

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

4924/82

10-82-464

А.М.Ершов, П.П.Сычев

К ВЫБОРУ ФИЗИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БАЗ  
ДАНЫХ В СРЕДЕ СУБД "ОКА"

1982

Использование СУБД в современных автоматизированных информационных системах дает ряд принципиально новых возможностей<sup>/1/</sup>. В частности, независимость логической схемы данных и работающих с ней прикладных программ от физической организации хранения позволит поставить задачу оптимизации физической организации базы данных. Важно отметить, что изменение физической организации не затрагивает уровня **прикладных** программ и не требует их изменения. Благодаря этому появляется возможность настраивать физическую организацию базы данных с целью максимальной эффективности использования ресурсов ЭВМ при конкретных условиях эксплуатации и изменять ее при изменении последних.

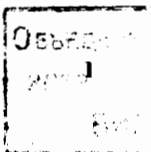
Данная работа посвящена сравнительному анализу некоторых возможностей физической организации в среде СУБД "ОКА" в зависимости от размеров и сложности структуры базы данных, а также преобладающих режимов работы с ней.

## I. Основные возможности СУБД "ОКА"

Система управления базами данных "ОКА" является СУБД общего назначения и **служит для работы** с большими и логически сложными массивами информации<sup>/2/</sup>. Отметим, что языки описания и манипулирования данными в СУБД "ОКА" близки к языку DL/1 системы IMS, краткое описание которой приведено в<sup>/1/</sup>.

Не будем подробно описывать логическую модель данных и возможности языка манипулирования **ими**. Для дальнейшего приведем следующие свойства системы:

- используется иерархическая модель данных;
- полная база данных информационной системы состоит из набора физических баз данных, **возможно**, связанных между собой;
- логическая схема каждой базы данных (DBD-Data Base Definition) представляет собой дерево, состоящее из сегментов. Сегмент является информационной структурой фиксированной длины, **возможно**, разделенной на отдельные поля;
- прикладная программа "видит" данные через подсхему (PSB - Program



- Specification block ), которая является поддеревом дерева логической схемы и обязательно включает корневой сегмент;
- минимальной единицей обмена с базой данных является сегмент;
  - реализация любого сегмента обязательно принадлежит одной из реализаций иерархически его порождающего сегмента;
  - доступ к любому сегменту осуществляется по иерархическому пути и может быть как последовательным, так и прямым (по полному сцепленному ключу).

## 2. Возможности физической организации баз данных

Каждая физическая база данных СУБД "ОКА" реализуется в одной из четырех возможных структур хранения. Физическая организация данных фиксируется в БВД и не отражается в подсхеме, следовательно, прикладная программа не знает, в какой организации хранятся используемые ею данные.

Иерархически-последовательный метод доступа ( нсам ) аналогичен обычному последовательному файлу. Это единственный метод, допускающий в качестве среды хранения магнитную ленту, все остальные требуют для размещения данных устройства прямого доступа. Метод доступа не допускает операций обновления данных, обеспечивая только чтение первоначально загруженных данных.

Иерархический индексно-последовательный метод доступа ( нсам ) обеспечивает полный набор операций. При последовательном просмотре корневые сегменты базы данных упорядочены по значению ключевого поля.

Иерархически-прямой метод доступа ( ндам ) также обеспечивает полный набор операций. Для размещения корневых сегментов используется процедура хеширования, что обеспечивает быстрый доступ по ключу. Последовательный доступ выбирает корневые сегменты в непредсказуемом порядке (определяемом процедурой хеширования).

Иерархический индексно-прямой метод доступа ( нидам ) совмещает свойства нсам и ндам , обеспечивая логически упорядоченный последовательный просмотр базы данных.

Метод доступа нсам возможен лишь для статических баз данных. Для динамически изменяемых баз данных допустимы три последних метода доступа, в большинстве случаев они взаимозаменяемы. Однако в общем случае полностью взаимозаменяемыми на уровне прикладной программы являются лишь нсам и нидам , т.к., вообще говоря, прикладная программа может считать, что база данных логически упорядочена, и переход к методу ндам может нарушить логику работы программы.

Поэтому подробное сравнение будет проведено для методов доступа нсам и нидам .

## 3. Структуры хранения методов нсам и нидам

Рассмотрим реализацию методов доступа нсам и нидам в системе "ОКА". Прежде всего отметим, что методы доступа СУБД не реализуются непосредственно на устройствах хранения информации, а, в свою очередь, используют методы доступа операционной системы (см. рис.1). СУБД "ОКА" работает в ОС ЕС и использует стандартные системные методы доступа: последовательный ( сам ) и индексно-последовательный ( исам ). Кроме того, при генерации СУБД в операционную систему включается еще один метод доступа - последовательный для переполнений ( осам ). Он используется СУБД "ОКА", но в строгом смысле слова не является частью СУБД и, в принципе, может использоваться независимо от нее.

Двухуровневая организация методов доступа создает большую свободу в выборе фактического размещения информации в среде хранения, которая в конечном счете определяет эксплуатационные характеристики. Одновременно она усложняет терминологию, поэтому уточним некоторые термины.

Записью базы данных называется одна из реализаций корневого сегмента вместе со всеми ей иерархически подчиненными сегментами. СУБД размещает их в виртуальной памяти, состоящей из блоков различных типов. Способ размещения определяется методом доступа СУБД.

С точки зрения ОС блоки данных СУБД являются логическими записями и размещаются методами доступа ОС в соответствующих наборах данных. В частности, они, в свою очередь, могут быть заблокированы.

Иерархический индексно-последовательный метод доступа использует два набора данных ОС. Первый поддерживается индексно-последовательным ( исам ), второй - последовательным для переполнений ( осам ) методами доступа. Логические записи обоих наборов фиксированной, но, возможно, различной, длины. Запись базы данных в этом случае записывается как одно целое, начинается в одном из блоков СУБД с корневого сегмента, за которым следуют ему подчиненные. Сегменты размещаются в иерархическом порядке (сверху вниз, слева направо). В случае необходимости запись продолжается в требуемом числе блоков области переполнений. Блоки связываются адресными ссылками, остаток последнего блока остается свободным (см.рис.2).

Операции по обновлению данных отражаются следующим образом:

- добавление нового корневого сегмента приводит к созданию новой записи БД, которая занимает свободный блок в наборе переполнений.

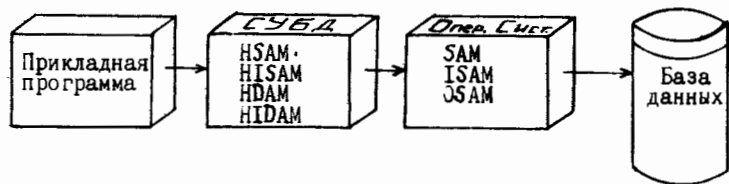


Рис.1 Иерархия методов доступа в среде СУБД "ОКА"

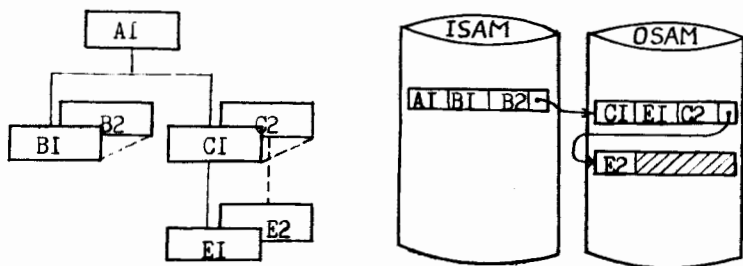


Рис.2 Метод HISAM: размещение информации

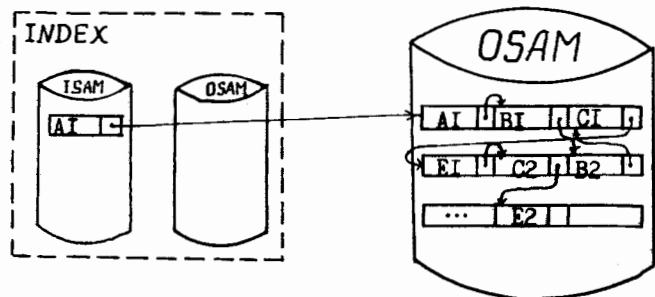


Рис.3 Метод HDAM: размещение информации (иерархические указатели)

Запись связывается с предшествующей и последующей записями базы данных в логическом порядке;

- добавление нового сегмента производится путем его вставки в нужное место в записи базы данных, в соответствии с иерархическим порядком. Остаток записи сдвигается и, если необходимо, может занять новую логическую запись набора переполнений;

- удаление сегмента сводится к изменению его префикса, сам сегмент (и ему подчиненные) не удаляется, сжатия записи не происходит;

- замена сегмента производится на том же месте.

Рассмотренные свойства разбираемого метода доступа позволяют сформулировать следующие основные характеристики HISAM:

- доступ к корневому сегменту прямой, с помощью индекса ( ISAM ), доступ к подчиненным сегментам последовательный;
- последовательный просмотр базы данных очень эффективен;
- для статических или малоизменяемых БД внешняя память используется эффективно из-за минимального количества служебной информации;
- операции по обновлению данных сравнительно медленны;
- эффективность использования внешней памяти для быстро изменяющихся баз данных сильно падает.

Иерархический индексно-прямой метод доступа использует три набора данных. Вся информация собственно базы данных помещается в основной набор данных OSAM. Два других образуют самостоятельную базу данных INDEX, поддерживаемую методом доступа HISAM. База данных INDEX управляется непосредственно СУБД и содержит только ключевые поля корневых сегментов основной базы данных.

В отличие от HISAM в методе HDAM запись базы данных не размещается непрерывно. Ее сегменты связаны прямыми адресными указателями. Благодаря этому сегменты, однажды помещенные в базу данных, никогда не перемещаются. Возможны два типа указателей: иерархические, связывающие сегменты записи в иерархическом порядке; и указатели на физически подобный и физически порожденный сегменты, связывающие сегмент со следующей реализацией сегмента того же типа и с первыми реализациями подчиненных сегментов. Возможны также обратные указатели. Выбор указателей влияет на эффективность прямого доступа и размер вспомогательной информации (см.рис.3).

Операции по обновлению данных рассмотрим только для основного набора OSAM, так как INDEX представляет собой самостоятельную базу, ведущуюся СУБД методом HISAM:

- добавление нового сегмента производится в любое свободное место, по возможности ближайшее к корневому сегменту. Далее производится необходимая коррекция указателей;

- удаление сегмента отражается в коррекции указателей, освобожденная память помещается в пул свободной памяти;
- изменение сегмента производится на месте.

Сформулируем общие характеристики метода:

- доступ к корневому сегменту производится по индексу, ведущемуся в базе данных INDEX, доступ к подчиненным сегментам зависит от типа указателей;
- эффективность использования внешней памяти слабо зависит от частоты изменений базы данных;
- действия по обновлению данных не требуют дополнительных операций.

Непосредственное сравнение методов HISAM и HIDAM показывает, что в случае больших и статичных баз данных предпочтительнее HISAM, для быстроизменяющихся - HIDAM. На практике выбор структуры хранения в конкретном случае должен учитывать:

- преимущественный режим работы: последовательный или случайный;
- степень изменяемости базы данных во время ее эксплуатации;
- сложность логической структуры базы данных;
- средний размер записи БД.

Следует иметь в виду, что конечные характеристики зависят не только от метода доступа СУБД, но и от выбора параметров соответствующих наборов данных (длина логической записи, размер блока и т.д.).

СУБД "ОКА" допускает разделение физической базы данных между несколькими наборами данных. В этом случае база данных ведется одним из указанных методов доступа СУБД, способ размещения информации совпадает с рассмотренными. Разделение базы данных имеет смысл, если часто используется лишь небольшая ее часть, тогда оставшуюся можно вести на отдельных наборах данных, возможно, на других томах устройств внешней памяти.

#### 4. Экспериментальное сравнение методов доступа

С целью прямого сравнения эксплуатационных характеристик рассмотренных возможностей были проведены непосредственные измерения на модельных базах данных.

Сравнивались два метода доступа СУБД (HISAM и HIDAM) в применении к двум базам данных. Первая база данных (DB1) имела простую логическую структуру, состоящую из одного корневого и одного подчиненного сегмента (см. рис. 4). Под одним корневым сегментом располагалось от трех до десяти сегментов, средняя длина записи базы данных около 500 байтов. Вторая (DB2) обладала достаточно сложной структурой, под каждым корневым сегментом располагалось 1000 - 5000 реализаций подчиненных сегментов девяти различных типов.

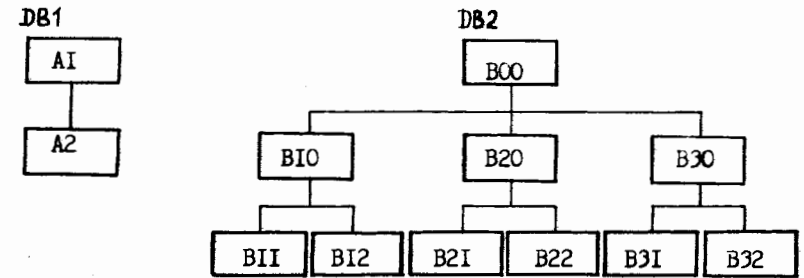


Рис. 4 Структура модельных баз данных

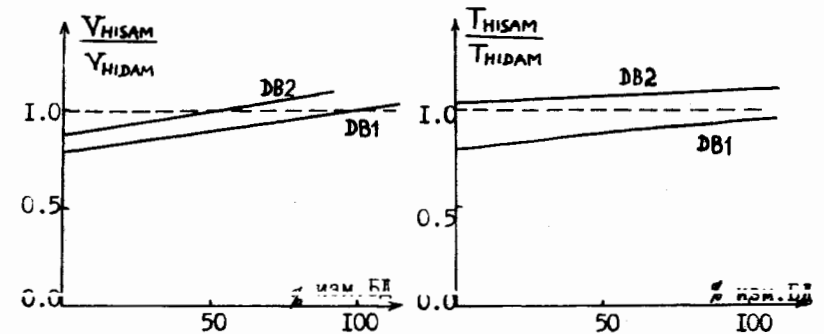


Рис. 5 Отношение расхода внешней памяти

Рис. 6 Отношение расхода ЦП при последовательном просмотре

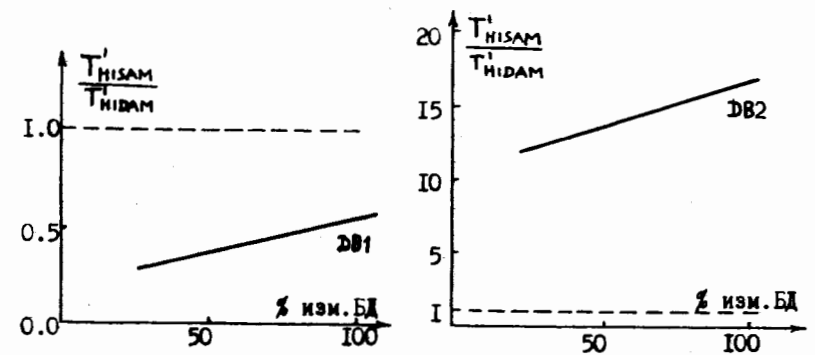


Рис. 7 Отношение расхода ЦП при случайном просмотре

Средняя длина записи БД составила около  $10^5$  байтов. В общей сложности, после обработки, каждая из баз данных содержала порядка  $10^5$  реализаций сегментов.

После первоначальной загрузки измерялись основные характеристики полученной базы данных: объем дисковой памяти, средние затраты времени центрального процессора на чтение одного сегмента при последовательном и случайном просмотрах. Далее база данных подвергалась изменениям, при этом псевдослучайным образом генерировались новые сегменты для включения и ключи сегментов, подлежащих удалению из базы данных. Характеристики определялись повторно, такой цикл повторялся несколько раз. Все расчеты производились на ЭВМ ЕС-1060 с использованием дисковых накопителей ЕС-5061.

Изменение базы данных приводит к ухудшению всех характеристик из-за неизбежной фрагментации, роста области переполнений и т.п. Приведенные на рис.5-7 графики отражают отношение характеристик методов доступа в зависимости от степени изменения базы данных. Рис.5 показывает изменение отношения объема внешней памяти в организации

HISAM к объему в организации HIDAM при различной степени изменения базы данных. Рис.6,7 содержат отношение затрат времени центрального процессора (ЦП) при соответственно последовательном и случайном просмотре базы данных. На всех графиках по горизонтали отложены процент изменений базы данных, по вертикали - отношение соответствующего расходимого ресурса в HISAM к тому же ресурсу в HIDAM. Пунктирная линия отражает равную эффективность методов.

Положительный наклон всех графиков подтверждает, что ухудшение характеристик HISAM идет быстрее, чем в методе HIDAM. В статических случаях, сразу после первоначальной загрузки, **иерархический индексно-последовательный метод имеет преимущество**, однако с ростом числа изменений иерархический индексно-прямой метод становится более предпочтительным.

Затраты внешней памяти и времени центрального процессора при последовательном просмотре в обоих методах отличаются незначительно (10-30% в рассматриваемом случае). Наиболее критичным является прямой доступ к отдельным сегментам (см.рис.7), где **соотношение достигает 10 и более раз**. Если прямой доступ составляет существенную или критическую по времени часть всех обращений к базе данных, выбор метода доступа должен быть очень тщательным.

Для ряда приложений особое значение имеет число физических обменов с внешней памятью, которое в значительной степени определяет астрономическое время доступа к базе данных. Это важно как для интерактивных задач, так и для задач редактирования больших и информационно важных массивов, где уменьшение астрономического времени про-

хождения задачи уменьшает вероятность машинного сбоя и потери целостности базы данных. В данной работе число обменов с внешней памятью не рассматривалось, это тема отдельной статьи.

### 5. Примеры выбора физической организации

В качестве примера рассмотрим выбор физической организации для нескольких баз данных автоматизированной системы учета материальных ресурсов ОИЯИ. Система баз данных на ЕС ЭВМ ведется с помощью СУБД "OrA" и, среди прочих, содержит три физических базы данных: массив документов, справочный массив, номенклатурный справочник.

Справочная база данных содержит сегменты двух уровней. Каждой реализации корневого сегмента является название сегмента второго уровня. Это сделано для эффективной настройки БД на требуемый вид справочной информации. Справочники не требуют частой коррекции, общий объем базы данных невелик. С учетом вышесказанного для физического размещения выбрана иерархическая индексно-последовательная организация.

База данных, предназначенная для хранения документов, также имеет два уровня иерархии, но длина записей этой базы данных изменяется в широких пределах: от 100 до 5000 байтов и более. Степень изменения крайне высока. В начале очередного отчетного периода база данных пуста, по мере ввода и обработки документов она заполняется. Новые документы поступают в хаотическом порядке, что исключает использование режима загрузки. В данном случае метод HISAM неэффективен, поэтому использован иерархический индексно-прямой метод доступа. Кроме того, в этом случае он предпочтительнее еще и потому, что после ввода документов индексная база данных (INDEX) метода HIDAM может быть реорганизована. Такая процедура не потребует больших затрат, так как общий объем индекса невелик, но резко улучшит временные характеристики базы данных.

Номенклатурный справочник является достаточно сложной информационной структурой, содержащей восемь сегментов на трех уровнях иерархии. Этот справочник содержит сведения о всех материалах и изделиях, которые используются в ОИЯИ, и содержит около 50 тыс. записей. Основной режим использования: прямое чтение по ключу. Объем изменений относительно невелик (от 2 до 5% в месяц). **С учетом большого объема используемой внешней памяти выбран иерархический индексно-последовательный метод доступа.**

ЛИТЕРАТУРА

1. Дейт К. Введение в системы баз данных. Пер. с англ., "Наука", М., 1980.
2. Андон Ф.И. и др. Основные положения системы управления базами данных "ОКА". УСИМ, 1977, №2.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 июня 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
D17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
D6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Ершов А.М., Сычев П.П. К выбору физической организации баз данных в среде СУБД "ОКА" 10-82-464

Рассмотрены возможности физической организации данных в системе управления базами данных /СУБД/ "ОКА". Проведен экспериментальный анализ для двух методов доступа /HISAM и HIDAM/. На основе его результатов получены относительные характеристики затрат ресурсов ЭВМ. Приведены рекомендации и примеры по выбору физической структуры хранения баз данных.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Ershov A.M., Sychev P.P. On the Choice of Physical Organization of Data Bases in "OKA" Data Base Management System 10-82-464

Options of physical organization of data in the "OKA" data base management system are considered. Two access methods (HISAM and HIDAM) are experimentally compared. The comparison results give information about relative computer resource expenditures. Some recommendations and examples are given for choosing physical organization of data bases are given.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.