

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
по дисциплине “Архитектура вычислительных систем”

Выполнил студент _____ Ермаков Арсений Владимирович _____
Ф.И.О.

Группы _____ ИВ-121 _____

Работу принял _____ Романюта А. А.
подпись

Защищена _____ Оценка _____

Содержание

Задание	3
Введение.....	4
Характеристики Cluster Platform 3000BL 2x220	5
Отказоустойчивые кластеры	6
Анализ системы	8
Заключение	14
Списки используемой литературы	15

Задание

Анализ возможностей средств отказоустойчивого выполнения параллельных программ на современной суперВС Cluster Platform 3000BL 2x220.

Введение

Исследование средств обеспечения устойчивости при выполнении параллельных программ на современных супервычислительных системах (СУВС) представляет собой важную область в сфере вычислительной техники. Супервычислительные системы, такие как суперкомпьютеры, с их высокой производительностью и надежностью, становятся неотъемлемой частью выполнения сложных научных вычислений и вычислительно интенсивных задач.

Обеспечение устойчивости при выполнении параллельных программ на этих системах приобретает особую важность в условиях строгих временных рамок и требований к безотказной работе. Мы проведем обзор возможностей средств отказоустойчивого выполнения параллельных программ на современных супервычислительных системах и рассмотрим эффективные техники, направленные на обеспечение надежности в контексте высокопроизводительных вычислений.

Задача обеспечения устойчивости при выходе из строя вычислительных узлов становится критически важной, особенно в областях, где время выполнения программы является определяющим фактором, например, в научных вычислениях. Параллельные программы, способные одновременно работать на нескольких процессорах, предоставляют уникальные возможности для ускорения выполнения задач и разделения сложных задач на независимые подзадачи.

В ходе работы мы проанализируем разнообразие средств обеспечения устойчивости и рассмотрим эффективные техники, направленные на обеспечение отказоустойчивости в сфере высокопроизводительных вычислений на супервычислительных системах.

Характеристики Cluster Platform 3000BL 2x220

По варианту нам достался суперкомпьютер Cluster Platform 3000BL 2x220, который находится на 42 месте в топ 50 суперкомпьютеров.

Рассмотрим характеристики Cluster Platform 3000BL 2x220:

- Тип системы: кластер
- Место установки: РНЦ Курчатовский институт
- Год установки: 2010
- Разработчики: Hewlett-Packard
- Количество CPU: 2576
- Всего ядер: 10304
- Архитектура: Intel Xeon E5472
- Rpeak (Тфлоп/с): 123.648
- Коммуникационная сеть: Infiniband 4x DDR
- Сервисная сеть: Gigabit Ethernet
- Область применения: Наука и образование
- Транспортная сеть: Gigabit Ethernet
- ОС: Linux
- Семейство коммуникационной сети: InfiniBand
- Linpack: Результат (Rmax): 101.213 Тфлоп/с

Отказоустойчивые кластеры

Кластер – группа компьютеров, объединенных в локальную вычислительную сеть (ЛВС) и способных работать в качестве единого вычислительного ресурса.

Предполагает более высокую надежность, эффективность и существенно более низкую стоимость в сравнении с другими типами параллельных вычислительных систем (за счет использования типовых аппаратных и программных решений).

Отказоустойчивые кластеры (High-availability clusters, HA) создаются для обеспечения высокой доступности сервиса, предоставляемого кластером (рис. 1). Избыточное число узлов, входящих в кластер, гарантирует предоставление сервиса в случае отказа одного или нескольких серверов.

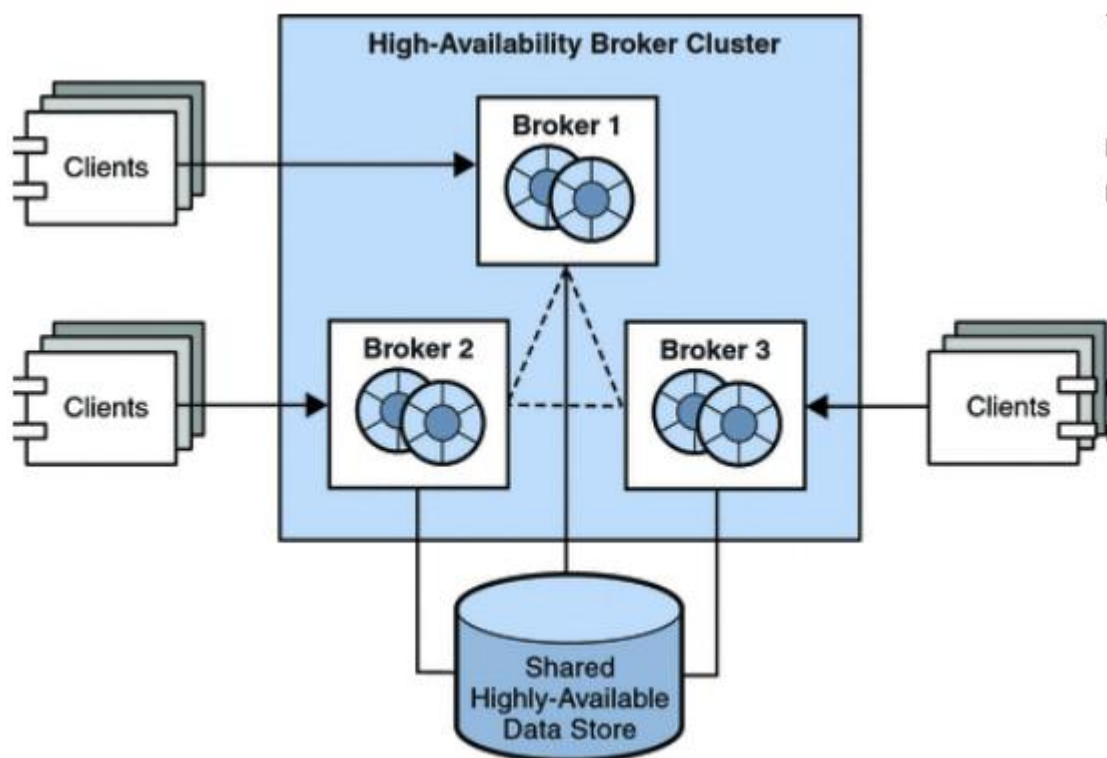


Рис. 1 Структура отказоустойчивого кластера.

Основные характеристики отказоустойчивого кластера включают:

- 1) Резервирование ресурсов: Отказоустойчивый кластер использует механизмы резервирования ресурсов, такие как дублирование (redundancy) ключевых компонентов, чтобы обеспечить работоспособность системы при выходе из строя отдельных элементов.
- 2) Балансировка нагрузки: Распределение рабочей нагрузки между узлами кластера для эффективного использования ресурсов и предотвращения перегрузок.
- 3) Механизмы обнаружения отказов: Встроенные средства обнаружения отказов и мониторинга, которые позволяют быстро выявлять сбои и предпринимать меры по их устранению.
- 4) Автоматическое восстановление: Способность системы автоматически

восстанавливаться после отказов без участия человека.

5) Резервирование электропитания и сетевых соединений: Использование резервных источников электропитания и множественных сетевых соединений для обеспечения бесперебойной работы.

6) Отказоустойчивые файловые системы: Применение файловых систем, способных сохранять целостность данных и восстанавливаться после сбоев.

7) Кластерное программное обеспечение: Программные решения, специально разработанные для управления отказоустойчивыми кластерами, включая системы управления ресурсами и планировщики задач.

8) Географическая отказоустойчивость: Распределение узлов кластера по разным географическим местам для обеспечения устойчивости в случае региональных сбоев.

Анализ системы

Одним из отказоустойчивых кластеров является высокопроизводительная система Cluster Platform 3000BL 2x220, которая предназначена для эффективного выполнения параллельных программ.

Рассмотрим технологии, которые позволяют добиваться отказоустойчивости при параллельном выполнении программ на представленной суперВС:

1. SLURM (Simple Linux Utility for Resource Management) — это система управления ресурсами и планирования задач, предназначенная для кластерных и супервычислительных сред.

SLURM обеспечивает эффективное распределение ресурсов и управление выполнением задач в распределенных вычислительных системах.

Относительно отказоустойчивости, SLURM поддерживает несколько методов для обеспечения надежности и устойчивости в работе:

- **Функции отслеживания и автоматического восстановления:** SLURM включает в себя механизмы отслеживания состояния системы и автоматического восстановления после сбоев. Это позволяет системе быстро обнаруживать проблемы и восстанавливаться без участия администратора.
- **Дубликация узлов (Node Duplication):** SLURM может поддерживать дублирование узлов, что обеспечивает резервирование ресурсов и сохранение работоспособности даже в случае выхода из строя отдельных узлов.
- **Балансировка нагрузки:** Эффективная балансировка нагрузки между узлами кластера позволяет распределять задачи равномерно и предотвращать перегрузку определенных узлов, что способствует более устойчивой работе всей системы.
- **Журналирование и мониторинг:** SLURM поддерживает ведение журналов событий и постоянный мониторинг, что обеспечивает оперативное реагирование на события, связанные с отказами, и предоставляет администраторам системы необходимую информацию для анализа и оптимизации работы кластера.
- **Системы управления ресурсами:** SLURM интегрируется с различными системами управления ресурсами, что дополнительно способствует эффективному использованию вычислительных мощностей и предоставляет возможности для обеспечения отказоустойчивости.
- **Распределенная архитектура:** Сама архитектура SLURM рассчитана на работу в распределенных средах, что способствует устойчивости и масштабируемости системы.

2. TORQUE (Tera-scale Open-source Resource and Queue Manager) — это система управления ресурсами и управления очередью задач, используемая в

кластерных вычислительных средах. Она предоставляет средства для распределения задач между узлами кластера, учета ресурсов и контроля выполнения задач.

Относительно отказоустойчивости, TORQUE поддерживает несколько методов для обеспечения надежности и устойчивости в работе:

- Дубликация серверов (Server Duplication): TORQUE позволяет дублировать ключевые серверы, такие как сервер управления очередью (qmaster), что обеспечивает резервирование и сохранение работоспособности системы в случае отказа одного из серверов.
- Механизмы отслеживания и мониторинга: TORQUE включает в себя функции отслеживания состояния узлов и ресурсов, что позволяет быстро обнаруживать сбои и проблемы в системе. Механизмы мониторинга также предоставляют данные для администраторов о состоянии кластера.
- Системы обнаружения сбоев: TORQUE может использовать различные средства обнаружения сбоев для выявления неполадок и сразу же принятия мер по их устранению.
- Механизмы автоматического восстановления: TORQUE поддерживает функции автоматического восстановления после сбоев, в том числе перезапуск серверов и восстановление состояния системы.
- Отказоустойчивые файловые системы: в контексте кластеров, где TORQUE используется, также важно использование файловых систем, способных обеспечивать отказоустойчивость и целостность данных.
- Резервирование ресурсов: TORQUE позволяет управлять резервированием ресурсов, что обеспечивает равномерное распределение задач и эффективное использование вычислительных мощностей.

3. RAID 5 (Redundant Array of Independent Disks 5) — это конфигурация RAID, предназначенная для обеспечения отказоустойчивости и повышения производительности при работе с данными (рис. 2). RAID 5 использует технологию блочного уровня и включает в себя минимум трех жестких дисков.

Основные характеристики и методы отказоустойчивости в RAID 5:

- Паритет (Parity): RAID 5 использует технологию паритетной информации для обеспечения отказоустойчивости. Данные на каждом диске делятся на блоки, и на одном из дисков хранится блок паритетной информации. Это позволяет восстановить данные в случае отказа одного из дисков.
- Распределенный паритет (Distributed Parity): Паритетные блоки распределены между всеми дисками в массиве. Это позволяет более равномерно распределять нагрузку и повышает эффективность при

чтении и записи данных.

- Отказ одного диска: RAID 5 может продолжать работать при отказе одного из дисков, так как паритетная информация используется для восстановления данных. Когда один диск выходит из строя, информация с оставшихся дисков и блоков паритета позволяет восстановить данные, и массив остается доступным.
- Высокая производительность чтения: RAID 5 обеспечивает хорошую производительность при чтении данных, так как информация может быть считана с нескольких дисков одновременно.
- Низкая стоимость хранения данных: в сравнении с другими конфигурациями RAID, RAID 5 предоставляет относительно высокий уровень отказоустойчивости при более низкой стоимости хранения данных по сравнению с RAID 1 (зеркалирование).

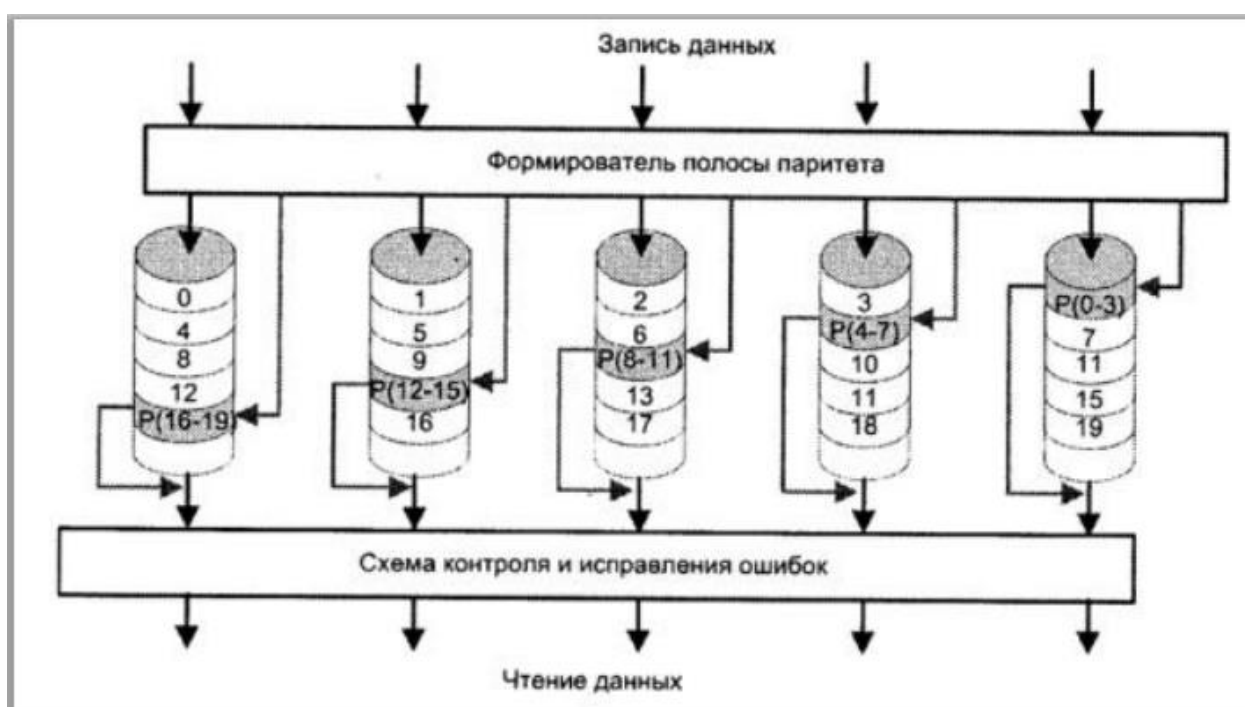


Рис. 2 Структура Raid 5

4. RAID 6 (Redundant Array of Independent Disks 6) — это конфигурация RAID, разработанная для обеспечения высокого уровня отказоустойчивости и безопасности данных (рис. 3). RAID 6 подобен RAID 5, но в отличие от последнего, RAID 6 использует два блока паритетной информации вместо одного. Это делает массив устойчивым к отказам двух дисков.

Основные характеристики и методы отказоустойчивости в RAID 6:

- Два блока паритета: RAID 6 использует два блока паритетной информации для каждого блока данных. Это обеспечивает возможность восстановления данных в случае отказа двух дисков в массиве.
- Защита от двойных отказов: Поскольку RAID 6 использует два блока паритета, он способен обеспечивать безопасность данных даже в случае, когда два диска выходят из строя. Это делает RAID 6 особенно

надежным в сравнении с RAID 5.

- Отказ одного диска: Как и в RAID 5, RAID 6 может продолжать работать при отказе одного диска. Используя информацию о блоках данных и двух блоках паритета, можно восстановить данные.
- Высокая степень отказоустойчивости: RAID 6 обеспечивает высокую степень отказоустойчивости, что делает его подходящим для хранения критически важных данных, где безопасность и непрерывность доступа к данным крайне важны.
- Производительность чтения и записи: RAID 6 обладает хорошей производительностью при чтении данных, но производительность при записи обычно немного меньше по сравнению с RAID 5 из-за необходимости вычисления двух блоков паритета.
- Стоимость хранения данных: в сравнении с RAID 5, RAID 6 предоставляет более высокий уровень отказоустойчивости за счет использования двух блоков паритета, но при этом обычно имеет более высокую стоимость хранения данных.

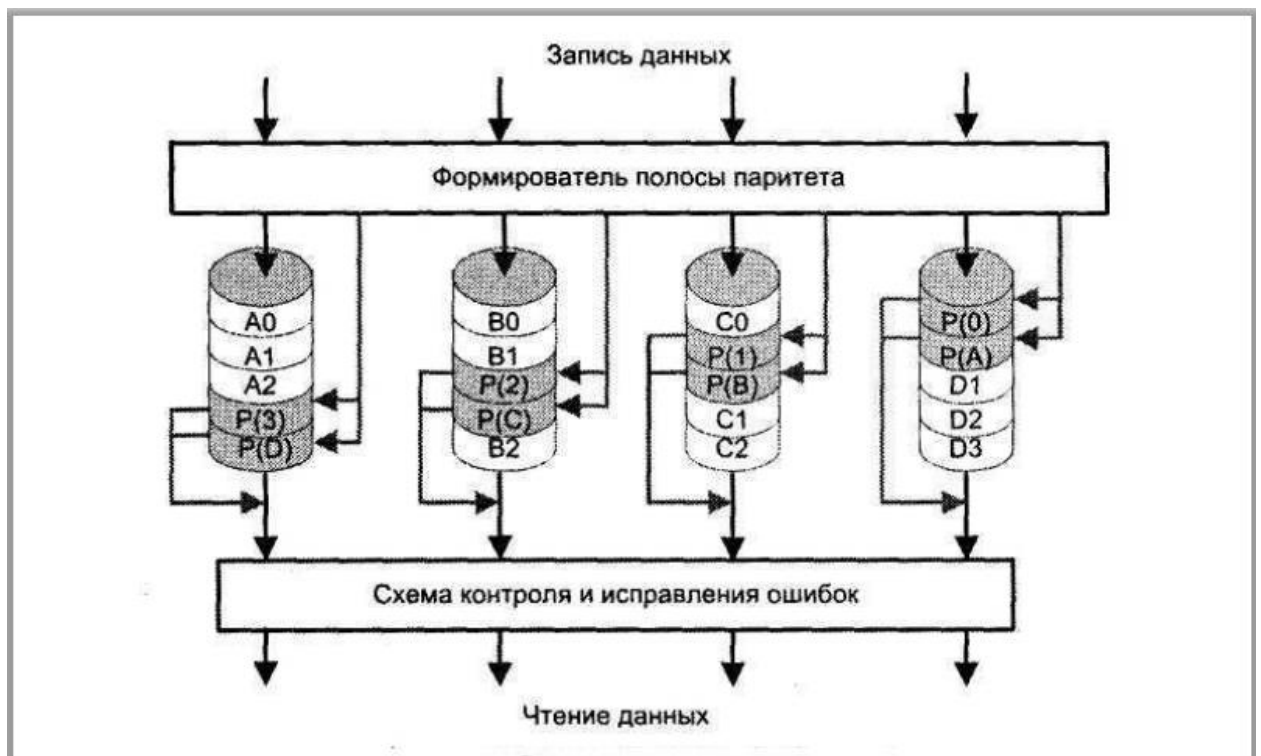


Рис. 3 Структура Raid 6

5. OpenMPI и MVAPICH2 представляют собой реализации стандарта MPI (Message Passing Interface) — интерфейса для обмена сообщениями между процессами в параллельных вычислениях. Оба пакета являются открытыми и свободно распространяемыми, предназначены для построения высокопроизводительных параллельных приложений.

Отказоустойчивость в контексте MPI и этих реализаций может поддерживаться различными методами, хотя стандарт MPI сам по себе не предоставляет механизмов отказоустойчивости:

- OpenMPI:
 - Контроль процессов (Process Fault Tolerance): OpenMPI поддерживает некоторые возможности контроля процессов для обнаружения сбоев и автоматического восстановления. Это может включать в себя механизмы обнаружения отказов и перезапуска процессов.
 - Сохранение состояния (Checkpoint/Restart): OpenMPI может использовать механизмы сохранения состояния для создания контрольных точек, что позволяет приложению восстановить свою работу после сбоя.
- MVAPICH2:
 - Контроль процессов: MVAPICH2 также предоставляет средства для обнаружения сбоев и автоматического восстановления. Механизмы контроля процессов включают в себя методы обнаружения и управления отказами.
 - Сохранение состояния: MVAPICH2 может поддерживать методы сохранения состояния, что позволяет создавать контрольные точки и восстанавливать приложение после сбоя.

6. DMTCP (Distributed MultiThreaded Checkpointing) — это инструмент для создания и восстановления контрольных точек в распределенных и многопоточных приложениях. Он предназначен для обеспечения отказоустойчивости, отладки и миграции процессов в параллельных вычислениях.

Относительно отказоустойчивости, DMTCP поддерживает следующие методы:

- Контрольные точки (Checkpoints): DMTCP позволяет приложению создавать контрольные точки, сохраняя его текущее состояние. В случае сбоя или необходимости переноса выполнения, приложение может быть восстановлено из последней контрольной точки.
- Распределенное создание контрольных точек: DMTCP может использоваться для создания контрольных точек в распределенных приложениях, которые работают на нескольких узлах.
- Многопоточность: Инструмент поддерживает приложения с многопоточностью, что важно для современных приложений, использующих параллельные вычисления.
- Поддержка различных языков программирования: DMTCP совместим с приложениями, написанными на различных языках программирования, включая C, C++, Fortran, Python и другие.
- Прозрачность для приложения: DMTCP старается предоставить прозрачное создание и восстановление контрольных точек,

минимизируя необходимость внесения изменений в исходный код приложения.

- Восстановление после сбоев: Приложение, использующее DMTCP, может быть восстановлено после сбоя с минимальным временем простоя.
- Миграция процессов: DMTCP позволяет мигрировать процессы между узлами кластера или даже между разными системами.

Заключение

Cluster Platform 3000BL 2x220 является внушительной высокопроизводительной параллельной супервычислительной системой, обладающей достойными характеристиками производительности, масштабируемости и отказоустойчивости. Этот суперкомпьютер представляет собой отказоустойчивый кластер, объединяющий в себе выдающиеся технические характеристики и современные технологии для обеспечения эффективного выполнения вычислительно-интенсивных задач.

Множество вычислительных узлов, включенных в состав кластера, обеспечивают не только высокую производительность, но и параллельную обработку данных. Это делает Cluster Platform 3000BL 2x220 привлекательным решением для широкого спектра задач, начиная от научных и исследовательских вычислений до сложных приложений в области искусственного интеллекта и Big Data.

Отказоустойчивость кластера обеспечивается средствами дублирования узлов, механизмами обнаружения и восстановления после сбоев. Это позволяет системе продолжать работу даже при отказе отдельных компонентов, обеспечивая непрерывную доступность и устойчивость к потенциальным сбоям.

Таким образом, Cluster Platform 3000BL 2x220 представляет собой выдающуюся вычислительную систему, сочетающую в себе параллелизм и отказоустойчивость, что делает её идеальным инструментом для решения сложных и вычислительно интенсивных задач.

Списки используемой литературы

1. Top500. URL: <https://www.top500.org> (дата обращения: 20.12.2023)
2. studfile.net. URL: <https://studfile.net/preview/9505825/page:18/> (дата обращения: 20.12.2023)
3. top50.supercomputers.ru. URL: <http://top50.supercomputers.ru/list> (дата обращения: 20.12.2023)
4. habr.com. URL: <https://habr.com/ru/companies/x-com/articles/697796/> (дата обращения: 20.12.2023)
5. studylib.ru. URL: <https://studylib.ru/doc/2441565/algoritmy-otkazoustojchivogo-upravleniya-resursami-prostran> (дата обращения: 20.12.2023)