

«

»

“

”

. - . . .

31.08.2022

: . . . . .  
:

:

<https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Конструирование электрофизических установок и ускорителей**

: 03.03.02 , :

: 4, : 7 8

|    |              | 7  | 8   |
|----|--------------|----|-----|
| 1  | ( )          | 2  | 3   |
| 2  |              | 72 | 108 |
| 3  | , .          | 58 | 75  |
| 4  | , .          | 18 | 16  |
| 5  | , .          | 18 | 32  |
| 6  | , .          | 0  | 0   |
| 7  | , .          | 0  | 0   |
| 8  | , .          | 14 | 20  |
| 9  | , .          | 2  | 2   |
| 10 | , .          | 20 | 25  |
| 11 | , .          | 14 | 33  |
| 12 | ( , ( )/ , ) |    |     |
| 13 |              |    |     |

( ): 03.03.02

891 07.08.2020 . , : 24.08.2020 .

: 1,

( ): 03.03.02

, 31.08.2022

- , 6 31.08.2022

:

. . . , . - . . . . .

:

. . .

## 1.1

|  |          |
|--|----------|
|  |          |
|  |          |
|  | -4. /    |
|  | -4. / .2 |
|  | -1 , ,   |
|  | -1.3 ,   |

## 2.1

[illegible]

### 3.1

|                        |   |     |     |                  |  |
|------------------------|---|-----|-----|------------------|--|
|                        |   | ” . | ， . |                  |  |
| :7                     |   |     |     |                  |  |
| :                      |   |     |     |                  |  |
| 1.<br>.<br>.<br>，<br>. | 1 | 2   | 0   | -4. /<br>2, -1.3 |  |

|    |                                      |   |   |   |                    |  |
|----|--------------------------------------|---|---|---|--------------------|--|
| 2. | ( ,<br>,<br>,<br>,<br>).             | 1 | 0 | 0 | -4. /<br>2 .       |  |
| 3. | .                                    | 1 | 0 | 0 | -4. /<br>2 .       |  |
| 4. | .<br>,<br>:<br>,<br>,<br>,<br>,<br>. | 2 | 0 | 0 | -4. /<br>2, -1.3 . |  |
| 5. | ,<br>.<br>.<br>.                     | 1 | 2 | 0 | -4. /<br>2, -1.3 . |  |
| :  |                                      |   |   |   |                    |  |
| 6. | .<br>.<br>.<br>.                     | 2 | 0 | 0 | -4. /<br>2, -1.3 . |  |
| 7. | .<br>.<br>.<br>.<br>1500 .           | 2 | 0 | 0 | -4. /<br>2, -1.3 . |  |

|     |                                                                                                                                   |   |   |   |                                 |  |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---------------------------------|--|
| 8.  | $\begin{aligned} & \frac{1}{2} : \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \end{aligned}$ | 2 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2}, \frac{-1.3}{2}$ |  |
| :   |                                                                                                                                   |   |   |   |                                 |  |
| 9.  | $\begin{aligned} & \frac{1}{2} : \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \end{aligned}$ | 2 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2}, \frac{-1.3}{2}$ |  |
| 10. | $\begin{aligned} & \frac{1}{2} : \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \end{aligned}$ | 2 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2}, \frac{-1.3}{2}$ |  |
| :   |                                                                                                                                   |   |   |   |                                 |  |
| 11. | $\begin{aligned} & \frac{1}{2} : \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \end{aligned}$ | 1 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2}, \frac{-1.3}{2}$ |  |
| 12. | $\begin{aligned} & \frac{1}{2} : \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \\ & \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \end{aligned}$ | 1 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2}, \frac{-1.3}{2}$ |  |
| : 8 |                                                                                                                                   |   |   |   |                                 |  |
| :   |                                                                                                                                   |   |   |   |                                 |  |

|     |                                                                                      |   |   |   |                       |  |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----------------------|--|
| 13. | <p> , , </p> <p> . </p> <p> , </p> <p> . </p>                                        | 2 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2, -1.3}$ |  |
| 14. | <p> ( ) </p> <p> . , </p> <p> , </p> <p> , </p> <p> . </p>                           | 4 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2}$       |  |
| :   |                                                                                      |   |   |   |                       |  |
| 15. | <p> . </p> <p> , </p> <p> , </p> <p> , </p> <p> , </p> <p> . </p>                    | 2 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2, -1.3}$ |  |
| 16. | <p> . </p> <p> . </p> <p> , </p> <p> . </p> <p> -2,</p> <p> -2 , -3,</p> <p> -4.</p> | 2 | 0 | 0 | $\frac{-4.}{2}$       |  |



|    |  |    |    |   |               |  |
|----|--|----|----|---|---------------|--|
| 2. |  | 32 | 20 | 0 | -4. / 2, -1.3 |  |
|----|--|----|----|---|---------------|--|

3.1

3.2

|   |  |  |     |
|---|--|--|-----|
|   |  |  | ( ) |
| 1 |  |  | :   |
| 2 |  |  | :   |
| 3 |  |  | :   |
| 4 |  |  | :   |

3.2

3.3

|                                                                                                                    |  |          |    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------|----|----|
|                                                                                                                    |  |          |    |    |
| : 7                                                                                                                |  |          |    |    |
| 1                                                                                                                  |  | -1.3     | 2  | 8  |
| : 2015. — 306 . — ISBN 978-5-398-01449-5. — : // : . — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 ( : 01.03.2023). — : |  |          |    |    |
| 2                                                                                                                  |  | -4. / .2 | 10 | 10 |
| : 2015. — 306 . — ISBN 978-5-398-01449-5. — : // : . — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 ( : 01.03.2023). — : |  |          |    |    |
| 3                                                                                                                  |  | -4. / .2 | 2  | 2  |
| : 2015. — 306 . — ISBN 978-5-398-01449-5. — : // : . — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 ( : 01.03.2023). — : |  |          |    |    |
| : 8                                                                                                                |  |          |    |    |
| 1                                                                                                                  |  | -4. / .2 | 20 | 9  |
| : 2015. — 306 . — ISBN 978-5-398-01449-5. — : // : . — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 ( : 01.03.2023). — : |  |          |    |    |



|                                                                                                                                                                                                   |  |          |   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------|---|----|
| 2                                                                                                                                                                                                 |  | -4. / .2 | 4 | 6  |
| : , . . : / . . . — : ,<br>2015. — 306 . — ISBN 978-5-398-01449-5. — : // :<br>- — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160773">https://e.lanbook.com/book/160773</a> (<br>01.03.2023). — : . |  |          |   |    |
| 3                                                                                                                                                                                                 |  | -4. / .2 | 9 | 10 |
| : , . . : / . . . — : ,<br>2015. — 306 . — ISBN 978-5-398-01449-5. — : // :<br>- — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160773">https://e.lanbook.com/book/160773</a> (<br>01.03.2023). — : . |  |          |   |    |

### 3.3

— ( . 3.4).

3.4

|  |         |
|--|---------|
|  | -       |
|  | e-mail; |
|  | e-mail; |
|  |         |
|  |         |

### 4.

( ),

- 15- ECTS.

. 4.1.

4.1

|                       |    |     |
|-----------------------|----|-----|
|                       | .  |     |
| : 7                   |    |     |
| Лекция:               | 0  |     |
| Контрольные работы:   | 40 | 80  |
| Зачет:                | 10 | 20  |
| : 8                   |    |     |
| Практические занятия: | 40 | 80  |
| Курсовой проект:      | 0  | 100 |
| Зачет:                | 10 | 20  |

4.2

4.2

|       |          |   |   |   |
|-------|----------|---|---|---|
|       |          |   |   |   |
|       |          | . | / |   |
| -4. / | -4. / 2. | + | + | + |

|    |       |   |   |   |   |  |   |
|----|-------|---|---|---|---|--|---|
| -1 | -1 3. | , | , | , | + |  | + |
|----|-------|---|---|---|---|--|---|

1

## 5.

1. Сагдеев, Д. И. Вакуумные установки: практикум : учебное пособие / Д. И. Сагдеев, С. А. Булаев, В. А. Аляев. — Казань : КНИТУ, 2019. — 196 с. — ISBN 978-5-7882-2709-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/196178> (дата обращения: 22.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебное пособие / И. М. Бортник, А. А. Белогловский, И. П. Верещагин [и др.]. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : НИУ МЭИ, 2018. — 732 с. — ISBN 978-5-7046-1938-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/307226> (дата обращения: 22.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

1. Колпаков, Г. Н. Конструкции твэлов, каналов и активных зон энергетических реакторов : учебное пособие / Г. Н. Колпаков, О. В. Селиваникова. — Томск : ТПУ, 2009. — 118 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10265> (дата обращения: 22.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Электрооборудование для электротехнологических установок : учебное пособие / составители А. Е. Немировский [и др.]. — Вологда : ВоГУ, 2017. — 75 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171263> (дата обращения: 22.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гуров, Ю. Б. Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие / Ю. Б. Гуров, Б. А. Чернышев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 96 с. — ISBN 978-5-7362-1588-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75932> (дата обращения: 22.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

1. Промышленные ускорители. — Текст : электронный / Институт ядерной физики имени Г. И. Будкера СО РАН : сайт. — 2023. — URL: <https://inp.nsk.su/sobytia> (дата обращения: 18.04.2023).

2. <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=9988> ПроАтом

## 6.

### 6.1

1. Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160773> (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Дудкина М. П. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : учебно-методическое пособие / М. П. Дудкина, Ю. В. Никитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 61, [1] с. : табл.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=223022](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223022)

## 6.2

- 1 Пакет офисных приложений Microsoft Office
- 2 пакет программ для численного анализа данных и научной графики OriginLab Corporation Origin
- 3 Выполнение графической части РГЗ на профессиональном уровне Autodesk Autodesc AutoCAD
- 4 Программа автоматизации научно-технических вычислений MathWorks MATLAB

## 6.3

## 7.

|   |           |  |
|---|-----------|--|
|   |           |  |
| 1 | ( - , , ) |  |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФТФ  
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель  
“31 ”августа 2022 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Конструирование электрофизических установок и ускорителей**

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

## 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Конструирование электрофизических установок и ускорителей представлена в Таблице. Совокупность результатов обучения по дисциплине соотнесена с уровнями сформированности компетенций и соотнесенными с ними индикаторами. Индикаторы достижения компетенций измеряемы с помощью средств текущей и промежуточной аттестации по дисциплине Конструирование электрофизических установок и ускорителей.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                              | Индикаторы компетенций                                             | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Этапы оценки результатов обучения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций |                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                      |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Мероприятия текущего контроля (контрольная работа, курсовой проект, РГЗ(Р), реферат и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)                         |
| ПК-4.В/НА<br>Способность осуществлять проектную деятельность на всех этапах жизненного цикла проекта | 2. Уметь организовывать и координировать работу участников проекта | Вводы в вакуум. Вводы движения в вакуум: вводы с неметаллическими уплотнителями, вводы с металлическими разделителями. Электрические вакуумные вводы. Классификация ускорителей заряженных частиц, назначение, основные тенденции развития. Устойчивость движения частиц в ускорителях, показатель спада магнитного поля. Принцип мягкой и сильной фокусировки. 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 | Контрольные работы раздел 2,3, Курсовой проект, раздел 2,3,4                               | Зачет 8 сем, вопросы 15,16,17,18<br>Зачет 7 сем 3-7,9,11-15,21-25 |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>металлов. Вакуумноплотные соединения металлов с керамикой. Вакуумноплотные металлостеклянные спаи. Общие вопросы проектирования электромагнитных устройств. Основные свойства ферромагнитных материалов; магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Кривая намагничивания. Основные магнитные элементы ускорителей (накопителей) заряженных частиц и электроннооптических каналов. Поворотные магниты, корректоры, осесимметричные магнитные линзы, квадрупольные линзы, линзы Пановского, секступольные и октупольные линзы и т. п. 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 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</p> |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|                                               |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                 |                                                 |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                               |                                     | <p>резиновыми уплотнителями. Соединения с индиевыми уплотнителями. Соединения с алюминиевыми и медными уплотнителями. Уплотнения для соединений диаметром свыше 1500 мм. Силовое действие магнитного поля. Тяговые электромагниты: клапанные и прямоходовые. 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 распределение температур. Теплопроводность: теплопроводность плоской стенки, теплопроводность цилиндрической стенки, контактная теплопроводность. Конвективный теплообмен: закон Ньютона, режимы течения жидкости и газа, теория подобия и конвективный теплообмен. Тепловое излучение: потоки излучения, теплообмен излучением между телами, тепловые экраны. Нестационарные процессы: время выхода на режим, установившийся режим при импульсном нагреве. Углубленное изучение отдельных вопросов теории и методов расчета электромагнитных и вакуумных систем, тепловыделение и теплопередачи. Электрофизические установки для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза ( УТС ). Магнитные ловушки открытого типа. Замкнутые магнитные ловушки.</p> |                                 |                                                 |
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический | 3. Имеет практический опыт работы с | Вводы в вакуум. Вводы движения в вакуум: вводы с неметаллическими                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Контрольная работа, разделы 2,3 | Зачет 8 сем, вопросы 1-14, 19,20<br>Зачет 7 сем |

|                                                                                       |                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------|
| анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | информационными источниками, информационными технологиями, опыт научного поиска, создания научных текстов | уплотнителями, вводы с металлическими разделителями. Электрические вакуумные вводы. Классификация ускорителей заряженных частиц, назначение, основные тенденции развития. Устойчивость движения частиц в ускорителях, показатель спада магнитного поля. Принцип мягкой и сильной фокусировки. Неразъемные вакуумноплотные соединения. Вакуумноплотная сварка металлов. Вакуумноплотная пайка металлов. Вакуумноплотные соединения металлов с керамикой. Вакуумноплотные металлостеклянные спаи. Основы вакуумной техники. Основные понятия и определения, процесс откачки. Вакуумные насосы: адсорбционные, механические, диффузионные, магниторазрядные, сублимационные, турбомолекулярные и криогенные. Вакуумные ловушки. 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. Тепловыделение в |  | 1,2,8,10,16,20 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------|



|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | электрофизических установках. Источники выделения тепла: прохождение по деталям электрического тока, излучение со стороны какого-то нагретого тела, бомбардировка заряженными частицами. Углубленное изучение отдельных вопросов теории и методов расчета электромагнитных и вакуумных систем, тепловыделение и теплопередачи. |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций проверяются при проведении мероприятий текущей аттестации (контроля) в процессе изучения дисциплины, 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.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме зачета, в 8 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-4.В/НА, УК-1 и соотнесенных с ними индикаторов. (см. таблицу раздела 1).

Зачет проводится в устной форме, по билетам из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций

Общие правила выставления оценок текущей и промежуточной аттестации по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании критериев, приведенных в п. 3, осуществляется оценка уровней достигнутых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-4.В/НА, УК-1, закрепленных за дисциплиной.

## 3. Общая характеристика уровней результатов обучения, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

**Продвинутый.** Теоретическое содержание курса освоено полностью. Студент демонстрирует систематическое и глубокое понимание учебного материала и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Сформированы необходимые навыки практической работы. Все учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнены качественно, без замечаний. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящим в диапазон продвинутого уровня.

**Базовый.** Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Навыки практической работы сформированы на базовом уровне. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с небольшими погрешностями. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах базового

уровня.

**Пороговый.** Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Некоторые практические навыки работы с сформированы с пробелами. Учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнялись с ошибками, исправленными под руководством преподавателя. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах порогового уровня.

**Ниже порогового.** Теоретическое содержание курса освоено фрагментарно. Необходимые навыки практической работы сформированы минимально. Большинство учебных заданий, предусмотренных программой обучения, не выполнены. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.

## Паспорт зачета

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

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 2 вопросов и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-12;
- второй вопрос из диапазона вопросов 13-25.

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На зачете преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФТФ

Билет № \_\_\_\_\_

к зачету по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и  
ускорителей»

---

1 Основы вакуумной техники. Основные понятия и определения.

2 Разъемные вакуумноплотные соединения. Соединения с резиновыми уплотнителями. Соединения с индиевыми уплотнителями. Соединения с алюминиевыми и медными уплотнителями.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры. Совокупность результатов обучения по

дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 18 до 20 баллов*.

Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 15 до 18 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. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 10 до 14 баллов*.

Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 10 баллов*.

### 3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 10 до 20 баллов включительно. Сумма менее 10 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

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

1. Основы вакуумной техники. Основные понятия и определения.
2. Процесс откачки для создания вакуума.
3. Вакуумные насосы: адсорбционные, механические, диффузионные, магниторазрядные, сублимационные, турбомолекулярные и криогенные.
4. Вакуумные ловушки.
5. Поток газа в откачиваемом объеме. Газоотделение.
6. Газопроницаемость. Натекания через неплотности и соединения. Суммарный газовый поток.
7. Проводимость трубопровода.
8. Проводимость и режимы течения разряженного газа.
9. Основное уравнение вакуумной техники. Скорость откачки. Дифференциальная откачка.
10. Основные материалы, применяемые в вакуумной технике (стали, цветные металлы и сплавы, тугоплавкие металлы, специальные сплавы, стекло, керамика, прочие неметаллические материалы).
11. Неразъемные вакуумно-плотные соединения. Вакуумно-плотная сварка металлов.
12. Вакуумная пайка металлов. Вакуумноплотные соединения металлов с керамикой. Вакуумноплотные металlostеклянные спаи.

13. Разъемные вакуумноплотные соединения. Соединения с резиновыми уплотнителями. Соединения с индиевыми уплотнителями. Соединения с алюминиевыми и медными уплотнителями.

14. Вводы в вакуум. Вводы движения в вакуум: вводы с неметаллическими уплотнениями, вводы с металлическими разделителями.

15. Электрические вакуумные вводы.

16. Учет тепловых нагрузок при проектировании. Тепловыделение в деталях. Прохождение тока по проводнику.

17. Теплоотвод и его виды. Теплопроводность. Закон Фурье.

18. Теплопроводность плоской стенки.

19. Теплопроводность цилиндрической стенки. Контактная теплопроводность.

20. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона.

21. Режим течения жидкости и газа. Теория подобия и конвективный теплообмен

22. Тепловое излучение. Теплообмен излучением. Потoki излучения.

23. Теплообмен излучением между телами. Тепловые экраны

24. Сложная теплопередача. Нестационарные процессы.

25. 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

Выполнение контрольной работы является формой текущей аттестации (контроля) по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Контрольная работа направлена на закрепление и проверку уровня владения учебным материалом по теоретическим темам и темам практических занятий, а также формирование навыков самостоятельного анализа процессов и явлений, возникающих и необходимых к учету в процессе проектирования электрофизических установок для проведения экспериментальных исследований в области ядерной физики и ядерных технологий.

Номер индивидуального задания определяется по порядковому номеру фамилии студента в списке группы. Изменение варианта задания возможно только по согласованию с преподавателем.

Количество заданий достаточно для обеспечения, каждого обучающегося заданием контрольной работы.

*Структура контрольной работы:*

1. Титульный лист (см. приложение)
2. Основная часть (задание контрольной работы).
3. Заключение (выводы и рекомендации).
4. Список литературы и источников.

Основная часть – это ответ на вопросы контрольной работы. Он должен быть самостоятельным, развернутым и аргументированным. При необходимости основная часть может быть разбита на более мелкие вопросы.

Заключение: изложение общего вывода по изученной проблеме и предлагаемых рекомендаций.

Список литературы оформляется в соответствии с библиографическими требованиями в алфавитном порядке и включает от 1 до 3 источников (книг, статей разных авторов, интернет-источников, документов), которые были изучены при выполнении контрольной работы.

Рекомендуется излагать мысли по существу, кратко и логично.

*Требования к оформлению:*

Объем контрольной работы до 5 страниц машинописного текста формата А4. Шрифт Times New Roman, 12. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. Контрольная работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилистических ошибок.

Контрольная работа предоставляется для проверки в электронном виде в срок, установленный преподавателем. При положительном результате оценивания контрольной работы студент её распечатывает, передает на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время. По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

Контрольная работа проводится по теме Основы вакуумной техники. Основные

понятия и определения, процесс отработки. Контрольная работа включает 8 заданий. Выполняется письменно.

## 1. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Общие правила выставления оценок текущей аттестации определяются балльно-рейтинговой системой, установленной локальным актом НГТУ.

Контрольная работа выполнена **на продвинутом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на продвинутом уровне. Оценка составляет *от 71 до 80 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на базовом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит единичные не принципиальные ошибки, исправленные после замечаний преподавателя. Все части контрольной работы согласованы, текст логично выстроен и является авторским. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 56 до 70 баллов*.

Контрольная работа выполнена **на пороговом** уровне, если структура, содержание и оформление работы соответствует требованиям, но работа содержит ошибки, неоднократно исправляемые после замечаний преподавателя. Части контрольной работы в целом согласованы. Присутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Закрепленные за контрольной работой компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 40 до 55 баллов*.

Контрольная работа считается **не выполненной**, если структура, содержание и оформление работы не соответствует требованиям, работа содержит существенные ошибки, не исправленные после замечаний преподавателя. Части контрольной работы не согласованы. Отсутствуют ссылки на нормативные документы и актуальную литературу. Работа не представлена для проверки в установленные сроки. Анализ каждого из разделов контрольной работы свидетельствует о том, что совокупность результатов ее выполнения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит множество существенных пробелов. Закрепленные за контрольной работой компетенции не сформированы. Оценка составляет *от 0 до 39 баллов*.

## 2. Шкала оценки

Контрольная работа как форма текущей аттестации (контроля) по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов по всем ее заданиям составляет от 40 до 80 баллов включительно.

В общей оценке по дисциплине баллы за выполнение контрольной работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы и таблицей соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS, установленными в НГТУ.

### **3. Примерный перечень заданий 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 устной форме, по билетам. Билет состоит из 2 вопросов и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-9;
- второй вопрос из диапазона вопросов 10-20.

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На зачете преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФТФ

Билет № \_\_\_\_\_

к зачету по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и  
ускорителей»

---

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

Вопрос 2. Тепловое излучение.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО

(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит

пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 18 до 20 баллов*.

Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 14 до 17 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. Совокупность результатов обучения по дисциплине (модулю) и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 10 до 13 баллов*.

Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 10 баллов*.

### 3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 10 до 20 баллов включительно. Сумма менее 10 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

### 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.**

Выполнение курсового проекта (далее КП) является обязательным видом самостоятельной работы студента по дисциплине, предусмотренным учебным планом.

Основной целью выполнения КП является формирование компетенций и соотношенных с ними индикаторов по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей», 8 посредством закрепления, углубления и обобщения знаний, полученных студентами за время теоретического обучения и прохождения практик, а также выработка навыков самостоятельного применения знаний и навыков для творческого решения конкретных задач. Выполнение курсовой работы должно способствовать подготовке их к решению более сложной задачи - выполнению выпускной квалификационной работы.

Задачами выполнения курсовой работы является овладение студентами рациональными приёмами сбора, обработки, систематизации информации, применения компьютерных технологий в области конструирования электрофизических установок и вакуумизации пространства для движения пучка частиц.

Тематика КП соответствует профилю (направленности) подготовки, формируются преподавателями в начале семестра и утверждаются на заседании кафедры протоколом. Количество тем КП достаточно для обеспечения, каждого обучающегося.

Выполнение студентами КП начинается с ознакомления с примерной тематикой. Закрепление тем КП за студентами и назначение научных руководителей производится распоряжением заведующего кафедрой.

Курсовой проект выполняется индивидуально.

*Структура курсового проекта:*

1. Титульный лист (см. приложение)
  2. Графическая часть:
    1. Чертеж общего вида узла или установки;
    2. Чертежи 3-х деталей по указанию преподавателя, выполненные в соответствии с требованиями ЕСКД.
  3. 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 подводится итог проделанной работы.
- В соответствии с заданием, выполняются полные расчёты параметров магнита, геометрические характеристики, тепловыделения и методы теплосъема. Выполняется эскизная прорисовка сборочного чертежа.
- Производится корректировка параметров магнита (рабочего тока, числа витков в

обмотке, толщины магнитопровода и т. д.) и выполняется окончательный сборочный чертеж магнита.

В соответствии с ЕСКД выполняются чертежи 3-х деталей магнита (по усмотрению преподавателя)

Заключение: изложение общего вывода по изученной проблеме и предлагаемых рекомендаций.

Список литературы оформляется в соответствии с библиографическими требованиями в алфавитном порядке и включает от 1 до 3 источников (книг, статей разных авторов, интернет-источников, документов), которые были изучены при выполнении проекта.

*Требования к оформлению:*

Объем КП до 15 страниц машинописного текста формата А4, а также чертежи на листах формата А4-А3 без ограничения по количеству. Шрифт Times New Roman, 12. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. КП должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилистических ошибок.

Законченный курсовой проект предоставляется для проверки в электронном виде в срок, установленный преподавателем. Преподаватель оценивает качество КП с учетом теоретического и практического содержания, достижения ее целей и задач.

Курсовой проект проверяется руководителем работы, который дает письменное заключение по работе — рецензию.

Если при выполнении КП были допущены ошибки, то работа возвращается студенту для исправления выявленных недочетов и затем вновь предоставляется руководителю для проверки. При положительном результате оценивания студент распечатывает работу, передает на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время.

Защита КП проходит публично перед группой студентов.

По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

## **2. Уровни сформированности компетенций и критерии оценки**

В соответствии с балльно-рейтинговой системой НГТУ курсовой проект дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей», 8 имеет максимальную оценку 100 баллов.

Курсовой проект выполнен **на продвинутом** уровне, если:

- она выполнена в полном соответствии с заданием, отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, текстовая часть оформлена с соблюдением установленных правил;
- руководитель характеризует деятельность студента положительно (в частности, отмечает его инициативу, самостоятельность, систематичность работы на всех этапах выполнения работы);
- в докладе исчерпывающе, последовательно, четко и логически правильно изложена суть работы и ее основные результаты;
- студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании;
- в докладе суть работы и ее основные результаты представлены исчерпывающе, последовательно, четко и логически правильно; на все вопросы студент дал обстоятельные и аргументированные ответы, убедительно защищал свою точку зрения;
- компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект сформированы в полном объеме.

Оценка за выполнение КП составляет *100-87 баллов*.

Курсовой проект выполнен на **базовом** уровне, если:

- соответствует заданию, отличается глубиной проработки всех разделов содержательной части, текстовая часть оформлена с соблюдением установленных правил;
- руководитель характеризует деятельность студента положительно, но с незначительными замечаниями;
- в докладе правильно изложена суть работы и ее основные результаты;
- студент достаточно твердо усвоил теоретический материал и может самостоятельно его применять;
- в докладе суть работы и ее основные результаты представлены полно; на все вопросы студент дал ответы, но их полнота и аргументированность недостаточны;
- компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект сформированы с небольшими пробелами и соответствуют базовому уровню.

Оценка за выполнение КП составляет *86-73 балла*.

Курсовой проект выполнен на **пороговом** уровне, если:

- выполнена в основном правильно, но без необходимой проработки некоторых разделов;
- в докладе упущены некоторые принципиальные моменты содержательной части работы;
- в докладе представлены суть работы и ее основные результаты; ответы на вопросы вызвали существенные затруднения;
- компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект сформированы с пробелами и соответствуют пороговому уровню.

Оценка за выполнение КП составляет *72-50 баллов*.

Курсовой проект считается **не выполненным**, если студентом не проработаны важные разделы исследования, допущены принципиальные ошибки, не исправленные после замечаний руководителя курсовой КП. Студент не допущен к защите курсового проекта. компетенции и соотнесенные с ними индикаторы, закрепленные за дисциплиной, по которым выполняется курсовой проект не сформированы.

Оценка составляет *менее 49 баллов*.

### **3. Шкала оценки.**

В общей оценке по дисциплине баллы за проект учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Курсовой проект по дисциплине считается успешно выполненной(ым), если сумма полученных баллов составляет от 100 до 50 баллов включительно.

Оценка за выполнение КП является частью общей оценки по дисциплине «Конструирование электрофизических установок и ускорителей», 8 и учитывается с коэффициентом 100 баллов в соответствии с правилами аттестации по дисциплине.

### **4. Примерный перечень тем курсового проекта**

#### **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  $20^\circ$ , 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  $2 \times 10^{-3}$  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  $1 \times 10^{-3}$  Па; натекание в объем 2 см<sup>3</sup>/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  $20^\circ$ , 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  $10^\circ$ , 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  $2 \times 10^{-3}$  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  $2 \times 10^{-3}$  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.

#### **Примерный перечень вопросов к защите курсового проекта.**

1. Приведите аргументы, которыми руководствовались при выборе темы работы.
2. В чем вы видите актуальность темы исследования?
3. Охарактеризуйте степень разработанности основных проблем, поставленных в вашем курсовом исследовании.
4. Как рассчитывается количество ампер-витков?
5. Как выбирается количество витков?
6. Как рассчитать сечение магнитопровода?
7. Как найти и рассчитать точку на обмотке магнита с наибольшей температурой?
8. Как рассчитывается система охлаждения магнита?