

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук

«Утверждаю»
Директор ИПС им. А.К. Айламазяна РАН
член-корреспондент РАН



С.М. Абрамов
«22» октября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Оптимизационная термодинамика»

Образовательная программа: основная профессиональная образовательная программа высшего образования - программа подготовки научно - педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника
Направленности (профили):

- Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Присваиваемая квалификация:
«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная, заочная

Рабочая программа предназначена для методического сопровождения преподавания дисциплины (модуля) «Оптимизационная термодинамика» аспирантам очной/заочной формы обучения по направлению подготовки кадров высшей квалификации 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника».

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 875.
2. Рабочие учебные планы подготовки аспирантов ИПС им. А.К. Айламазяна РАН по направленностям (профилям) основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Программа одобрена Ученым советом ИПС им. А.К. Айламазяна РАН (протокол №20 от 22 октября 2018 года).

Разработал руководитель Исследовательского центра системного анализа, к.т.н. С.А. Амелькин.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: обучение теоретическим основам разработки математических моделей и решения задач оптимального управления процессами ресурсообмена в макросистемах;

Основные задачи: владение аспирантами методами разработки моделей ресурсообмена в макросистемах, методами их формализации, методами решения усредненных задач оптимального управления, определения критериев, соответствующих максимальной эффективности процессов ресурсообмена при заданной их средней интенсивности; владение методами построения области достижимости для процессов ресурсообмена в макросистемах, использования методов оптимизационной термодинамики при разработке энергоэффективных вычислительных комплексов.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина (модуль) «Оптимизационная термодинамика» включена в вариативную часть Блока 1 Программы в качестве дисциплины по выбору. Шифр дисциплины - Б1.В.ДВ.2.1.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных аспирантами в результате освоения образовательной программы высшего образования второго уровня (магистратура, специалитет).

Дисциплина «Оптимизационная термодинамика» является предшествующей для подготовки и представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы.

Блок	Базовая или вариативная часть	Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудоемкость дисциплины				Вид промежуточной аттестации
			Зачетные единицы	Часы			
				Общая	В том числе		
	Аудиторная	СР					
Б1.В.ДВ.2	Вариативная часть	3,4	6	216	36	180	Зачет
ИТОГО		3,4	6	216	36	180	Зачет

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

№ пп.	Формируемые компетенции	Номер/ индекс компетенции
1	Способность выявлять проблемные места в области математического и программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей; ставить цель и конкретизировать ее на уровне задач; выстраивать научный аппарат исследования; строить модели исследуемых процессов или явлений.	ПК-1
2	Способность проводить теоретические и экспериментальные исследования в области математического и программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей с использованием передовых технологий.	ПК-2
3	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	ОПК-1

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Шифр компетенции	Результат обучения
ПК-1	знать: основные модели и методы принятия решений в теории оптимального управления;

	уметь: поставить задачу оптимального управления для кибернетической системы и выбрать адекватные методы решения.
	владеть: методами оптимизации для систем оптимального управления.
ПК-2	знать: модели ресурсообмена в макросистемах, методы их формализации, порядок и методы решения усредненных задач оптимального управления, критерии, соответствующие максимальной эффективности процессов ресурсообмена при заданной их средней интенсивности.
	уметь: сформулировать и корректно описать задачи определения минимального производства энтропии в термодинамических макросистемах в процессах теплообмена, изменения фазового состояния вещества, производства механической работы.
	владеть: навыками по формализации поставленной задачи, построению математической модели и выбору критериев оптимальности.
ОПК-1	знать: методы построения области достижимости для процессов ресурсообмена в макросистемах, области использования методов оптимизационной термодинамики при разработке энергоэффективных вычислительных комплексов, ожидаемые результаты их использования и проблемы энергосбережения, с которыми сталкиваются разработчики при создании нового аппаратного обеспечения.
	уметь: выбрать и обосновать выбор технологии для решения задач энергосбережения в области информационных технологий..
	владеть: навыками решения следующих профессиональных задач: выбор методов оптимального управления и разработка алгоритмов для численного решения поставленной задачи.

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

4.1 Структура дисциплины (модуля)

Дисциплина преподается в 3,4 семестре.

Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)					Вид итогового контроля	
	Всего	Всего аудит.	Из аудиторных				Самост. работа
			Лек.	Пр.	Лаб.		
Оптимизационная термодинамика	216	36	36	-	-	180	Зачет

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

4.2.1 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа (СР)	Коды компетенций
		Лек.	Пр.	Лаб.		
1.	Методы постановки и решения усредненных задач оптимального управления.	14			60	ПК-1, ПК-2, ОПК-1
2	Процессы минимальной диссипации в термодинамических макросистемах.	12			60	ПК-1, ПК-2, ОПК-1
3	Применение методов оптимизационной термодинамики для иерархических макросистем.	10			60	ПК-1, ПК-2, ОПК-1
Итого		36			180	

4.2.2 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	2	3	4

1	Методы постановки и решения усредненных задач оптимального управления.	Эквивалентные преобразования и расширения экстремальных задач, достаточные условия оптимальности. Усреднение в экстремальных задачах. Выпуклые множества и функции. Выпуклые оболочки. Постановка задачи нелинейного программирования. Необходимые условия оптимальности. Функция Лагранжа. Функция достижимости и принцип погружения. Функция достижимости задачи нелинейного программирования. Связь функции достижимости с целевой функцией и функциями, определяющими множество допустимых решений. Структура решения и условия оптимальности усредненных задач. Каноническая форма записи и условия оптимальности решения для усредненной задачи нелинейного программирования. Циклическое расширение задачи нелинейного программирования и оптимальные установившиеся режимы.	Лекции
2	Процессы минимальной диссипации в термодинамических макросистемах.	Основные понятия равновесной термодинамики, необратимость. Термодинамические балансы. Производство энтропии для различных видов взаимодействия. Эффективность термодинамических систем и производство энтропии. Условия минимальной диссипации термодинамических процессов. Предельные возможности теплообменных и тепломеханических систем. Высокопроизводительные вычислительные комплексы как термодинамические макросистемы. Предельные возможности энергопотребления вычислительными комплексами. Влияние климатических условий и колебаний температуры окружающего воздуха на эффективность работы вычислительного комплекса.	Лекции
3	Применение методов оптимизационной термодинамики для иерархических макросистем.	Микроэкономические задачи ресурсообмена. Множество достижимости для экономических макросистем. Определение экономически эффективных режимов работы тепловых машин. Макросистемы с неполной информацией. Обмен информационными ресурсами. Процессы восприятия и интерпретации информации. Вычислительные комплексы как иерархические макросистемы. Критерии эффективности вычислительных комплексов, учитывающие термодинамические, экономические и информационные аспекты работы.	Лекции

4.3 Практические занятия (семинары)

Учебным планом не предусмотрено.

4.4 Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.5 Самостоятельная работа аспиранта при изучении разделов дисциплины

Самостоятельная работа аспиранта при изучении дисциплины «Оптимизационная термодинамика» составляет 180 часов.

В ходе самостоятельной работы аспирант:

- изучает материалы, не освещенные в лекциях;
- готовится к зачету.

5 Образовательные технологии

При освоении дисциплины «Оптимизационная термодинамика» используются следующие образовательные технологии:

- активные (лекции);
- информационные (анализ и обзор источников информации);
- компьютерные (виртуальные и сетевые интернет-технологии),
- информационно-коммуникативные (компьютеры, телекоммуникационные сети),
- коммуникативные (обсуждение проблем на аудиторных занятиях, круглые столы, диспуты, участие в аспирантских научных и научно-практических конференциях).

6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

По итогам освоения дисциплины аспирантом сдается зачет.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (зачет)

Шифр компетенции	Номер темы	Вопросы
ПК-1	1	1. Выпуклые оболочки и функции.
	1	2. Постановка задачи нелинейного программирования. Решение задачи нелинейного программирования с условиями в виде равенств.
	1	3. Постановка задачи нелинейного программирования. Решение задачи нелинейного программирования с условиями в виде неравенств.
	1	4. Функция достижимости задачи нелинейного программирования
	1	5. Структура решения и условия оптимальности усредненных задач.
	1	6. Каноническая форма записи и условия оптимальности решения для усредненной задачи нелинейного программирования.
	1	7. Оптимальные установившиеся режимы.
	2	8. Термодинамические балансы. Производство энтропии для различных видов взаимодействия.
ПК-2	2	9. Условия минимальной диссипации термодинамических процессов.
	2	10. Предельные возможности энергопотребления вычислительными комплексами.
	2	11. Климатические условия как фактор, влияющий на энергоэффективность высокопроизводительных вычислительных комплексов.
	3	12. Микроэкономические задачи ресурсообмена. Множество достижимости для экономических макросистем.
	3	13. Определение экономически эффективных режимов работы тепловых машин.
	3	14. Критерии эффективности вычислительных комплексов
ОПК-1	1	15. Построение выпуклой оболочки произвольного множества.

1	16. Численные методы решения задачи нелинейного программирования.
1	17. Построение функции достижимости.
2	18. Численное решение задачи минимальной необратимости процесса теплообмена.
2	19. Построение функции достижимости для системы охлаждения вычислительного комплекса.
2	20. Определение минимального производства энтропии для вычислительного комплекса, при изменяющейся температуре холодного резервуара.
3	21. Решение задач минимальной необратимости экономических процессов ресурсообмена.
3	22. Решение задач минимальной необратимости процессов передачи и интерпретации информации.
3	23. Расчет интегрального критерия эффективности вычислительного комплекса.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Категории «знать», «уметь», «владеть» применяются в следующих значениях:

«знать» – воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты.

«уметь» – решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения;

«владеть» – решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний, умений и навыков, с их применением в нетипичных ситуациях, формируется в процессе получения опыта деятельности.

Интегральный уровень сформированности компетенции определяется по следующим критериям:

- пороговый уровень дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

- базовый уровень позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

- повышенный уровень предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

Критерии оценивания компетенции следующие:

проверка уровня сформированности «знаниевой» составляющей компетенции по теме:

- полный ответ на вопрос – 4-5 баллов;
- неполный ответ – 2-3 балла;
- неполученный ответ - 0 баллов;

проверка уровня сформированности «деятельностных» составляющих компетенции, позволяющих оценить уровень умений и навыков, применить полученные знания при решении конкретных вопросов (задач) по теме:

- полный ответ на вопрос – 4-5 баллов;
- неполный ответ – 2-3 балла;

- неполученный ответ – 0 баллов.

При проведении зачета по дисциплине задаются три контрольных вопроса. Оценку «зачтено» по дисциплине получает аспирант, суммарно набравший при ответе на три вопроса не менее 10 баллов.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1.	Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А.	Теория систем и системный анализ	Издательство Дашков и К", 2016	Учебник	ЭБС «Лань»
2	Власов В.А., Толоконский А.О.	Методы оптимизации и оптимального управления	МИФИ, 2013	учебное пособие	ЭБС «Лань»
3	Дмитриев А.Н. ,	Введение в системный анализ	Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2013	Учебник	ЭБС «Лань»
4	Цирлин А.М.	Оптимизационная термодинамика экономических систем	М.: Научный мир, 2011	Монография	9
5	Губарь Ю.В.	Введение в математическое программирование	НОУ "Интуит", 2016	Учебное пособие	ЭБС «Лань»

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
1.	Колбин В.В. ,	Специальные методы оптимизации	Издательство Лань, 2014	Учебное пособие	ЭБС «Лань»
2.	Лесин В.В., Лисовец Ю.П.	Основы методов оптимизации	Издательство "Лань", 2016	Учебник	ЭБС «Лань»
3.	Бухвалова В.В., Рогольская А.С.	Введение в геометрическое программирование	НОУ "Интуит", 2016	Учебное пособие	ЭБС «Лань»
4.	Певзнер Л.Д., Чураков Е.П.	Математические основы теории систем	М.: Высш. Шк., 2009	Учебное пособие	1
5.	Цирлин А.М.	Математические модели и оптимальные процессы в макросистемах	М.: Наука, 2006	Монография	2
6.	Хомяков П.М.	Системный анализ: Экспресс-курс лекций	М.: Изд.-во ЛКИ, 2010	Учебное пособие	1
7.	Качала В.В.	Основы теории систем и системного анализа	М.: Горячая линия, 2012	Учебное пособие	2
8.	Иванов В.А., Медведев В.С., Чемоданов Б.К., Ющенко А.С.	Математические основы теории автоматического управления	М.: Изд.-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011	Учебное пособие	1
9.	Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В.	Курс методов оптимизации	М.: Наука, 1986	Монография	2

7.3. Интернет-ресурсы

Электронная библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com/>
 Информационно-поисковая система ФИПС <http://new.fips.ru/> ;
 Международная БД патентной информации Espacenet <https://ru.espacenet.com/> ;
 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru>.

7.4. Лицензионное программное обеспечение

- MS Office.

7.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, в учебных аудиториях и в домашних условиях.

Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лекционных занятий.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, а также конспекты лекций.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения реализации ОПОП в ИПС им. А.К. Айламазяна РАН используются аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Аудитории для самостоятельной работы аспирантов оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

Аудитории для проведения занятий оснащены мультимедийными средствами: это проекторы, настенные экраны, ПК.

Обеспечен доступ к библиотечному фонду ИПС им. А.К. Айламазяна РАН (электронный каталог <http://lib.psir.ru/>).

Доступ в Internet обеспечивается через локальную сеть 100 Мбит/с.