ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ РЕСУРСЫ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

А.Н. Лодкин [1], А.А. Орешкин [2], А.Е. Шевель [3]

Введение

Здесь мы хотели бы кратко остановиться на ключевых моментах развития централизованной компьютерной инфраструктуры в экспериментах по физике высоких энергий (ФВЭ) ПИЯФ РАН. Особенности обеспечения экспериментов ФВЭ с компьютерной точки зрения рассмотрены неоднократно (см. например, Р.М.Браун и др., ТИИЭР,1966,стр.114-120, H.E.Devies,1976 CERN school of computing,p.161-172). В публикациях, посвященных компьютерным аспектам автоматизации научных исследований, часто обсуждаются конкретные технические задачи и методы их решения. Сейчас хотелось бы отметить важные этапы в достижении общей цели, которую преследовали все обсуждаемые в обзоре работы, а именно: повышение эффективности человеко-машинных систем в обработке научной информации на примере экспериментов в ПИЯФ по физике высоких энергий.

Будем иметь в виду, что "повышение эффективности" включает в себя многие компоненты. Иными словами, речь идет об увеличении объема реально доступных возможностей по переработке научных данных при той же или меньшей цене, которая может выражаться различно:

- в увеличении технических и функциональных возможностей человеко-машинной системы в целом;
- в повышении надежности оборудования и программного обеспечения;
- в уменьшении количества лиц, необходимых для поддержания работоспособного состояния компьютерного комплекса.

Предполагается, что при улучшении одного параметра системы остальные остаются без изменений или меняются в направлении повышения эффективности.

Источником научных данных в ядерно-физическом эксперименте являются измерительные экспериментальные установки. Для обработки на централизованных компьютерных мощностях данные могут поступать по линиям связи или считываться из вторичной памяти, куда они были записаны ранее.

Использование централизованных компьютерных ресурсов обусловливается относительно высокой стоимостью вычислительных установок и большим количеством потребителей, которое колебалось в разное время от 10 до 200 человек. Не вызывает сомнения, что централизованные вычислительные установки с уникальными в рамках института

[1] e-mail:*lodkinan@pnpi.spb.ru*
[2] e-mail:*oreshkin@pnpi.spb.ru*
[3] e-mail:*shevel@pnpi.spb.ru*

(или отделения) техническими параметрами всегда были, есть и будут. Предметом обсуждения или оптимизации могут быть лишь способы интегрирования такой установки в компьютерную инфраструктуру института (отделения).

Централизованная компьютерная установка предназначена не просто для вычислений, но и для эффективного использования еще более дорогих ресурсов, чем она сама: синхроциклотрона ПИЯФ и рабочего времени исследователей ПИЯФ. Последнее определяло важную особенность – централизованный компьютер использовался в двух режимах: для обслуживания экспериментов on-line и для обычного выполнения заданий в пакетном режиме. Режим on-line всегда был более приоритетным по сравнению с обычным выполнением заданий.

Использование машины для работы в on-line предполагало, что запускался комплекс программ, который использовался для конкретного физического эксперимента. Обычно в задачи комплекса входило:

- прием информации с экспериментальной установки и запись в массовую память (как правило, на магнитные ленты);
- частичная или полная обработка поступаюшей информации;
- отображение частных результатов.

Здесь важно отметить объемы и интенсивность поступления экспериментальной информации. Эти величины, конечно, варьировались в зависимости от характера экспериментов, однако во многих случаях объемы исчислялись сотнями мегабайтов в сутки. Обычная продолжительность измерений составляла от 1-2 суток (отладка и калибровка) до 20 суток и более.

Ниже обсуждаются основные технологические проблемы и способы их преодоления, которые часто обусловливались имеющимся поколением вычислительной техники.

Первые машины третьего поколения

Осенью 1973 года была установлена машина ЕС-1020 с оперативной памятью шестьдесят четыре килобайта (КБ). При ней было два дисковода по 7.25 мегабайта (МБ) каждый, четыре бобинных магнитофона (24 МБ на бобине), устройство чтения перфокарт, устройство вывода на перфокарты, построчное печатающее устройство. Усредненное быстродействие на смеси операций составляло около 20 тысяч операций в секунду. Имелась Дисковая Операционная Система для машин Единой Серии (ДОС ЕС), которая содержала ряд трансляторов с таких языков как Фортран, ПЛ/1, COBOL и другие ординарные программные компоненты: всевозможные утилиты, редактор связей (построитель задач) и т.д.

Отметим проблемы, стоявшие в то время.

- Версия ДОС ЕС, используемая в период 1973-1974 гг., была слабо приспособлена для работы с экспериментальными установками для приема измерительной информации. В частности, имелись ограниченные возможности по обработке прерываний от нестандартных устройств.

- Ограниченное пространство на дисках и в оперативной памяти также сильно затрудняло перенос прикладных программных средств, которые были доступны, например, в CERN.

- Серьезной проблемой была надежность работы оборудования (магнитофонов, дисководов). Естественны были и опасения в связи с этим потерять программы или данные.

В значительной степени те же проблемы остались и с установкой следующей вычислительной установки – комплекса из двух ЭВМ ЕС-1030 в середине 1977 года. Эта установка имела 16 дисководов по 7.25 МБ каждый, 8 магнитофонов и другую периферию. Для размещения этого оборудования потребовалось почти 200 квадратных метров производственных помещений, а для поддержания установки в работоспособном состоянии был необходим труд 20 человек (инженеров по оборудованию, программистов, операторов). Вычислительный комплекс на базе ЕС-1030 использовался в качестве централизованного вычислительного ресурса в экспериментах до 1989 года включительно.

На первых порах использования машин третьего поколения в физических экспериментах требовалось создать программно-аппаратную базу для использования машин такого класса при проведении измерений. Так, для передачи данных из экспериментальной установки в централизованную машину был разработан специальный телекоммуникационный контроллер ввода/вывода, который позволял подключать до 16 экспериментальных установок [1]. Этим шагом была создана аппаратная база для надежной связи между ЕС ЭВМ и мини-ЭВМ (СМ-3, СМ-4), которые являлись операционным элементом всех экспериментальных установок. Архитектурно такое решение позволяло иметь в составе экспериментальных установок относительно простые мини-ЭВМ. С другой стороны, относительно дорогостоящие и сложные в обслуживании устройства, такие как высокоскоростные бобинные магнитофоны, дисковая память большой емкости (по тому времени), могли быть сконцентрированы на централизованном компьютере.

Для того, чтобы сделать компьютерную инфраструктуру более надежной и дружественной по отношению к человеку, предпринимались разработки в области системного программного обеспечения и аппаратной архитектуры.

Одной из первых работ по программному обеспечению на машинах такого класса была модернизация супервизора (резидентной части операционной системы) [2].

Для увеличения надежности работы с магнитофонами был разработан специальный алгоритм, который предотвращал потерю экспериментальных данных при подавляющем большинстве случаев аппаратных ошибок на устройстве и ошибок оператора: неверное позиционирование ленты, неверная бобина [3].

Для повышения удобства работы с вторичной памятью на дисковых накопителях был реализован специальный метод доступа, который позволял рассматривать вторичную память как обычную оперативную память с произвольным доступом [4]. Обмен данными производился путем обращения к соответствующим подпрограммам с параметрами.

Необходимость повысить качество интерфейса между человеком и компьютером привело к разработке диалоговой системы [5], которая являлась основной на протяжении ряда лет. В этой системе были использованы: диалог инициируемый ЭВМ (режим ”меню”), набор шаблонов или образцов для подготовки программ пользователей для обслуживания конкретного эксперимента. Система позволяла реализовывать достаточно сложные сценарии работы в эксперименте, что обусловливало максимальное использование всех доступных в то время централизованных компьютерных ресурсов.

Большое значение придавалось разработкам прикладных программных систем, которые представляли собой наборы программ, оптимизированные по занимаемым ресурсам и степени устойчивости по отношению к сбоям оборудования. Эти системы реализовывали законченные простые сценарии, которые легко формулировались в содержательных терминах, как например, нижеследующий.

1. Прием порции экспериментальных данных с линии связи.
2. Запись принятой порции данных на магнитную ленту.
3. Запись принятой порции данных на диск.
4. Обеспечение синхронизации пользовательской программы обработки данных.
5. Переход к пункту 1.

Здесь предполагается, что может быть (а может и не быть) запущена пользовательская программа, которая имеет возможность считывать экспериментальные данные с диска и обрабатывать их. Синхронизация требуется, чтобы предотвратить обработку одних и тех же данных более одного раза.

Для реализации таких сценариев было разработано несколько прикладных систем, которые предоставляли различный по объему сервис для экспериментатора, вместе с тем, они потребляли разные доли централизованных ресурсов в соответствии с предоставляемыми возможностями [6]. Таким образом, имелся довольно широкий выбор программ, которые могли быть использованы в конкретном эксперименте. Один из примеров использования централизованной компьютерной инфраструктуры приведен в [7].

В период 1980-1981гг. стало очевидно, что наиболее узким местом централизованных компьютерных ресурсов стала подготовка и отладка программ. Основная масса программ набивалась на перфокартах и вводилась в машину посредством специального устройства ввода перфокарт. С другой стороны, в экспериментах довольно широко использовались электронные средства отображения – дисплеи, которые в основном были подключены к мини-машинам класса СМ. Все эти обстоятельства стимулировали разработку локальной терминальной сети [8]. В качестве контроллера локальной терминальной сети использовалась ЭВМ СМ-4, к которой было подключено несколько десятков терминалов. Терминалы могли подключаться на удалении до нескольких сотен метров по двум витым парам, что позволило устанавливать терминалы там, где они были необходимы. Важная особенность терминальной системы состояла в том, что любой терминал можно было логически подключить к одной из нескольких ЭВМ: ЕС-1030/1, ЕС-1030/2 и СМ-4. Это позволяло готовить и отлаживать программы для нескольких ЭВМ, буквально не вставая с места.

Опыт программных разработок привел естественным образом к использованию специальной технологии разработки больших программ и программных систем [9], которая применялась в ряде работ [5, 6, 8]. Технология, получившая название метапрограммирования, позволяет описывать архитектуру больших программных систем вне зависимости от используемых языков программирования и типов машин. В метапрограммах используется лишь минимальный набор операторов: проверка, условный переход, передача управления, комментарий, вызов подпрограммы. Таким образом, весьма простые средства позволяют описать логику сложных программных систем.

Среди прочего оказалась весьма важной проблема долговременного хранения текстов программ, описаний и прочих документов на компьютерных носителях [10]. Речь идет о сценарии архива в традиционном смысле: когда необходимо записать какие-то программы или данные для долговременного хранения (много дней, месяцев или лет).

Основными возможностями этого программного пакета являются следующие:

- запись информации на магнитную архивную ленту в стандарте ОС ЕС с возможностью дописывать информацию на частично заполненную архивную ленту;
- считывание с архивной ленты и запись на другую ленту или диск любого модуля или группы модулей по имени, дате, номеру версии и т.д.;
- наконец, эта система имела специальные способы обработки ошибок, которые позволяли восстанавливать информацию даже при очень сложных сбоях на магнитной ленте.

Система виртуальных машин

В 1988 году была установлена первая из двух ЭВМ ЕС-1046. На ней была установлена более мощная операционная система – Система виртуальных машин (СВМ).

Была развернута сеть терминалов (около 70). В основном это были алфавитно-цифровые терминалы типа ЕС-7970 и ЕС-7920. Хотя вычислительные мощности оставались недостаточными для моделирования сложных экспериментов, терминальная сеть позволяла работать сразу многим научным сотрудникам и инженерам готовить статьи, описания, а также формулировать решение проблем на языке компьютерных программ.

Во второй половине 1980-х годов не вызывало сомнения будущее широкое использование персональных компьютеров (PC). Чтобы упростить переход от традиционных компьютеров к PC, в качестве терминалов ЕС-1046 были использованы PC с эмуляционными программами, которые позволяли эмулировать терминалы ЕС-7970, копировать файлы с ЕС-1046 на PC и обратно, а также использовать дисковую память ЕС-1046 как дополнительный дисковод для PC. Тем самым была предоставлена возможность плавного перехода на настольные вычислители.

Одной из основных массовых проблем, с которой мы столкнулись в условиях заметного роста числа потребителей, была низкая надежность хранения информации на дисковых накопителях. Это происходило благодаря ненадежности аппаратных и программных компонентов вычислительной установки. Поскольку любая информация, записанная во вторичной памяти (программы или данные), представляет собой овеществленное рабочее время множества лиц, то пропадание информации является очевидной крупной потерей института.

С целью уменьшения вероятности потери информации была предпринята разработка комплекса программ [11], который позволял бы выполнять резервное копирование (в том числе инкрементальное копирование) и восстановление под полным контролем комплекса копирования. Это должно было означать, что комплекс программ копирования запускался автоматически. При запуске система сообщала, какой тип копирования необходимо выполнить сегодня. Для выполнения операции резервного копирования или восстановления не требовался квалифицированный исполнитель. Любой сотрудник, который умел ставить ленты на магнитофон, мог выполнять любые операции: программа сама сообщала, какие ленты надо ставить, и контролировала правильность установки. Во время выполнения тех или иных операций велся протокол, по которому можно было восстановить не только все действия оператора, но состояние отдельных директорий. Такой механизм использовался с 1989 по 1992 год на ЕС ЭВМ, а позже – на коммуникационном и вычислительном серверах.

Таким образом, была разработана достаточно всеохватывающая система резервного копирования, которая при таких рутинных операциях, как копирование и восстановление, оставляла на усмотрение персонала лишь абсолютно необходимый минимум, например, выбор магнитофона.

Операционная система СВМ дала массу возможностей для эксплуатационного персонала: можно было в ряде случаев вызвать для разных пользователей разные операционные системы, производить тестирование оборудования во время работы системы и т.д. Тем не менее, для конечных потребителей не произошло качественных изменений в характере использования централизованных компьютеров. Компьютер использовался в основном в качестве большого вычислителя.

UNIX

Переход на новые операционные платформы (системы типа UNIX) для высокопроизводительных и средних рабочих станций, который начался на рубеже десятилетия 1980-1990гг., был предопределен появлением микропроцессоров, выполненных по технологии RISC. Поскольку появилось сразу много типов микропроцессоров (MIPS, DEC, HP и др.), то чтобы минимизировать затраты на базовое программное обеспечение, операционная платформа должна была относительно легко разворачиваться на машинах с различной архитектурой, сохраняя при этом все накопленное богатство возможностей. К тому времени такой операционной платформой была система UNIX. До сих пор операционная платформа UNIX является фактическим стандартом – универсальной программной платформой для всех рабочих станций и многих суперкомпьютерных установок.

Постепенный переход на новые платформы (аппаратные и программные) происходил во всем мире во всех областях применения компьютеров, в том числе и в научной сфере. Так, в CERN компьютеры традиционной архитектуры mainframe (такие, как ЕС ЭВМ) закрылись в 1995 году, в DESY их планируется выключить в 1996 году. В ПИЯФ этот переход произошел ускоренными темпами ввиду отсутствия финансовых средств на постепенный переход к новым платформам и закончился в конце 1992 года.

Впервые UNIX (Xenix) в ПИЯФ стал доступен для пользователей в 1989 году на PC/386. На этой машине была установлена библиотека программ CERN. Затем, программы, освоенные на PC/386, перешли на PC/486/33 [12], а в настоящее время используются на централизованном коммуникационном сервере.

Важным моментом в переходе от централизованных систем типа mainframe к вычислительной технике на базе микропроцессоров было то, что этот переход выполняли специалисты, которые уже имели опыт на системах mainframe. Тем самым не произошло потери опыта обслуживания большого числа потребителей на централизованных вычислительных установках, что, в свою очередь, сэкономило время и усилия экспериментаторов в период перехода на новые компьютерные платформы.

Локальная сеть

На самых ранних этапах применения компьютеров в ядерной физике полагалось, что централизованная вычислительная установка должна иметь связь с экспериментальными установками. С целью объединения компьютеров в единую связную среду проводились эксперименты и в области локальных сетей. Первая сеть типа Ethernet была развернута в 1990 году (сеть "МИФИР"). Сеть состояла из 4 узлов: ЕС-1046, СМ-1300, СМ-4, ДВК-1. Примерно в то же время оформилось новое понимание компьютерной инфраструктуры института [13].

В 1993 году был реализован первый сегмент сети Ethernet на базе тонкого коаксиального кабеля 50 Ом. В сегменте было три рабочие станции и несколько X-терминалов.

В настоящее время локальная сеть института для научных исследований базируется на технологии Ethernet 10 Мбит/с по витым парам. Интерфейсы между основными зданиями института и центральным сетевым узлом реализованы с использованием оптических кабелей. В составе институтской сети насчитывается более 200 узлов. Основной протокол обмена - TCP/IP.

Централизованные серверы

Компьютерная инфраструктура ПИЯФ двигается по пути специализации централизованных серверов, находящихся в локальной сети Института. Перечислим коротко имеющиеся серверы.

Коммуникационный сервер института реализован на базе Intel/Express Pentium/60, память 64 МБ, EISA, батарея модемов, диски 5,3 ГБ, Exabyte 8200, floppy 3.5", CD ROM. На сервере зарегистрировано около 250 человек. Около 200 человек пользуются сервером каждый месяц.

Вычислительный сервер реализован на базе SGI (R3000) с памятью 224 МБ, три SCSI адаптера, диски 11.2 ГБ, Exabyte 8500, 6 процессоров. На сервере зарегистрировано 80 человек, из них более 60 пользуются сервером каждый месяц.

Сервер баз данных реализован на DEC Alpha 4/1000 266 MHz, 128 МБ памяти, 14.9 ГБ дисковой памяти, CD ROM. Сервер установлен в начале июня 1996 года. Предполагается, что этот сервер будет использоваться всеми лабораториями института для хранения научной базы данных института.

Интернет

В ПИЯФ длительное время проводились экспериментальные работы в области компьютерной связи с крупными зарубежными физическими центрами. Так, в 1987 году было проведено более десятка сеансов связи с CERN. Связь производилась с алфавитно-цифрового терминала посредством модема 2400 бод в Петербург (СПИИРАН), затем по сети АКАДЕМСЕТЬ в Москву (узел ВНИИПАС), далее по выделенным телефонным каналам на связной узел в Вену (Австрия). Налаживание каждого сеанса требовало самого квалифицированного внимания и в целом представляло собой нетривиальную процедуру.

Наконец, в марте 1994 года был реализован первый IP канал на базе телефонной линии "ИСКРА" [ПИЯФ - ИТЭф, позже Радио-МГУ(Москва)], который дал возможность пользоваться мировой компьютерной сетью Интернет. Реально достигнутая емкость линии "ИСКРА" [Гатчина-Москва] с модемами Telebit WorldBlazer составила 12 Кбит/с.

С 23 сентября 1995 года ПИЯФ имеет спутниковый IP канал емкостью 64 Кбит/с (полный дуплекс), который был реализован с помощью международного научного фонда INTAS в соответствии с проектом INTAS 93-56. Это позволило широко использовать новые возможности открывшиеся для института в Интернет.

Основными задачами института в информационной области является переработка информации о структуре материи из естественного вида в человеческий, т.е. статьи, книги, руководства и т.д. Естественно, что эффективные способы обработки данных всех видов с помощью ЭВМ являются необходимым компонентом научных исследований. Однако, принятие решений по переработке научной информации производится людьми, а не машинами. Одним из мощных стимулов ускорения выработки решений является обмен информацией между исследователями. Такой обмен осуществляется в соответствии с различными сценариями, которые реализуются соответствующими программными средствами, как-то: mail, ftp, news, www, irc, ytalk, white board, vat (аудио), nv (видео) и т.д. [14].

Основные направления

Как видно из краткого обзора работ, выполненных по развитию централизованных компьютерных ресурсов, компьютерная инфраструктура никогда не может быть полностью завершена. В связи с этим полезно отметить перспективные области в компьютерной инфраструктуре ПИЯФ.

- Естественно, что для удобства обработки вся информация должна быть представлена в электронной компьютеризированной форме. Поскольку электронных форм довольно много, то следует обеспечить средства и методы для свободного перехода (преобразования) из одной электронной формы в другую. Не вызывает сомнения, что следует иметь широкий спектр оборудования для преобразования информации из традиционных форм представления в электронные и обратно - сканеры, принтеры, видео и аудио записывающую и воспроизводящую аппаратуру. В их числе, естественно, оборудование для семинаров и презентаций.

- Важно иметь архивы данных на хорошо сохраняемых и сохраняющихся носителях, к которым имеется удобный доступ по сети. В качестве носителя архива удобно использовать роботизированную библиотеку CD дисков.

- Канал в Интернет достаточной пропускной способности является необходимым условием участия института в международном разделении научного труда.

  В соответствии со сделанными оценками, институт должен иметь к 2000 году основной канал в Интернет с пропускной способностью не менее 2 Мбит/с (полный дуплекс).

- Информационная инфраструктура (инфоструктура) института - Интранет.

Наличие соответствующего программного обеспечения для поддержания множества сценариев обмена данными позволяет использовать эти средства для внутриинститутских нужд, например, таких, как институтская доска объявлений:
- семинары;
- ученые и координационные советы: объявления и постановления;
- административные распоряжения, приказы;
- техническая информация: расписание работы реактора, ускорителя, складов, издательского и иностранных отделов, других сервисов;
- телефонные справочники;
- частные объявления, прочая информация.

- Виртуальная реальность.

  Средства виртуальной реальности позволяют формировать на экране рабочей станции трехмерную картину строящегося или уже построенного объекта с любой точки обзора: экспериментального прибора, здания, тела ядерного реактора и проч. Имеется возможность, меняя точку обзора, "путешествовать" внутри объекта и разглядывать внутренности, которые формируются динамически на экране рабочей станции в соответствии с рабочими чертежами со скоростью изменения положения точки обзора. Это позволяет экспертам путешествовать по трубам, переходам, стенам и т.д.

Заключение

Качественные различия между существующими централизованными компьютерными ресурсами и эпохой mainframe, которая закончилась в ПИЯФ в 1993 году, ни у кого не вызывают сомнений. Полезно отметить, в чем они проявляются.

Уже в 1980-х стало ясно, что для построения компьютерной инфраструктуры следует использовать готовые продукты (программные и аппаратные), которые имеются на компьютерном рынке или доступны бесплатно, такие, как пакеты GNU или CERNlib. Иными словами, достаточно неперспективно пытаться делать собственные разработки мелких компонентов, подгоняя их под какие-то частные особенности вычислительной среды; готовые изделия надо использовать такими, каковы они есть. Новые разработки и проекты в области централизованных компьютерных ресурсов должны проявляться, главным образом, в подборе имеющихся на рынке решений нижнего уровня (рабочие станции, серверы, маршрутизаторы, сетевые стандарты, программные системы, роботизированная периферия и т.д.), а также в сфере инфоструктуры.

Компьютер – это гибкое средство общения между людьми и представления данных в удобной для восприятия форме: текстовой, графической, аудио, видео и т.д. Факс, автоответчик, телевизор, телефон, радиоприемник, видеомагнитофон, усройство для звукового воспроизведения – все это легко соединяется в одном персональном компьютере. Использование компьютера вне сети представляется малорациональным, как перевозка автомобиля на конной тяге. Однако, при оценке проектов по изменению компьютерной инфраструктуры следует учитывать интегральные затраты реализации, включая стоимость дальнейшего сопровождения. Одним из следствий этого утверждения является вывод, что для большей части потребителей технологичнее использовать X-терминал вместо компьютера.

Поскольку объем информации в глобальных сетях ЭВМ больше, чем в любой библиотеке мира, то одним из важных новых элементов инфраструктуры являются специальные средства для импорта необходимой информации из глобальных сетей и экспорта информации в сети различных видов и масштабов.

Наконец, наиболее важное отличие – это рост количества сценариев взаимодействия между людьми, в которых компьютер используется в качестве операционного элемента.

Список литературы

[1] *Б.В.Бочин, Ю.В.Елкин, П.В.Неустроев.* Препринт ЛИЯФ-284, Л., 1976. 18с.

[2] *А.Е.Шевель.* Препринт ЛИЯФ-128, Л., 1974. 8с.

[3] *М.Н.Андроненко, И.И.Грачева, А.Е.Шевель.* Препринт ЛИЯФ-658, Л., 1981. 24с.

[4] *И.И.Грачева, А.А.Орешкин, А.Е.Шевель, В.А.Щегельский.* Препринт ЛИЯФ-496, Л., 1979. 16с.

[5] *Т.С.Сереброва, Л.Ф.Суворова, А.Е.Шевель, С.В.Язикова.* Препринт ЛИЯФ-302, Л., 1977. 34с.

[6] *А.Н.Лодкин, Б.Ю.Соколовский, А.Е.Шевель.* Препринт ЛИЯФ-1063, Л., 1985. 30с.

[7] *С.С.Волков, Ю.А.Доценко, Л.Г.Кудин, Н.П.Куропаткин, А.А.Орешкин, О.Е.Прокофьев, А.Е.Шевель.* Препринт ЛИЯФ-674, Л., 1981. 42с.

[8] *А.Г.Атаманчук, В.И.Беневельский, И.И.Грачева, Н.М.Гулина, С.Г.Долгобродов, А.Н.Лодкин, П.В.Неустроев, А.А.Орешкин, Е.М.Орищин, Т.С.Сереброва, Н.А.Серегин, Б.Ю.Соколовский, Е.В.Фотьева, А.Е.Шевель.* //Автометрия, 1986. No.4. С.45-49.

[9] *А.Е.Шевель.* //Программирование, 1986. No.1. С.31-37.

[10] *И.И.Грачева, А.Н.Лодкин, А.Е.Шевель.* Препринт ЛИЯФ-914, Л., 1983. 21с.

[11] *С.А.Куликов, А.Е.Шевель.* //Управляющие системы и машины, 1991. No.6. С.133-135.

[12] *А.Н. Лодкин, А.А. Орешкин, Т.С. Сереброва, А.Е. Шевель.*//Труды конференции. Дубна, 1993. С.114-116.

[13] *А.Е. Шевель.* Препринт ЛИЯФ-1647, Л., 1990. 12с.

[14] *А.Е. Шевель.* //Материалы Юбилейной XXX Зимней школы ПИЯФ, С-Пб, 1996. С.247-263.