Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

# Паспорт зачета

по дисциплине «Методы математического моделирования», 5 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 первой темы (из 5 возможных, см. список вопросов ниже);
- второй вопрос из диапазона вопросов второй темы (из 5 возможных).

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 РЭФ

**Билет № _____**
к зачету по дисциплине «Методы математического моделирования»

---

1. Основные этапы моделирования. Прямая задача и ее верификация.
2. Модель Массуда для процесса термического окисления

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, не допускает ошибок. 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* 1*4 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 и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от* 1*0 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 «**Методы математического моделирования**»**

«Математическое моделирование и вычислительный эксперимент»

1.1 Первые понятия о математическом моделировании (ММ). Основные математические формы записи моделей.

1.2 Основные этапы моделирования. Черный ящик. Прямая задача и ее верификация.

1.3 Основные характеристики математической модели. Особенности: иерархия моделей, метод аналогий; Понятия «катастрофа от изобилия» и «открытие на кончике пера».

1.3 Пример 1. Модель диффузии легирующей примеси в полупроводниковом кристалле.

1.4 Одномерные краевые задачи для модели диффузии, имеющие аналитическое решение: диффузия из бесконечного и конечного источников.

1.5 Пример 2. Уравнение непрерывности для электронов и дырок с учетом процессов генерации-рекомбинации.

1.6 Пример 3. Трехмерное уравнение теплопроводности (переноса тепла).

1.7 Пример 4. Модель процесса термического окисления Дила-Гроува в трех формах.

1.8 Пример 5. Модель диффузии, совместной с процессом термического окисления.

1.9 Анализ математической модели. Теория размерностей. Асимптотика. Понятие о корректно поставленной задаче.

1.10 Общая схема классификации математических моделей. Факторы моделирования.

1.11 Вычислительный эксперимент. Факторы эффективности. Этапы. Триада Самарского и вычислительные технологии по Яненко.

1.12 Основные особенности вычислительного эксперимента в его сравнении с натуральным.

«Основные особенности научных компьютерных вычислений»

2.1 Специфические особенности компьютерного моделирования. Обусловленность. Классы погрешностей.
2.2 Пример 1. Ошибки при нахождении корней многочлена, обусловленные конечностью длины мантиссы.
2.3 Пример 2. Плохообусловленные СЛАУ.
2.4 Пример 3. Влияние формы записи, алгоритма и рационального приближения $\sqrt{2}$ на результат вычисления алгебраической дроби.
2.5 Пример 4. Вычисление значений exp(x) и sin(x) путем использования их разложения в ряд Тейлора.
2.6 Пример 5. Суперпозиция ошибок округления и математического приближения при вычислении производной.
2.7 Пример 6. Ошибки, обусловленные использованием рекуррентных формул при вычислении интегралов.
2.8 Пример 7. Распространение ошибок в начальных данных при решении задачи Коши.
2.9 Вычислительная машинная погрешность.
2.10 Компьютерное множество FL(R). Два класса параметров его описания.
2.11 Понятие о машинном эпсилон. Стандарт IEEE 754. Одинарная и двойная точность на PC.
2.12 Нарушение законов ассоциативности и дистрибутивности при компьютерных вычислениях.

«Численные модели в форме СЛАУ»

3.1 Пример 1. СЛАУ при решении задачи многочленной интерполяции.
3.2 Пример 2. СЛАУ при решении задачи аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов.
3.3 Пример 3. СЛАУ при решении одномерной двухточечной краевой задачи. Понятие о разряженных матрицах.
3.4 Пример 4. СЛАУ на основе сетевых моделей
3.5 Вычислительные особенности СЛАУ. Понятия о векторах ошибки и невязки. Число обусловленности. Векторные и матричные нормы. Оценки векторов ошибки и невязки.
3.5 Вычислительная неэффективность правил Крамера при численном компьютерном решении СЛАУ.
3.6 Прямые численные методы. Метод Гаусса. Методики выбора ведущего элемента. Условия сходимости.
3.7 Прямые численные методы. Метод трехдиагональной прогонки.
3.8 Понятие об итерационных численных методах. Основные методы завершения итерационного процесса.
3.9 Итерационный метод простой итерации. Условия сходимости.
3.10 Итерационный метод Гаусса-Зейделя. Его геометрическая интерпретация.
3.11 Ускорение сходимости методом релаксации.

*«Численные модели в форме нелинейных уравнений»*

4.1 Пример 1. Модель глубины p-n-перехода.
4.2 Пример 2. Модель промерзания Земли. Неоднородные условия.
4.3 Оценка возраста Земли по методике Кельвина.
4.4 Пример 3. Модель ВАХ реального диода с учетом сопротивления базы.
4.5 Особенности численных методов решения нелинейного уравнения.
4.6 Метод биекции.
4.7 Метод Ньютона (метод касательных).

4.8 Метод секущих (метод хорд).
4.9 Метод простой итерации.
4.10 Системы нелинейных уравнений(СНУ). Пример 4. Равновесная концентрационная модель в полупроводнике.
4.11. СНУ. Пример 5. Численная электрофизическая модель границ ОПЗ p-n-перехода.
4.12 СНУ. Пример 6. Разностная модель для диода Шоттки.
4.13 Метод Ньютона для численного решения системы нелинейных уравнений. Матрица Якоби.
4.14 Метод простой итерации для численного решения системы нелинейных уравнений.

«Численные модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)»
5.1 Два основных класса моделей в форме ОДУ. Основные понятия о задаче Коши.
5.2 Простейшие модели в форме ОДУ: модель остывания чайника; модель Бургера-Ламберта; модель RC-цепочки.
5.3 Модели фотогенерации и релаксации избыточных неосновных носителей в тонкой полупроводниковой пластине.
5.4 Модель ударной ионизации в канале МОП транзистора.
5.5 Модель Массауда для процесса термического окисления.
5.6 Модель Пирсона для процесса ионного легирования
5.7 Химико-технологические модели в форме задачи Коши: модель о растворении сахара; модель кинетической реакции 2-го порядка.
5.8 Численная модель о концентрации озона в атмосфере.
5.9 Биологические модели роста: модель «хищник-жертва» Лотки -Вольтерра; модель роста населения Земли.
5.10 Математические особенности двухточечной краевой задачи. Условия Дирихле и Неймана.
5.11 Модель о переносе тепла в тонком стержне, находящемся в режиме стационарного теплообмена с окружающей средой.
5.12 Модель процесса диффузии, сопровождающейся химической реакцией (диффузия окислителя в $SiO_2$ в процессе термического окисления.
5.13 Модель о распределении потенциала в полупроводнике под действием электрического поля у поверхности (эффект поля).