

5215/2-79



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований

дубна

14/2-79

M-483

11 - 12292

И.М.Мельниченко, Н.Ю.Шкобин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

1979

11 - 12292

И. М. Мельниченко, Н. Ю. Шкобин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА
ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Мельниченко И.М., Шкобин Н.Ю.

11 - 12292

Автоматизированная система производства печатных плат

Рассматриваются основные вопросы создания автоматизированной системы производства печатных плат и сформулированы основные принципы ее построения. Описывается построение комплекса оборудования и состав математического обеспечения; приведены основные сведения о технологических процессах; систематизированы ранее опубликованные данные.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Meľnichenko I.M., Shkobin N.Yu.

11 - 12292

Automatic Circuit Fabrication System

The principle problems of creating automatic fabrication system of circuits are considered. The basis principles of its construction are formulated. The equipment complex and software are described. The main information on technological processes is given. The earlier reported information has been systematized.

The investigation has been performed at the Department of New Methods of Acceleration, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

ВВЕДЕНИЕ

В связи с непрерывным усложнением электронных схем, расширением их номенклатуры и, во избежание "морального" старения, необходимостью сокращения сроков изготовления особое значение приобретает автоматизация процесса изготовления печатных плат. Причем наибольший эффект от применения автоматизированной системы производства /АСП/ печатных плат достигается при опытно-конструкторских разработках, а также при индивидуальном и мелкосерийном производстве.

На протяжении нескольких лет в ОНМУ постепенно наращивался комплекс оборудования по производству печатных плат, отрабатывался и совершенствовался технологический процесс. Параллельно с этим создавалось необходимое математическое обеспечение, позволяющее на базе полуавтомата АДМАП автоматизировать основные операции.

К настоящему времени АСП приняла законченный вид отвечает требованиям современного производства. В данной работе, являющейся итоговой, рассмотрены основные вопросы создания АСП, построения комплекса оборудования и структуры математического обеспечения; приведены некоторые сведения о технологических процессах; систематизированы ранее полученные данные.

1. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Эффективность создания, эксплуатации и развития автоматизированной системы производства печатных плат определяется теми принципами, которые реализованы в системе. На основе анализа опыта создания и эксплуатации данной АСП сформулируем следующие основные принципы ее построения.

1. Совместимость ручного и автоматизированного режимов производства. Использование этого принципа позволяет заменить один режим другим, более производительным, без изменения идеологии производства и снижает затраты труда на дальнейшую модернизацию автоматизированной системы.

2. Относительная автономность частей системы. С одной стороны, этот принцип предусматривает организацию независимого ввода исходных данных для данной части системы, что является необходимым условием автономности создания этой части и ее эксплуатации; с другой стороны, в каждой части системы необходимо предусмотреть согласование входной информации с необходимой выходной информацией предыдущих частей. Таким образом, принцип относительной автономности позволяет расширять и усложнять систему автоматизации производства параллельно с ее эксплуатацией.

3. Минимальность взаимодействия системы с внешней средой. Использование данного принципа предусматривает минимизацию объемов входной и выходной информации, а также количества взаимодействий системы с внешней средой за счет выполнения ряда условий, основными из которых являются:

а/ одноразовый ввод данных с помощью накопления массивов информации во внешней памяти ЭВМ;

б/ ввод данных в свернутом виде;

в/ увеличение времени непрерывной автоматической работы частей системы, что позволяет исключить ввод промежуточной информации и ввод новых данных в систему;

г/ повышение достоверности входной информации; для устранения ошибок в исходной информации используются различные виды контроля, в том числе синтаксический и семантический;

д/ автоматизация внесения изменений в исходные данные, т.к. оперативный характер внесения изменений сулит огромный экономический эффект.

4. Оперативность взаимодействия системы с внешней средой. Такая возможность крайне необходима на стадии включения новой части в систему и при использовании интерактивного режима контроля со стороны оператора.

5. Иерархичность построения программных средств. Данный принцип позволяет снижать затраты труда на создание и модернизацию за счет упорядочивания управляющих связей между частями системы.

Функционально автоматизированная система производства печатных плат делится на следующие составные части:

а/ комплекс оборудования по производству печатных плат;

б/ систему математического обеспечения.

Технологические процессы в работе не рассматриваются.

2. КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Комплекс оборудования подразделяется на следующие основные объекты:

а/ малая ЭВМ;

б/ полуавтоматы АДМАП;

в/ фотолаборатория;

г/ химическая лаборатория.

В соответствии с этим оборудование разнесено территориально и занимает 4 помещения. Схема оборудования комплекса по производству печатных плат приведена на *рис. 1*.

Для последовательности и ясности дальнейшего изложения рассмотрение объектов проведем обособленно.

2.1. Малая ЭВМ

В качестве активного компонента АСП используется малая ЭВМ типа PDP-8L. Принципиально возможно использование других типов ЭВМ как аналогичной /ТРА-1001, ТРА-1, "Электроника-100"/, так и иной /ТРА-70,М-6000,ЕС-1010/ архитектуры. Выбор малой ЭВМ не случаен и вызван малой коммерческой стоимостью единицы времени работы, высокой расширяемостью по внешним устройствам и широким ассортиментом последних.

Процессор PDP-8L имеет магнитное оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках емкостью 8 192 /8К/ 12-разрядных слов /цикл обращения к памяти - 1,6 мкс/. Кроме того, ЭВМ оснащена долговременными запоминающими устройствами - магнитофонами ТУ-55 /4 лентопро-тяжных механизма/, управление которыми осуществляется с помощью устройства ТСО-1.

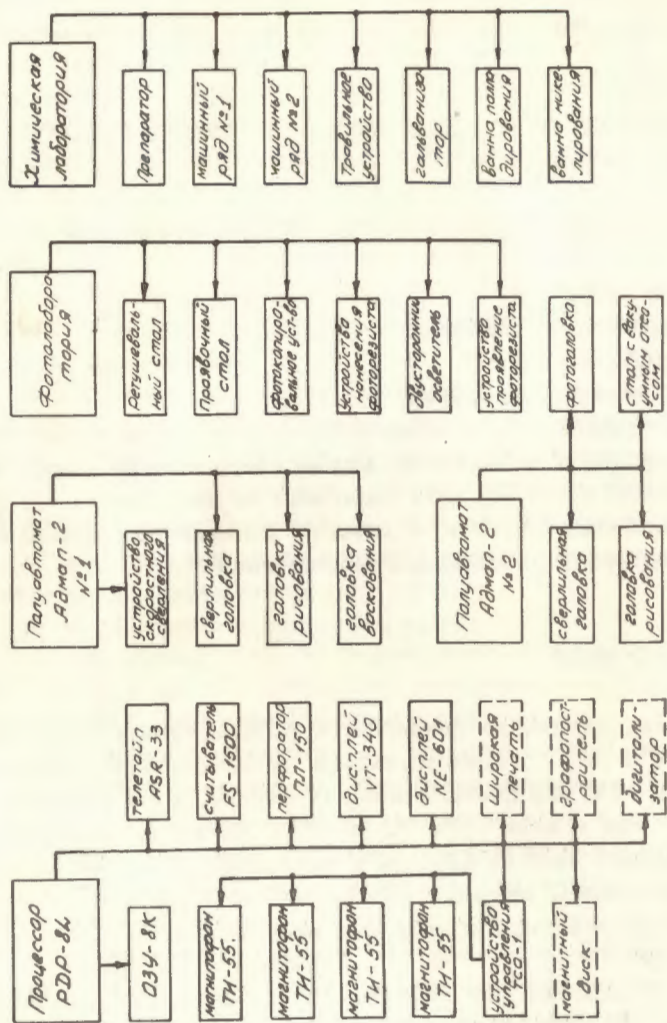


Рис.1. Схема оборудования комплекса по производству печатных плат.

Оправданно и целесообразно применение магнитного диска, так как позволит существенно сократить время работы программ и обеспечить удобства в пользовании системой математического обеспечения.

Особое внимание было уделено обоснованному расширению периферийного оборудования, т.к. оно определяет возможности системы в целом. Ниже перечислено используемое в настоящее время периферийное оборудование:

- телетайп ASR-33 - устройство диалога между оператором и ЭВМ; устройство для получения машинной документации; считыватель исходной и перфоратор результирующей информации;
- дисплей "Видеотон-340" - устройство диалога на русском и английском языках; алфавитно-цифровой дисплей;
- считыватель FS-1500 - устройство считывания с перфолент программ, а также исходной и результирующей информации;
- перфоратор ПЛ-150 - устройство перфорации на перфоленте результирующей информации;
- дисплей NE-601 - устройство визуального отображения исходной информации; растровый дисплей.

Для получения машинной документации целесообразно использовать широкую печать /листинги символических описаний/ и графопостроитель /чертежи печатных плат/. Многообещающим является применение и подключение к ЭВМ дигитализатора, позволяющего преобразовывать графическую информацию в дискретную. В результате значительно ускоряется процесс кодирования и получения исходной информации.

2.2. Полуавтомат АДМАП

Полуавтомат АДМАП является основным объектом автоматизации и позволяет реализовать следующие операции:

- сверление отверстий /несколько размеров/;

- зенкование отверстий;
- воскование /защиту/ металлизированных отверстий;
- нанесение кислотоупорной краской рисунка печатной схемы на фольгированный диэлектрик;
- изготовление фотооригиналов печатных плат.

Данные операции выполняются с помощью следующих сменных технологических приспособлений:

- а/ сверлильной головки;
- б/ головки воскования;
- в/ головки рисования;
- г/ фотоголовки.

Полуавтомат АДМАП, используемый для изготовления фотооригиналов, дополнительно укомплектован столом с вакуумным отсосом. Кроме того, на одном из полуавтоматов АДМАП установлено устройство, позволяющее сверлить отверстия со скоростью 40000 об/мин /с обычной головкой сверления - 10000 об/мин/ и тем самым повысить качество металлизации отверстий. Дополнительно установлен счетчик количества отверстий, осуществляющий контроль операции сверления.

2.3. Фотолаборатория

В состав оборудования фотолаборатории включены устройства, выполняющие следующие основные процессы и операции:

- изготовление фотооригиналов /стола проявочный и для ретуши/;
- изготовление фотошаблонов /фотокопировальное устройство, столы проявочный и для ретуши/;
- нанесение фоторезиста на фольгированный диэлектрик методом "окунания" /специальное устройство, снабженное подъемным устройством, задатчиком скорости извлечения и сушильным отсеком/;
- экспонирование заготовки печатной платы /двусторонний осветитель на ртутных лампах, оборудованный таймером/;
- проявление печатных плат /проявочное устройство, дополненное водяным душем/.

2.4. Химическая лаборатория

Химическая лаборатория представлена широким ассортиментом оборудования, поэтому последовательно рассмотрим каждое из устройств, кратко характеризуя выполняемые операции.

Препаратор заготовок печатных плат включает в себя ванну, оборудованную водяным душем, и шлифовальную машинку. Очистка поверхностей печатных плат осуществляется водостойкой шлифовальной бумагой во влажной среде с применением порошка.

Машинный ряд /1, 2/ конструктивно выполнен в виде стола, оснащенного набором чанов из пластмассы и нержавеющей стали, обогревателями чанов и лотками для промывки водой. Заготовкам придается движение качания. Основное назначение:

- а/ подготовка поверхностей печатных плат;
- б/ химическое осаждение металлического покрытия.

Гальванизатор предназначен для наращивания электрохимическим методом металлического покрытия /меди/ на заготовках печатных плат. Используется гальванизирующая ванна пирофосфатного типа; дополнительно осуществляется барботирование воздухом, обогрев ванны и поступательное движение заготовки.

Вертикальное травильное оборудование периодического действия позволяет формировать с помощью травильного раствора рисунок печатной схемы, защищенный кислотоупорными покрытиями. Раствор /хлорное железо/ от насоса по трубопроводу подается к распылительным головкам и попадает на обрабатываемую поверхность в виде душа. Заготовке придается комбинированное вращательное движение и движение качания. Устройство снабжено обогревателем раствора и регулятором подачи.

Ванны никелирования и палладиования одинаковы по устройству, различаются только используемыми растворами, формой и типом электродов; предназначены для нанесения электрохимическим методом контактных покрытий на печатные разъемы. Заготовкам придается поступательное движение. Ванны снабжены обогревателями.

3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСП

Математическое обеспечение АСП состоит из набора программ, позволяющих в полной мере использовать возможности полуавтомата АДМАП.

Основные характеристики математического обеспечения /МО/:

Язык программ: PAL-III.

Ячейки памяти, занимаемые программами: 0000-6777₈.

Объем промежуточного буфера: 4096₁₀ ячеек.

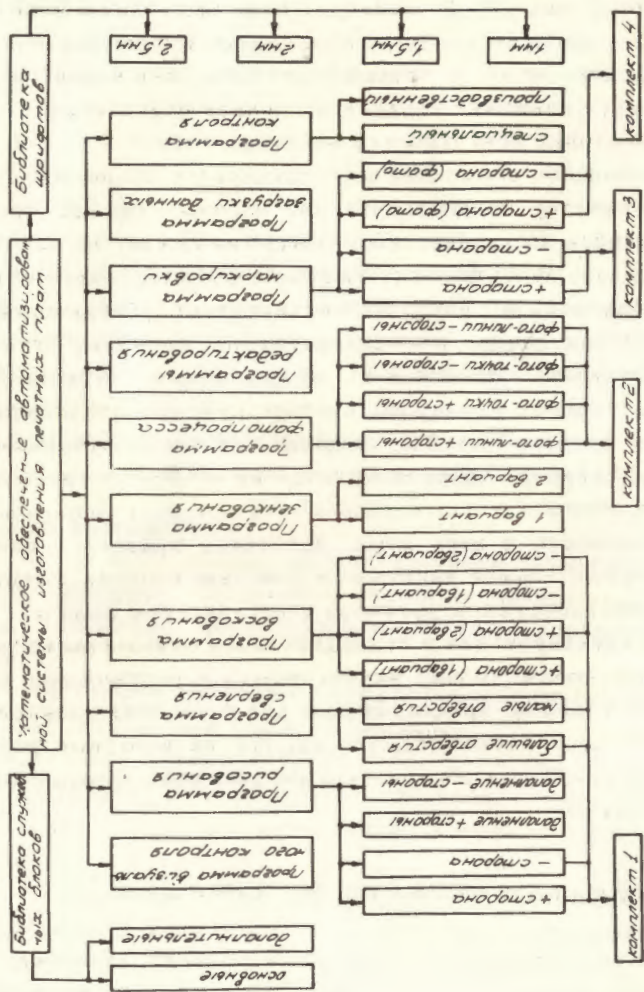


Рис. 2. Структура математического обеспечения автоматизированной системы производства печатных плат.

Общение оператор-ЭВМ посредством диалога на телетайпе или алфавитно-цифровом дисплее.

Язык диалога - по желанию пользователя: английский или русский.

Основной носитель информации: перфолента.

Вспомогательный носитель информации: магнитная лента.

Исходная информация: описание печатной схемы или описание маркировки печатной схемы посредством символического языка в кодах ASC-II.

Выходная информация: управляющие перфоленты в кодах полуавтомата АДМАП, снабженные служебной информацией по форме LEGIBLE PUNCH.

Служебная информация: библиотека служебных блоков и библиотека шрифтов на магнитной ленте.

Объем символических описаний: не лимитируется.

Перемещение технологических приспособлений-оптимизированное.

Минимальный работоспособный комплект внешних устройств: телетайп ASR - 33; магнитофоны TU-55 /2 механизма/.

Математическое обеспечение строится на базе автономных, но взаимосвязанных программ, записанных на магнитной ленте. Структура МО автоматизированной системы производства печатных плат приведена на рис. 2. Кратко рассмотрим программы в последовательности, соответствующей порядку их работы.

3.1. Программы редактирования

Программы редактирования подразделяются на 2 группы:

а/ программа, предназначенная для первоначального получения описания печатной схемы /описания маркировки/ на перфоленте; аналогична программе SYMBOLIC EDITOR;

б/ программа, предназначенная для последующей коррекции символических описаний на магнитной ленте, реализует исключение и добавление элементов описания /б/.

Кроме того, программы редактирования наделены следующими функциями:

- а/ получение отредактированных перфолент;
- б/ получение листингов символического описания.

Информация автоматически подвергается коррекции с целью получения символических описаний в свернутом виде.

3.2. Программа загрузки данных

Предназначена для ввода описаний печатных схем и описаний маркировки в память ЭВМ с последующей переписью на магнитную ленту во внутреннем формате системы. Параллельно вводу осуществляется синтаксический и семантический контроль информации. Дополнительно загрузчик наделен функциями построчного редактирования. По мере необходимости информация, входящая в библиотеку служебных блоков, считывается с магнитной ленты.

Программа загрузки данных имеет специальный режим работы, дающий возможность реализовать геометрический ввод информации с полуавтомата АДМАП. Этот метод позволяет кодировать небольшие /по объему описаний/ печатные схемы /получение исходной информации в кодах полуавтомата АДМАП без использования программ редактирования/ или, что более целесообразно, оперативно корректировать управляющие перфоленты. При вводе информации осуществляется ее преобразование во внутренний формат; вводимая информация контролируется; значения координат по желанию пользователя округляются до целых значений.

При дальнейшей работе программ математического обеспечения в качестве исходной используется только информация, записанная на магнитной ленте.

3.3. Программа визуального контроля печатных схем

Программа предназначена для визуального контроля на экране растрового дисплея топологии выбранной стороны печатной схемы и при обнаружении ошибок позволяет оперативно корректировать символическое описание. Для большего удобства в работе допускается смена масштаба изображения /увеличение 2х, 4х/.

Основными функциями программы являются:

- а/ формирование изображения топологии;
- б/ генерация изображения;
- в/ обслуживание сигналов прерывания от дисплея.

Дисплей растровой системы получает информацию, необходимую для отображения топологии, из оперативной памяти ЭВМ /каждой точке растра соответствует один бит памяти/. Используется растр 240 x 180 точек.

С помощью данной программы может быть проверена и отлажена как топология печатной схемы, так и ее маркировка.

3.4. Транслятор

Транслятор включает в себя программы

- а/ рисования,
- б/ сверления,
- в/ воскования,
- р/ зенкования

и позволяет получить управляющие перфоленты для реализации на полуавтомате АДМАП метода Panel plating

Программа рисования выбирает из символического описания соединения и контактные площадки, принадлежащие рассматриваемой стороне, осуществляет перевод информации из кодов внутреннего формата в управляющие коды полуавтомата АДМАП. Для плат ответственного назначения используются режимы дополнения позитивной или негативной сторон: при просмотре символического описания выявляются отсутствующие на данной стороне контактные площадки и перфорируются соответствующие управляющие перфоленты.

Результатом работы программы сверления являются управляющие перфоленты для сверления больших и малых отверстий /деление условно, в данном случае принят диаметр сверла 0,8 и 0,6 мм соответственно/.

Для выполнения на полуавтомате АДМАП операции защиты металлизированных отверстий с помощью программы воскования получают соответствующие управляющие перфоленты для позитивной и негативной сторон печатной платы /большие и малые отверстия обрабатываются совместно/. Применена двухвариантная система отбора:

- а/ защита всех отверстий печатной платы /печатные платы ответственного назначения/;

б/ защита отверстий для соединения сторон печатной платы.

Режим зенкования отверстий может быть осуществлен на полуавтомате АДМАП после специальной установки величины выхода сверла /установка сверла или перемещение концевых выключателей/. В зависимости от количества зенкуемых отверстий возможны 2 режима работы:

а/ зенкование специально описанных отверстий;

б/ зенкование отверстий, не вошедших в специальное описание.

3.5. Программа фотопроцесса

Для изготовления на полуавтомате АДМАП фотооригиналов печатных плат необходимы специальные управляющие перфоленты, получаемые программой фотопроцесса и позволяющие управлять не только перемещением фотоголовки, но и ее световым лучом. С учетом многих специфических факторов изготовление фотооригиналов печатных плат подразделяется на 4 операции экспонирования:

а/ экспонирование соединений позитивной стороны;

б/ экспонирование контактных площадок позитивной стороны;

в/ экспонирование соединений негативной стороны;

г/ экспонирование контактных площадок негативной стороны.

Имеется возможность задания 8 фиксированных значений ширины соединений и диаметров контактных площадок /по желанию пользователя фиксированные значения могут быть изменены/.

3.6. Программа маркировки печатных плат

Печатные платы должны быть снабжены соответствующей маркировкой /надписями, символами/. Данный процесс также может выполняться полуавтоматом АДМАП с помощью управляющих перфолент, полученных программой маркировки. Нанесение надписей может производиться как на позитивную, так и на негативную сторону печатной платы, причем во втором случае производится рекомбинация надписи и разворот символов. Возможна горизонтальная и вертикальная ориентация символов.

В зависимости от метода нанесения маркировки различаются управляющие перфоленты:

а/ с нанесением маркировки непосредственно на фольгированный диэлектрик;

б/ с нанесением маркировки фотоспособом.

Программа при своей работе использует библиотеку шрифтов.

3.7. Программа контроля

Программа предназначена для выявления пригодности использования данной перфоленты на полуавтомате АДМАП. Применяется "обезличенный" контроль, т.е. независимо от режима получения перфоленты контролируются только управляющие коды, остальная информация опускается. Возможны два варианта контроля:

а/ производственный, определяющий пригодность управляющей перфоленты и не локализирующий ошибки;

б/ специальный, позволяющий выявить тип ошибки и источник ее возникновения.

3.8. Комплекты управляющих перфолент

С целью автоматизации труда операторов возможно использование режима получения комплектов управляющих перфолент. При этом исходная информация задается только в начале работы по программе. Переход из режима в режим /от программы к программе/ производится автоматически.

Имеется 4 комплекта управляющих перфолент:

1. Для изготовления печатных плат методом Panel plating.

2. Для изготовления фотооригиналов печатных плат.

3. Для маркировки печатных плат непосредственно на фольгированном диэлектрике.

4. Для маркировки фотооригиналов печатных плат.

3.9. Библиотека математического обеспечения

Используются библиотеки 2 типов /записаны на магнитной ленте/:

а/ служебных блоков;

б/ шрифтов.

Библиотека служебных блоков подразделяется на основную и дополнительную. В состав основной библиотеки включены: цифры, буквы латинского и русского алфавита, знаки, разводка интегральных схем, печатные разъемы. Дополнительная библиотека составляется пользователем и содержит описание повторяющихся частей печатной схемы.

Библиотека шрифтов строится из букв латинского алфавита, дополненного буквами русского алфавита, арабскими и римскими цифрами, специальными знаками. В составе библиотеки 4 размера шрифтов:

а/ шрифты с высотой знаков 2 мм и 2,5 мм используются для дальнейшего мультиплицирования и получения 8 размеров шрифтов;

б/ шрифты с высотой знаков 1 мм и 1,5 мм используются только при фотоспособе и не подвергаются мультиплицированию.

Начертание символов соответствует ГОСТу 2930-62 и выполняется без наклона к основанию строк.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время автоматизированная система производства печатных плат успешно эксплуатируется в ОНМУ и позволяет сократить продолжительность процесса преобразования печатная схема - печатная плата в 3-4 раза.

В дальнейшем рассмотренный вариант АСП будет модернизироваться и расширяться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов В.М., Эсенски Й. ОИЯИ, 10-6146, Дубна, 1971.
2. Шкобин Н.Ю., Эсенски Й. ОИЯИ, 11-8166, Дубна, 1974.
3. Мельниченко И.М., Шкобин Н.Ю. ОИЯИ, 10-9494, Дубна, 1976.
4. Шкобин Н.Ю. ОИЯИ, 10-9553, Дубна, 1976.
5. Гурский В.И., Мельниченко И.М., Шкобин Н.Ю. ОИЯИ, 11-12275, Дубна, 1977.
6. Шкобин Н.Ю. ОИЯИ, 11-12274, Дубна, 1977.
7. Мельниченко И.М., Шкобин Н.Ю. ОИЯИ, 11-12291, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел