

УДК 004.75

С.В. Минухин

*Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, Харьков*

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ ДВУХУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ ЗАДАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О НАИМЕНЬШЕМ ПОКРЫТИИ**

*Предложены информационные технологии для планирования пакетов заданий в распределенных вычислительных системах, построенные на основе принципов обработки информации на локальных ресурсах, двухуровневой архитектуры на основе кластера баз данных, для которой разработана база данных для реализации модели планирования пакетов заданий на основе решения задачи о наименьшем покрытии. Разработана технология взаимодействия программного обеспечения модели планирования и базы данных.*

**Ключевые слова:** *двухуровневая архитектура, модель планирования, база данных, пакет заданий, распределенная вычислительная система, программное обеспечение, информационные технологии.*

### **Введение**

Важной составляющей распределенных вычислительных систем (РВС) являются информационные службы, предназначенные для хранения и доступа к данным о состоянии ресурсов и выполняемых заданиях, которые формируются базовыми компонентами программного обеспечения локальных ресурсов РВС. Информация от этих компонент может быть получена при помощи расширений систем мониторинга функционирующих на глобальном уровне иерархических РВС. Существующие информационные службы и системы мониторинга состояния РВС, как правило, функционируют в рамках промышленных системы или адаптированы под использование этих систем и не отражают особенности перспективных методов планирования.

Целью данного исследования является разработка информационных технологий для реализации имитационной модели планирования заданий в РВС, построенной на основе решения задачи о наименьшем покрытии (ЗНП), эффективность применения которой для планирования в распределенных вычислительных системах исследована в работах [1–4].

### **Информационные технологии для реализации двухуровневой модели планирования**

В предлагаемой информационной технологии для реализации модели планирования заданий используются два уровня выполнения запроса:

- уровень грид, осуществляемый GParGRES;
- уровень узла, осуществляемый ParGRES на базе СУБД PostgreSQL.

Такой выбор обусловлен архитектурными требованиями современных грид-систем. При этом обеспечивается возможность работы с абстракцией уро-

вня стандартной реляционной БД, доступ к которой обеспечивается СУБД PostgreSQL. На этом уровне можно создавать запросы к БД, используя стандартную технологию SQL-запросов.

В качестве базиса архитектуры для разработки информационной технологии формирования и обработки информации о состоянии ресурсов и заданий выбрана ParGRES, являющаяся кластером БД, используемая в промежуточном уровне архитектуры грид, поддерживающая внутри- и межзапросный параллелизм и работу с репликациями. ParGRES обеспечивает при обработке запросов гибкость распределения узлов: любые запросы могут быть обработаны любым набором узлов кластера БД. Как и в других кластерных БД, ParGRES управляет параллельным выполнением запросов с использованием экземпляров СУБД, установленных на узлах кластера БД. В ParGRES реализовано решение четырех типов задач [5–8]:

1. Анализ SQL-запросов. Процессор запросов кластера содержит синтаксический анализатор для разбора команд SQL клиентского приложения. Это позволяет определить: множество отношений и атрибутов, на которые ссылается запрос, которые могут быть использованы для получения параллелизма внутри запроса; информацию, необходимую для выполнения композиции (объединения) запросов; набор атрибутов, используемых в операциях агрегирования.

2. Обработка запросов с внутрizaпросным и межзапросным параллелизмом.

3. Композиция (агрегирование).

4. Обновление.

Таким образом, выбранная архитектура и СУБД позволяют обеспечить эффективный и масштабируемый доступ к базам данных с информацией о состоянии узлов и заданий.

Для двухуровневой модели планирования предлагается использовать информационные технологии, включающие: информационные технологии для обработки информации на локальных ресурсах – вычислительных кластерах, которые являются поставщиками информации, информационные технологии системы планирования – потребителя информации, построенную на базе двухуровневой архитектуры GParGRES, и информационную технологию для работы медиатора. Медиатор выполняет функции взаимодействия между поставщиками информации и ее потребителями – системными администраторами грид-сегментов, которые выполняют запросы к базе

данных под управлением СУБД PostgreSQL, использующей компоненты системы мониторинга Nagios [9] и выполняющих функции удаленного сбора данных о состоянии узлов и заданий, которыми обеспечивают локальные планировщики и PBS (MAUI/Torque), и FTP-сервер – для хранения данных и передачи новых версий программного обеспечения компонент системы мониторинга вычислительных кластеров.

Объединение предложенных информационных технологий на основе двухуровневой архитектуры GParGRES позволяет получить информационную технологию для реализации двухуровневой модели планирования (рис. 1).

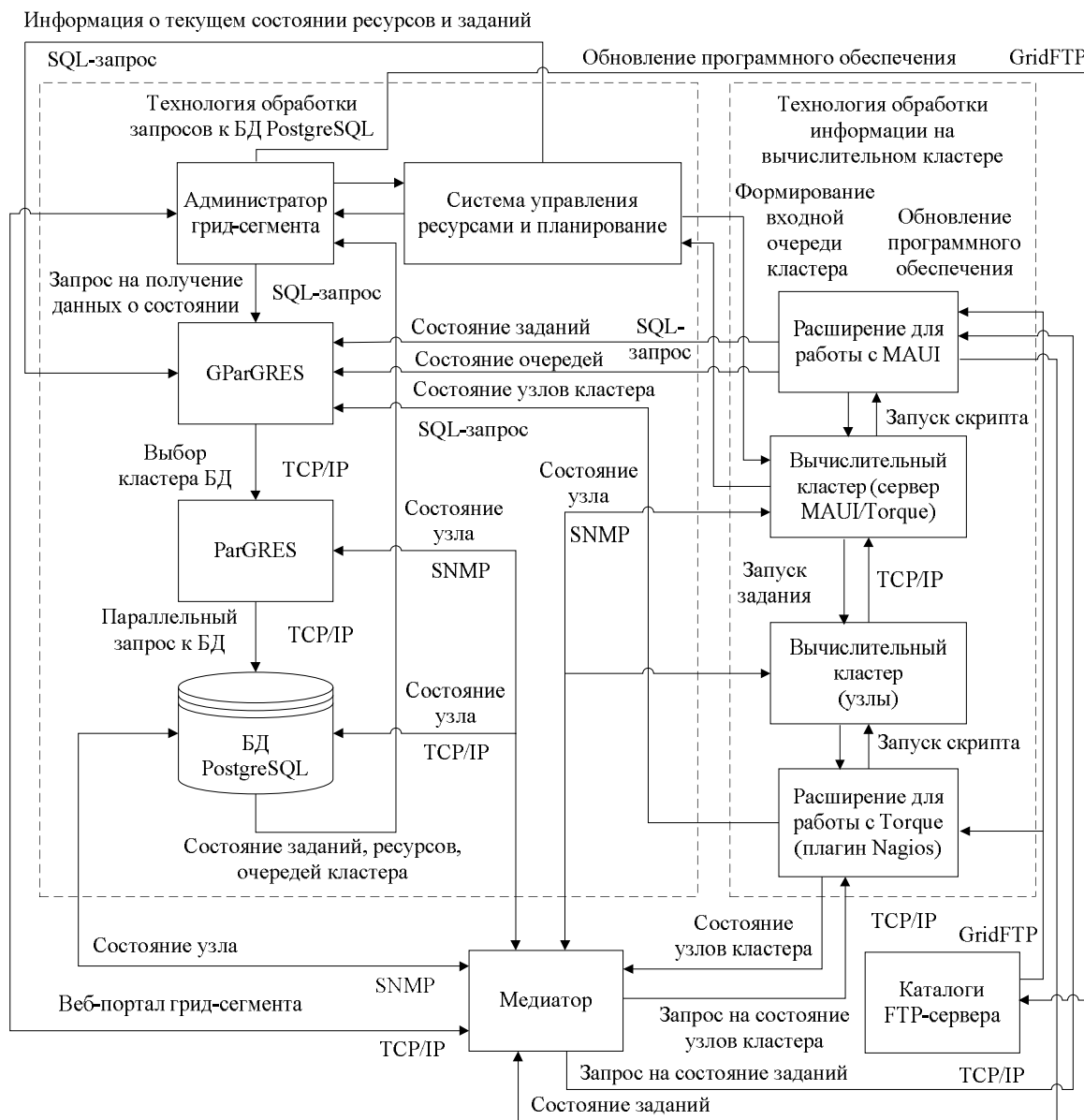


Рис. 1. Информационная технология обработки информации в двухуровневой модели планирования

**Информационная технология реализации запросов к базе данных модели планирования**

Для обработки информации о состоянии заданий и ресурсов в рамках разрабатываемой информационной технологии необходима база данных, для

построения которой выделены следующие сущности и отношения между ними.

1. Состав участников виртуальной организации (ВО) РВС включает Пользователей и Владельцев ресурсов. Пользователи представляют Работы в систему, которые помещаются в глобальную оче-

редь для последующего выполнения. Владельцы ресурсов (кластеров) определяют доступность ресурсов, а также определяют стратегии по отношению к Пользователям и Работам.

2. В PBC используются очереди, каждая из которых содержит одну или более Работ. Каждая Работа как результат планирования может быть помещена в разные очереди и в разные моменты времени.

3. Для выполнения Работы требуются ресурсы, которые приведены Пользователем в ресурсном запросе Работы. Предполагается, что при выполнении Работы может использоваться как один, так и несколько ресурсов, на каждом из которых запускается Задание. Под Заданием будем понимать копию работы или ее подзадачу работы, например, ветвь программы при параллельном выполнении, которая может выполняться в текущий момент времени на одном ресурсе.

4. Задание (или Работа), выполняемое на ресурсе, может использовать данные, которые хранятся на внешних ресурсах (например, ресурсах, например, Data Grid). Соответственно, для выполнения Работы требуется набор данных, получаемый в результате выполнения запроса к БД.

5. Для назначения Работы на Ресурс решается задача планирования. Планирование на основе предлагаемого метода решения ЗНП предполагает планирование и выполнение заданий на различных ресурсах системы.

6. Для иерархической централизованной организации системы планирования предполагается использовать: метапланирование – для распределения работ в рамках сегмента PBC (домена) – и локальное планирование – для распределения работ на узлы Ресурса (например, вычислительного кластера).

7. Использование метода планирования на основе решения ЗНП в предлагаемой модели предполагает использование параметров компонент системы планирования – величины пула и пакета работ, назначенных на локальные ресурсы – и периодичности планирования. Выбор значений этих параметров позволяет оптимизировать результаты планирования при формировании Очереди работ, но не влияют на время выполнения конкретной Работы. Время запуска (старта) Работы на Ресурсе определяется результатом планирования и номером Работы, находящейся в пакете (очереди) на локальный Ресурс.

Состав и описание сущностей и атрибутов модели планирования приведены в табл. 1.

Далее определяются отношения между сущностями: «Планировщик – Работа», «Очередь – Ресурс», «Задание – Реплика», «Набор данных – Реплика», «Планировщик - Директория», «Ресурс - Директория», которые определяют базу данных и обеспечивают взаимодействие с программным обеспечением реализации модели планирования [2] в рамках информационной технологии обработки информации в двухуровневой модели планирования (рис. 2).

Таблица 1

Описание сущностей и атрибутов модели планирования

Название сущности и атрибутов		Описание	
1		2	
<b>Entity Name : Cluster</b>		<b>Кластер</b>	
<b>Table Name : Cluster</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> kodCluster	код кластера	
2	<b>Attribute Name :</b> nameCluster	наименование кластера	
3	<b>Attribute Name :</b> ip	адрес шлюза кластера	
4	<b>Attribute Name :</b> address	адрес местонахождения	
5	<b>Attribute Name :</b> countNodes	количество узлов	
<b>Entity Name : DATA Task</b>		<b>Данные</b>	
<b>Table Name : DATA Task</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> keyDATA	код данных	
2	<b>Attribute Name :</b> linkBD	ссылка на БД (адрес БД)	
3	<b>Attribute Name :</b> Param. SQL	параметры SQL-запроса	
<b>Entity Name : Job</b>		<b>Работа</b>	
<b>Table Name : Job</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> keyJob	код работы	
2	<b>Attribute Name :</b> dateStart	время старта работы	
3	<b>Attribute Name :</b> parametrs	параметры запуска	
<b>Entity Name : Queue</b>		<b>Очередь</b>	
<b>Table Name : Queue</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> number_in_queue	номер работы в очереди	
2	<b>Attribute Name :</b> dateQ	время старта в очереди	
<b>Entity Name : Resource</b>		<b>Ресурс</b>	
<b>Table Name : Resource</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> keyResource	код ресурса	
2	<b>Attribute Name :</b> name	наименование ресурса	
3	<b>Attribute Name :</b> description	описание ресурса	
<b>Entity Name : Scheduler</b>		<b>Планировщик</b>	
<b>Table Name : Scheduler</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> kodSCH	код планировщика	
2	<b>Attribute Name :</b> levelScheduler	уровень планир. в PBC	
3	<b>Attribute Name :</b> link	адрес	
4	<b>Attribute Name :</b> algorithm	алгоритм планирования	
5	<b>Attribute Name :</b> soft	программная реализация планировщика	
6	<b>Attribute Name :</b> pool	размер пула	
7	<b>Attribute Name :</b> packet	размер пакета задания	
8	<b>Attribute Name :</b> politic	политика работы с заданиями (пользователями)	
9	<b>Attribute Name :</b>	прочие характеристики	
<b>Entity Name : InformationServiceMonitoring</b>		<b>Медиатор</b>	
1	<b>Attribute Name :</b> kodSCH	код медиатора	
2	<b>Attribute Name :</b> dateAllocation	время освобождения (или назначения) ресурса	
3	<b>Attribute Name :</b> Status	статус состояния ресурса	
<b>Entity Name : Task</b>		<b>Задание</b>	
<b>Table Name : Task</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> KodTask	код задания	
2	<b>Attribute Name :</b> dateS	время старта задания на ресурсе	
3	<b>Attribute Name :</b> dateF	время остановки вычисления на ресурсе	
4	<b>Attribute Name :</b> error	признак успешности выполнения	
5	<b>Attribute Name :</b> mem	размер памяти	
6	<b>Attribute Name :</b> proc	количество процессоров	
7	<b>Attribute Name :</b> linkResult	адрес результата расчета	
8	<b>Attribute Name :</b> SWAP	размер свопа	
9	<b>Attribute Name :</b> disk	размер диска (место хранения результатов)	
<b>Entity Name : Type resource</b>		<b>Ресурс</b>	
<b>Table Name : Type resource</b>			
1	<b>Attribute Name :</b> keyType	код ресурса	
2	<b>Attribute Name :</b> nameType	тип ресурса	
3	<b>Attribute Name :</b> procType	тип процессора	

Продовження табл. 1

1	2
4	<b>Attribute Name :</b> memType тип памяти
5	<b>Attribute Name :</b> storeType тип хранения данных
<b>Entity Name : User Пользователь</b>	
<b>Table Name : User</b>	
1	<b>Attribute Name :</b> keyUser код пользователя
2	<b>Attribute Name :</b> fio ФИО
3	<b>Attribute Name :</b> description Характеристики пользователя
4	<b>Attribute Name :</b> role роль в грид
5	<b>Attribute Name :</b> idSertificate номер сертификата
<b>Entity Name :Adress Provider Провайдер</b>	

Закшчення табл. 1

1	2
<b>Table Name : Adress Provider</b>	
1	<b>Attribute Name :</b> keyProvider код провайдера
2	<b>Attribute Name :</b> description Характеристики провайдера
<b>Entity Name : Adress DataSet Набор данных</b>	
<b>Table Name : Adress DataSet</b>	
1	<b>Attribute Name :</b> indexDataSet код пользователя
2	<b>Attribute Name :</b> DataSet имя набора данных

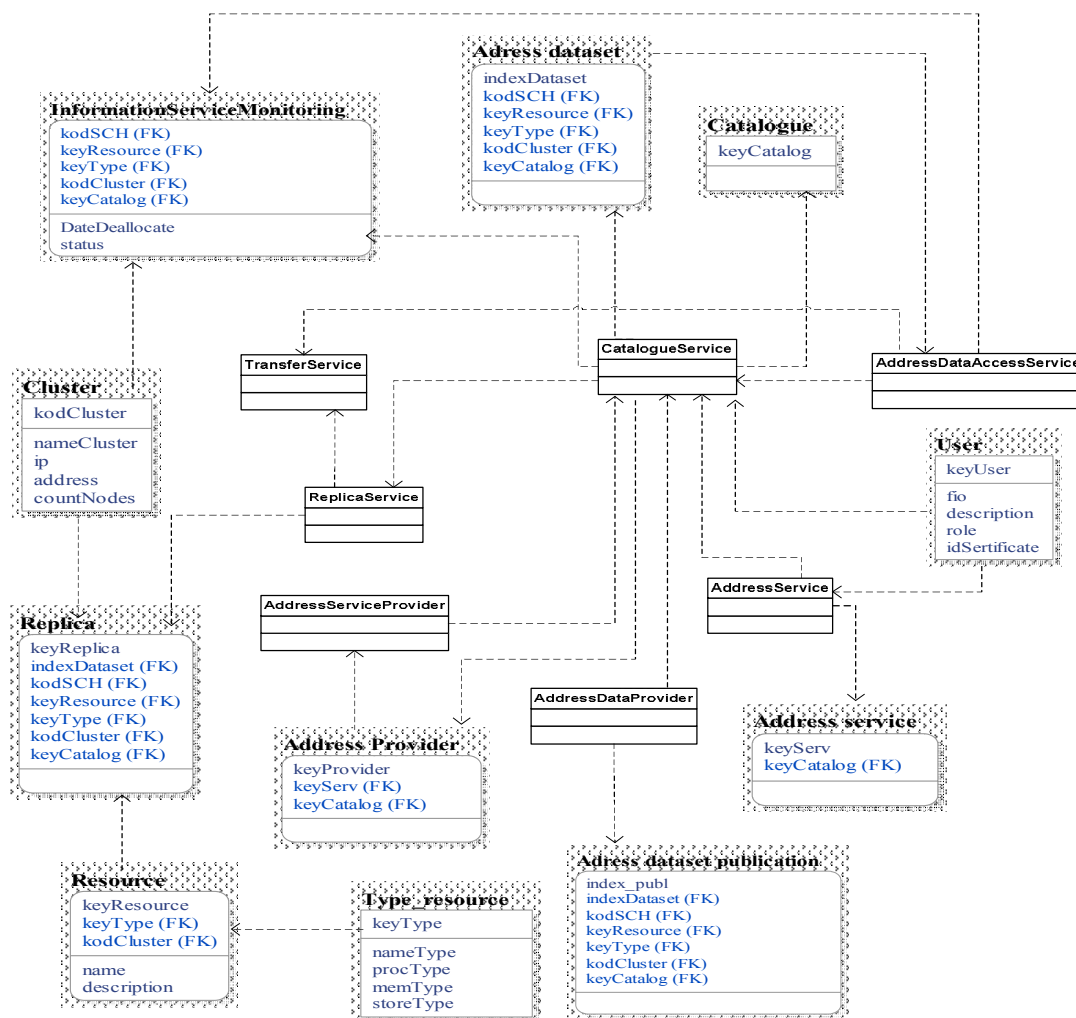


Рис. 2. Схема связи классов и сервисов программного обеспечения для работы с базой данных

### Выводы

Предложены информационные технологии для реализации двухуровневой модели планирования заданий в распределенных вычислительных системах на основе решения задачи о наименьшем покрытии. Рассмотрены составляющие информационных технологий, включающие информационные технологии для обработки информации на локальных ресурсах, обеспечивающие получение информации о состоянии ресурсов и заданий на основе программных пакетов локального планировщика MAUI и локального менеджера ресурсов Torque. Для удаленного доступа к

этой информации использованы расширения компонент системы мониторинга Nagios с открытым кодом, позволяющие оперативно отслеживать и контролировать состояние локальных ресурсов. Для планировщика глобального уровня распределенной вычислительной системы разработана база данных, структура которой определяется компонентами модели планирования на основе решения задачи о наименьшем покрытии. Разработана схема взаимодействия программного обеспечения модели планирования и базы данных, позволяющая реализовать информационную технологию для глобального уровня грид-сегмента. В результате объединения предложенных технологий

путем включения компоненты медиатора получена информационная технология для реализации двухуровневой модели планирования.

Дальнейшие направления исследований связаны с интеграцией предложенных решений в информационные службы промышленных грид-систем.

### Список литературы

1. Листровой С. В. Модель и подход к планированию распределения ресурсов в гетерогенных Грид-системах. С. В. Листровой, С. В. Минухин // *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. – 2012. – № 5. – С. 120–133.
2. Минухин С. В. Имитационная модель и ее программная реализация планирования ресурсов Грид-системы / С. В. Минухин, С. В. Знахур // *Проблеми програмування*. – 2012. – № 2–3. Спец. випуск. – С. 133–143.
3. Минухин С. В. Исследование методов пакетного планирования ресурсов в Грид-системах / С. В. Минухин // *Вестник ХНТУ*. – 2012. – № 1 (44). – С. 242–250.
4. Минухин С. В. Модели и методы решения задач планирования в распределенных вычислительных систе-

мах : монография / С. В. Минухин. – Харьков : изд-во ООО «Щедрая усадьба плюс», 2014. – 324 с.

5. OLAP Query Processing in Grids / N. Kotowski, A. A. B. Lima, E. Pacitti et al. [Electronic resource]. – Access mode : <http://slideplayer.com/slide/3257771/>.
6. ObjectWeb. Open Source Middleware [Electronic resource]. – Access mode : <http://c-jdbc.ow2.org/doc/index.html>.
7. Akal F. OLAP Query Evaluation in a Database Cluster: a Performance Study on Intra-Query Parallelism / F. Akal, K. Böhm, Hans-Jörg Schek // *Advances in Databases and Information Systems Lecture Notes in Computer Science*. – 2002. – Vol. 2435. – P. 218–231.
8. Parallel query processing for OLAP in grids / N. Kotowski, A. A. B. Lima, E. Pacitti et al. // *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. – 2008. – Vol. 20, Issue 17. – P. 2039–2048.
9. Ganglia и Nagios: Часть 2. Мониторинг коммерческих кластеров с помощью Nagios [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/l-ganglia-nagios-2/>.

Поступила в редколлегию 22.01.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой ЕВМ О.Г. Руденко, ХНУРЭ, Харьков.

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДВОРІВНЕВОЇ МОДЕЛІ ПЛАНУВАННЯ ПАКЕТІВ ЗАВДАНЬ У РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПРО НАЙМЕНШЕ ПОКРИТТЯ

С.В. Мінухін

Запропоновано інформаційні технології для планування пакетів завдань в розподілених обчислювальних системах, що побудовані на основі принципів обробки інформації на локальних ресурсах, дворівневої архітектури на основі кластера баз даних, для якої розроблена база даних для реалізації моделі планування пакетів завдань на основі вирішення задачі про найменше покриття. Розроблено технологію взаємодії програмного забезпечення моделі планування та бази даних.

**Ключові слова:** дворівнева архітектура, модель планування, база даних, пакет завдань, розподілена обчислювальна система, програмне забезпечення, інформаційні технології.

### INFORMATION TECHNOLOGIES FOR IMPLEMENTATION TWO LEVEL BATCH MODE SCHEDULING OF TASKS IN A DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS BASED ON THE MINIMAL COVER METHOD

S.V. Minukhin

Information technologies for batch mode scheduling of tasks in a distributed computing systems based on the principles of information processing on local resources, a two level architecture, based on the cluster database are developed. A database for the implementation of the batch mode scheduling tasks based on the solution of the minimal cover problem is developed. The technology of interaction software scheduling model and databases are designed.

**Keywords:** two level architecture, scheduling model, database, batch mode, distributed computing systems, software, information technology.

УДК 683.519

В.П. Сімоненко, І.В. Клівода

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Київ

### УСУНЕННЯ ПОМИЛОК ПРИ СТВОРЕННІ ЗАВДАНЬ ДЛЯ GRID-СИСТЕМ

У статті розглянуто розробку інтерфейсу для GRID-систем, який допоможе правильно формувати вимоги завдання до ресурсів системи. Застосовувані на практиці інформаційні моделі і мови мають високу складність, створюється надзвичайно високий шанс допустити помилку при створенні завдання.

**Ключові слова:** GRID-системи, інтерфейс, Грид-завдання, проміжне ПЗ, пошук ресурсів.

### Вступ

GRID-технологія використовується для створення географічно розподіленої обчислювальної інфра-

структури, що об'єднує ресурси різних типів з колективним доступом до цих ресурсів в межах віртуальних організацій, що складаються з підприємств і фахівців, які спільно використовують ці загальні ресурси.