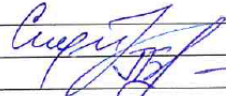


**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ - очная**

**Математическое моделирование в технической физике**

|                                                         |                                   |         |   |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|---|
| Направление подготовки/<br>специальность                | 16.04.04 Техническая физика       |         |   |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Пучковые и плазменные технологии  |         |   |
| Специализация                                           | Пучковые и плазменные технологии  |         |   |
| Уровень образования                                     | высшее образование - магистратура |         |   |
| Курс                                                    | 1                                 | семестр | 2 |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | 3                                 |         |   |

|                                                                                              |                                                                                    |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Заведующий кафедрой –<br>руководитель<br>научно-образовательного<br>центра на правах кафедры |   | Кривобоков В.П. |
| Руководитель ООП                                                                             |  | Сиделёв Д.В.    |
| Преподаватель                                                                                |                                                                                    | Блейхер Г.А.    |

2020 г.

## 1. Роль дисциплины «Математическое моделирование в технической физике» в формировании компетенций выпускника

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                              | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                       | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                          |
| ОПК(У)-2        | Способность демонстрировать и использовать углублённые теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе из области технической физики                                                                               | ОПК(У)-2.B1                                                 | Владеет навыками применения на практике знаний о фундаментальных понятиях, механизмах процессов и их закономерностях, имеющих большое значение для решения прикладных задач в области современной технической физики. |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК(У)-2.У1                                                 | Умеет применять на практике знания о фундаментальных понятиях, механизмах процессов и их закономерностях, имеющих большое значение для решения прикладных задач в области современной технической физики.             |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК(У)-2.B2                                                 | Обладает практическими навыками физико-математического и компьютерного моделирования в области технической физики.                                                                                                    |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК(У)-2.У2                                                 | Умеет самостоятельно выбирать адекватную модель изучаемой системы, составлять алгоритмы и выполнять расчеты, используя стандартные и специально разработанные программные средства.                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК(У)-2.32                                                 | Обладает знаниями о методах проведения аналитических и имитационных исследований с применением современных достижений науки и техники.                                                                                |
| ОПК(У)-5        | Способность осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к профессиональному росту, к активному участию в научной деятельности, конференциях, выставках и презентациях | ОПК(У)-5.B1                                                 | Владеет навыками обработки, интерпретации и представления результатов научного исследования, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии.                                                                         |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                       | ОПК(У)-5.31                                                 | Обладает знаниями о современном состоянии теоретических и экспериментальных работ в области технической физики.                                                                                                       |
| ПК(У)-2         | Способность самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и                                                                                           | ПК(У)-2.B1                                                  | Владеет практическими навыками физико-математического и компьютерного моделирования в области технической физики, плазменных и пучковых технологий.                                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                       | ПК(У)-2.У1                                                  | Умеет самостоятельно разрабатывать адекватную модель изучаемого процесса, выполнять расчёты, используя стандартные или специально разработанные программные средства.                                                 |

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                         | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                  |
|                 | специально разработанных инструментальных и программных средств                                                         | ПК(У)-2.31                                                  | Обладает знаниями о методах проведения аналитических и имитационных исследований в области пучковых и плазменных технологий, а также о принципах оптимизации параметров объектов и процессов. |
| ПК(У)-10        | Готовность решать прикладные инженерно-технические и технико-экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ | ПК(У)-10.У1                                                 | Умеет самостоятельно разрабатывать адекватную модель технологического процесса, выполнять расчёты, в том числе используя стандартные или специально разработанные программные средства.       |
|                 |                                                                                                                         | ПК(У)-10.31                                                 | Знает о современных методах физико-математического и компьютерного моделирования в области пучковых и плазменных технологий.                                                                  |

## 2. Показатели и методы оценивания

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование раздела дисциплины                                                                                                                                                                     | Методы оценивания (оценочные мероприятия) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                               |                                                                                                                                                                                                     |                                           |
| РД-1                                          | Готовность к постановке задач, касающихся прогнозирования результатов воздействия на вещество пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения, и их самостоятельному решению.                                                                                                                | ОПК(У)-2                                      | <b>Раздел (модуль) 1.</b><br><i>Тепловые и термомеханические процессы в твёрдом теле, стимулированные воздействием высокоинтенсивных пучков заряженных частиц и потоков плазмы</i>                  | Защита лабораторной работы.               |
| РД-2                                          | Готовность обрабатывать, интерпретировать и представлять результаты научного исследования, осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач в области воздействия на вещество пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения | ОПК(У)-5                                      | <b>Раздел (модуль) 2.</b><br><i>Механизмы модифицирования поверхностных свойств твёрдого тела при обработке пучками заряженных частиц и потоками плазмы, технологии, использующие эти механизмы</i> | Выступление с докладом на семинаре.       |

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                                                                                                  | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Методы оценивания (оценочные мероприятия) |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                                                                                     |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                           |
| РД -3                                         | Готовность к построению математических моделей процессов, происходящих в веществе под действием плазмы и пучков заряженных частиц, к разработке вычислительных алгоритмов и методик расчётов оптимальных параметров воздействия. | ПК(У)-2                                       | Раздел 3. Методы численного дифференцирования и интегрирования, решения систем уравнений и аппроксимации функций.<br>Раздел 4. Численные методы решения уравнений в частных производных.<br>Раздел 5. Численное моделирование процессов в плазме.<br>Раздел 6. Метод Монте-Карло и его использование для моделирования взаимодействия излучения с твёрдым телом.<br>Раздел 7. Метод молекулярной динамики для моделирования процессов взаимодействия атомарных частиц с твёрдым телом. | Защита лабораторных работ.                |
| РД-4                                          | Готовность выполнять расчёты характеристик воздействия на вещество пучков заряженных частиц, потоков плазмы и электромагнитного излучения с помощью пакетов прикладных программ                                                  | ПК(У)-10                                      | Курсовая работа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Защита курсовой работы                    |

### 3. Шкала оценивания

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной

деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

#### Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

| % выполнения задания | Соответствие традиционной оценке | Определение оценки                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90%÷100%             | «Отлично»                        | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% - 89%            | «Хорошо»                         | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов             |
| 55% - 69%            | «Удовл.»                         | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов            |
| 0% - 54%             | «Неудовл.»                       | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                      |

#### Шкала для оценочных мероприятий экзамена и курсовой работы

| % выполнения заданий экзамена | Экзамен, балл | Соответствие традиционной оценке | Определение оценки                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90%÷100%                      | 18 ÷ 20       | «Отлично»                        | Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному |
| 70% - 89%                     | 14 ÷ 17       | «Хорошо»                         | Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов             |
| 55% - 69%                     | 11 ÷ 13       | «Удовл.»                         | Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов            |
| 0% - 54%                      | 0 ÷ 10        | «Неудовл.»                       | Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям                                                                                                                                                      |

#### 4. Перечень типовых заданий

|    | Оценочные мероприятия     | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Защита лабораторных работ | <p><b>Пример задания для лабораторной работы.</b></p> <p>Разработать математическую модель эволюции тепловых процессов в твёрдом теле (металл) при облучении мощным импульсным ионным пучком нано- или микросекундной длительности.</p> <p>Для функции энерговыделения: заданы начальная энергия <math>E</math> и вид ионов, плотность тока ионного пучка <math>j(t, x, y)</math>, длительность импульса, площадь поперечного сечения пучка соизмерима с площадью облучаемой поверхности (записать уравнение, начальные и граничные условия, описать источник энерговыделения).</p> |

|    | Оценочные мероприятия                                                                                                            | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | Проверочная работа по теме «Термомеханические процессы в твёрдом теле при облучении пучками заряженных частиц и потоками плазмы. | Примеры заданий (подготовить развёрнутое эссе на предложенную преподавателем тему) <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Причины образования динамических и статических напряжений в твёрдом теле при облучении пучками заряженных частиц.</li> <li>2. Математическое описание состояния движущейся сплошной среды, учёт энерговыведения при торможении высокоэнергетических частиц бомбардирующего пучка.</li> <li>3. Записать уравнения сплошной среды в одномерном случае в эйлеровых координатах с учётом объёмного энерговыведения, создаваемого частицами излучения.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3. | Проверочная работа по теме «Принципы и процедуры метода молекулярной динамики»                                                   | Сделать анализ алгоритмов из научных публикаций, предложенных преподавателем.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4. | Доклад на семинаре                                                                                                               | Анализ научных публикаций, касающихся фундаментальных аспектов взаимодействия излучения с веществом НИР студентов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 5. | Защита курсовой работы                                                                                                           | <p>Пример заданий для курсовой работы по теме " Численное моделирование радиационно-стимулированных процессов при воздействии на вещество пучков заряженных частиц и потоков плазмы ".</p> <p><b>Вар. 1.</b></p> <p><b>Задание 1.</b><br/>Сформулировать математическую постановку следующей задачи.<br/><i>Исследовать эволюцию поля температур при облучении металлической мишени мощным импульсным электронным пучком. Задать объёмный источник энерговыведения. Рассмотреть одномерный случай.</i></p> <p>Записать уравнение в частных производных, начальные и граничные условия, изобразить расчётную область.</p> <p><b>Задание 2.</b><br/>Разработать явную конечно-разностную схему для численного решения сформулированной задачи. Изобразить блок-схему алгоритма. Описать входные параметры и выходные данные.</p> <p><b>Задание 3.</b><br/>Пусть титановая пластина облучается импульсным электронным пучком с энергией 50 кэВ. Площадь поперечного сечения пучка соизмерима с площадью поверхности образца (решение задачи в одномерном приближении является допустимым). Рассмотреть действие одиночного импульса трапецевидной формы разной длительности (1 мкс, 10 мкс, 100 мкс).</p> <p>1). С использованием предоставленного программного кода (TERM_QD_импульс трапеция) определить плотность тока и плотность энергии пучка, при которых появляется плавление на поверхности облучаемого образца в результате воздействия одного импульса разной длительности.</p> <p>2). Для параметров пучка, выявленных при выполнении п. 1), построить пространственное распределение температуры в образце на момент окончания импульса и через некоторое время после прекращения облучения</p> <p>3). Объяснить полученные результаты.</p> |

|    | Оценочные мероприятия | Примеры типовых контрольных заданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                       | <u>Примечание.</u> Для расчёта пространственного распределения энерговыведения при торможении электронов в веществе использовать метод аналитической аппроксимации Макарова.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6. | Экзамен               | <p>Пример экзаменационного билета.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тепловые процессы в конденсированном веществе при его облучении пучками заряженных частиц. Их математическое описание.</li> <li>2. Термомеханические напряжения в твёрдом теле при его облучении мощными потоками излучения: причины возникновения, способы математического описания.</li> <li>3. Особенности тепловых процессов в твёрдом теле под действием мощных импульсных пучков заряженных частиц.</li> </ol> |

## 5. Методические указания по процедуре оценивания

|    | Оценочные мероприятия                | Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Проверочная работа                   | Проверочные работы предназначены для проверки усвоения студентами базовых понятий, закономерностей, механизмов изучаемых процессов. Каждый студент получает вариант своего задания и выполняет работу индивидуально. Возможно использование конспектов лекций и практических занятий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2. | Доклад на семинаре                   | Темы докладов назначаются заранее. Студент выступает с докладом на семинарском занятии в течение 7-10 минут, затем следует обсуждение студентами группы с участием преподавателя.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3. | Защита отчёта по лабораторной работе | Работы выполняются индивидуально. Преподаватель выдаёт задание и указывает цель работы. Студенты выполняют задание в течение занятия, готовят отчёт и предъявляют его для защиты перед преподавателем. Преподаватель проверяет, отражена ли в отчете цель работы, выполнены ли все требования по содержанию, сделаны ли корректные выводы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4. | Защита курсовой работы               | Каждый студент получает индивидуальное задание в первой половине семестра. В течение выполнения работы студент имеет право обращаться за консультациями к преподавателю. Периодически в течение семестра каждый студент выступает с устным отчётом о ходе выполнения работы. Работа оформляется в соответствии со стандартом ТПУ. Готовая работа предоставляется преподавателю в распечатанном виде. Защита работы производится на специальных семинарах. Каждый студент выступает с докладом по выполненной работе. Комиссия в составе двух преподавателей оценивает работу по предварительно разработанным критериям. Оцениваются качество и содержание доклада, подготовленной записки и правильности ответов на вопросы. |
| 5. | Экзамен                              | <p>Для допуска к экзамену студенту необходимо набрать 55 баллов и более по всем видам запланированных оценочных мероприятий. Максимальное количество баллов, которое студент набирает на экзамене - 20.</p> <p>На экзамене студент получает билет с тремя заданиями. В билете указано максимальное количество баллов, которое он может получить за ответ на каждый вопрос. Студент готовит письменный ответ без использования каких-либо источников и конспектов. Время на подготовку - от одного до полутора часов. Затем следует собеседование с преподавателем, в течение которого студент комментирует свои записи и отвечает на вопросы преподавателя.</p>                                                              |