



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
Программа дисциплины «Перспективные системы управления базами данных»  
для направления 09.04.04 Программная инженерия» подготовки магистра

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"**

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

**Рабочая программа дисциплины  
"Перспективные системы управления базами данных"**

для образовательной программы «Системное программирование»  
направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия»  
уровень – магистр

Разработчик программы  
Кузнецов С.Д., д.т.н., профессор, kuzloc@ispras.ru

Одобрена на заседании департамента программной инженерии «\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г.  
Руководитель департамента Авдошин С.М. \_\_\_\_\_

Утверждена Академическим советом образовательной программы  
«\_\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г., № протокола \_\_\_\_\_

Академический руководитель образовательной программы  
Петренко А.К. \_\_\_\_\_

Москва, 2017

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*



## 1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину «Перспективные системы управления базами данных», учебных ассистентов и студентов направления подготовки 09.04.04 «Программная инженерия», обучающихся по образовательной программе «Системное программирование» в соответствии с: образовательным стандартом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» по направлению 09.04.04 «Программная инженерия».

## 2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Перспективные системы управления базами данных» являются изучение основных направлений развития технологии систем управления данными, методов и алгоритмов организации перспективных систем управления базами данных.

*Задачами данного курса являются:*

- формирование целостного представления о разновидностях систем управления базами данных и их назначении;
- обеспечение знаний в области общей организации систем управления базами данных разных категорий, применяемых методов и алгоритмов.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент осваивает компетенции:

Компетенция	Код по ОС ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способен предлагать концепции, модели, создавать и апробировать новые способы и инструменты профессиональной деятельности для применения на практике	СК-М2	Владеет	Лекции, самостоятельные занятия
Способен к самостоятельному освоению новых методов исследований, изменению научного и производственного профиля своей деятельности.	СК-М3	Владеет	Лекции, самостоятельные занятия
Способен анализировать, верифицировать, оценивать полноту информации, найденной и полученной из различных источников в ходе профессиональной деятельности, при необходимости восполнять и синтезировать недостающую информацию.	СК-М6	Владеет	Лекции, самостоятельные занятия
Способен вести профессиональную, в том числе научно-исследовательскую	СК-М8	Владеет	Лекции, самостоятельные занятия



Компетенция	Код по ОС ВШЭ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
деятельность в международной среде			
Способен отбирать и разрабатывать методы анализа объектов профессиональной деятельности на основе общих тенденций развития программной инженерии.	ИК-М1.1.НИД (ПИ)	Владеет	Лекции, самостоятельные занятия
Способен проводить анализ, синтез, оптимизацию решений с целью обеспечения качества объектов профессиональной деятельности	ИК-М1.2.НИД (ПИ)	Владеет	Лекции, самостоятельные занятия
Способен планировать и осуществлять руководство процессом разработки программного обеспечения.	ИК-М5.1.ПТД_ПИ1 (ПИ)	Владеет	Лекции, самостоятельные занятия

#### 4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при освоении учебных дисциплин:

- «Дискретная математика»,
- «Программирование»,
- «Информатика, математическая логика и теория алгоритмов»,
- «Построение и анализ алгоритмов»,
- «Архитектура вычислительных систем»,
- «Операционные системы»,
- Основы баз данных.

#### 5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	Другие виды работы	
1	Классификация СУБД. Роль и место SQL-ориентированных СУБД	18	2		2		14
2	Структуры данных в SQL-	20	2		4		14



	ориентированной базе данных						
3	Управление транзакциями	24	4		6		14
4	Методы выполнения «реляционных» операций, компиляция и построение планов выполнения операций SQL	24	4		6		14
5	Оптимизация запросов в SQL-ориентированных СУБД	26	4		8		14
6	Параллельные СУБД категории shared everything	18	2		2		14
7	Параллельные-СУБД категории shared disks	18	2		2		14
8	Параллельные СУБД категории shared nothing	24	2		8		14
9	Влияние новых видов аппаратных средств хранения	18	2		2		14
	Итого	190	24		40		126

## 6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год		Параметры
		3	4	
Текущий	Контрольная работа		1	Письменная работа 45 минут
	Домашнее задание	1	1	
Итоговый	Экзамен		1	Устный экзамен

### 6.1 Критерии оценки знаний, навыков

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

### 6.2 Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает работу студентов на практических занятиях и выполненные ими домашние задания. Оценка за работу студента на практических занятиях и в рамках домашних за-



даний выставляется в рабочую ведомость. Полученная оценка по 10-ти балльной шкале определяется перед итоговым контролем -  $O_{\text{ауд}}$ .

Преподаватель оценивает контрольную работу студентов. Оценка за контрольную работу студента выставляется в рабочую ведомость. Оценка по 10-ти балльной шкале за контрольную работу –  $O_{\text{контр. работа}}$ .

Накопленная оценка за текущий контроль учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$O_{\text{накопл.}} = 0,5 * O_{\text{ауд}} + 0,5 * O_{\text{контр. работа}}$$

В диплом выставляет результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по следующей формуле:

$$O_{\text{результ}} = 0,5 * O_{\text{накопл}} + 0,5 * O_{\text{экз}}$$

## 7 Содержание дисциплины

№ п/п	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание
1	Классификация СУБД. Роль и место SQL-ориентированных СУБД	Обсуждаются разные подходы к классификации СУБД: по используемой модели данных (реляционные, SQL-ориентированные, объектно-ориентированные и т.д.); транзакционные и аналитические; универсальные и специализированные; файл-серверные, клиент-серверные и встраиваемые; дисковые и сохраняющие данные в основной памяти (in-memory); однопроцессорные, параллельные с общей памятью (shared everything), параллельные с общими дисками (shared disks), параллельные без общих ресурсов (shared nothing); проприетарные и с открытыми кодами. Обосновывается особая актуальность SQL-ориентированных СУБД, описываются общая архитектура и основные функции таких СУБД.
2	Структуры данных в SQL-ориентированной базе данных	Рассматриваются способы хранения таблиц SQL-ориентированных СУБД по строкам и столбцам, обсуждаются преимущества и недостатки разных способов. Обсуждаются наиболее распространенные индексные структуры.
3	Управление транзакциями	Вводятся понятия ACID-транзакции и сериализации транзакций. Рассматриваются основные подходы к сериализации ACID-транзакций: двухфазный протокол синхронизационных блокировок и метод временных меток. Обсуждаются базовые версионные алгоритмы. Вводится понятие распределенной транзакции и обсуждаются методы фиксации таких транзакций.
4	Методы выполнения «реляционных» операций, компиляция и построение планов выполнения операций SQL	Обсуждаются общие подходы к обработке запросов и операций обновления баз данных: методы выполнения «реляционных» операций соединения, группировки и т.д., компиляция и построение планов выполнения операций SQL.
5	Оптимизация запросов в SQL-ориентированных СУБД	Методы перезаписи запросов, методы оценки стоимости планов выполнения запросов, методы оценки селективности предикатов, оценки распределений значений в столбцах таблиц, методы оптимизации запросов с многочисленными соединениями и т.д.



6	Параллельные СУБД категории shared everything	Обсуждаются аппаратно-программные архитектуры СУБД, обеспечивающие распараллеливание операций над базами данных. Рассматриваются параллельные СУБД категории shared everything, имеющиеся решения (например, в Oracle), особенности компиляции и оптимизации запросов, идеи, позволяющие добиваться горизонтальной масштабируемости при росте числа ядер
7	Параллельные-СУБД категории shared disks	Подходы к построению параллельных СУБД категории shared disks, имеющиеся решения (Oracle RAC, Tiberio), специальные требования к аппаратуре
8	Параллельные СУБД категории shared nothing	Обсуждаются параллельные СУБД категории shared nothing, в том числе, аналитические СУБД (Vertica, Greenplum, Asterdata), особенности компиляции и оптимизации запросов, методы выполнения распределенных запросов, методы хранения и разделения данных, методы параллельного серверного программирования, а также транзакционные СУБД, ориентация на высокий уровень доступности или на высокий темп обработки транзакций, методы уменьшения числа распределенных транзакций при заданной рабочей нагрузке. Описываются подходы к организации систем обработки данных на основе совместного использования технологий баз данных и распределенных систем: аналитика и MapReduce, Hadoop и OpenStack, «транзакционные» СУБД категории NoSQL, «теорема» CAP и ее следствие – транзакции BASE (Basically Available, Soft-state, Eventual consistency – доступность в большинстве случаев), неустойчивое состояние, согласованность в конечном счете и другие ослабленные модели транзакций, NoSQL в мире SQL: применение теоремы CAP при реализации параллельных СУБД без использования общих ресурсов, поддерживающих высокий уровень доступности.
9	Влияние новых видов аппаратных средств хранения	Рассматривается влияние на общую архитектуру СУБД, структуры данных и алгоритмы выполнения операций и оптимизацию запросов потенциального перехода к использованию новых видов аппаратных средств хранения данных – флеш-памяти (твердотельных дисков) и энергонезависимой основной памяти.

## 8 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

### 8.1 Тематика заданий текущего контроля

- 1 Области применения встраиваемых систем управления базами данных
2. Методы организации мультидоступа к В-деревьям
3. Способы избежать появления распределенных транзакций
- 4 Алгоритм построения n-мерного куба
5. Суть метода перезаписи на основе «магических множеств»
6. Особенности оптимизации запросов в системах с общей памятью
7. Построение распределенного буфера в системах с общими дисками
8. Методы разделения данных в системах без общих ресурсов.

Примерный перечень вопросов к различным формам текущего контроля. Вопросы для самопроверки студентов. Демонстрационные материалы для проведения текущего контроля (тестовые задания, кейсы, сценарии игр и пр.)



## 8.2 Примеры контрольных вопросов для экзамена

1. Особенности организации системы управления базами данных с хранением данных в основной памяти
2. Применение методов хэширования для организации индексов
3. Методы перезаписи запросов в целях оптимизации
4. Гранулированные и предикатные блокировки
5. Версионный вариант двухфазного протокола синхронизационных блокировок
6. Физически согласованное состояние базы данных. Восстановление базы данных после мягкого сбоя.
7. Достижением горизонтальной масштабируемости параллельных систем
8. Ослабленные модели транзакций



## **9 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **9.1 Базовый учебник**

С.Д. Кузнецов. Базы данных. Академия, Серия: Университетский учебник, 2012 г., 496 стр.  
ISBN 978-5-7695-8430-5

### **9.2 Основная литература**

1. Гектор Гарсиа-Молина, Джеффри Д. Ульман, Дженнифер Уидом. Системы баз данных. Полный курс, изд-во "Вильямс", 2003
2. К. Дж. Дейт. Введение в системы баз данных. Восьмое издание. изд-во "Вильямс", 2008

### **9.3 Дополнительная литература**

1. Abraham Silberschatz, Henry F. Korth, S. Sudarshan. Database System Concepts. McGraw-Hill Education; 6 edition, 2010
2. Jim Gray, Andreas Reuter. Transaction Processing: Concepts and Techniques. Morgan Kaufmann; 1 edition (September 15, 1992)
3. V. Markl, G. M. Lohman, V. Raman. LEO: An autonomic query optimizer for DB2. IBM SYSTEMS JOURNAL, VOL 42, NO 1, 2003
4. Matthias Jarke, Jurgen Koch. Query Optimization in Database Systems. Computing Surveys, Vol. 16, No. 2, June 1984
5. M. Stonebraker, D. Abadi, A. Batkin, X. Chen, M. Cherniack, M. Ferreira, E. Lau, A. Lin, S. Madden, E. O'Neil, P. O'Neil, A. Rasin, N. Tran, and S. Zdonik. C-Store: A Column-oriented DBMS. In Proc. VLDB, 2005.
6. M. Stonebraker and U. Cetintemel. One Size Fits All: An Idea whose Time has Come and Gone. In Proc. ICDE, 2005.
7. Michael Stonebraker, Samuel Madden, Daniel J. Abadi, Stavros Harizopoulos, Nabil Hachem, Pat Helland. The End of an Architectural Era (It's Time for a Complete Rewrite). Proceedings of VLDB, 2007, Vienna, Austria
8. Ippokratis Pandis, Ryan Johnson, Nikos Hardavellas, Anastasia Ailamaki. Data-Oriented Transaction Execution. 36th International Conference on Very Large Data Bases, September 13-17, 2010, Singapore. Proceedings of the VLDB Endowment, Vol. 3, No. 1, 2010, pp. 928-939
9. Сергей Кузнецов. MapReduce: внутри, снаружи или сбоку от параллельных СУБД?, Труды Института системного программирования, т. 19, М., ИСП РАН, 2010, стр. 35-40.
10. Сергей Кузнецов. Транзакционные параллельные СУБД: новая волна. Труды Института системного программирования, т. 20, М., ИСП РАН, 2011, стр. 189-251.
11. С.Д. Кузнецов, А.А. Прохоров. Алгоритмы управления буферным пулом СУБД при работе с флэш-накопителями. Труды Института системного программирования, т. 23, М., ИСП РАН, 2012, стр. 173-194.