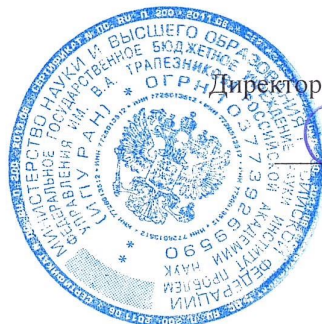




Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМЕНИ В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПУ РАН)



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПУ РАН, академик РАН

Д.А. Новиков

«27» ноября 2023 г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания
по специальной дисциплине

для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность

**2.3.5. «Математическое и программное
обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных
сетей»**

по техническим наукам

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине для поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118.

Программа вступительного испытания разработана рабочей группой в составе:

д-р техн. наук, доц. Барабанова Е.А.,
д-р техн. наук, проф. Вишневский В.М.,
д-р техн. наук, проф. Калянов Г.Н.,
д-р техн. наук, проф. Кузнецов О.П.,
канд. техн. наук Макаренко А.В.

Руководитель
рабочей группы
д-р техн. наук

(подпись)

К.А. Вытовтов

Согласовано
Заведующий
отделом
докторантуры и
аспирантуры
д-р техн. наук

(подпись)

Л.Ю. Филимонюк

Программа вступительного испытания обсуждена и утверждена на заседании Ученого совета ИПУ РАН протокол № 15 от 27 ноября 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ.....	7
ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ.....	9
1. Математические основы программирования и вычислительной техники.....	9
2. Методы и алгоритмы для программ и программных систем.....	11
3. Системы и языки программирования.....	13
4. Операционные системы.....	16
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры для направлений подготовки из следующих укрупненных групп:

- 01.00.00 Математика и механика;
- 02.00.00 Компьютерные и информационные науки;
- 03.00.00 Физика и астрономия;
- 09.00.00 Информатика и вычислительная техника;
- 15.00.00 Машиностроение;
- 27.00.00 Управление в технических системах.

Целью вступительного испытания является оценка уровня освоения поступающими компетенций, необходимых для обучения по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей». Область науки: 2. Технические науки. Группа научных специальностей: 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации. Освоение программы направлено на формирование необходимого набора знаний, умений и навыков у соискателей степени кандидата наук, выполняющих исследования по указанным ниже направлениям¹.

1. Модели, методы и алгоритмы проектирования, анализа, трансформации, верификации и тестирования программ и программных систем.

2. Языки программирования и системы программирования, семантика программ.

3. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем.

¹ Заимствовано из паспорта научной специальности 2.3.5

4. Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов.

5. Программные системы символьных вычислений.

6. Операционные системы.

7. Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, форматы, протоколы и программные средства человеко-машинных интерфейсов, компьютерной графики, визуализации, обработки изображений и видеоданных, систем виртуальной реальности, многомодального взаимодействия в социкиберфизических системах.

8. Модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования.

9. Модели, методы, алгоритмы, облачные технологии и программная инфраструктура организации глобально распределенной обработки данных.

10. Оценка качества, стандартизация и сопровождение программных систем.

Поступающие должны продемонстрировать знание следующих дисциплин:

- дискретная математика,
- информационные системы и технологии,
- математическое программирование,
- операционные системы,
- основы информатики,
- теория автоматов,
- теория алгоритмов,
- теория графов,
- языки программирования.

В основу вступительного испытания положены отдельные темы указанных дисциплин, составляющие базу для дальнейшего обучения и выполнения исследований. Темы сгруппированы в 4 раздела:

1) математические основы программирования и вычислительной техники (14 контрольных вопросов);

2) методы и алгоритмы для программ и программных систем (16 контрольных вопросов);

3) системы и языки программирования (21 контрольный вопрос);

4) операционные системы (23 контрольных вопроса).

Экзаменационный билет включает 3 вопроса из разных разделов. Члены экзаменационной комиссии вправе задавать дополнительные вопросы.

СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Разделы	Темы	Литература
1. Математические основы программирования и вычислительной техники	Тема 1.1. Элементы теории множеств и комбинаторики	[2, 4, 15, 17, 21]
	Тема 1.2. Математическая логика и теория алгоритмов	[15, 17]
	Тема 1.3. Основы теории графов	[6, 15, 16, 21]
	Тема 1.4. Конечные автоматы	[15, 26]
2. Методы и алгоритмы для программ и программных систем.	Тема 2.1. Жизненный цикл программного обеспечения (ПО)	[1, 3, 8]
	Тема 2.2. Функционально-ориентированный (структурный) и объектно-ориентированный подходы к анализу и проектированию ПО	[3, 11, 12]
	Тема 2.3. Автоматизированное проектирование ПО с использованием CASE-технологий	[3, 12]
	Тема 2.4. Тестирование, отладка и верификация ПО	[11, 18]
3. Системы и языки программирования	Тема 3.1. Инструментальные среды программирования	[2, 20, 24]
	Тема 3.2. Формальные языки и грамматики	[7, 24]
	Тема 3.3. Основные принципы построения трансляторов	[7]
	Тема 3.4. Таблицы идентификаторов	[7, 11]
	Тема 3.5. Семантика языков	[14, 23]

	программирования	
4. Операционные системы	Тема 4.1. Основные понятия и архитектура операционной системы	[5, 9, 19, 22, 25]
	Тема 4.2. Управление процессами	[5, 19, 22, 25]
	Тема 4.3. Управление памятью	[5, 19, 22]
	Тема 4.4. Управление вводом-выводом	[5, 10, 19]
	Тема 4.5. Файловая система	[9, 13, 19, 20, 22]
	Тема 4.6. Сетевые операционные системы	[19, 22]

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ

1. Математические основы программирования и вычислительной техники

ТЕМА 1.1. Элементы теории множеств и комбинаторики. Множества и алгебраические структуры. Соответствия, функции, отношения. Свойства отношений. Отношения эквивалентности и частичного порядка. [15, с. 4–49; 21, с. 19–24; 17, с. 7–21]. Решетки и их свойства. [2, с. 67–70]. Основы комбинаторики. Перестановки, размещения, сочетания. Метод включений и исключений. Примеры применения [21, с. 134–138; 4, с. 40–44].

Контрольные вопросы по теме 1.1

1. Дайте определения множества и отношений. Перечислите способы задания множеств и основные операции над множествами.

2. Дайте определения понятиям: соответствие, функция, отображение, отношение.

3. Поясните понятия перестановки, размещения, сочетания и приведите формулы для расчета числа комбинаций для каждой из конфигураций.

ТЕМА 1.2. Математическая логика и теория алгоритмов Алгебра логики. Булевы функции, канонические формы задания булевых функций. Эквивалентные преобразования булевых формул. Функциональная полнота [15, с. 50–81]. Логика предикатов. Кванторы. Исчисление предикатов первого порядка. Формальные языки и способы их описания. Классификация формальных грамматик [15, с. 82–90; 17, с. 74–80]. Понятие алгоритма и его уточнения. Машина Тьюринга [15, с. 151–187]. Понятие об алгоритмической неразрешимости. Примеры алгоритмически неразрешимых проблем [15, с. 211–239].

Контрольные вопросы по теме 1.2

1. Перечислите элементарные булевы функции и способы их задания.
2. Опишите назначение и основные составляющие машины Тьюринга.
3. Поясните, какие проблемы относят к алгоритмически неразрешимым. Приведите примеры.

ТЕМА 1.3. Основы теории графов. Основные понятия и определения. Матрица смежности. Неориентированные графы [6, с. 105–123]. Пути, связность и достижимость. Ориентированные графы [6, с. 124–131]. Виды связности [21, с. 210–214]. Способы задания графов. Деревья. Алгоритмы поиска и сортировки; алгоритмы для задач на графах и сетях: поиск в глубину и ширину, задача о кратчайшем пути [6, с. 228–232; 15, с. 91–150; 16, с. 66–734].

Контрольные вопросы по теме 1.3

1. Дайте формальное определение графа, опишите его части. Опишите основные виды графов.
2. Дайте определение матрицы смежности графа. Укажите принципиальное отличие матриц смежности ориентированного и неориентированного графов.
3. Перечислите основные классы графов. Приведите свойства дерева.
4. Сформулируйте задачу о кратчайшем пути на графе и укажите практические примеры ее применения. Приведите типовые алгоритмы ее решения. Укажите их достоинства и недостатки.

ТЕМА 1.4. Конечные автоматы. Конечные автоматы: основные определения, способы задания; принципы работы; возможные приложения. Автоматы Мили и Мура. Автоматы и логические схемы: переход от схем к автоматам и обратно [15, с. 328–383; 26, с. 328–330].

Контрольные вопросы по теме 1.4

1. Перечислите способы задания и поясните принципы работы конечных автоматов.
2. Опишите основные виды соединения конечных автоматов.
3. Опишите структуры автоматов Мура и Мили. Назовите отличия.
4. Поясните процесс построения таблицы переходов по логической схеме цифрового автомата.

2. Методы и алгоритмы для программ и программных систем

ТЕМА 2.1. Жизненный цикл программного обеспечения (ПО). Нормативно-методическое обеспечение создания ПО [3, с. 37–39]. Модели жизненного цикла (ЖЦ) ПО: каскадная, поэтапная с промежуточным контролем, спиральная (итерационная) [1, с. 20–28; 3, с. 57–72]. Стадии и этапы создания ПО [1, с. 29–33]. Стандарты ЖЦ ПО, основные, вспомогательные и организационные процессы ЖЦ ПО [1, с. 33–40; 3, с. 39–55; 8, с. 26–44]. Взаимосвязь между процессами ЖЦ ПО [3, с. 55–57].

Контрольные вопросы по теме 2.1

1. Раскройте понятие жизненного цикла программного обеспечения. Опишите основные модели жизненного цикла.
2. Дайте характеристику гибким технологиям создания программного обеспечения. Перечислите их достоинства и недостатки.
3. Укажите достоинства и недостатки основных моделей жизненного цикла автоматизированной информационной системы.

ТЕМА 2.2. Функционально-ориентированный (структурный) и объектно-ориентированный подходы к анализу и проектированию ПО. Основные принципы структурных мето-

дов ПО. Средства структурного анализа и проектирования и их взаимосвязи. Базовые диаграммы структурного подхода для моделирования функций, данных и поведения объекта. Методы проектирования программных модулей и межмодульных интерфейсов. Методологии структурного системного анализа и проектирования, их классификация [12, с. 21–121]. Сущность объектно-ориентированного подхода: классы и объекты, инкапсуляция, наследование, полиморфизм [3, с. 162–176; 11, с. 154–182]. Объектно-ориентированный анализ. Объектно-ориентированное проектирование [3, с. 291–346]. Сопоставление и взаимосвязь структурного и объектно-ориентированного подхода [3, с. 215–219].

Контрольные вопросы по теме 2.2

1. Опишите структурный и объектно-ориентированный подходы к проектированию программного обеспечения. Укажите их отличия и общие принципы.

2. Перечислите основные принципы системного структурного анализа. Укажите, какие группы средств используются в структурном анализе.

3. Перечислите основные диаграммные техники структурного и объектного подходов. Укажите отличия и общие принципы DFD и IDEF0-моделей.

4. Перечислите основные нотации диаграммы «сущность–связь». Укажите их отличия и общие принципы.

ТЕМА 2.3. Автоматизированное проектирование ПО с использованием CASE-технологий. Концептуальные основы CASE-технологий: CASE-модель жизненного цикла ПО, эволюция CASE-средств, их состав, структура и функциональные особенности. Классификация CASE-средств [12, с. 160–176]. Примеры реализаций [3, с. 411–422; 12, с. 177–199].

Контрольные вопросы по теме 2.3

1. Перечислите и охарактеризуйте поколения CASE-средств.

2. Перечислите признаки классификации CASE-средств. Раскройте понятие парадигмы метод–нотация–средство.

3. Укажите основные особенности М-модели жизненного цикла программного обеспечения.

ТЕМА 2.4. Тестирование, отладка и верификация ПО. Организация отладки, тестирования и верификации ПО [11, с. 203–231]. Тестирование потоков управления и потоков данных программных модулей [18, с. 232–256]. Обработка результатов тестирования. Тестирование надежности и безопасности функционирования ПО. Тестирование производительности и использование ресурсов компьютера программными продуктами [18, с. 285–313].

Контрольные вопросы по теме 2.4

1. Перечислите основные этапы процессов тестирования и отладки программного обеспечения. Укажите их принципиальные отличия.

2. Перечислите признаки классификации тестирования программного обеспечения по времени тестирования.

3. Перечислите основные стратегии и критерии тестирования программного обеспечения.

4. Детализируйте основные методы обработки результатов тестирования программного обеспечения.

5. Укажите, в чем разница между функциональным и нагрузочным тестированием программного обеспечения.

6. Раскройте понятие верификации программного обеспечения.

3. Системы и языки программирования

ТЕМА 3.1. Инструментальные среды программирования. Инструментальное ПО: назначение, состав и структура. Классификация языков и стилей программирования. Уровни и поколения языков программирования. Трансляторы. Языки программирования высокого уровня. Алгоритмическое (модульное)

программирование. Структурное программирование. Объектно-ориентированное программирование (ООП). Интегрированные среды программирования. Концепции ООП [2, с. 15–38; 20, с. 6–11; 24, с. 13–82].

Контрольные вопросы по теме 3.1

1. Приведите классификации языков программирования. Перечислите критерии оценки языков программирования.

2. Перечислите особенности объектно-ориентированного программирования и основные свойства объектно-ориентированных языков программирования.

3. Поясните влияние языков программирования на трансляторы.

ТЕМА 3.2. Формальные языки и грамматики. Формальные грамматики: основные понятия и определения. Классификация грамматик и языков. Иерархия Хомского формальных грамматик. Цепочки вывода. Сентенциальная форма грамматики. Правила регулярной грамматики, терминал/не терминал. Конечные автоматы. Дерево вывода. КС-грамматики и МП-автоматы. Алгоритмическая разрешимость проблем в автоматных и КС-языках. Замкнутость КС-языков относительно различных операций. Регулярная аппроксимация КС-языков. Алгоритм Кока – Янгера – Касами разбора грамматики в нормальной форме Хомского. Алгоритм Эрли [7, с. 367–370; 24, с. 13–30].

Контрольные вопросы по теме 3.2

1. Опишите методы задания формальных языков. Укажите операции, выполняемые над цепочками символов.

2. Дайте определение грамматике языка и перечислите ее основные особенности.

3. Перечислите типы грамматик и формальных языков по классификации Н. Хомского.

4. Приведите классификацию языков в соотношении с классификацией грамматик.

5. Опишите сентенциальную форму грамматики.

6. Опишите способы построения дерева вывода. Укажите особенности левостороннего и правостороннего вывода.

7. Поясните, какие грамматики относятся к регулярным. Назовите классы регулярных грамматик.

ТЕМА 3.3. Основные принципы построения трансляторов. Трансляторы, компиляторы и интерпретаторы. Лексические анализаторы. Синтаксические анализаторы. Дерево разбора [7, с. 39–44, с. 529–541, с. 564–582].

Контрольные вопросы по теме 3.3

1. Перечислите основные этапы и фазы компиляции.
2. Раскройте понятие интерпретатора. Укажите его отличие от транслятора и компилятора.
3. Раскройте понятие системы программирования. Перечислите основные структурные элементы системы программирования.

ТЕМА 3.4. Таблицы идентификаторов. Особенности таблиц идентификаторов. Простейшие методы построения таблиц идентификаторов. Построение таблиц идентификаторов по методу бинарного дерева. Хэш функции и хэш-адресация. Виды хеш-функций. Применение хеш-функций. Построение таблицы идентификаторов на основе хеш-функций. Комбинированные способы построения таблиц идентификаторов [7, с. 45–60; 11, с. 548–563].

Контрольные вопросы по теме 3.4

1. Укажите виды информации, которые могут храниться в таблице идентификаторов. Перечислите основные характеристики оценки эффективности методов организации таблицы идентификаторов.
2. Перечислите основные методы организации таблиц идентификаторов.
3. Опишите основные преимущества и недостатки метода цепочек по сравнению с методом рехэширования.

ТЕМА 3.5. Семантика языков программирования. Операционная семантика. Аксиоматическая семантика. Денотационная семантика. Интерпретационная семантика. Трансляционная семантика. Трансформационная семантика. Семантическая паутина. Онтология [23, с. 182–193; 14, с. 31–48].

Контрольные вопросы по теме 3.5

1. Раскройте понятие синтаксически управляемого определения.
2. Дайте определение синтезируемого атрибута. Раскройте суть семантических правил.
3. Укажите порядок использования атрибутивных грамматик для определения смысла конструкций.
4. Раскройте понятие операционной семантики.
5. Поясните, чем операционный подход к определению семантики языков программирования отличается от аксиоматического.

4. Операционные системы

ТЕМА 4.1. Основные понятия и архитектура операционной системы. Основные понятия операционной системы. Файловые системы. Архитектура операционных систем. Классификация операционных систем. Аппаратная зависимость операционных систем [5, с. 23–37; 9, с. 10–35; 19, с. 19–23; 22, с. 57–86; 25, с. 10–18].

Контрольные вопросы по теме 4.1

1. Перечислите типы ресурсов и опишите типовую структуру операционной системы.
2. Назовите основные функции планировщика процессов.
3. Перечислите основные функции файловой системы.
4. Опишите типовые средства аппаратной поддержки операционной системы.

ТЕМА 4.2. Управление процессами. Понятие процесса. Создание процесса. Наследование свойств. Состояния процесса. Жизненный цикл процесса. Виды межпроцессного взаимодействия. Синхронизация процессов и потоков [5, с. 39–85; 19, с. 31–46; 22, с. 87–159; 25, с. 109–126].

Контрольные вопросы по теме 4.2

1. Опишите жизненный цикл процесса. Укажите, что включают в себя контекст процесса и дескриптор процесса.
2. Дайте определение понятию буферизации. Назовите ее типы.
3. Укажите, какими параметрами характеризуется процесс операционной системы. Опишите механизмы межпроцессорного взаимодействия.
4. Перечислите особенности межпроцессного взаимодействия. Укажите, для чего необходима синхронизация процессов.

ТЕМА 4.3. Управление памятью. Иерархия памяти. Методы управления памятью. Типы адресации. Алгоритмы управления памятью. Алгоритмы управления памятью с использованием виртуальной памяти [5, с. 86–122; 19, с. 47–66; 22, с. 162–211].

Контрольные вопросы по теме 4.3

1. Опишите методы управления памятью без использования и с использованием внешней памяти. Укажите достоинства и недостатки методов.
2. Поясните назначение и опишите принцип работы механизма свопинга.
3. Поясните назначение и опишите принцип работы кэш-памяти.
4. Опишите структуру виртуального адресного пространства процесса.

ТЕМА 4.4. Управление вводом–выводом. Организация взаимодействия операционных систем с устройствами ввода-вывода. Многослойная модель подсистемы ввода-вывода. Ме-

неджеры ввода–вывода. Драйверы устройств [5, с. 123–127; 10, с. 5–181; 19, с. 76–81].

Контрольные вопросы по теме 4.4

1. Опишите архитектуру программного обеспечения ввода–вывода. Перечислите средства программного взаимодействия с внешними устройствами.
2. Опишите архитектуру программного стека, функции слоев.
3. Приведите общие принципы организации файловых систем и файлов.
4. Приведите принципы идентификации файлов в файловых системах, логической и физической организации файлов.

ТЕМА 4.5. Файловая система. Основные понятия. Организация файловой системы. Типы файлов. Иерархическая структура файловой системы. Монтирование. Физическая организация файловой системы. Модели файловой системы [9, с. 60–72; 13, с. 128–135; 19, с. 82–95; 20, с. 19–31; 22, с. 253–332].

Контрольные вопросы по теме 4.5

1. Перечислите принципы организации и иерархическую структуру файловой системы. Дайте определение понятию монтирования. Приведите примеры.
2. Опишите принципы физической организации и общую модель файловой системы.
3. Дайте определение журналируемых файловых систем. Раскройте понятие журналируемых файловых системах, приведите примеры.

ТЕМА 4.6. Сетевые операционные системы. Модели сетевых служб и распределенных приложений. Модель сетевой файловой системы. Интерфейс сетевой файловой службы. Размещение клиентов и серверов по компьютерам и в операционной системе. Кэширование данных. Репликация файлов [19, с. 112–135; 22, с. 39–51, с. 380–512].

Контрольные вопросы по теме 4.6

1. Назовите особенности сетевой и распределенной операционной системы. Перечислите функциональные компоненты сетевой ОС.
2. Перечислите варианты построения сетевых операционных систем (ОС). Назовите особенности ОС в одноранговых сетях.
3. Перечислите особенности операционных систем в сетях с выделенным сервером.
4. Перечислите требования к современным сетевым операционным системам.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюмин А.М., Калянов Г.Н. Проектирование информационных систем: учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2022. – 312 с.
2. Валединский В.Д., Пронкин Ю.Н. Вычислительные системы и программирование. Системы хранения данных. – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. – 128 с.
3. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 544 с.
4. Виленкин Н.Я., Виленкин А.Н., Виленкин П.А. Комбинаторика. – М.: ФИМА, МЦМО, 2006. – 400 с.
5. Востокин С.В. Операционные системы. – Самара: Изд. Самарского университета, 2018. – 133 с.
6. Вялый М.Н., Подольский В.В., Рубцов А.А., Шварц Д.А., Шень А.Х. Лекции по дискретной математике: учебник. – М.: Высшая школа экономики, 2021. – 496 с.
7. Гордеев А.В., Молчанов А.Ю. Системное программное обеспечение. – СПб: Питер, 2003. – 736 с.
8. Гниденко И.Г., Павлов Ф.Ф., Федоров Д.Ю. Технологии и методы программирования: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 248 с.
9. Гостев И.М. Операционные системы: учебник и практикум для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 164 с.
10. Елесина С.В., Муратов Е.Р., Никифоров М.Б. ЭВМ и периферийные устройства. Устройства ввода вывода информации. – М.: Курс, 2018. – 206 с.
11. Зыков С.В. Программирование: учебник и практикум. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 285 с.
12. Калянов Г.Н. CASE-технологии: консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 320 с.

13. Камаев В.А. Технологии программирования. – М.: ВШ, 2006. – 454 с.
14. Камкин А.С. Введение в формальные методы верификации программ: учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 272 с.
15. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. 6-е изд., стер. – СПб: Издательство «Лань», 2021. – 400 с.
16. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. 3-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2013. – 1328 с.
17. Лавров И.А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов. – 5-е изд., исправл. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 256 с.
18. Липаев В.В. Проектирование и производство сложных заказных программных продуктов. – М.: СИНТЕГ, 2011. – 400 с.
19. Макаренко С.И. Операционные системы, среды и оболочки: учебное пособие. – М.: СФ МГТУ им. М.А. Шолохова, 2008. – 210 с.
20. Молдованова О.В. Языки программирования и методы трансляции: Учебное пособие. – Новосибирск: СибГУТИ, 2012. – 134 с.
21. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов: Учебник для вузов. 3-е изд. – СПб.: Питер. 2009. – 384 с.
22. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. – СПб: Питер, 2002. – 544 с.
23. Орлов С.А. Теория и практика языков программирования: Учебник для вузов. Стандарт 3-го поколения. – СПб: Питер, 2017. – 688 с.
24. Павловская Т.А. C/C++. Программирование на языке высокого уровня. – СПб.: Питер, 2003. – 461 с.
25. Сеницын С.В., Батаев А.В., Налютин Н.Ю. Операционные системы: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с.
26. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 528 с.