

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Конструирование электрофизических установок и ускорителей

: 03.03.02 , :

: 4, : 7 8

		7	8
1	()	2	3
2		72	108
3	, .	40	61
4	, .	18	18
5	, .	18	36
6	, .	0	0
7	, .	0	0
8	, .	2	2
9	, .	2	5
10	, .	32	47
11	(, ,)		
12			

(): 03.03.02

937 07.08.2014 ., : 25.08.2014 .

: 1,

(): 03.03.02

, 4 20.06.2017

- , 3 21.06.2017

:

,

:

. . . ., . -

:

. . . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ПК.2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; в части следующих результатов обучения:	
3.	.
Компетенция НГТУ: ОПК.10.В способность использовать современные программные средства подготовки конструкторской документации; в части следующих результатов обучения:	
1.	.
2.	-

2.

2.1

--	--

.2. 3	
1.современное состояние в области ускорительной физики и техники, типы ускорителей заряженных частиц, их особенности, устройство и применение	;
2.основные типы установок для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза	;
.10. . 1	
3.определения физических величин и единиц их измерения; методы измерения основных физических величин;	;
4.основы вакуумной техники;	;
5.основы теплопередачи;	;
6.выделить основные технические проблемы, связанные с созданием оборудования, необходимого для эксперимента;	;
7.оценить влияние этих условий на работоспособность устройства;	;
8.обоснованно выбрать материалы для деталей установки;	;
.10. . 2	
9.рассчитать вакуумные условия, спроектировать разъемные и неразъемные вакуумноплотные соединения, вводы в вакуум;	;
10.находить реальные источники тепла в конструкции и оценить количество выделяющегося тепла;	;
11.рассчитать и спроектировать основные магнитные элементы ускорителей и электроннооптических каналов для заданного угла поворота, апертуры и энергии частиц	;

3.

3.1

: 7	:

:			
13.		0	2
14.	()	0	4 11
:			
15.		0	2 6, 7
16.	-4, -2, -2, -3,	0	4 6, 7
17.		0	2 6, 7
:			
18.	()	0	2 2, 6, 7
19.	(), (), ()	0	2 6, 7

3.2

: 7				
:				
1.	0	18	10, 6, 7, 8, 9	

: 8				
:				
2.	0	36	10, 11, 6, 7, 8, 9	

4.

: 7				
1			3, 4, 5	2
: / . . . ; - , - ,				
2011. - 131				
2			10, 11, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	25
: / . . . ; - , - ,				
2011. - 131				
3			1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	5
: / . . . ; - , - ,				
2011. - 131				
: 8				
1			1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	30
: / . . . ; - , - ,				
2011. - 131				
2			10, 11, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	12
: / . . . ; - , - ,				
2011. - 131				
3			1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	5
: / . . . ; - , - ,				
2011. - 131				

5.

, (. 5.1).

5.1

	-

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 7	
<i>Контрольные работы:</i>	80
<i>Зачет:</i>	20
: 8	
<i>Практические занятия:</i>	80
<i>Курсовой проект:</i>	100
<i>Зачет:</i>	20

6.2

6.2

			/	
.2	3.			+
	.10. 1.	+	+	+
	.10. 2.		+	

1

7.

1. Левичев Е. Б. Лекции по нелинейной динамике частиц в циклическом ускорителе : [учебное пособие] / Е. Б. Левичев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2009. - 222 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000113734. - Парал. тит. л. англ..
2. Новиков Ю. Н. Теория и расчет электрических аппаратов / Ю. Н. Новиков; Под ред. Афанасьева В. В. - Л., 1970. - 328 с. : ил.

1. Балицкий А. В. Технология изготовления вакуумной аппаратуры / А. В. Балицкий. - М., 1974. - 311, [1] с.

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Конструирование электрофизических установок и ускорителей приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.10.В способность использовать современные программные средства подготовки конструкторской документации	з1. знать основные правила конструирования физического оборудования	Вводы в вакуум. Вводы движения в вакуум: вводы с неметаллическими уплотнителями, вводы с металлическими разделителями. Электрические вакуумные вводы. Конструкции циклических ускорителей. Циклотрон. Принцип действия, особенности конструкции, основные системы. Микротрон: основные системы и соотношения, темп ускорения. Особенности конструкции многодорожечных разрезных микротронов. Бетатроны: конструктивные особенности и область применения. Варианты конструкции. Накопители заряженных частиц. Назначение и классификация. Принципиальные особенности магнитной, вакуумной и высокочастотной систем накопителей. Конструкции накопителей ВЭПП-2, ВЭПП-2М, ВЭПП-3, ВЭПП-4. Накопители электронов специализированные источники синхротронного излучения. Неразъемные вакуумноплотные соединения. Вакуумноплотная сварка металлов. Вакуумноплотная пайка металлов. Вакуумноплотные соединения металлов с керамикой. Вакуумноплотные металлостеклянные спаи. Основные материалы, применяемые в вакуумной технике (стали, цветные металлы и их сплавы, тугоплавкие металлы, спецсплавы, стекло, керамика, прочие неметаллические материалы). Основы вакуумной техники. Основные понятия и определения, процесс	Контрольная работа (7 семестр)	Зачет, вопросы 1 – 14 (7 семестр), 1 – 10 (8 семестр)

		<p>откачки. Вакуумные насосы: адсорбционные, механические, диффузионные, магниторазрядные, сублимационные, турбомолекулярные и криогенные. Вакуумные ловушки. Плазменные установки ИЯФ. Ловушки с вращающейся плазмой (ПСП), амбиполярные адиабатические ловушки (АМБАЛ), многопробочные ловушки и газодинамическая ловушка (ГДЛ). Особенности конструкции и расчетов. Поток газа в откачиваемом объеме. Газоотделение, газопроницаемость и натекание через неплотности и соединения. Суммарный газовый поток. Дифференциальная откачка. Предмет и содержание курса. Структура современных электрофизических установок. Основные инженерные, технические и технологические проблемы. Разработка конструкции конкретного прибора или узла крупной электрофизической установки. Разъемные вакуумноплотные соединения. Соединения с резиновыми уплотнителями. Соединения с индиевыми уплотнителями. Соединения с алюминиевыми и медными уплотнителями. Уплотнения для соединений диаметром свыше 1500 мм. Синхротроны. Принцип действия, выбор параметров, конструктивные особенности основных систем, магнитная и вакуумная системы, ускорительная система, особенности выпуска и впуска, вспомогательные устройства. Современные тенденции в конструкциях синхротронов. Скорость откачки объекта. Проводимость и режимы течения разреженного газа. Основное уравнение вакуумной техники. Тепловыделение в электрофизических установках. Источники выделения тепла: прохождение по деталям электрического тока, излучение со стороны какого-то нагретого тела, бомбардировка заряженными частицами. Теплоотвод и</p>		
--	--	--	--	--

		<p>распределение температур.</p> <p>Теплопроводность: теплопроводность плоской стенки, теплопроводность цилиндрической стенки, контактная теплопроводность.</p> <p>Конвективный теплообмен: закон Ньютона, режимы течения жидкости и газа, теория подобия и конвективный теплообмен.</p> <p>Тепловое излучение: потоки излучения, теплообмен излучением между телами, тепловые экраны.</p> <p>Нестационарные процессы: время выхода на режим, установившийся режим при импульсном нагреве.</p> <p>Электрофизические установки для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза (УТС).</p> <p>Магнитные ловушки открытого типа. Замкнутые магнитные ловушки.</p>		
ОПК.10.В	у2. владеть прикладными пакетами и графическими редакторами для конструкторско-технологической документации	Разработка конструкции конкретного прибора или узла крупной электрофизической установки.	Курсовой проект, основная часть	
ПК.2/НИ способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	з3. знать принципиальные основы эксплуатации физической аппаратуры и оборудования.	<p>Общие вопросы проектирования электромагнитных устройств.</p> <p>Основные свойства ферромагнитных материалов; магнитомягкие и магнитотвердые материалы.</p> <p>Кривая намагничивания.</p> <p>Предмет и содержание курса.</p> <p>Структура современных электрофизических установок.</p> <p>Основные инженерные, технические и технологические проблемы.</p> <p>Электрофизические установки для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза (УТС).</p> <p>Магнитные ловушки открытого типа. Замкнутые магнитные ловушки.</p>		Зачет, вопросы 10 – 14 (7 семестр), 1 – 4 (8 семестр)

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 8 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.10.В, ПК.2/НИ.

Зачет 7 семестра проводится в устной форме, по билетам. Зачет 8 семестра проводится письменно в форме теста.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовой проект. Требования к выполнению курсового проекта, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсового проекта.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.10.В, ПК.2/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей», 7
семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-9, второй вопрос из диапазона вопросов 10-14 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и
ускорителей»

Вопрос 1. Поток газа в откачиваемом объеме.

Вопрос 2: Основные источники тепловыделения в деталях электрофизических установок.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭФУиУ _____ профессор, Бурдаков А.В.
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при численных оценках допускает принципиальные ошибки, оценка составляет **менее 5 баллов**.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при численных оценках допускает непринципиальные ошибки, оценка составляет от **6 до 10 баллов**

- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при численных оценках, оценка составляет **от 11 до 15 баллов**.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок при численных оценках, оценка составляет **от 16 до 20 баллов**.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если студент получает не менее 10 баллов (из 20 возможных).

Допуск к зачету возможен только при условии посещения лекционных и практических занятий (не менее 75%) и успешного написания контрольной работы (на оценку не ниже 40 баллов).

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей»

1. Основы вакуумной техники. Основные понятия и определения. Процесс откачки.
2. Вакуумные насосы: адсорбционные, механические, диффузионные, магниторазрядные, сублимационные, турбомолекулярные и криогенные. Вакуумные ловушки.
3. Поток газа в откачиваемом объеме. Газоотделение. Газопроницаемость. Натекания через неплотности и соединения. Суммарный газовый поток.
4. Проводимость трубопровода. Проводимость и режимы течения разряженного газа.
5. Основное уравнение вакуумной техники. Скорость откачки. Дифференциальная откачка.
6. Основные материалы, применяемые в вакуумной технике (стали, цветные металлы и сплавы, тугоплавкие металлы, специальные сплавы, стекло, керамика, прочие неметаллические материалы).
7. Неразъемные вакуумно-плотные соединения. Вакуумно-плотная сварка металлов. Вакуумная пайка металлов. Вакуумноплотные соединения металлов с керамикой. Вакуумноплотные металлостеклянные спаи.
8. Разъемные вакуумноплотные соединения. Соединения с резиновыми уплотнителями. Соединения с индиевыми уплотнителями. Соединения с алюминиевыми и медными уплотнителями.
9. Вводы в вакуум. Вводы движения в вакуум: вводы с неметаллическими уплотнениями, вводы с металлическими разделителями. Электрические вакуумные вводы.
10. Учет тепловых нагрузок при проектировании. Тепловыделение в деталях. Прохождение тока по проводнику.
11. Теплоотвод и его виды. Теплопроводность. Закон Фурье. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки. Контактная теплопроводность.

12. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона. Режим течения жидкости и газа. Теория подобия и конвективный теплообмен.
13. Тепловое излучение. Теплообмен излучением. Потoki излучения. Теплообмен излучением между телами. Тепловые экраны.
14. Сложная теплопередача. Нестационарные процессы. Нагревание тела. Охлаждение тела. Время выхода из режима. Установившийся режим при импульсном нагреве.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей», 7
семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа включает в себя 9 заданий по следующим темам:

- вакуум,
- источники газового потока в вакуум,
- вакуумные соединения,
- материалы в вакуумной технике,
- вводы в вакуум,
- теплопередача
- основные магнитные элементы ускорителей,
- типы ускорителей заряженных частиц,
- основные типы термоядерных ловушек

2. Критерии оценки

Контрольная работа считается **невыполненной**, если ответы студента не полные, пробелы могут носить существенный характер, *оценка составляет менее 20 баллов.*

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если ответы студента недостаточно полные, но пробелы не носят существенного характера, *оценка составляет от 21 до 40 баллов.*

Работа выполнена на **базовом** уровне, если ответы студента достаточно полные, но не всегда сформулированы достаточно точно, *оценка составляет от 41 до 60 баллов.*

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если ответы студента полные, и все формулировки даны точно, *оценка составляет от 61 до 80 баллов.*

3. Шкала оценки

Выполнение контрольной работы на оценку не ниже 40 баллов (из 80 возможных) является обязательным условием допуска к зачету по дисциплине.

4. Пример варианта контрольной работы

Вопрос 1. Что такое вакуум? Какие виды вакуума бывают?

Вопрос 2. Какие бывают источники газового потока в вакуум?

Вопрос 3. Какие типы вакуумных соединений бывают?

Вопрос 4. Перечислить основные материалы, применяемые в вакуумной технике.

Вопрос 5. Какие бывают типы вводов в вакуум?

Вопрос 6. Какие бывают типы теплопередачи в электрофизических установках?

Вопрос 7. Типы магнитных элементов в ускорителях?

Вопрос 8. Основные типы ускорителей элементарных частиц.

Вопрос 9 Основные типы термоядерных ловушек.

Паспорт зачета

по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей», 8
семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме по тестам. Тест включает в себя 10 вопросов. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Пример теста для зачета

Вопрос 1. Что такое вакуум? Виды вакуума. Предельный вакуум.

Вопрос 2. Основное уравнение вакуумной техники.

Вопрос 3. Поток газа в откачиваемом объеме.

Вопрос 4. Неразъемные вакуумно-плотные соединения.

Вопрос 5. Разъемные вакуумноплотные соединения.

Вопрос 6. Вводы в вакуум. Уплотнение Вильсона.

Вопрос 7. Тепловыделение в деталях. Прохождение тока по проводнику.

Вопрос 8. Теплоотвод и его виды. Теплопроводность. Теплопроводность плоской стенки.

Вопрос 9. Конвективный теплообмен. Теория подобия.

Вопрос 10. Тепловое излучение.

2. Критерии оценки

- Ответ на тест для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент ответил верно менее чем на 4 вопроса теста, оценка составляет *менее 5 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент ответил верно на 6 вопросов теста, оценка составляет *от 6 до 10 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент ответил верно на 8 вопросов теста, оценка составляет *от 11 до 15 баллов*.
- Ответ на тест для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент ответил верно на 10 вопросов теста, оценка составляет *от 16 до 20 баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если студент получает не менее 6 баллов (из 20 возможных).

Допуск к зачету возможен только при условии посещения лекционных и практических занятий (не менее 75%), успешной сдачи расчетно-графического задания (на оценку не ниже 50 баллов) и контрольной работы (на оценку не ниже 40 баллов).

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей».

- Вопрос 1. Что такое вакуум? Виды вакуума. Предельный вакуум.
- Вопрос 2. Основное уравнение вакуумной техники.
- Вопрос 3. Поток газа в откачиваемом объеме.
- Вопрос 4. Неразъемные вакуумно-плотные соединения.
- Вопрос 5. Разъемные вакуумноплотные соединения.
- Вопрос 6. Вводы в вакуум. Уплотнение Вильсона.
- Вопрос 7. Тепловыделение в деталях. Прохождение тока по проводнику.
- Вопрос 8. Теплоотвод и его виды. Теплопроводность. Теплопроводность плоской стенки.
- Вопрос 9. Конвективный теплообмен. Теория подобия.
- Вопрос 10. Тепловое излучение.
- Вопрос 11. Коэффициент рассеяния магнитного потока.
- Вопрос 12. Расчет электромагнитных сил.
- Вопрос 13. Поворотные магниты. Типы.
- Вопрос 14. Многополюсные магнитные элементы. Квадрупольные линзы.
- Вопрос 15. Ускорители заряженных частиц. Циклотрон.
- Вопрос 16. Ускорители заряженных частиц. Микротрон.
- Вопрос 17. Ускорители заряженных частиц. Бетатрон.
- Вопрос 18. Ускорители заряженных частиц. Синхротроны. Принцип ускорения с автофазировкой.
- Вопрос 19. Электрофизические установки для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза. Магнитные ловушки открытого типа.
- Вопрос 20. Электрофизические установки для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза. Замкнутые магнитные ловушки.

Паспорт курсового проекта

по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей», 8
семестр

1. Методика оценки.

Задание:

Пример задания.

Спроектировать поворотный магнит: энергия электронов 500 МэВ, угол поворота 18° , межполюсный зазор 30 мм, радиальная апертура 40 мм. Имеется источник питания с максимальным током 500 А. Рассчитать сечение магнитопровода, ампервитки, режим охлаждения. Разработать общий вид магнита и рабочие чертежи трех деталей.

Структура:

Графическая часть:

1. Чертеж общего вида узла или установки;
2. Чертежи 3-х деталей по указанию преподавателя, выполненные в соответствии с требованиями ЕСКД.

Пояснительная записка (10-15 страниц) должна содержать следующие разделы:

1. Введение, в котором изложено задание, общие сведения об особенностях работы данного узла или прибора, и намечен общий подход к типу данной конструкции;
2. Необходимые расчеты по функциональным параметрам, тепловыделениям и методам теплосъема, вакуумной проводимости, и способности откачки, расчеты сечений магнитопроводов, прочностные расчеты, расчеты силовых или грузоподъемных элементов в конструкции и т.п. (в зависимости от конкретного задания);
3. Краткое описание разработанной конструкции и ее особенностей.
4. Заключение, где подводятся итоги проделанной работы.

Этапы выполнения и защиты:

1. В соответствии с заданием, выполняются полные расчёты параметров магнита, геометрические характеристики, тепловыделения и методы теплосъема.
2. Выполняется эскизная прорисовка сборочного чертежа.
3. Производится корректировка параметров магнита (рабочего тока, числа витков в обмотке, толщины магнитопровода и т. д.) и выполняется окончательный сборочный чертеж магнита.
4. В соответствии с ЕСКД выполняются чертежи 3-х деталей магнита (по усмотрению преподавателя)
5. После проверки курсового проекта, происходит его защита.
6. Защита проводится с дополнительными вопросами по расчётам и конструкции данного магнита.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если курсовой проект не подготовлен или отсутствуют необходимые расчеты, нет полного комплекта чертежей, *оценка составляет от 0 до 49 баллов*.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если в курсовом проекте в необходимых расчетах есть ошибки, чертежи выполнены не в соответствии с ЕСКД, при обзоре литературы использовано недостаточное количество источников, *оценка составляет от 50 до 72 баллов*.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если разделы курсового проекта осязаны в полном объеме, но с небольшими неточностями, которые носят не существенный характер, чертежи выполнены в полном объеме, но с небольшими замечаниями, *оценка составляет от 73 до 86 баллов*.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если разделы курсового проекта осязаны в полном объеме, к оформлению пояснительной записки и чертежей не было высказано замечаний, *оценка составляет от 87 до 100 баллов*.

3. Шкала оценки

Выполнение РГЗ(Р) на оценку не ниже 50 баллов (из 100 возможных) является обязательным условием для допуска к зачету по дисциплине.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

ЗАДАНИЕ № 1.

Спроектировать поворотный магнит: энергия электронов 500 МэВ, угол поворота 18° , межполюсный зазор 30 мм, радиальная апертура 40 мм. Имеется источник питания с максимальным током 500 А. Рассчитать сечение магнитопровода, ампервитки, режим охлаждения. Разработать общий вид магнита и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 2.

Разработать импульсный поворотный магнит: энергия электронов 200 МэВ, угол поворота 20° , межполюсный зазор 30 мм, радиальная апертура 40 мм. Импульс синусоидальный, длительность полупериода 0,002 с, частота следования импульсов 3 Гц. Рассчитать толщину шихтовки, сечение магнитопровода, тепловой режим. Разработать общий вид магнита и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 3.

Разработать квадрупольную линзу с апертурой 40 мм и градиентом 3 кГс/см; длина линзы 300 мм. Имеется источник питания с током 1 кА. Рассчитать сечение магнитопровода и ампервитки, тепловой режим обмотки, фокусное расстояние для электронов с энергией 500 МэВ. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 4.

Разработать импульсную одновитковую квадрупольную линзу с апертурой 40 мм и градиентом 3,5 кГс/см; длительность импульса 0,002 с (полупериод) и частотой следования импульсов 5 Гц. Эффективная длина линзы 40 см, энергия электронов 500 МэВ. Рассчитать сечение магнитопровода и тепловой режим обмотки. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 6.

Разработать корректор с рабочей апертурой 100x100 мм. Энергия электронов 2 ГэВ, угол поворота $\pm 2 \times 10^{-3}$ рад, длина корректора 400 мм, охлаждение воздушное. Имеется источник питания на 30 А, 15 В. Рассчитать сечение магнитопровода, ампервитки, режим охлаждения корректора. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 7.

Разработать систему откачки вакуумного объема. Рабочий вакуум 1×10^{-3} Па; натекание в объем 2 см³/час; камера периодически вскрывается. Разработать схему системы откачки, подобрать насосы и арматуру, рассчитать скорость откачки разработанной системы. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 8.

Разработать заземлитель с электромагнитным приводом на напряжение 100 кВ. Рассчитать электропрочность зазора, электромагнит по тяговому усилию и теплу. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 9.

Разработать конструкцию линзы Пановского для работы в электронно-оптическом канале проводки электронов с энергией 50 МэВ. Фокусное расстояние 2 м; рабочая апертура диаметром 50 мм; длина линзы 100 мм. Рассчитать градиент линзы, сечение магнитопровода, подобрать сечение обмотки и источник питания, провести тепловой расчет. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 10.

Разработать конструкцию осесимметричной магнитной линзы для электронов с энергией 2 МэВ. Фокусное расстояние 10 см; радиальная апертура 2 см. Рассчитать сечение магнитопровода, подобрать обмотку, провести тепловой расчет. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 11.

Спроектировать поворотный магнит: энергия электронов 300 МэВ, угол поворота 20°, межполюсный зазор 40 мм, радиальная апертура 50 мм. Имеется источник питания с максимальным током 1000 А. Рассчитать сечение магнитопровода, ампервитки, режим охлаждения. Разработать общий вид магнита и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 12.

Разработать импульсный поворотный магнит: энергия электронов 700 МэВ, угол поворота 10°, межполюсный зазор 30 мм, радиальная апертура 40 мм. Импульс синусоидальный, длительность полупериода 0,002 с, частота следования импульсов 3 Гц. Рассчитать толщину шихтовки, сечение магнитопровода, тепловой режим. Разработать общий вид магнита и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 13.

Разработать квадрупольную линзу с апертурой 50 мм и градиентом 3 кГс/см; длина линзы 200 мм. Имеется источник питания с током 1 кА. Рассчитать сечение магнитопровода и ампервитки, тепловой режим обмотки, фокусное расстояние для электронов с энергией 500 МэВ. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 14.

Разработать импульсную одновитковую квадрупольную линзу с апертурой 30 мм и градиентом 3 кГс/см; длительность импульса 0,001 с (полупериод) и частотой следования

импульсов 10 Гц. Эффективная длина линзы 40 см, энергия электронов 700 МэВ. Рассчитать сечение магнитопровода и тепловой режим обмотки, прочность клеевого закрепления шин. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 15.

Разработать импульсный поворотный магнит: энергия электронов 300 МэВ, угол поворота 15° , межполюсный зазор 36 мм, радиальная апертура 50 мм. Поле на орбите 15 кГс. Длительность импульса 2×10^{-3} с (полупериод). Частота следования импульсов 5 Гц. Рассчитать толщину шихтовки, сечение магнитопровода, тепловой режим. Разработать общий вид магнита и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 16.

Разработать квадрупольную линзу с апертурой 40 мм и градиентом 3 кГс/см; длина линзы 200 мм. Имеется источник питания с током 1 кА. Рассчитать сечение магнитопровода и ампервитки, тепловой режим обмотки, фокусное расстояние для электронов с энергией 400 МэВ. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

ЗАДАНИЕ № 17.

Разработать корректор с рабочей апертурой 90x90 мм. Энергия электронов 2 ГэВ, угол поворота $\pm 2 \times 10^{-3}$ рад, длина корректора 350 мм, охлаждение воздушное. Имеется источник питания на 30 А, 15 В. Рассчитать сечение магнитопровода, ампервитки, режим охлаждения корректора. Разработать общий вид и рабочие чертежи трех деталей.

5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

ЗАДАНИЕ № 1.

Спроектировать поворотный магнит: энергия электронов 500 МэВ, угол поворота 18° , межполюсный зазор 30 мм, радиальная апертура 40 мм. Имеется источник питания с максимальным током 500 А. Рассчитать сечение магнитопровода, ампервитки, режим охлаждения. Разработать общий вид магнита и рабочие чертежи трех деталей.

Вопросы:

- a. Как рассчитывается количество ампер-витков?
- b. Как выбирается количество витков?
- c. Как рассчитать сечение магнитопровода?
- d. Как найти и рассчитать точку на обмотке магнита с наибольшей температурой?
- e. Как рассчитывается система охлаждения магнита?