

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДЕНО:  
Директор Института «Умные  
материалы и технологии»  
И.А. Курзина

Оценочные материалы по дисциплине

**Математическое моделирование в биотехнологии**

по направлению подготовки

**27.03.05 Инноватика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Tomsk International Science Program, с профессиональным модулем Молекулярная  
инженерия / Molecular Engineering**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Инженер**

Год приема  
**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
И.А. Курзина

Председатель УМК  
Г.А. Воронова

## **1 Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1. Способен проводить научно-исследовательскую работу в сфере профессиональной деятельности.

ПК-2. Способен решать профессиональные задачи на основе знаний в сфере биотехнологии и молекулярной инженерии на основе знаний естественных, математических и технических наук, а также математических методов и моделей.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОПК-1.1. Знает принципы, методы и подходы к планированию и проведению научно-исследовательской работы в сфере профессиональной деятельности.

РОПК-2.1. Знает существующие подходы к решению профессиональных задач, в том числе на основе математических методов и моделей.

РОПК-2.2. Умеет планировать, выбирать методы и способы решения профессиональных задач, в том числе с использованием математических методов и моделей.

## **2 Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля:

- индивидуальные задания;
- лабораторные работы;

### **2.1 Индивидуальные задания (РОПК-1.1, РОПК-2.1)**

Все индивидуальные задания подобраны так, чтобы максимально стимулировать психологическую установку студентов на формирование связи между лекциями и ее практическим применением.

Темы индивидуальных заданий

Индивидуальное задание №1 Модели ферментативного катализа

Индивидуальное задание №2 Модель проточной культуры микроорганизмов

Индивидуальное задание №3 Моделирование сложных биологических систем

Практические занятия по дисциплине «Математическое моделирование в биотехнологии» призваны закрепить знания бакалавра по применению методов математического моделирования при изучении отдельных биотехнологических процессов, проводить обоснованный выбор моделей биотехнологических процессов.

В таблице 1 приведена система оценивания индивидуального задания.

*Таблица 1. Система критериев при оценивании индивидуального задания*

| Критерии соответствия   | Оценка     |
|---|------------|
| Содержание отчета и ответы по индивидуальному заданию являются полными. Студент правильно понимает терминологию. Демонстрирует умение понимать, доказательно и логически связно отвечать на вопросы.                | Зачтено    |
| Неполное, логически противоречивое изложение отчета. Студент не понимает и неправильно использует терминологию. Не может доказательно и логически связно отвечать на вопросы. Отчет вообще не подготовлен к защите. | не зачтено |

### **2.2 Лабораторные работы (РОПК-2.2)**

Темы лабораторных работ:

Лабораторная работа №1 Пакеты для моделирования и их принципы работы

Лабораторная работа №2 Модель роста биомассы  
 Лабораторная работа №3 Биоритмы и теория колебаний  
 Лабораторная работа №4 Моделирование структуры ДНК

На лабораторных занятиях обучающийся получает навыки работы на компьютере со стандартными программными продуктами для проведения математического моделирования биотехнологических процессов. По результатам выполнения лабораторной работы пишется отчет. Отчет по каждой лабораторной работе включает теоретическую часть, выполненное практическое задание и анализ полученных результатов. Оценка по отчету за лабораторную работу выставляется по тем же критериям что и индивидуальное задание.

В таблице 2 приведена система оценивания индивидуального задания.

*Таблица 2. Система критериев при оценивании лабораторной работы*

| Критерии соответствия   | Оценка     |
|---|------------|
| Содержание отчета и ответы по лабораторной работе являются полными. Студент правильно понимает терминологию. Демонстрирует умение понимать, доказательно и логически связно отвечать на вопросы.                    | Зачтено    |
| Неполное, логически противоречивое изложение отчета. Студент не понимает и неправильно использует терминологию. Не может доказательно и логически связно отвечать на вопросы. Отчет вообще не подготовлен к защите. | не зачтено |

### **3 Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

#### **3.1 Вопросы экзаменационных билетов**

1. Специфика математического моделирования живых систем
2. Подходы к классификации моделей. Классификация моделей по способам представления информации. Математические модели.
3. Классификация математических моделей.
4. Процесс построения математической модели.
5. Факторы, определяющие соотношение точности и сложности математических моделей.
6. Роль эксперимента при построении моделей. Примеры пассивного и активного экспериментов.
7. Измерительные шкалы. Виды измерительных шкал.
8. Формирования и реализации математических моделей электрических цепей методом переменных состояний. Законы Кирхгофа. Узлы, ветви.
9. Вариационные принципы построения математических моделей. Принцип Гамильтона.
10. Модель страхового процесса. Модель Эрланга, распределения величины страховых выплат и промежутков времени между страховыми случаями.
11. Принцип реактивного движения. Закон сохранения импульса. Формула Циолковского. 1-я космическая скорость.
12. Применение фундаментальных законов природы построения математических моделей. Модель пуля-груз.
13. Применение аналогий, иерархических цепочек для построения математических моделей.
14. Способы исследования реальных объектов. Роль численного эксперимента на математической модели при исследовании объекта.
15. Стандартные программные пакеты для моделирования биотехнологических процессов
16. Базовые модели взаимодействия

17. Модели ферментативного катализа
18. Модель проточной культуры микроорганизмов
19. Микроэволюционные процессы в микробных популяциях
20. Колебания и ритмы в биологических системах
21. Пространственно-временная самоорганизация биологических систем
22. Физико-математические модели биомакромолекул. Молекулярная динамика
23. Моделирование сложных биологических систем

При ответе на вопросы оценивается полнота и точность ответа, логичность и аргументированность изложения материала, умения использовать в ответе фактический материал (Таблица 3).

Таблица 3

| Оценка | Критерии соответствия   |
|--------|---|
| 5      | Правильно и развернуто изложен материал каждого вопроса и отчета по индивидуальным заданиям соответствующего раздела. Студент полно, четко и логично излагает материал вопроса и защищаемый материал задания. Все индивидуальные задания сданы                |
| 4      | Правильно изложен материал каждого вопроса и отчета по индивидуальным заданиям, но не весь материал изложен развернуто и логически структурировано. Все индивидуальные задания сданы  |
| 3      | В целом правильно изложен материал каждого вопроса и защищаемого отчета по заданию, но изложение носит поверхностный характер и с нарушением логики изложения.  |
| 2      | Материал ответа на каждый вопрос и защищаемых отчетов по заданиям представлен очень поверхностно и с нарушением логики изложения. Студент очень плохо владеет основными концепциями дисциплины. Допущены существенные терминологические и фактические ошибки. |
| 1      | Неверно изложен материал на вопросы билета, каждый отчет по индивидуальным заданиям написан с грубыми ошибками или отчеты вообще не подготовлены к защите.  |

#### 4 Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций) (РОПК-1.1, РОПК-2.1):

1. Что такое эксперимент в контексте построения математических моделей?
2. Какие примеры пассивных экспериментов можно привести для проверки модели?
3. Что такое активный эксперимент и как он отличается от пассивного?
4. Каковы основные цели эксперимента при моделировании процессов?
5. Что такое измерительная шкала?
6. Назовите основные виды измерительных шкал и приведите примеры для каждой из них.
7. Какие характеристики используют для классификации измерительных шкал?
8. Как выбор измерительной шкалы влияет на анализ данных?
9. Что такое метод переменных состояний в контексте электрических цепей?
10. Сформулируйте законы Кирхгофа и их приложение для анализа электрических цепей.
11. Что такое узел и ветвь в электрической цепи?
12. Приведите пример математической модели для простой электрической цепи.
13. Что такое вариационные принципы в математическом моделировании?
14. Как формулируется принцип Гамильтона?
15. Приведите пример применения вариационного принципа к физическим системам.
16. Что такое модель страхового процесса и для чего она используется?
17. Объясните модель Эрланга и её применение в страховании.

18. Каковы распределения величины страховых выплат?
19. Как моделируются промежутки времени между страховыми случаями?
20. Что такое принцип реактивного движения?
21. Как закон сохранения импульса применяется к реактивным движениям?
22. Сформулируйте и объясните формулу Циолковского.
23. Какова первая космическая скорость и что она определяет?
24. Какие фундаментальные законы природы используются в математическом моделировании?
25. Приведите пример модели, основанной на законах физики, например, модель "пуля-груз".
26. Как законы природы влияют на точность математических моделей?
27. Какие параметры важны в моделировании взаимодействия пули и груза?
28. Как используются аналогии в построении математических моделей?
29. Что такое иерархические цепочки моделей и как они строятся?
30. Приведите примеры применения аналогий в различных областях науки.
31. Как аналогии могут помочь в понимании сложных систем?
32. Какие способы исследования реальных объектов вы можете назвать?
33. Какова роль численного эксперимента в процессе исследований?
34. Приведите пример, когда численный эксперимент помог достичь цели.
35. Какие преимущества и недостатки есть у численных экспериментов по сравнению с реальными экспериментами?
36. Какие программные пакеты обычно используются для моделирования биотехнологических процессов?
37. Как выбрать подходящий программный пакет для определенной задачи?
38. Какие функциональные возможности обычно предлагают эти программные пакеты?
39. Приведите примеры биотехнологических процессов, которые можно смоделировать с помощью этих пакетов.
40. Что такое базовая модель взаимодействия в биологических системах?
41. Какие факторы влияют на взаимодействие в экосистемах?
42. Как модели взаимодействия могут помочь предсказать поведение систем?
43. Приведите примеры базовых моделей взаимодействия.
44. Какие факторы влияют на скорость ферментативного катализа?
45. Что такое модель Михаэлиса-Ментен и как она используется в биохимии?
46. Какова роль ферментов в биологическом катализе?
47. Приведите пример применения моделей ферментативного катализа.
48. Что такое модель проточной культуры и как она применяется?
49. Какие параметры важны для моделирования проточной культуры?
50. Какова роль таких моделей в биотехнологии?
51. Приведите пример использования модели проточной культуры.
52. Какие микроэволюционные процессы происходят в микробных популяциях?
53. Как моделируются эти процессы в математических или компьютерных моделях?
54. Как микроэволюция влияет на адаптацию организмов?
55. Приведите примеры исследований микроэволюции в микробных популяциях.
56. Что такое биологические колебания и ритмы?
57. Как они влияют на поведение организмов?
58. Приведите примеры колебаний и ритмов в природе.

59. Как модели помогают анализировать эти процессы?
60. Что такое пространственно-временная самоорганизация?
61. Какие примеры самоорганизации можно наблюдать в биологических системах?
62. Как математические модели используются для описания самоорганизации?
63. Как самоорганизация влияет на устойчивость экосистем?
64. Что такое физико-математические модели биомакромолекул?
65. Какова роль молекулярной динамики в исследовании биомолекул?
66. Приведите примеры приложений моделей в биомедицине.
67. Какие факторы учитываются при моделировании взаимодействий на молекулярном уровне?
68. Каковы основные принципы моделирования сложных биологических систем?
69. Какие подходы используются для решения задач в этой области?
70. Приведите примеры сложных биологических систем, которые можно смоделировать.
71. Каковы преимущества и вызовы моделирования таких систем?

#### **Информация о разработчиках**

Старченко Александр Васильевич, д-р физ.-мат.наук, профессор, зав. каф. вычислительной математики и компьютерного моделирования ММФ, ТГУ