

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

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор



А. В. Замятин

20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

**Управление в экономических системах**

по направлению подготовки

**01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Математические методы в цифровой экономике**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.03.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Лившиц К.И. Лившиц

Председатель УМК

Сущенко С.П. Сущенко

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности;

– ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач;

– ПК-1. Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки как по отдельным разделам темы, так и при исследовании самостоятельных тем.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.4. Демонстрирует понимание и навыки применения на практике математических моделей и компьютерных технологий для решения практических задач, возникающих в профессиональной деятельности.

ИОПК-2.4. Демонстрирует умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи.

ИПК-1.1. Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ИПК-1.2. Осуществляет выполнение экспериментов и оформления результатов исследований и разработок.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Узнать основные математические методы оптимального управления динамическими системами, область их применимости.

– Научиться строить математические модели экономики как динамической системы, усложнять постановки задач, приближая их к реальной экономике, и применять методы оптимального управления динамическими системами к задачам управления экономическими системами.

– Научиться оперировать экономическими понятиями и характеристиками экономических систем; классифицировать и формализовывать основные задачи управления экономикой; давать содержательную экономическую интерпретацию математического результата.

– Научиться анализировать научно-техническую информацию и результаты исследований; оформлять результаты анализа научно-технической информации и исследований.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Управление в экономических системах» относится к части Блока 1 «Дисциплины (модули)», формируемой участниками образовательных отношений, входит в модуль «Математические методы в экономике».

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Седьмой семестр, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей», «Случайные процессы», «Макроэкономика», «Теория оптимального управления».

## **6. Язык реализации**

Русский.

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 16 ч.

– практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Тема 1. Введение**

Историческая справка. Определение и классификация экономических систем. Экономика как динамическая система управления. Особенности задач управления экономикой как задач оптимального управления на конечном интервале времени.

### **Тема 2. Некоторые сведения из макроэкономики и теории оптимального управления**

Определение, классификация и свойства производственных функций (ПФ); основные макроэкономические характеристики экономического процесса. Общая задача оптимального управления; классификация задач оптимального управления; необходимые и достаточные условия оптимальности; методы решения задач оптимального управления. Неоклассические свойства производственной функции Кобба–Дугласа. Основные макроэкономические характеристики в случае производственной функции Кобба–Дугласа.

### **Тема 3. Метод максимума Понтрягина как метод решения задач управления экономикой**

Метод максимума Понтрягина: основные понятия и алгоритм работы метода. Решение типовых задач методом максимума Понтрягина. Управление односекторной экономикой на конечном интервале времени как задача Рамсея. Постановка задачи. Решение задачи: синтез оптимальных управлений. Анализ и построение фазовых траекторий. Нахождение экстремальных управлений, экстремальных траекторий и их экономическая интерпретация. Магистральная теорема. Задача Рамсея: движение по фазовым траекториям. Обобщение задачи Рамсея на случай экспоненциального роста трудовых ресурсов. Магистральная теорема в задаче Рамсея в случае производственной функции Кобба–Дугласа. Задача Рамсея с учетом трудосберегающего НТП: экономический рост; золотое правило накопления; оценка темпов роста при переходе к устойчивому состоянию; абсолютная и относительная конвергенция. Задача Рамсея: расчет источников экономического роста с помощью производственной функции с постоянной отдачей от масштаба.

### **Тема 4. Метод Беллмана (метод динамического программирования) как метод решения экономических задач**

Метод Беллмана: основные понятия. Алгоритм работы метода. Рассмотрение экономических задач как задач оптимального управления многошаговыми процессами с аддитивной целевой функцией. Метод Беллмана для непрерывных процессов: постановка и решение задачи, линейной по управлению. Постановка и решение задачи оптимального распределения инвестиций между предприятиями при известном начальном значении объема инвестиций. Постановка и решение задачи оптимального распределения инвестиций между предприятиями по максимуму нормы прибыли. Постановка и решение задачи об оптимальной загрузке транспортного средства. Постановка задачи об оптимальном распределении ресурсов. Постановка и решение задачи об оптимальном графике замены оборудования на предприятии. Управляемые марковские процессы с доходами. Достаточные условия оптимальности для непрерывных процессов. Метод

Гамильтона–Якоби–Беллмана для непрерывных процессов (управление и алгоритм работы метода).

### **Тема 5. Сравнительный анализ методов максимума Понтрягина и Беллмана**

Экономическая интерпретация, особенности и условия применимости метода максимума Понтрягина и метода Беллмана.

### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, опросов по лекционному материалу, проверки выполнения домашних заданий, защиты проектных работ, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Текущий контроль успеваемости в течение семестра разделен на три блока: 1) два письменных опроса и 3 контрольные работы; 2) защита проекта; 3) выполнение домашних работ. Результат работы студента в семестре учитывается при формировании экзаменационной оценки. В таблице ниже приведена шкала оценивания каждого блока.

| Оценка за блок в семестре | Количество баллов |        |        |
|---------------------------|-------------------|--------|--------|
|                           | Блок 1            | Блок 2 | Блок 3 |
| «отлично»                 | 13–15             | 7–8    | 9      |
| «хорошо»                  | 11–12             | 5–6    | 8      |
| «удовлетворительно»       | 9–10              | 4      | 7      |
| «неудовлетворительно»     | 0–8               | 0–3    | 0–6    |

*Вопросы к письменному опросу по разделу «Метод максимума Понтрягина как метод решения задач управления экономикой»*

1. Сформулируйте в общей форме задачу оптимального управления с закрепленным левым концом и фиксированным временем управления и выпишите для нее принцип максимума Понтрягина. Дайте экономическую интерпретацию сопряженной переменной.

2. Запишите задачу Рамсея с учетом влияния трудосберегающего НТП в терминах фондовооруженности. Прокомментируйте, как влияют темп роста населения и темп роста НТП на темп роста следующих показателей: 1) капиталовооруженность работника с постоянной эффективностью, 2) капиталовооруженность работника, 3) общий запас капитала, 4) производительность труда одного работника с постоянной эффективностью, 5) производительность труда одного работника, 6) общий выпуск, – в устойчивом состоянии экономики.

3. Сформулируйте золотое правило накопления в задаче Рамсея с учетом трудосберегающего НТП.

4. Запишите соотношение, с помощью которого можно оценить вклад НТП в экономический рост, используя производственную функцию с постоянной отдачей от масштаба. Можно ли утверждать, что «изменения в уровне технологических знаний приводят к одинаковому увеличению предельных производительностей труда и капитала и поэтому часто интерпретируются как повышение совокупной производительности факторов производства»?

5. От каких параметров зависят темпы роста капиталовооруженности и производительности труда при переходе к устойчивому состоянию? Запишите соотношение, определяющее зависимость темпов роста производительности труда от изменения капиталовооруженности.

6. Дайте определение абсолютной и относительной конвергенции. Запишите соотношение, которое позволяет оценить скорость конвергенции к устойчивому состоянию.

*Вопросы к письменному опросу по разделу «Метод Беллмана (метод динамического программирования) как метод решения экономических задач».*

1. Сформулируйте в общей форме задачу оптимального управления многошаговым процессом с фиксированным временем управления и аддитивной целевой функцией и выпишите для нее метод Беллмана.

2. Сформулируйте в общей форме задачу оптимального управления непрерывным процессом. Запишите алгоритм решения поставленной задачи методом Гамильтона–Якоби–Беллмана. Отметьте допущения и условия применимости метода.

*Типовая задача на контрольной работе по разделу «Метод Беллмана (метод динамического программирования) как метод решения экономических задач»*

1. В производственное объединение входят три предприятия  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ . Руководство объединения готово инвестировать в свои предприятия от 4 до 6 усл. ден. ед. в общей сумме. Проведенные маркетинговые исследования прогнозируют величину ожидаемой прибыли каждого из предприятий в зависимости от объема инвестированных средств (см. таблицу).

**Найти:** 1) такое распределение инвестиций между предприятиями и оптимальный объем инвестирования, которые обеспечили бы максимальную норму прибыли, под которой понимается отношение ожидаемой прибыли к объему инвестированных средств; 2) такое распределение инвестиций между предприятиями и оптимальный объем инвестирования, которые обеспечили бы максимальную норму прибыли, причем предприятию  $\Pi_3$  должно быть выделено не менее 2 усл. ден. ед. инвестиций.

| Объем инвестиций   |        |          |          |          |          |          |
|--|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0  | 1      | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        |
| Ожидаемая прибыль предприятий, $\Pi_1 / \Pi_2 / \Pi_3$ . |        |          |          |          |          |          |
| -1/2/2   | 9/12/7 | 24/27/18 | 35/30/33 | 46/43/45 | 60/58/59 | 63/61/69 |

2. Задача № 2.

.....

n. Задача № n.

*Типовое задание для выполнения проекта в малых группах по разделу «Сравнительный анализ методов максимума Понтрягина и Беллмана»*

1. Рассматривается однопродуктовая экономика, для которой в каждый момент времени  $t \in [0; T]$  балансовое соотношение имеет вид  $X(t) = aX(t) + Y(t)$ , где  $0 < a < 1$  – норма производственного потребления;  $X(t)$  – объем валового продукта;  $Y(t)$  – объем конечного продукта, идущего на непроизводственное потребление  $C(t)$  и инвестиции  $I(t)$ , то есть  $Y(t) = I(t) + C(t)$ . Капитальные вложения  $I(t)$  расходуются на прирост основных фондов  $K(t)$  и их восстановление за счет амортизационных отчислений. Размеры конечного продукта определяются производственной функцией Кобба–Дугласа вида  $F(K(t), L(t)) = A \cdot e^{\rho t} \cdot K^\alpha(t) \cdot L^{1-\alpha}(t)$ .

**Найти:** 1) аналитический вид оптимального процесса управления  $(\dot{k}(t), \dot{h}(t))$ , где  $\dot{k}(t)$  – оптимальная (магистральная) траектория фондовооруженности,  $\dot{h}(t)$  – оптимальная норма потребления; 2) аналитический вид траектории  $\dot{k}(t)$  с учетом ограничений:  $k(0) = k_0$ ,  $k(T) = k_T$ ,  $h_0 \leq h(t) \leq h_1$ , – а также момент  $t^*$  выхода экономики на магистраль в этом случае (подсказка: необходимо построить область, ограниченную траекториями при минимальном и максимальном значениях управления); 3) решить задачу, используя статистические данные (см. таблицу)

| Год | Конечный продукт $Y(t)$ , млрд. руб. | Основные фонды $K(t)$ , млрд. руб. | Трудовые ресурсы $L(t)$ , млн. чел. | Реальная фондовооруженность $k(t)$ , тыс. руб. / чел. | Оптимальная фондовооруженность $\dot{k}(t)$ , тыс. руб. / чел. |
|-----|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 1   | 2                                    | 3                                  | 4                                   | 5   | 6  |
|     |                                      |                                    |                                     |   |  |

|      |       |       |       |  |  |
|------|-------|-------|-------|--|--|
| 1947 | 280,2 | 204,2 | 109,3 |  |  |
| 1948 | 293,8 | 212,9 | 110,0 |  |  |
| 1949 | 292,8 | 196,2 | 109,1 |  |  |
| 1950 | 322,9 | 227,4 | 111,3 |  |  |
| 1951 | 343,9 | 239,4 | 113,9 |  |  |
| 1952 | 352,3 | 244,3 | 113,8 |  |  |
| 1953 | 369,8 | 264,9 | 114,9 |  |  |
| 1954 | 364,9 | 248,1 | 110,8 |  |  |
| 1955 | 395,5 | 282,2 | 114,8 |  |  |
| 1956 | 402,8 | 295,2 | 116,5 |  |  |
| 1957 | 408,5 | 298,2 | 114,3 |  |  |
| 1958 | 403,2 | 269,5 | 111,1 |  |  |
| 1959 | 431,1 | 300,4 | 113,7 |  |  |
| 1960 | 441,7 | 303,9 | 114,1 |  |  |
| 1961 | 449,5 | 302,7 | 113,8 |  |  |
| 1962 | 479,5 | 317,0 | 115,5 |  |  |
| 1963 | 499,3 | 329,6 | 117,5 |  |  |
| 1964 | 522,1 | 351,7 | 119,3 |  |  |
| 1965 | 569,9 | 388,2 | 122,2 |  |  |
| 1966 | 599,6 | 441,2 | 124,0 |  |  |
| 1967 | 612,7 | 447,4 | 123,6 |  |  |
| 1968 | 643,4 | 472,9 | 125,2 |  |  |

Известно, что ПФ имеет вид  $F(K(t), L(t)) = 2,189 \cdot e^{0,0239} \cdot K^{0,249}(t) \cdot L^{0,751}(t)$ , капитал рассчитан на 13 лет, коэффициент дисконтирования  $\delta = 0,10$ , границы управления  $h_0 = 0,5$ ,  $h_1 = 1$ .

4) на основе данных таблицы и пункта 3) заполнить столбцы 5 и 6, записать уравнение реальной фондовооруженности, после чего построить в одной плоскости графики реальной фондовооруженности, оптимальной фондовооруженности и оптимальной фондовооруженности с учетом ограничений; 5) проанализировать результаты предыдущих пунктов, ответить на вопросы: а) совпадают ли темпы роста реальной и оптимальной фондовооруженностей?; б) при каком значении коэффициента дисконтирования из массива  $\delta = [0 \ 5 \ 10 \ 15 \ 20 \ 25 \ 30]$ , коэффициент дисконтирования приведен в процентах, оптимальная траектория ближе всего к реальному процессу фондовооруженности?

2. ...

3. ...

*Критерии оценки ответа на теоретический вопрос: ответ на вопрос оценивается по системе от 0 до 3 баллов.*

3 балла: полно раскрыто содержание материала вопроса; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности; специальные термины используются правильно; определения и формулы приведены верно; допущены одна–две неточности при освещении вопросов, которые исправляются по замечанию преподавателя.

2 балла: вопрос изложен систематизировано и последовательно; формулы приведены верно; продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа, или допущены один–два недочета при освещении содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя.

1 балл: неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий и легко устранимые недочеты в записи формул, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов.

0 баллов: полностью отсутствует ответ; не раскрыто основное содержание вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части вопроса; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии и записи формул, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

*Критерии оценки решения задачи: решение каждой задачи оценивается по системе от 0 до 3 баллов.*

3 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; получен полный и правильный ответ; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

2 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; большая часть задачи решена; не рассмотрены все возможные решения; ответ записан правильно, но не является полным; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

1 балл: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

0 баллов: ответ отсутствует полностью; не записана или записана с ошибками задача оптимального управления; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

*Критерии оценки защиты проекта: защита проекта оценивается по системе от 0 до 8 баллов по следующим позициям:*

1) правильное и полное решение задачи: верно записана задача оптимального управления; верно выбран метод решения, аргументированно обоснован выбор метода; указанный метод решения задачи использован верно; получен полный и правильный ответ – 3 балла;

2) анализ практической значимости использованного теоретического материала и результатов, полнота раскрытия темы – 1 балл;

3) четкость доклада, логичность, связность, доказательность представленных результатов – 1 балл;

4) владение вниманием аудитории, умение преподнести себя, языковая грамотность, включенность всех членов группы в защиту проекта – 2 балла;

5) качество ответов на вопросы – 1 балл.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Итоговая экзаменационная оценка формируется на основе балльно-рейтинговой системы, исходя из результатов работы студента в семестре и ответа на экзаменационный билет. В течение семестра студенту выставляется оценка за каждый из трех блоков заданий текущего контроля. При этом если по одному из блоков в семестре получена оценка «неудовлетворительно», то экзаменационная оценка не может быть выше, чем «хорошо»; если по двум из блоков получены оценки «неудовлетворительно», то экзаменационная оценка не может быть выше, чем «удовлетворительно». Если по трем блокам получена оценка «неудовлетворительно», студент не допускается к письменному экзамену и ему выставляется итоговая оценка «неудовлетворительно» (если студент в сумме по этим трем блокам набрал менее 8 баллов), или студент допускается к экзамену

(если студент в сумме по этим трем блокам набрал от 8 до 17 баллов), однако в данном случае экзаменационная оценка не может быть выше, чем «удовлетворительно».

Экзамен в седьмом семестре проводится в письменной форме. Экзаменационное задание состоит из одного теоретического вопроса и трех задач. В рамках перечня теоретических вопросов и набора каждого из типов задач задания сопоставимы по сложности и затратам времени на выполнение. Поэтому данные задания не сведены в один экзаменационный билет, а выбираются студентом в случайном порядке по каждой позиции экзаменационного задания. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть экзаменационного задания содержит теоретический вопрос, проверяющий ИОПК-1.4. Ответ на вопрос дается в развернутой форме.

Вторая часть проверяет ИОПК-2.4, ИПК-1.1, ИПК-1.2 и оформлена в виде практических задач. Ответы на вопросы второй части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

**Перечень экзаменационных вопросов** (вопрос для проверки уровня «знать»):

1. Задача Рамсея: постановка задачи; класс оптимальных управлений.  
2. Задача Рамсея: анализ и построение фазовых траекторий.  
3. Задача Рамсея: движение по фазовым траекториям. Магистральная теорема; свойства траекторий фондвооруженности.

4. Задача Рамсея: Золотое правило накопления; обобщение на случай экспоненциального роста трудовых ресурсов; экономический рост на оптимальном решении.

5. Задача оптимального управления в общей форме с закрепленным левым концом и фиксированным временем управления. Принцип максимума Понтрягина, метод Беллмана, метод Гамильтона–Якоби–Беллмана. Экономическая интерпретация сопряженной переменной. Допущения и условия применимости методов.

6. Задача Рамсея с учетом влияния трудосберегающего НТП в терминах фондвооруженности. Влияние темпа роста населения и темпа роста НТП на темп роста следующих показателей: 1) капиталовооруженность работника с постоянной эффективностью, 2) капиталовооруженность работника, 3) общий запас капитала, 4) производительность труда одного работника с постоянной эффективностью, 5) производительность труда одного работника, 6) общий выпуск, – в устойчивом состоянии экономики.

7. Абсолютная и относительная конвергенция: определение, типы. Соотношение, которое позволяет оценить скорость конвергенции к устойчивому состоянию.

**Типовая экзаменационная задача № 1** (задача для проверки уровня «уметь», «владеть»)

В стране выпуск описывается ПФ Кобба-Дугласа с постоянной отдачей от масштаба вида  $Y = K^{1/3}(LE)^{2/3}$ . Население этой страны растет с постоянным темпом 1% в год. Средняя норма выбытия капитала равна 0,05. Темп роста НТП составляет 2% в год. Найдите скорость конвергенции для этой страны. Сколько лет потребуется стране для сокращения вдвое разрыва между первоначальным и устойчивым уровнями капиталовооруженности?

**Типовая экзаменационная задача № 2** (задача для проверки уровня «знать», «владеть»)

Найти управляемый процесс, удовлетворяющий необходимым условиям оптимальности. Установить, является ли найденный процесс оптимальным.

$$\frac{dx(t)}{dt} = 3x(t) + 2u(t), \quad x(0) = 0, \quad J = \int_0^4 (2u(t) + u^2(t) - x(t))dt + 2x(4) \rightarrow \min.$$

**Типовая экзаменационная задача № 3** (задача для проверки уровня «знать», «уметь», «владеть»)

В производственное объединение входят три предприятия  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ . Руководство объединения решило инвестировать в свои предприятия 6 усл. ден. ед. в общей сумме. Проведенные маркетинговые исследования прогнозируют величину ожидаемой прибыли каждого из предприятий в зависимости от объема инвестированных средств (см. таблицу). Найти такое распределение инвестиций между предприятиями, которое обеспечило бы



максимум суммарной ожидаемой прибыли. Сопоставить полученное оптимальное решение с решениями, предписывающими выделение всего объема инвестиций только одному из предприятий либо распределение инвестиций поровну между всеми предприятиями. Вычислить, сколько процентов прибыли теряется в каждом из этих случаев.

| Объем инвестиций   |          |          |          |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        |
| Ожидаемая прибыль предприятий, $\Pi_1 / \Pi_2 / \Pi_3$ . |          |          |          |          |          |          |
| 3/1/1  | 17/15/12 | 24/27/30 | 38/41/43 | 54/61/56 | 71/75/74 | 86/80/81 |

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Ответ на каждое задание оценивается по системе от 0 до 3 баллов. Экзамен считается состоявшимся, если в ходе экзамена студент набрал от 6 до 12 баллов. Экзаменационная оценка определяется суммой баллов, набранных студентом в течение семестра и в ходе экзамена. В таблице ниже приведена шкала перевода набранных студентом баллов в экзаменационную оценку.

| Экзаменационная оценка | Количество баллов |
|------------------------|-------------------|
| «отлично»              | 38–44             |
| «хорошо»               | 33–37             |
| «удовлетворительно»    | 26–32             |
| «неудовлетворительно»  | 0–25              |

*Критерии оценки ответа на теоретический вопрос: ответ на вопрос оценивается по системе от 0 до 3 баллов.*

3 балла: полно раскрыто содержание материала вопроса; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности; специальные термины используются правильно; определения и формулы приведены верно; допущены одна–две неточности при освещении вопросов, которые исправляются по замечанию преподавателя.

2 балла: вопрос изложен систематизировано и последовательно; формулы приведены верно; продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа, или допущены один–два недочета при освещении содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя.

1 балл: неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий и легко устранимые недочеты в записи формул, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов.

0 баллов: полностью отсутствует ответ; не раскрыто основное содержание вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части вопроса; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии и записи формул, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

*Критерии оценки решения задачи: решение каждой задачи оценивается по системе от 0 до 3 баллов.*

3 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; получен полный и

правильный ответ; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

2 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; большая часть задачи решена; не рассмотрены все возможные решения; ответ записан правильно, но не является полным; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

1 балл: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

0 баллов: ответ отсутствует полностью; не записана или записана с ошибками задача оптимального управления; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=13131>.

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (Приложение 1).

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Лежнёв А.В. Динамическое программирование в экономических задачах: учебное пособие / А.В. Лежнёв. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 179 с.

– Параев Ю.И. Теория оптимального управления: учебное пособие / Ю.И. Параев. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2013. – 206 с.

б) дополнительная литература:

– Тарасевич Л.С., Гребенников П.И., Леусский А.И. Макроэкономика: учебник: [для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям] / Л.С. Тарасевич, П.И. Гребенников, А.И. Леусский. – М. : Юрайт [и др.], 2011. – 685 с.

– Власов М.П., Шимко П.Д. Оптимальное управление экономическими системами: учебное пособие / М.П. Власов, П.Д. Шимко. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 310 с.

– Лагоша Б.А., Апалькова Т.Г. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Лагоша, Т.Г. Апалькова. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 224 с.

– Ногин В.Д. Введение в оптимальное управление. Учебно-методическое пособие / В.Д. Ногин. – СПб.: Изд-во «ЮТАС», 2008, 92 с.

– Туманова Е.А., Шагас Н.Л. Макроэкономика : элементы продвинутого подхода : учебник / Е.А. Туманова, Н.Л. Шагас. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 398 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– Управление экономическими системами: электронный научный журнал [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – URL: <http://www.uecs.ru>.

– Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – URL: <http://journals.tsu.ru/informatics/>.

– Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2027>.

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);  
– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные технические средства (проектор, компьютер и т.д.) требуются для демонстрации материала в рамках изучаемых разделов, проведения защиты проектов в конце семестра.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### **15. Информация о разработчиках**

Данилюк Елена Юрьевна, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики института прикладной математики и компьютерных наук НИ ТГУ.