анализа типа разряда (дуговой или тлеющий) определяется электронная температура T_e по соотношению:

$$\frac{3}{2} kT_e = eU_i$$

где $k = 1,38 \times 10^{-23}$ – постоянная Больцмана;

U_i – потенциал ионизации молекулы ($U_i = 15$ В для азота, $U_i = 20$ В для гелия).

Далее определяется концентрация заряженных частиц n . Для этого задаются ток разряда I и площадью эмиссии катода S . Концентрация частиц определится через плотность тока эмиссии J соотношением:

$$J = Vne$$

Далее проводится расчет коэффициентов ионизации, расчет параметров, характерных для прибора. Важно провести расчет при нескольких значениях параметров, что позволит проанализировать особенности работы прибора. Следует обосновывать, зачем параметр считается и какая его величина известна из литературы. Ошибкой считается расчет коэффициента термической ионизации, если нет термокатада или Ларморовского радиуса, если нет магнитного поля. Приветствуются формулы не из лекционного материала.

В заключении электрофизической части приводятся отличительные особенности и преимущества устройства перед известными устройствами. Студент должен ответить на вопрос: какую конкретно новую физическую или математическую модель он исследовал; какие допущения проводил. Сравнение следует производить по материалам патентов, описаний авторских свидетельств и периодической печати.

Занятие 6. Решение ситуационных задач

Формируемые компетенции (ПК-6, ПК-8, ПК- 9, ПК-20).

Расчет параметров технологических операций

Необходимость расчета параметров для подготовки поверхности изделий под технологические операции вызвана тем, что в приповерхностных слоях материалов располагаются различные солевые и окисные пленки, примеси посторонних веществ, микроорганизмы. Значительная часть загрязнений заносится из предшествующих заготовительных операций. Прежде чем проводить технологические операции следует узнать свойства материала, его марку, определить способы очистки. Затем необходимо составить последовательность технологических операций по подготовке и проведению процессов, оценить режимы и возможности оборудования.

Основные понятия

Поток газовой выделения с поверхности площадью «А» определяется через коэффициент удельного газовой выделения «g» соотношением:

$$Q = g \times A$$

Поток газовой выделения, десорбции или откачки Q , за время dt из объема V определяется выражением:

$$Q = V (dP / dt)$$

Скорость ионного травления материалов (м/с) с плотностью ионного тока J , при ускоряющем напряжении до 10 кВ. рассчитывается по формуле:

$$V = (6,23 \times 10^{25} \times J \times K \times M_i) / (N \times \rho),$$

где J - плотность тока (A/m^2), N - число Авогадро $N=6 \times 10^{23}$, ρ - плотность материала kg/m^3 , M_i - масса иона (для аргона $M_i=40$), K - коэффициент травления.

Абсолютное число молекул « g^1 », проходящих через стенку толщиной h и площадью $1 m^2$ из атмосферного давления в вакуум пропорционально коэффициенту диффузии D и убыли концентрации « n » и определяется выражением:

$$g^1 = -D(n_1 - n_2) / 2h = 10^{-5} (0,53 \times 10^{19} - 0,53 \times 10^{10}) / 2 \times 0,005$$

Константа равновесия K_p паров (например воды) по отношению к газу (например водороду) определяется через парциальное давление P соотношением:

$$K_p = P_{H_2O} / P_{H_2}$$

Показатель анизотропии при травлении материалов показывает, насколько скорость травления вглубь V_1 превышает скорость травления V_2 вдоль поверхности. Т.е. $K = V_1 / V_2$.

Глубина очистки h , за время t пребывания материала под пучком ионов пропорциональна коэффициенту диффузии и определяется выражением:

$$h = 2 \sqrt{Dt}$$

Максимальная температура обезгаживания $T_{об}$ при нагреве определяется через температуру плавления $T_{пл}$ выражением:

$$T_{об} = 0,75 T_{пл}$$

В случае возможной рекристаллизации материала (вольфрам, сплавы алюминия и др) температура обезгаживания снижается до $0,4 T_{пл}$

$$T_{об} = T_{рек} = 0,4 T_{пл}$$

Для нормализации изделий (снятия дислокаций или внутренних напряжений) температура восстановительного отжига определяется соотношением:

$$T_{в} = 0,5 T_{пл}$$

Примеры решения задач по теме

Задачи по этой теме рассчитаны на закрепление знаний по технологии очистки и термической обработки материалов.

Задача 1. За время очистки в течение 1000 с давление в вакуумной камере объемом $0,1 \text{ м}^3$ изменилось от $10 \text{ Е-}3$ до 10 Па . Считая производительность откачных средств постоянной, определить поток десорбции.

Решение: $Q = V(dP / dt) = 0,1(10 - 0,001) / 1000 = 10\text{Е-}4$

Задача 2. Определить абсолютное число молекул воды, проходящих через стенку вакуумной камеры толщиной $5\text{Е-}3 \text{ м}$ и площадью 1 м^2 из атмосферного давления в вакуум с давлением $10\text{Е-}4 \text{ Па}$. Коэффициент диффузии принять равным $10\text{Е-}5 \text{ м}^2 / \text{с}$. Концентрацию паров воды при

атмосферном давлении принять равной $53E19$. Убыль концентрации от давления считать линейной.

Решение. $g^1 = -D(n_1 - n_2) / 2h = 10^{-5} (0,53 \times 10^{19} - 0,53 \times 10^{10}) / 2 \times 0,005 = 5,3 \times 10^{15}$.

Задача 3. Составить последовательность технологических операций подготовки испарителя для испарения алюминия методом термического испарения в вакууме.

Решение.

Теория испарения материалов	Выбор марки вольфрама	Механическая очистка от аквадага	Очистка от углерода в щелочи	Монтаж в вакуумной камере
-----------------------------	-----------------------	----------------------------------	------------------------------	---------------------------

Задача 4. Составьте последовательность операций по очистке стеклянной подложки перед напылением пленки.

Решение

Сведения о стекле и цели применения	Выбор метода очистки	Выбор химикатов	Очистка, промывка, сушка	Сушка
-------------------------------------	----------------------	-----------------	--------------------------	-------

Задачи для самостоятельной проработки по теме

Задача 6.1. Определить поток газовой выделения с двухсторонней поверхности 6 зеркал, для трех сортов стекол размером $0,5 \times 1,5$ м, если удельные газовой выделения составляют $0,1; 0,01; 10^{-5}$ Па м³/с

Задача 6.2. За время очистки тоководов методом прокаливании в вакууме в течение 2000 сек, давление в вакуумной камере изменилось от $0,01$ до 10 Па. Считая производительность откачных средств постоянной, определить поток откачки при объемах камеры $0,1; 1; 3$ м³.

Задача 6.3. Рассчитать скорость травления изделий из стали при использовании в качестве ионообразующего газа аргона с плотностью ионного тока 1 А/м², при ускоряющем напряжении до 10 кВ. Плотность материала принять равной $7,6$ г/см³, число Авогадро принять равным 6×10^{23} . Коэффициент травления принять равным 10^{-4} .

Задача 6.4. Определить абсолютное число молекул воды, проходящих через стенку диффузионного насоса толщиной 5^{-3} м и площадью 1 м² из атмосферного давления в вакуум с давлением 10^{-4} Па. Коэффициент диффузии принять равным 10^{-5} м²/с. Концентрацию паров воды при атмосферном давлении принять равной 53×10^{19} . Убыль концентрации от давления считать линейной.

Задача 6.5. В водородную печь для очистки деталей подается водород с парциальным давлением 200 Па. Какое парциальное давление составляют пары воды, для констант равновесия паров по отношению к водороду 2; 4; 6?

Задача 6.6 Скорость травления поверхности вглубь при очистке превышает скорость травления вдоль поверхности в 1,5; 1,7; 2 раза. Определить показатель анизотропии для каждого случая.

Задача 2.7. В вакуумной камере стальная проволока перематывается с барабана на барабан через ионный поток, проводящий ее очистку от газов. Определить глубину очистки, если время пребывания проволоки под пучком ионов составляет 10 сек. Коэффициент диффузии принять равным $10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$

Задача 6.8. В вакуумной камере должно проводиться обезгаживание свинцового испарителя. Определить максимальную температуру обезгаживания, если температура плавления свинца составляет 343 С.

Задача 6.9. Составьте последовательность технологических операций по формированию волноводного слоя из окиси цинка на стекле.

Задача 6.10. После формирования алюминиевого покрытия выяснилось, что пленка не полупрозрачная, а непрозрачная. Напишите инструкцию, как снять эту пленку.

Занятие 7. Подготовка документации и участие в работе системы менеджмента качества на предприятии. Организация работы малых групп исполнителей

Формируемые компетенции ПК-6, ПК-8, ПК-9, ПК-15, ПК-20, ПК-23, ПК-24

Основные понятия менеджмента качества. Принципы менеджмента качества. Стандарты серии ИСО 9000 и менеджмент качества.

Основные требования к документации системы менеджмента качества.

Задание: формирование студентов в группы из 2-3 человек и ознакомление с формами группового проектного обучения (ГПО) по тематикам самостоятельных работ. Приоритетной считается работа с наибольшим процентом выполнения.

Ниже приведены некоторые формы ГПО

ф. ГПО-03

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к проекту ГПО

Кафедра (подразделение):

Тема проекта:

Сроки выполнения:

Предполагаемые исполнители:

Руководитель –

Состав рабочей группы:

Разработка проекта согласована (заинтересованные структуры):

Назначение:

Основные характеристики:

Анализ состояния дел и имеющихся достижений по тематике проекта.

Новизна предлагаемой разработки.

Ожидаемые результаты:

Оценка возможности реализации разработки и ее рыночной ценности.

Прогноз возможных сроков и направлений практической реализации результатов проекта.

Нужные ассигнования

Источники средств

Руководитель проекта (студент)

Задание. Заполнить форму 03 под свое индивидуальное задание

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ (ГПО 06)
на выполнение инновационного проекта № _____**

1. Основание для выполнения проекта: приказ от «__»__ 200__ г., №
2. Наименование проекта: _____

3. Цель проекта: _____
4. Показатели назначения (технические, научные, экономические и пр.):

5. Исходные данные для проектирования:

6. Источники финансирования и материального обеспечения проекта:

7. Руководитель проекта - _____
ФИО, должность
8. Ответственный исполнитель проекта: _____
Фамилия, имя, отчество
студента и номер учебной группы
- Члены проектной группы: _____
Фамилия, имя, отчество
студента и номер учебной группы
9. Консультант _____
ФИО, должность, предприятие
10. Место выполнения проекта (лаборатория ГПО, СКБ, НИИ, и т.д.):
11. Календарный план выполнения проекта.

№	Наименование	Сроки выполнения	Чем
---	--------------	------------------	-----

этапа	№этапа	Содержание работы	Начало	Окончание	заканчивается этап
1					отчет
2					Промежуточный отчет, моделирование .
3					

Задание

Студентам предстоит самостоятельно ознакомиться со всеми формами ГПО и заполнить форму 06.

Методические указания

Обратите внимание на форму 20 (инструкции по охране труда) и форму 21 (инструкции по пожарной безопасности)

Занятие 8. Разработка документации

Задание. Студентам предстоит составить инструкции по охране труда и инструкции по сервисному обслуживанию установок.

Пример инструкции по охране труда

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
 УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**
(ТУСУР)

СОГЛАСОВАНО

Председатель профкома
 сотрудников ТУСУР

_____ В.П.Алексеев
 « _____ » _____ 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ТУСУР

_____ Ю.А. Шурыгин
 « _____ » _____ 2014 г.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА
для студентов, проходящих лабораторный практикум
в учебных лабораториях, оснащённых персональными компьютерами
(ПК)
 № _____
(ИОТ-0__-12)

Разработал:

Должность

_____ Ф.И.О.
 « _____ » _____ 2014 г

Согласовано

Проректор

по административно-хозяйственной работе

_____ О.Е. Троян
« _____ » _____ 2014г.

Главный инженер

_____ О.А. Теуцаков
« _____ » _____ 2014 г.

Главный энергетик

_____ В.Г.Воротников
« _____ » _____ 2014 г.

Начальник юридической службы

_____ О.А.Кузьменко
« _____ » _____ 2014 г.Начальник отдела
охраны труда_____ Ю.Н. Бабина
« _____ » _____ 2014 г.**Рекомендации по разработке и оформлению инструкций**

1. Инструкция по охране труда разрабатывается на основе типовой (межотраслевой) инструкции по охране труда для соответствующей профессии (вида работ).

2. Термины заменить:

«сотрудник» - на «работник»

«техника безопасности» - на «требования безопасности»

3. Инструкция разрабатывается в двух экземплярах: один хранится в отделе охраны труда, другой – в структурном подразделении. Копии по необходимости.

4. Если инструкция распространяется на студента, необходимо согласовать еще и с председателем профсоюзной организации студентов ТУСУР, Д.Н. Буинцевым.

Задание

Студентам следует составить инструкции по сервисному обслуживанию оборудования при наличии нештатных ситуаций (отключение электроэнергии, задымление, и др)

Общие инструкции по технике безопасности

Проведите знакомство с теоретической частью и комплексов деталей и узлов экспериментальной оптической установки. Напоминаем, что обращение с оптическими деталями требует высокой технической культуры.

Выполнение теоретической части работы требует обсуждения с преподавателем результатов разработки схем эксперимента и расчетных данных.

Выполнение экспериментальной части должно сопровождаться обсуждением с преподавателем результатов экспериментов. Все сервисные работы проводить при выключенной установке.

Занятие 9. Конференция по защите рефератов самостоятельных заданий

Рекомендуется следующая схема доклада.

1. Суть проблемы. Актуальность проблемы. Ее необходимость для народного хозяйства. 2. Литературный обзор периодических изданий не старше 2009 года (10 иностранных, плюс 10 отечественных)

3. Обоснование метода решения (математическое и техническое)

4. Проведенные исследования (теоретические и экспериментальные)

5. Полученные результаты

Выводы

Заключение.

Система оценок за реферат учитывает наличие творческого задания, публикаций, внедрений, уровень математического аппарата, уровень ЭВМ, уровень компьютерной графики и конструирования.

Общая схема выполнения задания

Порядок выполнения задания

Выполнение задания следует начинать с ознакомления и подбора литературы.

Анализ задания производится на основе изучения патентов, периодической литературы, монографий. Следует обратить внимание на новизну задание устройства. Новизна заключается в реализации новых физических принципов, новых физических эффектов, новых путей для достижения цели. При этом благодаря введению новых элементов реализуются новые физические процессы. В записку не имеет смысла переписывать какой-либо текст из учебников, монографий и Интернета. Однако, совершенно необходимо нарисовать эскиз аналога прибора. Следует избегать применения сканерных устройств, так как это лишает студента возможности редактирования и уменьшает уровень компьютерной графики, реализуемый студентом.

По истечении двух недель с момента получения задания, студент должен представить руководителю обзорный материал с эскизами уже имеющихся аналогичных установок, а также техническое предложение по теме задания, которое является результатом анализа задания, обзора литературы и сопровождается эскизами отдельных узлов предполагаемого устройства установки.

Работу над заданием следует выполнять в следующем порядке и в сроки, указанные в приложении Б, здесь же приведена оценка проведенной работы (проценты даны нарастающим итогом).

Первую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии задания, введения, реферата, обзора литературы более 10 наименований, расчета откачных средств.

Вторую часть задания студент сдает на проверку руководителю при наличии схемы источника частиц и описания принципа его работы, наличии расчета электрофизических параметров, расчета одного из параметров процесса, наличии последовательности технологических операций, наличии экспериментальной и конструкторской части.

Проверка и защита задания

Студент сдает преподавателю законченный задание на предварительную проверку. В присутствии студента проверяется наличие разделов задания. Обязательным является анализ достижений науки и техники, расчеты на ЭВМ, последовательность операций, база данных сертифицированного оборудования.

По реферату оценивается метод решения задачи и параметры необходимого оборудования. Проверяется наличие ссылок на литературу, уровень использования ЭВМ, уровень математического аппарата, соблюдение ГОСТ при оформлении схем и рисунков. Проверяется наличие письменного доклада презентации с докладом и оригинальным рисунком в форматах bmp, coge1, двух оппонентов со стороны студентов. При отсутствии персонального компьютера студент сдает материалы в ручном варианте, однако, титульный лист и программа для расчета должны быть распечатаны. Через два дня студент получает предварительный отзыв на задание о правильности расчетов и ошибках. Число конференций равно числу групп в потоке. Группы для защиты формируются независимо от списочного состава.

Интерактивные занятия и их контроль

Интерактивные занятия занимают 10 часов. Из них: решение ситуационных задач - 6 часов; проведение конференций по индивидуальным заданиям - 4 час.

Студенты группой 2-3 чел (ПК-23) решают задачи из данных своего индивидуального задания, проводят анализ достижений науки и техники (ПК-6), анализируют последовательности технологических операций (ПК-8, ПК-20), и проводят комплектацию установки недостающим сертифицированным оборудованием.

Контроль задания состоит в анализе полученного решения (ПК-15) и трактовке студентом физических процессов и полученных результатов расчетов в электрофизической части (ПК-24).

Интерактивные занятия – конференции

Конференции проводятся по результатам защиты самостоятельных работ. Желательно присутствие коллектива поддержки или ученых. Самостоятельная работа спроектирована так, чтобы студент показал знания, умения, навыки, а также освоение компетенций по анализу достижений в технологии, умению строить последовательности технологических операций, умению проводить расчеты (ПК-9), умению выбрать оборудование для реализации своего задания и снабжать его документацией (ПК-24).

Технология подготовки конференции

1. Преподаватель проверяет работу, отмечает ошибки и ставит дату приема.

2. Оргкомитет: (старосты групп в потоке) – собирают презентации докладов для просмотра

3. Затем следует проверка ошибок и выносится решение о допуске к конференции.

Защита включает доклад студента (5-7 минут) и ответы на вопросы (5 мин). В докладе сообщается тема задания, техническое задание, краткое содержание работы. Необходимо обосновать актуальность темы, метод выбранных инженерных решений. Особое внимание в докладе следует уделить самостоятельным творческим разработкам, их технико-экономическому обоснованию. По окончании доклада студенту задаются вопросы, позволяющие оценить, насколько глубоко проработан материал.

В процессе защиты учитываются: самостоятельность работы, оригинальность и тщательность проработки технических решений, качество оформления чертежей и расчетно-пояснительной записки, выполнение ГОСТ, использование ЭВМ в расчетах, полнота и четкость доклада, правильность ответов на вопросы, планомерность работы над заданием и срок защиты (досрочно, в срок, после срока без уважительных причин).

После конференции студентам сообщается оценка. При этом дается краткий анализ задания и доклада, отмечаются достоинства и недостатки задания, высказываются критические замечания и пожелания. Если задание защищается после срока без уважительных причин, то оценка снижается.

Критерии оценок за самостоятельное задание

Оценка отражает учебную (3 балла), творческую (4) и исследовательскую (5баллов) часть.

Для оценки хорошо студент должен отметить в докладе конкретную творческую часть задания, предполагаемую для публикации на студенческой конференции.

Для оценки отлично студент должен отметить творческую и исследовательскую часть, иметь наброски доклада для публикации на

студенческой конференции и рекомендацию для участия в конкурсе внутривузовских студенческих работ.

При несогласии студента с оценкой назначается комиссия.

Вопросы для самостоятельной проработки лекционного материала

1. Газета «ПОИСК»: раздел тем для развития народного хозяйства
2. Работа в библиотеке с базами Федерального института патентной собственности
3. Работа в патентном читальном зале для ознакомления со структурой написания патентов.
4. Литература по технологии менеджмента качества.
5. Инструкции по сервисному обслуживанию и технике безопасности
6. Периодические журналы (Известия ВУЗов, серия Физика и др по моделированию процессов).

Учебное пособие

Орликов Л.Н.

Специальные вопросы технологии приборов
квантовой электроники

Методические указания к практическим занятиям
и самостоятельной работе

Усл. печ. л. . Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40