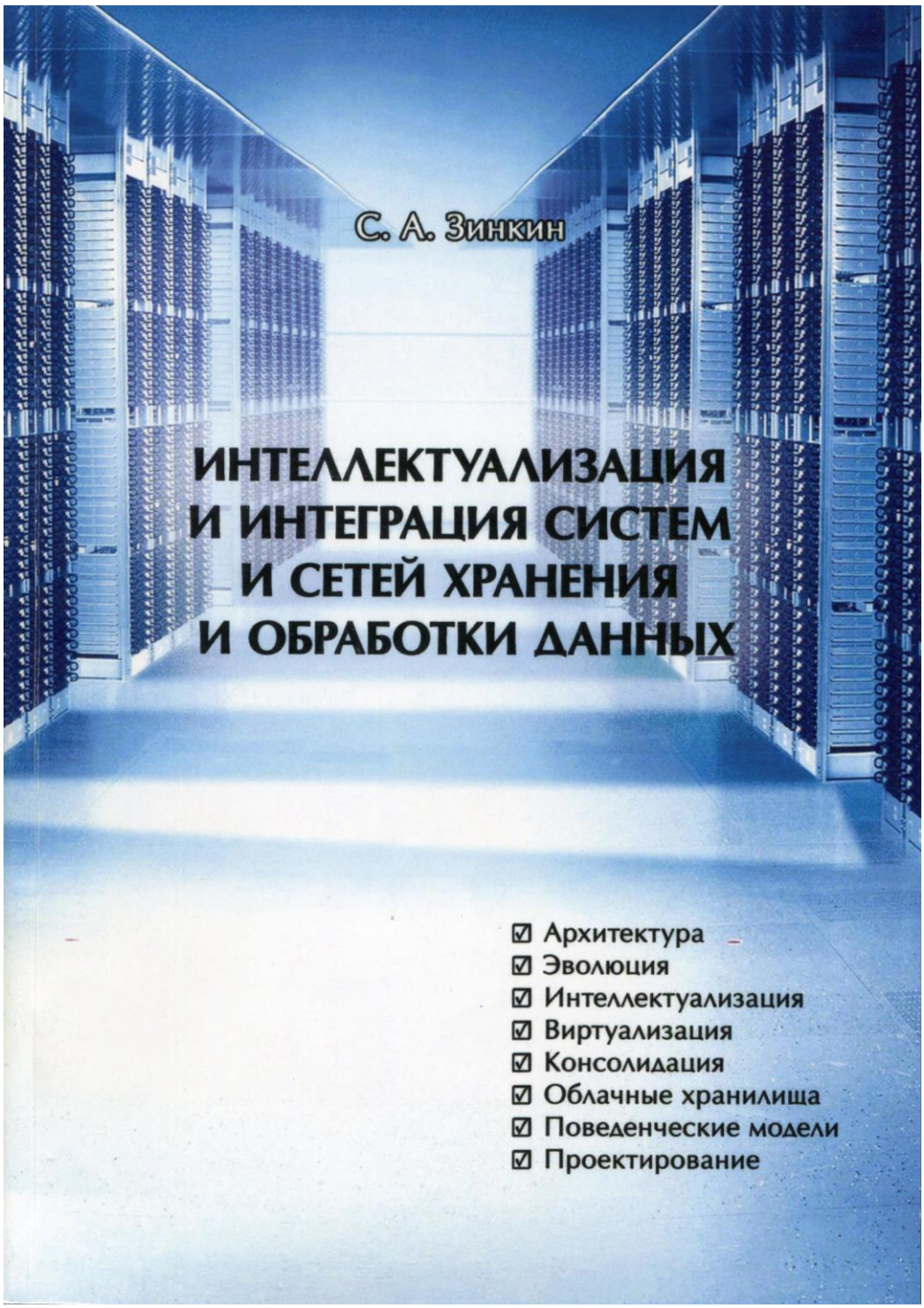

С. А. Зинкин
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
☑ Архитектура
☑ Эволюция
☑ Интеллектуализация
☑ Виртуализация
☑ Консолидация
☑ Облачные хранилища
☑ Поведенческие модели
☑ Проектирование

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет» (ПГУ)

С. А. Зинкин

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Учебное пособие

Пенза
Издательство ПГУ
2023

УДК 658.512.011.56
З-63

Р е ц е н з е н т ы :

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Вычислительная техника»
Юго-Западного государственного университета
И. Е. Чернецкая;

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Вычислительная техника»
Самарского государственного
технического университета
С. П. Орлов

Зинкин, Сергей Александрович.

З-63 Интеллектуализация и интеграция систем и сетей хранения и обработки данных : учеб. пособие / С. А. Зинкин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2023. – 416 с.

ISBN 978-5-907666-18-4

Рассмотрены вопросы организации аппаратно-программных платформ систем хранения и обработки данных (СХОД), предназначенных для работы с большими данными в компьютерных сетях. Темы пособия охватывают актуальные, в том числе междисциплинарные прикладные области применения СХОД при обработке структурированных и неструктурированных данных. Под интеллектуализацией СХОД подразумевается не только расширение их функциональных возможностей, но и внедрение в системы управления СХОД искусственного интеллекта, что позволяет значительно упростить конфигурирование и предоставление ресурсов хранения и обработки данных для интеллектуальных систем, машинного обучения и контейнеризованных приложений. Искусственный интеллект со встроенными алгоритмами машинного обучения позволяет оперативно реагировать на ситуации, влияющие на состояние системы.

Издание подготовлено на кафедре «Вычислительная техника» ПГУ и предназначено для обучающихся по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

УДК 658.512.011.56

ISBN 978-5-907666-18-4

© Пензенский государственный университет, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....9
1. РАЗВИТИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....18
1.1. Цифровые данные, большие данные и дата-центры.....18
1.2. Общие характеристики и классификация современных систем хранения и обработки данных.....23
1.3. Сети хранения с передачей данных по оптоволоконным каналам.....30
1.4. Хранение и обработка больших данных в компьютерных сетях.....31
1.5. Классификация распределенных вычислений и систем, активно использующих хранилища данных.....34
1.6. Концептуальная модель хранилища данных как облачного сервиса.....39
1.6.1. Организация облачного сервиса.....39
1.6.2. Организации работы динамических групп пользователей для работы в облачной среде.....44
1.7. Хранение и обработка больших данных в проблемно ориентированных облачных средах.....47
1.7.1. Свойства облачных вычислений.....47
1.7.2. Сервисные модели облачных вычислений.....49
1.7.3. Основные этапы проектирования проблемно ориентированных облачных систем.....52
1.7.4. Архитектура программно-аппаратного комплекса проблемно ориентированной облачной среды.....54
1.8. Эволюционное развитие архитектуры систем и сетей внешнего хранения и обработки данных.....59
2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ И ВИРТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....70
2.1. Сетевые архитектуры и виртуализация систем хранения и обработки данных.....70
2.2. Интеграция и консолидация ресурсов хранения.....80
2.3. Концептуальные основы построения высокопроизводительных хранилищ и машин баз данных.....87
2.4. Эволюция функциональных возможностей и интеллектуализация систем и сетей внешних запоминающих устройств.....95

2.5. Выбор подхода к моделированию, виртуализации и интеллектуализации систем и сетей внешнего хранения и обработки данных 103
2.6. Перспективные сетевые платформы и особенности архитектурного и функционально-структурного проектирования систем и сетей внешнего хранения и обработки данных 111
2.7. Организация параллельной работы накопителей на магнитных дисках на нижнем уровне иерархии системы внешних запоминающих устройств 119
2.8. Виртуализация данных и организация RAID-массивов в системах хранения информации 123
2.9. Пример реализации сети внешних запоминающих устройств с передачей блоков данных 125
3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДЕКЛАРАТИВНЫХ И ПРОЦЕДУРНЫХ ЗНАНИЙ О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ 130
3.1. Общие принципы создания исполнимых операционных моделей систем и сетей хранения и обработки данных 130
3.2. Сети абстрактных машин 136
3.2.1. Бинарные операции 137
3.2.2. Представление и формализация процедурных знаний 138
3.2.3. Квантифицированные операторы нахождения и выбора кортежей из отношений 140
3.2.4. Логико-алгебраический подход к определению сетей абстрактных машин на основе модифицированной системы алгоритмических алгебр 143
3.3. Пример формализации функциональной архитектуры облачной системы хранения и обработки данных 149
3.4. Пример формализации сетевой инфраструктуры облачной среды для реализации сетей хранения и обработки данных 153
3.5. Сценарные модели систем и сетей хранения и обработки данных. Бинарные операции и формульная запись сценариев 155
3.6. Примеры логико-алгебраических операционных моделей некоторых систем массового обслуживания 158
3.6.1. Примеры для дисциплин без прерываний 158
3.6.2. Примеры для дисциплин с прерываниями 160
4. АБСТРАКТНЫЙ И СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ СЕТЕЙ ВНЕШНЕГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ 163

4.1. Примеры логико-алгебраических операционных моделей сети хранения данных 163
4.2. Реализация абстрактных машин в сетевой операционной среде 170
4.2.1. Переход от абстрактного уровня функционирования систем хранения данных к физическому уровню 170
4.2.2. Интерпретации логико-алгебраических выражений для сетей абстрактных машин на физическом уровне реализации 173
4.2.3. Реализация абстрактных машин в сетевой агентно-ориентированной операционной среде 176
4.3. Концептуальные и логико-алгебраические модели обработки запросов и управления распределенным ресурсом в сетях внешних запоминающих устройств 178
4.4. Логико-алгебраические спецификации процессов управления ресурсами хранения данных в компьютерных сетях 184
4.4.1. Устройства хранения данных как распределенный сетевой ресурс 184
4.4.2. Построение сети абстрактных машин, управляющей использованием распределенного ресурса 186
4.4.3. Предотвращение тупиковых ситуаций при обработке сложных запросов 194
4.4.4. Использование расширенного варианта формализма для описания процессов выбора и обработки сложных запросов в вычислительной сети с копиями базы данных 198
5. СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ 202
5.1. Модель массового обслуживания облачной системы с распределенным ресурсом хранения данных 202
5.1.1. Развертывание мультисерверной системы баз данных в TCP/IP сети 203
5.1.2. Модель массового обслуживания запросов к облачному сервису хранения данных 204
5.1.3. Сетевые модели обслуживания запросов к облачному сервису 206
5.1.4. Имитационная GPSS-модель обслуживания запросов к облачному сервису и результаты моделирования 207
5.2. Основные этапы системного проектирования интеллектуальных систем и сетей управления внешней памятью 211

5.3. «Внутренняя» и «внешняя» интеллектуализация систем управления внешней памятью ЭВМ 213
5.4. Горизонтальное масштабирование системы внешнего хранения данных на основе трансформации логико-алгебраической операционной модели 217
5.4.1. Исходная сеть абстрактных машин для топологически-централизованной системы хранения данных 218
5.4.2. Промежуточный этап построения сети абстрактных машин для децентрализованной системы хранения данных 225
5.4.3. Сеть абстрактных машин для горизонтально масштабируемой топологически-децентрализованной (сетевой) системы хранения данных и результат проектирования 228
5.5. Реализация систем хранения и обработки данных в инфраструктуре компьютерной сети на основе правил развертывания 233
5.6. Методика проектирования специализированного комплекса программно-аппаратных средств сетевого процессора базы данных 237
6. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ 243
6.1. Структура специализированных средств для аппаратной поддержки базы данных и рекомендации по реализации сопряжения сетевого процессора базы данных с центральной ЭВМ 243
6.2. Проектирование систем хранения данных на основе метода функциональной декомпозиции 249
6.3. Мультимикропроцессорные конфигурации интеллектуальных систем управления внешней памятью 256
6.4. Синтез структур и алгоритмов функционирования систем управления внешней памятью ЭВМ на основе формализма сценариев и сетей абстрактных машин 259
6.5. Инструментальная система синтеза структур и программного обеспечения интеллектуальных систем управления внешней памятью ЭВМ 263
6.6. Интеллектуальная система управления внешней памятью с расширенными функциональными возможностями 268
6.7. Диаграммные макроопределения и сценарии интеллектуальной системы управления внешней памятью ЭВМ 273

7. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВНЕШНЕЙ ПАМЯТЬЮ 281
7.1. Функционально-структурная организация машин баз данных и знаний в составе интеллектуальных систем управления внешней памятью 281
7.2. Переход от централизованной архитектуры систем управления внешней памятью ЭВМ к кластерным и сетевым архитектурам 286
7.3. Реализация и функционирование процессора базы данных в сетевой среде 293
7.4. Функционально-структурная организация многофункционального узла сети внешних запоминающих устройств, включающего кэш-память 299
7.5. Функционально-структурная организация многофункциональной системы внешних запоминающих устройств, подключаемой к вычислительной сети 310
7.6. Функционально-структурная организация интеллектуальной системы внешних запоминающих устройств, включающая машину базы данных 322
8. АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ 337
8.1. Сценарные и логико-алгебраические модели систем внешних запоминающих устройств с централизованной архитектурой 337
8.2. Сценарные и логико-алгебраические модели систем внешних запоминающих устройств с централизованной архитектурой и RAID-подобным режимом работы 344
8.3. Сценарные и логико-алгебраические модели системы внешних запоминающих устройств с сетевой архитектурой и RAID-подобным режимом работы 350
8.4. Определение сценарных моделей систем и сетей внешних запоминающих устройств расширенными (процедурными) сетями абстрактных машин 358
8.5. Рекомендации по функционально-структурной организации FS-пространства в вычислительных сетях (на примере программной сетевой реализации виртуального RAID-подобного массива) 364

8.6. О разработке прототипного программного обеспечения сетей хранения и обработки данных на основе механизмов непосредственно исполняемых спецификаций 368
8.7. Развертывание виртуального RAID-массива в независимых облачных хранилищах 372
8.8. Оценка характеристик производительности и выбор точек виртуализации для сетей внешнего хранения и обработки данных с параллельной организацией поиска и передачи информации 375
8.9. Новые сетевые архитектуры интегрированных систем и сетей хранения данных 387
8.10. Интеграция и интеллектуализация систем и сетей хранения и обработки данных на основе развития новых технологий: центры обработки данных, хранилища данных, облака и озера данных 390
8.11. О тенденциях и стимулах к совершенствованию и производству устройств хранения информации 395
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 398
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 403
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 406

Учебное издание

Зинкин Сергей Александрович

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Редактор *А. Г. Темникова*
Корректор *М. Н. Кузнецова*
Технический редактор *Р. Б. Бердникова*
Компьютерная верстка *Р. Б. Бердниковой*
Дизайн обложки *И. В. Шваревой*

Подписано в печать 12.04.2023. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 24,18. Заказ № 146. Тираж 40.

Издательство ПГУ.
440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Тел.: (8412) 66-60-49, 66-67-77; e-mail: iic@pnzgu.ru

Вниманию авторов!

Издательство ПГУ выпускает учебную, научную и художественную литературу, презентационную и акцидентную продукцию, а также полноцветные юбилейные и мемориальные издания в соответствии с ГОСТ 7.60–2003.

Издательство ПГУ принимает к изданию рукописи, подготовленные с использованием текстового редактора Microsoft Word for Windows версий **2003 и выше**. Формат – А4, основной шрифт – Times New Roman, 14–16 pt через одинарный интервал (минимальный размер шрифта в таблицах и сносках – 12,5 pt). Тип файла в электронном виде – doc, docx.

Работа должна содержать индекс УДК, аннотацию.

Аннотация (ГОСТ 7.86–2003, ГОСТ 7.9–1995) включает характеристику основной темы, проблемы объекта, цели работы и ее результаты. В аннотации указывают, что нового несет в себе данный документ в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению. Аннотация может включать сведения о достоинствах произведения. Текст аннотации начинают фразой, в которой сформулирована главная тема документа. Заканчивается аннотация читательским адресом.

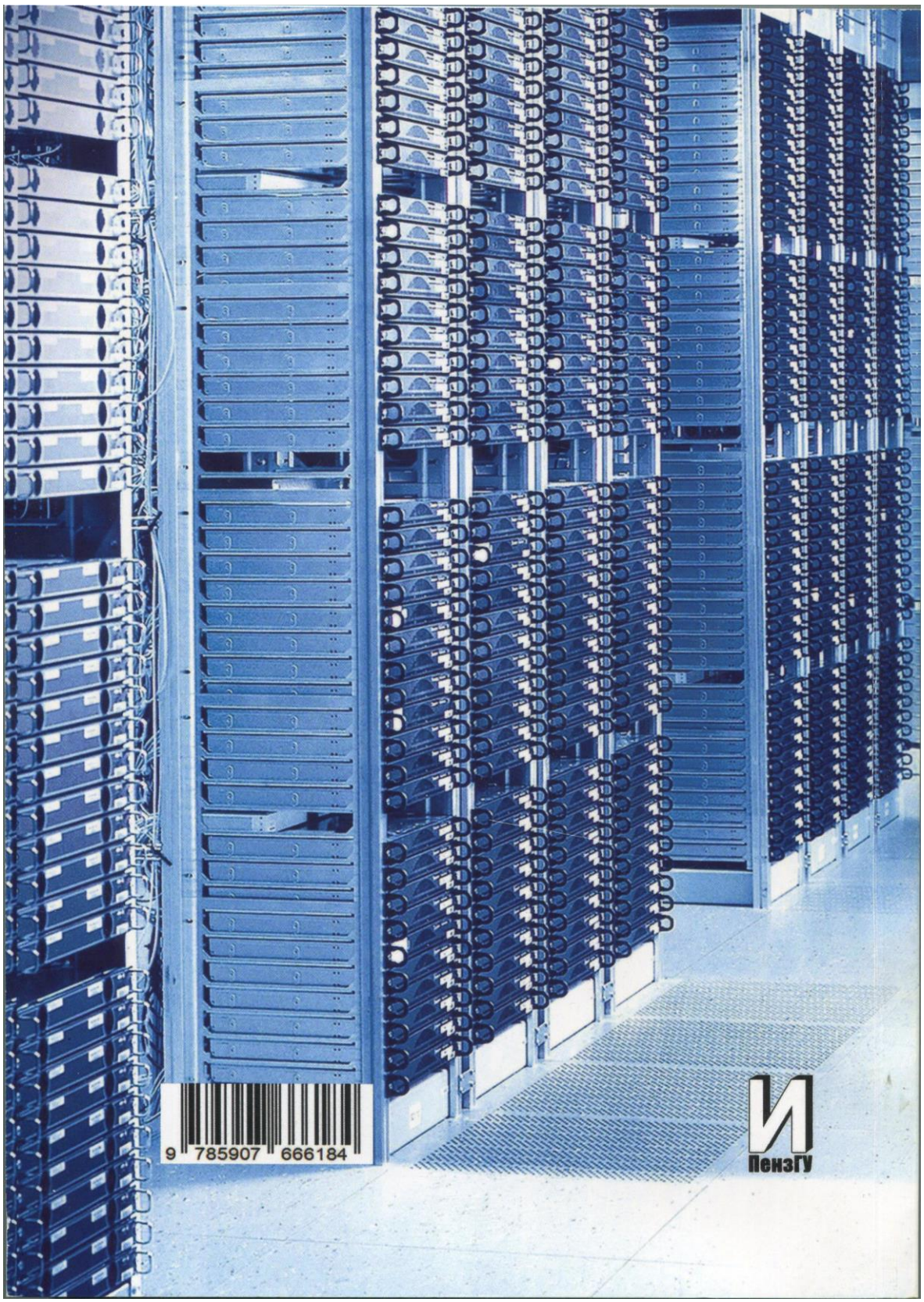
Рисунки и таблицы должны быть размещены в тексте после ссылки на них (растровые рисунки предоставляются в виде отдельных файлов в формате jpg, BMP с разрешением 300 dpi, векторные рисунки в формате Corel Draw с минимальной толщиной линии 0,75 pt. Рисунки должны быть доступны для правки!). Рисунки должны сопровождаться подрисуночными подписями, на все рисунки и таблицы в тексте должны быть ссылки.

Формулы в тексте выполняются только в редакторе формул **MathType версия 5.0** и выше. Символы греческого и русского алфавита должны быть набраны прямо, нежирно; латинского – курсивом, нежирно; обозначения векторов и матриц – прямо, жирно; цифры – прямо, нежирно. Наименования химических элементов набираются прямо, нежирно. Эти же требования необходимо соблюдать и в рисунках.

В списке литературы **нумерация источников** должна соответствовать очередности ссылок на них в тексте ([1], [2], …). Номер источника указывается в квадратных скобках. Требования к оформлению списка литературы на русские и иностранные источники (ГОСТ Р 7.0.5–2008): для книг – фамилия и инициалы автора, название, город, издательство, год издания, том, количество страниц; для журнальных статей, сборников трудов – фамилия и инициалы автора, название статьи, полное название журнала или сборника, серия, год, том, номер, страницы; для материалов конференций – фамилия и инициалы автора, название статьи, название конференции, город, издательство, год, страницы.

К материалам **должна** прилагаться следующая информация: фамилия, имя, отчество, контактные телефоны.

Контакты Издательства ПГУ: т.: (8412) 66-60-49, 66-67-77, e-mail: iic@pnzgu.ru


9 785907 666184
И
ПензГУ