

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Директор института прикладной
математики и компьютерных наук

 А.В. Замятин

« 11 » _____ 2021 г.

Фонд оценочных средств по дисциплине

Адаптивные системы

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль: **Прикладная математика и информатика**

ОС составила:

канд. техн. наук, доцент
доцент кафедры прикладной математики

Г.Н. Решетникова

Рецензент:

д-р техн. наук, профессор,
профессор кафедры прикладной математики

А.М. Горцев

Фонд оценочных средств одобрен на заседании учебно-методической комиссии института прикладной математики и компьютерных наук (УМК ИПМКН).

Протокол от 17 июня 2021 г. № 05

Председатель УМК ИПМКН,
д-р техн. наук, профессор

С.П. Сущенко

Оценочные средства (ОС) являются элементом системы оценивания сформированности компетенций у обучающихся в целом или на определенном этапе ее формирования.

ОС разрабатывается в соответствии с рабочей программой (РП) дисциплины.

1. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины

| Компетенция | Индикатор компетенции | Код и наименование результатов обучения (планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|--|--|---|--|--|---|---|
| | | | Отлично | Хорошо | Удовлетворительно | Неудовлетворительно |
| ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач; | ИОПК-2.1. Обладает навыками объектно-ориентированного программирования для решения прикладных задач в профессиональной деятельности. | ОР-2.1.1. Обучающийся сможет подбирать и обрабатывать информацию относительно выбранной темы исследования; правильно цитировать и делать ссылки на используемые источники в письменных работах. | Уверенно сможет подбирать и обрабатывать информацию относительно выбранной темы исследования; правильно цитировать и делать ссылки на используемые источники в письменных работах. | Хорошо сможет подбирать и обрабатывать информацию относительно выбранной темы исследования; правильно цитировать и делать ссылки на используемые источники в письменных работах. | Удовлетворительно сможет подбирать и обрабатывать информацию относительно выбранной темы исследования; правильно цитировать и делать ссылки на используемые источники в письменных работах. | Неудовлетворительно сможет подбирать и обрабатывать информацию относительно выбранной темы исследования; правильно цитировать и делать ссылки на используемые источники в письменных работах. |

| | | | | | | |
|--|---|--|---|---|--|--|
| | <p>ИОПК-2.2. Проявляет навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации.</p> | <p>ОП-2.2.1. Обучающийся сможет проявлять навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации.</p> | <p>Уверенно сможет проявлять навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации.</p> | <p>Хорошо сможет проявлять навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации.</p> | <p>Удовлетворительно сможет проявлять навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации.</p> | <p>Неудовлетворительно сможет проявлять навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации.</p> |
| | <p>ИОПК-2.3. Демонстрирует умение отбора среди существующих математических методов, наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи.</p> | <p>ОП-2.3.1. Обучающийся сможет продемонстрировать умение отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи.</p> | <p>Уверенно сможет продемонстрировать умение отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи.</p> | <p>Хорошо сможет продемонстрировать умение отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи.</p> | <p>Удовлетворительно сможет продемонстрировать умение отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи.</p> | <p>Неудовлетворительно сможет продемонстрировать умение отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи.</p> |

| | | | | | | |
|--|---|---|--|--|---|---|
| | ИОПК-2.4. Демонстрирует умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. | ОР-2.4.1. Обучающийся сможет демонстрировать умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. | Уверенно сможет продемонстрировать умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. | Хорошо сможет продемонстрировать умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. | Удовлетворительно сможет продемонстрировать умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. | Неудовлетворительно сможет продемонстрировать умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. |
| ПК-3. Способен формализовывать, согласовывать и документировать требования к системе и подсистеме, обрабатывать запросы на изменение требований к системе и подсистеме, выявлять и формализовывать риски, анализировать проблемные ситуации. | ИПК-3.1. Реализует построение формализованной математической модели системы (подсистемы), введение целевой функции системы, подсистемы и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме). | ОР-3.1.1. Обучающийся сможет реализовать построение формализованной математической модели системы (подсистемы), введение целевой функции системы, подсистемы и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме). | Уверенно сможет реализовать построение формализованной математической модели системы (подсистемы), введение целевой функции системы, подсистемы и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме). | Хорошо сможет реализовать построение формализованной математической модели системы (подсистемы), введение целевой функции системы, подсистемы и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме). | Удовлетворительно сможет реализовать построение формализованной математической модели системы (подсистемы), введение целевой функции системы, подсистемы и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме). | Неудовлетворительно сможет реализовать построение формализованной математической модели системы (подсистемы), введение целевой функции системы, подсистемы и ограничений, соответствующих требованиям к системе (подсистеме). |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|--|
| | <p>ИПК-3.2. Адаптирует формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме).</p> | <p>ОР-3.2.1. Обучающийся сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме).</p> | <p>Уверенно сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме).</p> | <p>Хорошо сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме).</p> | <p>Удовлетворительно сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме).</p> | <p>Неудовлетворительно сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме).</p> |
| | <p>ИПК-3.3. Выявляет и формализовывает в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявляет и анализирует проблемные ситуации.</p> | <p>ОР-3.3.1. Обучающийся сможет выявлять и формализовывать в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявлять и анализировать проблемные ситуации.</p> | <p>Уверенно сможет выявлять и формализовывать в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявлять и анализировать проблемные ситуации.</p> | <p>Хорошо сможет выявлять и формализовывать в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявлять и анализировать проблемные ситуации.</p> | <p>Удовлетворительно сможет выявлять и формализовывать в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявлять и анализировать проблемные ситуации.</p> | <p>Неудовлетворительно сможет выявлять и формализовывать в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявлять и анализировать проблемные ситуации.</p> |

2. Этапы формирования компетенций и виды оценочных средств

| № | Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины) | Код и наименование результатов обучения | Вид оценочного средства |
|----|---|---|--|
| 1. | Введение. Основные определения и классификация адаптивных систем. Описание систем в пространстве состояний. Моделирование свободного движения объекта. Графическая иллюстрация результатов. | ОР-2.1.1. Обучающийся сможет подбирать и обрабатывать информацию относительно выбранной темы исследования; правильно цитировать и делать ссылки на используемые источники в письменных работах. | Вопросы и задания для лабораторных работ |
| 2. | Преобразование непрерывной стохастической системы в дискретную. Совмещенный синтез. Постановка задачи слежения. Синтез управляющих воздействий по классическому квадратичному критерию для стохастической модели объекта. | ОР-2.2.1. Обучающийся сможет проявлять навыки использования основных языков программирования, основных методов разработки программ, стандартов оформления программной документации | Вопросы и задания для лабораторных работ |
| 3. | Описание математической модели объекта при управлении скоростью перемещения управляющих органов. Синтез управляющих воздействий по квадратичному критерию обобщенной работы с прогнозирующей. | ОР-2.3.1. Обучающийся сможет демонстрировать умение отбора среди существующих математических методов наиболее подходящих для решения конкретной прикладной задачи | Вопросы и задания для лабораторных работ |
| 4. | Описание математической модели измерительного комплекса. Построение оценок состояния дискретным фильтром Калмана. Теорема разделения. | ОР-2.4.1. Обучающийся сможет демонстрировать умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи. | Вопросы и задания для лабораторных работ |
| 5. | Синтез управления по локальному критерию. Синтез управляющих воздействий по оценкам состояния по квадратичным критериям: классическому, обобщенной работы и локальному. | ОР-3.2.1. Обучающийся сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме). | Вопросы и задания для лабораторных работ |
| 6. | Построение оценок вектора параметров дискретным фильтром Калмана. Оценивание состояния и параметров модели объекта параллельными фильтрами Калмана. | ОР-3.2.1. Обучающийся сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме). | Вопросы и задания для лабораторных работ |
| 7. | Ограничения по управлению и состоянию. Запоздывание по управлению. Синтез адаптивного управления по квадратичным критериям. | ОР-3.2.1. Обучающийся сможет адаптировать формализованную математическую модель системы (подсистемы) к | Вопросы и задания для лабораторных работ |

| | | | |
|----|---|---|--|
| | | изменению требований (ограничений к целевой функции) к системе (подсистеме). | |
| 8. | Описания математических моделей технических систем. Общая схема синтеза адаптивного управления для математических моделей технических систем. Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена. | ОР-3.3.1. Обучающийся сможет выявлять и формализовывать в виде математической модели возникающие при функционировании системы (подсистемы) риски; выявлять и анализировать проблемные ситуации. | Вопросы и задания для лабораторных работ |

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки образовательных результатов обучения

3.1. Типовые задания для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине заключаются в ответах на следующие вопросы:

- 1) определение линейных и нелинейных моделей систем;
- 2) определение стационарных и нестационарных моделей систем;
- 3) построение дискретной модели системы;
- 4) свободное движение объекта;
- 5) описание математической модели измерительного комплекса;
- 6) теорема разделения;
- 7) построение модели при наличии неизвестных параметров;
- 8) ограничения по управлению и состоянию;
- 9) запаздывание по управлению;
- 10) общая схема синтеза адаптивного управления.

3.2. Типовые задания для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

Экзамен для промежуточной аттестации по дисциплине осуществляется дистанционно в тестовой форме. Студент должен указать в таблице номер правильного ответа для соответствующего вопроса. Сдача экзамена рассчитана на 40 минут.

Экзаменационные вопросы

№1. Система управления является линейной, если она представима в виде:

- 1) $\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t))$,
- 2) $\dot{x}(t) = \bar{A}(t)x(t) + \bar{B}(t)u(t)$,
- 3) $\dot{x}(t) = f(t, x(t)) + \bar{B}(t)u(t)$,
- 4) $\dot{x}(t) = \bar{A}(t)x(t) + \varphi(t, u(t))$.

№2. Дискретизация линейной модели объекта осуществляется методом Эйлера, если:

- 1) $A(k) = I_n + \Delta t \bar{A}(t_k)$, $B(k) = \Delta t \bar{B}(t_k)$;

$$2) A(k) = I_n + \sum_{k=1}^4 \frac{\Delta t^k \bar{A}(t_k)^k}{k!}, \quad B(k) = \sum_{k=1}^4 \frac{\Delta t^k \bar{A}(t_k)^{k-1} \bar{B}(t_k)}{k!};$$

$$3) A(k) = I_n + \sum_{k=1}^8 \frac{\Delta t^k \bar{A}(t_k)^k}{k!}, \quad B(k) = \sum_{k=1}^8 \frac{\Delta t^k \bar{A}(t_k)^{k-1} \bar{B}(t_k)}{k!}.$$

№3. Если дискретная стохастическая система представима в виде

$$x(k+1) = A(k)x(k) + B(k)u(k) + F(k)q(k),$$

$$M\{q(k)\} = \bar{q}(k), \quad M\{(q(k) - \bar{q}(k))(q(j) - \bar{q}(j))^T\} = Q(k)\delta_{k,j},$$

то компоненты вектора внешних возмущений $q(k)$ являются:

- 1) случайными величинами, имеющими биномиальное распределение,
- 2) равномерно распределенными случайными величинами,
- 3) гауссовскими случайными величинами с заданными характеристиками,

№4. Синтез управляющих воздействий при минимизации критерия

$$J(t_0, T) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^T [x^T(t)Cx(t) + u^T(t)Du(t)] dt$$

осуществляется следующим образом:

- 1) $u(k) = -D_d^{-1}B^T Sx(k)$,
- 2) $v(k) = -D_1^{-1}W_2(k)$,
- 3) $u(k) = -(B^T(k)CB(k) + D)^{-1}B^T(k)C[A(k)x(k) - x_z(t_k)]$.

№5. Синтез управляющих воздействий при минимизации критерия

$$J(t_k) = \frac{1}{2} \int_{t_k}^{t_k + l_p \Delta t} [(x(t) - x_z(t_k))^T C(x(t) - x_z(t_k)) +$$

$$+ u^T(t)D_2u(t) + v^T(t)D_1v(t) + v_{on}^T(t)D_1v_{on}(t)] dt,$$

осуществляется следующим образом:

- 1) $u(k) = -D_d^{-1}B^T S(x(k) - x_z(t_k))$,
- 2) $v(k) = -D_1^{-1}W_2(k)$,
- 3) $u(k) = -(B^T(k)CB(k) + D)^{-1}B^T(k)C[A(k)x(k) - x_z(t_k)]$.

№6. Синтез управляющих воздействий при минимизации критерия

$$J(k) = \frac{1}{2} [(x(k+1) - x_z(k))^T C(x(k+1) - x_z(k)) + u^T(k)Du(k)].$$

осуществляется следующим образом:

$$1) u(k) = -D_d^{-1} B^T S(x(k) - x_z(t_k)),$$

$$2) v(k) = -D_1^{-1} W_2(k),$$

$$3) u(k) = -(B^T(k)CB(k) + D)^{-1} B^T(k)C[A(k)x(k) - x_z(t_k)].$$

№7. Модель измерительного комплекса задается в виде:

$$1) y(k) = Ax(k) + r(k),$$

$$2) y(k) = Hx(k) + r(k),$$

$$3) y(k) = f(x(k), u(k)) + r(k)$$

№8. Оптимальная оценка состояния по текущему измерению $y(k+1)$ строится в виде:

$$1) \hat{x}(k+1) = \hat{x}(k) + K(k)[y(k+1) - H\hat{x}(k)],$$

$$2) \hat{x}(k+1) = \hat{x}(k+1/k) + K(k)[y(k+1) - H\hat{x}(k+1/k)],$$

$$3) \hat{x}(k+1) = A(k)y(k+1) + B(k)u(k) + F(k)\bar{q}(k).$$

№9. Системы управления, построенные с использованием априорной информации, достаточной для достижения поставленной цели, относятся:

1) к неадаптивным,

2) к самоорганизующимся,

3) к адаптивным,

4) к диффузным,

5) к нестационарным.

№10. При синтезе адаптивного управления предполагается, что модель объекта задана в виде:

$$1) x(k+1) = A(k)x(k) + B(k)u(k) + F(k)q(k),$$

$$2) x(k+1) = A(k, \theta(k))x(k) + B(k, \theta(k))u(k) + F(k)q(k),$$

$$3) x(k+1) = A(k, \theta(k))\hat{x}(k) + B(k, \theta(k))u(k) + F(k)\bar{q}(k).$$

№11. Оценка параметров по текущему измерению $y(k+1)$ строится в виде:

$$1) \hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + L(k)[y(k+1) - H\Phi(\hat{x}(k), u(k))\hat{\theta}(k) - Hf(\hat{x}(k), u(k))],$$

$$2) \hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + L(k)[y(k+1) - HA(k, \hat{\theta}(k))\hat{x}(k) - HB(\hat{x}(k), \hat{\theta}(k))u(k)],$$

$$3) \hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + L(k)[y(k+1) - H\hat{x}(k) + \bar{r}(k)].$$

№12. Ограничения на управляющие воздействия задаются в виде:

$$1) c_1 U_1(k) \leq |u_i(k)| \leq c_2 U_2(k),$$

$$2) |u_i(k)| \leq \frac{U_1(k) + U_2(k)}{2},$$

$$3) U_1(k) \leq u_i(k) \leq U_2(k).$$

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов обучения

4.1. Методические материалы для оценки текущего контроля успеваемости по дисциплине.

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проверки правильности выполнения лабораторных работ, ответа на теоретические вопросы и фиксируется в форме контрольной точки.

4.2. Методические материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

Студент допускается к экзамену, если выполнены все лабораторные работы и дано не менее 50% правильных ответов на теоретические вопросы текущего контроля. Студент должен указать в таблице номер правильного ответа для конкретного экзаменационного вопроса. Сдача экзамена рассчитана на 40 минут.

Ответы студента на вопросы

| № вопроса | Ответ |
|------------------|--------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |

| | |
|----|--|
| 12 | |
|----|--|

Правильные ответы на вопросы

| № вопроса | Ответ |
|------------------|--------------|
| 1 | 2 |
| 2 | 1 |
| 3 | 3 |
| 4 | 1 |
| 5 | 2 |
| 6 | 3 |
| 7 | 2 |
| 8 | 2 |
| 9 | 1 |
| 10 | 2 |
| 11 | 1 |
| 12 | 3 |

Шкала оценивания

| Критерий оценивания остаточных знаний | Оценка |
|--|---------------------|
| Количество правильных ответов: от 10 до 12 | отлично |
| Количество правильных ответов: от 7 до 9 | хорошо |
| Количество правильных ответов: от 4 до 6 | удовлетворительно |
| Количество правильных ответов: от 0 до 3 | неудовлетворительно |