

М 498237

ГОСКОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ
Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана

На правах рукописи

РОЗИНОВ ВАДИМ ЛЬВОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ К ВЫПУСКУ НОВЫХ КЛАССОВ
НАУКОЕМКИХ ИЗДЕЛИЙ (НА ПРИМЕРЕ ИЗДЕЛИЙ МИКРО-
ЭЛЕКТРОНИКИ).

08.00.28

- Организация производства
(промышленность)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук.

Москва

1991г.



Работа выполнена в Московском ордена Трудового Крас-
ного Знамени институте электронной техники.

Научный руководитель доктор технических наук,
профессор Проскуряков А. В.

Официальные оппоненты доктор технических наук,
профессор Брюнин В. Н.
кандидат экономических наук,
доцент Абрамов Ю. А.

Ведущее предприятие - Институт точной механики и вычи-
слительной техники Академии наук СССР.

Защита состоится "17" октября 1991 г. в 10 час.
на заседании специализированного совета К 053.15.16. в Москов-
ском государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана
по адресу: 107005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д. 5.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заве-
ренный печатью, просим выдать по указанному адресу.

ся в библиотеке
о университета

1991 г.

М 498237

Садовская Т. Г.

Тираж экз.
МГТУ им. Н. Э. Баумана

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность исследования. Прогресс современного общества характеризуется возрастанием роли так называемых "высоких" (научно-технических) технологий. Особенностью наукоемкой продукции является то, что значительная ее часть выпускается на заказ, что влечет за собой увеличение роли средне- и мелкосерийного производства в условиях расширения номенклатуры выпускаемых изделий. Гибкое удовлетворение запросов потребителей наукоемкой продукции достигается за счет внедрения новых научно-технических решений, на основе которых отрабатываются унифицированные технологические процессы, и использования нетрадиционных подходов к индивидуальной обработке партий изделий. Отмеченные тенденции прослеживаются практически во всех отраслях современного машиностроения и особенно в наиболее динамичном его секторе - электронной промышленности.

Займствование готовых технических решений в области микроэлектроники не всегда приводит к быстрому достижению требуемого результата - выпуску изделий в необходимой номенклатуре. Для определенных классов изделий не менее важной стороной является чисто организационный аспект производства. Типичными представителями таких изделий являются заказные большие интегральные схемы (БИС), занимающие все большее место в общем выпуске микросхем и служащие основой вычислительных устройств, определяющих уровень развития информатики и электроники. Традиционные организационные принципы построения производства микросхем не являются оптимальными при выпуске специализированных БИС, разрабатываемых на заказ. В частности, сложившийся подход к организации производства микросхем не позволяет полностью реализовать обусловленный техническими решениями потенциал заказных БИС - прежде всего с точки зрения обеспечения гибкости, а следовательно, и соответствующей организационной готовности производства. Это несоответствие уже привело к задержке выполнения ряда крупных программ в области вычислительной техники. Необходимость поиска решений для устранения несоответствия между техническими и организационными аспектами производства важнейших изделий микроэлектроники, а также отсутствие апробированных организационных способов решения проблемы обусловили выбор темы диссертационной работы.

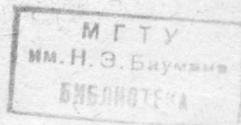
Цель и задачи исследования. Основная цель работы заключа-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1498237

Розин В. П. Повышение уров



ется в разработке теоретических и методологических положений, а также практических рекомендаций по совершенствованию организации производства полузаказных матричных БИС, позволяющих повысить степень организационной готовности соответствующих производственных систем и в конечном итоге обеспечить выпуск широкой номенклатуры вновь разработанных изделий за короткий промежуток времени. Для выполнения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие основные задачи:

- 1) выявление особенностей и организационно-технической сущности разработки и выпуска полузаказных БИС;
- 2) детализация понятия организационной готовности производственных систем;
- 3) исследование и анализ диалектического взаимодействия принципов организации высокопроизводительных производственных процессов в приложении к выпуску мелкосерийной номенклатуры полузаказных матричных БИС;
- 4) обоснование применения принципиально новых способов обработки изделий для сокращения цикла СОНТ матричных БИС;
- 5) разработка методологических положений по организации выпуска полузаказных БИС при межотраслевом взаимодействии предприятий заказчика и изготовителя с целью удовлетворения спроса на новые разработки БИС;
- 6) обоснование организационной процедуры создания диверсифицированных модулей на предприятиях электронной промышленности;
- 7) разработка экономико-математических моделей, позволяющих провести оптимизацию выпускаемой номенклатуры БИС, обосновать величину себестоимости принципиально новых изделий и описать функционирование производственной системы, реализующей выпуск полузаказных БИС.

Предмет и объект исследования. Объектом настоящего исследования является совокупность основных проектных и производственных процессов, реализуемых при выпуске полузаказных микросхем. Предмет исследования составляет организация цикла создания и освоения новой техники в приложении к выпуску широкой номенклатуры малых серий полузаказных матричных БИС.

Методы исследования. Теоретической и методологической основой диссертационной работы являются методы логического, морфологического и функционально-стоимостного анализа, а также теории массового обслуживания и регрессионного моделирования.

Научная новизна работы заключается в предложении и обосновании применения нетрадиционных организационных форм производства новых классов наукоемких изделий в виде диверсифицированных функционально-интегрированных подразделений, в которых были бы сосредоточены разработка и финишные этапы изготовления полузаказных микросхем, функционирующих в автономном режиме на основе прямого интерфейса с заказчиком с одной стороны и потребления унифицированного полуфабриката от "материнского" предприятия с другой, при отказе от традиционных для микроэлектроники принципов максимальной технологической специализации и непрерывности производства.

Практическая ценность работы заключается в обосновании организации специализированных модулей по выпуску матричных БИС в виде малого предприятия, обеспечивающего наибольшую гибкость производства; в разработке методических положений, позволяющих проводить организацию СМ как на базовых предприятиях электронной промышленности, так и на предприятиях смежных приборостроительных отраслей; в обосновании применения комбинированного способа изготовления полузаказных БИС, обеспечивающего сокращение длительности цикла разработки и освоения; в создании структуры экономико-математической модели СМ, позволяющей проводить оптимизацию важнейших параметров производственного процесса.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на 1-ом Всесоюзном межотраслевом семинаре по полузаказным БИС (Гурауф, май 1989г.), на научных семинарах кафедры "Экономика и организация производства" Московского института электронной техники, на научно-техническом совете НИИ молекулярной электроники.

Реализация работы. Сформулированные в диссертационной работе методические положения внедрены и используются на заводе "Микрон" НПО "Научный центр", в Научно-исследовательском центре электронно-вычислительной техники НПО "Персей" и в Ереванском НИИ математических машин НПО "Севан". Согласно расчетам ожидаемый экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы, подтвержденный актами, составляет 431 тыс. руб.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликованы четыре печатные работы.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав с выводами, заключения с итоговыми выводами, списка использованной литературы и содержит 117 страниц машино-

писного текста, в том числе 39 рисунков и 13 таблиц, библиография включает 29 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Логическая структура диссертационной работы представлена на рис. 1.

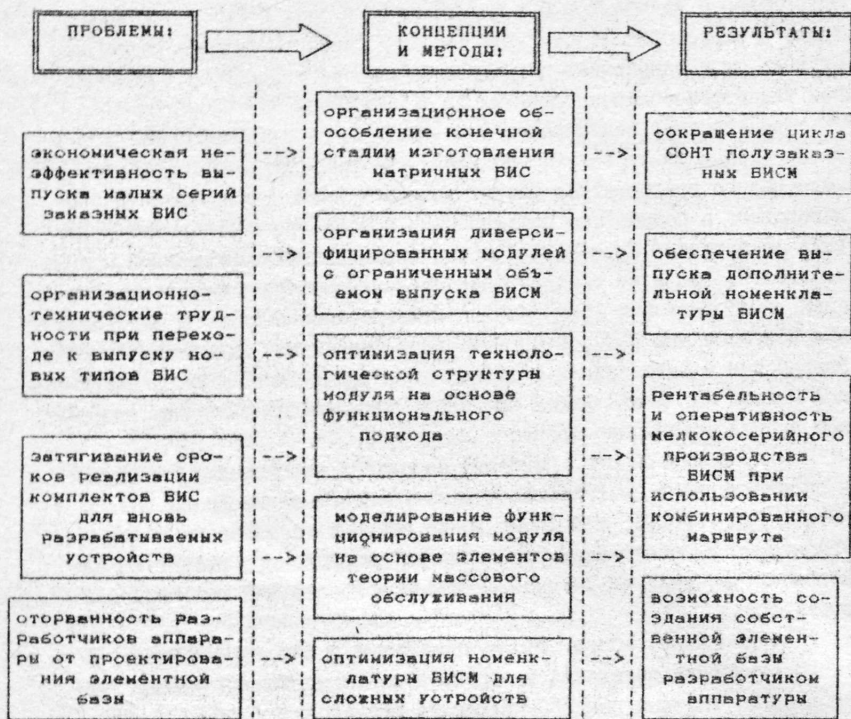


Рис. 1. Логическая структура диссертационной работы.

Во введении обосновывается актуальность проблемы повышения организационной готовности современных производственных систем, предназначенных для выпуска изделий с увеличенной наукоемкостью, уточнена конкретная область исследования - организация производства изделий электронной техники (микросхем).

В главе 1 "Влияние тенденций развития микроэлектроники на

организационные формы создания элементной базы вычислительной техники" рассмотрены и проанализированы современные тенденции в организации разработки микросхемной элементной базы средств вычислительной техники (ВТ).

Дана классификация микросхем по признаку организации разработки и производства. Особо подчеркнута возрастающая роль специализированных заказных БИС, приобретающих все большее значение при создании новых устройств ВТ. Характерными особенностями заказных БИС является их мелкосерийность при росте номенклатуры типоминиалов. Данная тенденция имеет более широкую, чем микросхемотроника, область проявления и присуща практически всем отраслям машиностроения, выпускающим изделия с повышенной наукоемкостью.

Полная величина себестоимости микросхемы состоит из двух частей:

$$S = K / N + S_u \quad (1)$$

где K - величина средств на разработку и создание технологической документации,

N - объем производства микросхем за первые два года выпуска,

S_u - себестоимость изготовления одной серийной микросхемы, определяемая переменными затратами.

Для массовых объемов выпуска микросхем величина затрат на разработку не является критичной. Однако по мере уменьшения программы выпуска первое слагаемое (1) приобретает все больший удельный вес. Происходит и абсолютный рост стоимости разработки, обусловленный объективным увеличением степени интеграции микросхем. Возникает ситуация, когда расходы и сроки разработки заказных БИС становятся непомерно высокими для большинства заказчиков. Выходом стал переход на полузаказной подход к разработке специализированных БИС. Наиболее популярным его воплощением стал метод базового матричного кристалла (БМК), заключающийся в использовании универсальной заготовки-полуфабриката, представляющей собой матрицу одинаковых наборов компонентов, электрически не связанных между собой. Для создания конечного продукта - матричной БИС (БИСМ) - необходимо обеспечить коммутацию этих компонентов между собой. Технологически это выполняется на заключительных этапах обработки полупроводниковых пластин, имеющих значительно меньшую, чем предыдущие этапы, длительность и трудоемкость.

Весьма убедительна аналогия метода БМК с применяемым в точном машиностроении методом универсально-наладочных приспособлений (УНП), при использовании которого ряд функционально различных

деталей конструируется таким образом, чтобы каждая деталь реализовалась путем сборки базовой заготовки и сменяемых наладочных приспособлений.

Преимущество БИСМ не только в сокращении длительности изготовления, но и в значительном уменьшении времени разработки, т. к. использование регулярной матрицы компонентов и унифицированной библиотеки логических элементов позволяет максимально формализовать, а следовательно и автоматизировать процесс проектирования.

В силу относительной простоты реализации метод БМК является оптимальным для выпуска малых серий специализированных БИС. Во второй половине 80-х годов темпы роста выпуска матричных БИС составляли 20-25% в год, объем мирового рынка БИСМ на 1991г. оценивается величиной 3,3 млрд. долларов.

Анализ существующей в отечественной электронной промышленности системы освоения новых изделий показал, что имеющийся уровень организационной готовности производства не обеспечивает полной реализации присущих матричным БИС преимуществ. Под важнейшими характеристиками организационной готовности производственной системы подразумеваются длительность цикла создания и освоения новой техники (СОИТ) и степень гибкости при переходе от изготовления одного типоминимала к другому. Сделан вывод о необходимости реализации нетрадиционных подходов к организации выпуска полузаказных БИС.

Проанализирована существующая типовая организационная структура цикла СОИТ БИСМ в объединении "НИИ-завод". Показано, что существенным моментом, ухудшающим гибкость производства и длительность цикла СОИТ, является организационная разорванность подразделений НИИ и завода, участвующих в разработке и изготовлении БИСМ. Традиционная структура управления громоздка и не обеспечивает необходимой гибкости производства БИСМ. Особую роль для обеспечения гибкости выпуска БИСМ приобретает оперативное взаимодействие непосредственных исполнителей совместных работ на предприятиях заказчика и изготовителя.

В главе сделан вывод о необходимости обеспечения замкнутости цикла СОИТ матричных БИС и обеспечения единой системы организационной поддержки, эффективно реализуемых в условиях локализованных производственных структур.

В главе 2 "Концепция организации специализированных модулей по разработке и изготовлению полузаказных БИС" выдвинуты и обоснованы методологические положения по конкретным формам организа-

ции выпуска матричных БИС, обеспечивающие повышение уровня организационной готовности вновь реализуемых производственных систем.

Проведен анализ принципов организации производственных процессов в сопоставлении с особенностями выпуска матричных БИС. Многофакторное сравнение организационно-технических и экономических параметров выпуска универсальных микросхем и БИСМ показал, что матричные БИС, имея повышенную сложность и наукоемкость, характеризуются также значительно большими, чем у универсальных ИС, уровнем стандартизации и унификации, в то время, как объем выпуска БИСМ в штуках для типового предприятия электронной промышленности как минимум на порядок меньше выпуска универсальных микросхем. Повышенная сложность матричных БИС требует высокой квалификации и специализации инженерно-технического персонала на различных этапах производства, как правило не обеспечиваемой в условиях цехов серийного производства. С другой стороны невозможно и полное переключение инженерных кадров НИИ на решение чисто производственных задач. При реализации цикла СОНТ матричных БИС существенно возрастает роль конструкторского сопровождения разработок, т.к. в условиях оперативного изготовления заказных разводок БИСМ технические вопросы тесно переплетаются с организационными, а существующие на предприятии функциональные управленческие службы из-за некомпетентности в технических вопросах перестают работать "в реальном масштабе времени". Поточное производство в цехах основного производства ориентировано на непрерывный выпуск одних и тех же типономиналов ИС с относительно малой по сравнению с матричными БИС степенью инновации номенклатуры. Система оперативно-календарного планирования и управления серийных цехов не приспособлена к выпуску строго регламентированной заказчиком мелкосерийной номенклатуры БИСМ.

Приведенные результаты анализа наряду с учетом многообразия функционально-технологических этапов цикла СОНТ БИСМ дали основание сделать вывод о необходимости реализации производственной системы по выпуску БИСМ в виде диверсифицированной, локализованной и автономной функционально-интегрированной структуры, замыкающей в себе разработку и заключительные (начиная с индивидуальной коммутации путем формирования слоев металлизированных межсоединений) этапы изготовления БИСМ, включая прямое взаимодействие с заказчиком (рис. 2). Такая структура названа автором специализированным модулем (СМ) по выпуску БИСМ. При создании СМ

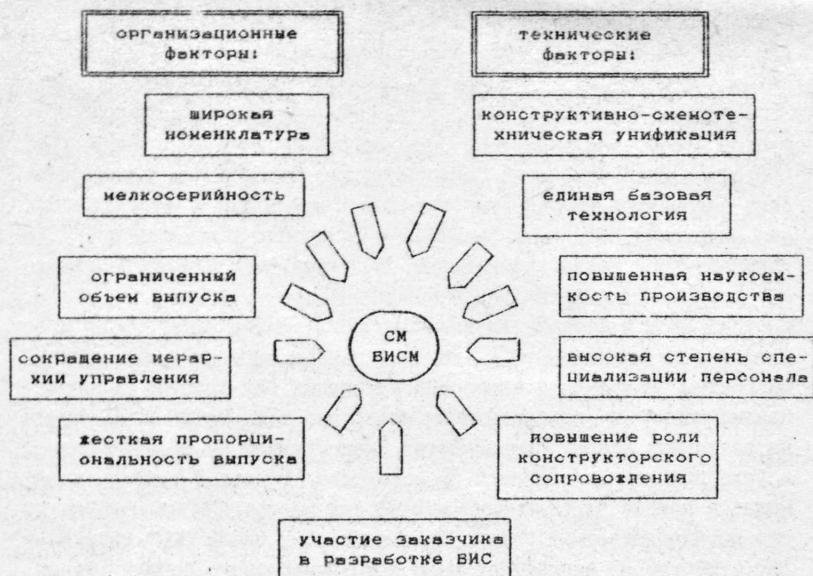


Рис. 2. Система предпосылок для перевода выпуска БИСМ в СМ.

БИСМ необходим отказ от некоторых из традиционных принципов организации производства микросхем - непрерывности и максимальной технологической специализации, т. е. в этом случае пластины-заготовки БМК изготавливаются в условиях серийного производства в основных цехах завода, а индивидуальная металлизация пластин наряду с выполнением других разнородных технологических операций производится в модуле.

Показано, что организация СМ БИСМ обеспечивает:

- повышенную гибкость в изготовлении широкой номенклатуры БИСМ;
- упрощение процессов управления и планирования за счет обеспечения прямоотчности управляющей информации;
- высокую степень унификации и стандартизации применяемых технологических процессов и оснастки;
- возможность ведения параллельного многономенклатурного производства БИСМ;
- организационную мобильность производства, заключающуюся в возможности создания СМ в виде автономного специализированного производства (рис. 3) либо малого предприятия не только на заводе-из-

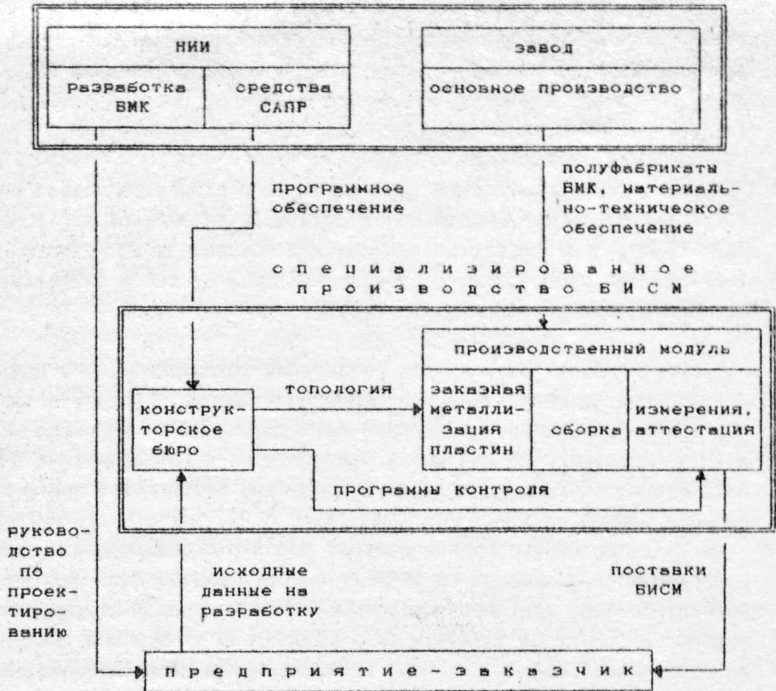


Рис. 3. Схема выпуска БИСМ при организации специализированного производства.

готовителе пластин БМК, но и на предприятиях-заказчиках матричных БИС.

Указанные факторы прямо или косвенно повышают степень организационной готовности производства к выпуску многономенклатурных изделий - БИСМ.

Показано, что источником экономической эффективности СМ БИСМ является прибыль от реализации дополнительной по сравнению с традиционной схемой организации работ номенклатуры вновь разработанных типов БИСМ. Величина Э экономической эффективности, достигаемой при организации СМ БИСМ, оценивается формулой

$$\mathcal{E} = (S_{v_0} - S_{v_{N1}})N + \frac{S_v \Delta N}{N + \Delta N} - E_H K_{орг} \quad (2)$$

где S_{v_0} и $S_{v_{N1}}$ - величины переменных затрат на 1шт. БИСМ соответ-

венно до и после создания СМ, S_c - величина условно-постоянных затрат на одно изделие, N - объем выпуска БИСМ до создания СМ, ΔN - дополнительное количество БИСМ, произведенное при создании модуля, $K_{ср.}$ - величина затрат на реализацию СМ, E_n - нормативный коэффициент окупаемости капиталовложений.

Для выбора оптимальной технологической структуры модуля использованы методы функционально-стоимостного анализа (ФСА). В качестве критерия используются комплексный показатель качества F , учитывающий как себестоимость выпускаемых БИСМ S , так и длительность цикла изготовления партии пластин T_n :

$$F = 1 / (S \times T_n) \quad (3)$$

Рассмотрены три варианта реализации технологического цикла с использованием контактной и проекционной фотолитографии, а также перспективной электронно-лучевой литографии (ЭЛЛ). Проведенные расчеты показывают, что для малых партий вновь изготавливаемых БИСМ оптимизация выбранного показателя качества достигается при использовании ЭЛЛ.

С целью выявления нерациональных технико-экономических решений проведен ФСА реализации СМ БИСМ на основе традиционной контактной фотолитографии, для чего построены функциональная и структурная модели СМ, выявлены элементы СМ и определены их функции. Построена совмещенная модель СМ БИСМ, представляющая распределение затрат по функциям, которые считались равными соответствующим прямым капитальным вложениям. Полученные результаты послужили исходными данными для построения функционально-стоимостных диаграмм (ФСД).

Анализ ФСД выявил значительный дисбаланс между значимостью и затратами на функции, связанными с изготовлением материальных носителей топологии заказных слоев БИСМ - фотошаблонов. Показано, что в силу технических причин уменьшения стоимости шаблонов добиться нельзя. Альтернативой может стать отказ от фотошаблонов вообще в пользу принципиально нового технологического процесса, основанного на ЭЛЛ. Таким образом, подтверждая сделанный на основе оценочных расчетов вывод о целесообразности использования ЭЛЛ для изготовления новых типов БИСМ. Предложен комбинированный маршрут, основанный на изготовлении пластин БМК в серийном цехе с использованием традиционной фотолитографии и формировании слоев коммутационной металлизации БИСМ с помощью ЭЛЛ в специализированном модуле. Повышение производительности установок ЭЛЛ позволит сдвинуть в сторону больших значений величину партии БИСМ, при

превышении которой применение ЭДЛ становится экономически неоправданным. При анализе ФЭД также сделан вывод о нерациональности применения универсальных измерительных систем для контроля быстродействия БИС и целесообразности замены их более простыми устройствами, реализующими более узкий объем измерений.

Рассмотрены и проанализированы три варианта реализации СМ БИСМ. Первый вариант, названный автором традиционным, не требует изменений в структуре производства, а подразумевает лишь создание элементов управленческой структуры, принимающей на себя организационные функции по выпуску БИСМ. При этом сохраняется разорванность этапов цикла разработки и изготовления БИСМ по различным подразделениям предприятия. Второй - производственный вариант предусматривает передачу всех этапов изготовления БИСМ в цеха основного производства завода по признаку технологической специализации, при этом внутри каждого цеха формируются специализированные участки. Безусловно положительным моментом данного варианта является наличие кадровой и технической базы, используемой для решения новых задач. Управление производством в этом случае также реализуется функциональными службами: плановым и производственно-диспетчерским отделами. Оба варианта имеют весьма привлекательные моменты и поэтому не могут не рассматриваться наряду с третьим - перспективным - вариантом, идея которого выдвинута выше. Поэтому проведен подробный морфологический анализ организационно-технических факторов выпуска БИСМ по всем трем вариантам организации работ. В результате обосновано преимущество "горизонтальной" диверсифицированной производственной структуры, основанной на третьем варианте. Решены более узкие вопросы оснащения СМ определенными видами проектного и технологического оборудования. Предложена структура СМ БИСМ, включающая конструкторско-топологическое и планово-диспетчерское бюро и многофункциональное малое производство, состоящее, в свою очередь, из участков металлизации, сборки и измерений.

Для предотвращения дезорганизации выпуска БИСМ при формировании новой производственной структуры обоснована последовательность этапов работ по практическому созданию СМ БИСМ, обеспечивающая непрерывность изготовления изделий. Для этого предложена организация временных бригад по инженерно-техническому сопровождению различных этапов выпуска БИСМ. Указаны направления работ таких бригад, деятельность которых прекращается после при-

нения модулем БИСМ на себя соответствующих технических функций.

Концепция СМ БИСМ имеет некоторые общие моменты с используемой в электронной промышленности формой организации работ по разработке новых изделий в виде научно-производственных комплексов (НПК), однако по мнению авторов имеются существенные отличия СМ от НПК, в первую очередь по организационному признаку. Проведен сравнительный анализ этих факторов, из которого следует справедливость такого вывода.

В последние годы имеет место резкий рост потребности в новых матричных БИС практически во всех отраслях приборостроения. Мобильность заключительных этапов изготовления матричных БИС, подтвержденная проведенным сопоставлением с изготовлением микросхем по полному циклу, привели к необходимости создания производственных структур типа предложенных автором модулей на предприятиях-заказчиках. Таким образом, выдвинутая концепция СМ БИСМ допускает тиражирование модулей в смежных отраслях. При этом за предприятием электронной промышленности, разработавшем БМК, остаются обязательства по поставкам пластин-полуфабрикатов базового кристалла, передаче know-how по технологическим процессам изготовления металлизированной разводки пластин, сборки и измерений. Для повышения эффективности внедрения полузаказного метода создания БИС предложено создание отраслевых или межотраслевых центров по проектированию и изготовлению БИСМ.

На основе изложенного подхода к организации взаимодействия предприятий электронной промышленности и приборостроения предложено создавать концерны с "вертикальной" интеграцией на базе предприятий изготовителей БМК и разработчиков аппаратуры. Приведена организационная структура такого концерна, предусматривающая выход соответствующих предприятий из состава существующих сейчас министерств, отмечены преимущества такой формы организации работ перед схемой организации работ, основанной на отраслевом признаке.

В главе 3 "Эффективность разработки и освоения БИСМ при организации СМ" разработаны процедуры и методы, позволяющие наиболее рациональным образом реализовывать практические мероприятия по созданию модуля и обеспечивать оптимальность важнейших технико-экономических показателей.

В частности, проанализированы факторы, ограничивающие количество типов вновь разрабатываемых БИСМ. Показано, что узким местом

является процесс аттестации "идеализированных" программ контроля на соответствие реальным результатам, получаемым при измерениях впервые изготовленных опытных образцов. Анализ процедуры аттестации БИСМ показал, что данный процесс носит не поточный, а индивидуальный характер, что приводит к несоответствию скорости аттестации производительности технологического участка.

Отсюда следует вывод о необходимости оптимизации количества типов БИСМ для сложной аппаратуры, где число типонаименований может составлять сотни штук. Поэтому должен быть найден компромисс между ограниченной в первую очередь из-за проблем аттестации пропускной способностью СМ БИСМ с одной стороны и заданным уровнем быстродействия разрабатываемого устройства с другой стороны. Для определения оптимального в указанном смысле количества типов БИСМ введена подлежащая минимизации целевая функция Φ , учитывающая одновременное влияние обоих факторов:

$$\Phi = \left(\frac{T}{T_c} \right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)^2 \quad (4)$$

где T - время реализации создаваемого на основе БИСМ устройства, τ - характеристика быстродействия устройства, T_c и τ_0 - соответствующие базовые значения, используемые для нормирования и зависящие от класса создаваемой аппаратуры. Параметрами модели являются общее количество БИСМ в устройстве L , число типов БИСМ в устройстве N и пропускная способность модуля с учетом обеспечения аттестации новых проектов Q . Используется также предложенная автором полуэмпирическая зависимость τ от повторяемости БИСМ p ($p=L/N$):

$$\tau = \gamma p^\alpha \quad (5)$$

где α - положительный безразмерный параметр, γ - параметр, имеющий размерность времени и равный предельной характеристике τ при $L=N$, т.е. в случае максимальной специализации каждой БИС. В итоге получена оценка для оптимальной применяемости БИСМ p_{opt} :

$$p_{opt} = \left(\frac{\tau_0 L}{\alpha^{1/2} \gamma T_c Q} \right)^{-\frac{1}{\alpha+1}} \quad (6)$$

Для планирования выпуска перспективной продукции необходима априорная оценка себестоимости изделий после завершения освоения в серийном производстве. Для выявления зависимости себестоимости БИСМ от конструктивных характеристик использована методика многофакторного корреляционного анализа. При этом считалось, что основными характеристиками, определяющими себестоимость БИСМ, являются число m эквивалентных логических элементов на кристалле, число выводов кристалла n , предельная частота работы логического элемента f и количество слоев l заказной коммутационной металлизации. Для оценки себестоимости S предложена следующая модель:

$$S = a_0 + a_1 m + a_2 n + a_3 f + a_4 l \quad (7)$$

где a_i - определенные по методу наименьших квадратов параметры. Верификация полученных результатов, выполненная по критерию Стюдента, выявила удовлетворительную адекватность модели. Полученная на основе разработанной модели зависимость позволяет оценивать асимптотическое значение величины себестоимости после окончания освоения, однако особый интерес представляет величина себестоимости при выпуске малых серий БИСМ, когда кривая освоения еще не стабильна. Рассмотрена структура условно-постоянных затрат при выпуске вновь разработанного типа БИСМ, что позволяет рассчитать затраты на разработку малой партии БИСМ и уточнить формулу (1). Это весьма существенно с точки зрения проведения гибкой и эффективной политики ценообразования при выпуске БИСМ малыми сериями.

Для описания функционирования СМ БИСМ и для определения наиболее рационального варианта состава оборудования разработаны элементы структуры экономико-математической модели модуля. В качестве математического аппарата использованы методы теории массового обслуживания (ТМО). Обоснованы используемые аналогии между характеристиками производства и носящими общими характер понятиями и терминами ТМО. Получены аналитические выражения, позволяющие провести оценочную оптимизацию состава оборудования по критерию минимизации приведенных затрат в случае организации СМ на вновь осваиваемых производственных площадях, а также по критерию минимизации возможных потерь при создании СМ на базе существующего производства. В последнем случае минимизируемая величина потерь D , как показано в тексте, оценивается следующим образом:

$$D = \sum_{i=1}^R (k_{ii} - 1) \sum_{j=1}^W [(g_{ij} + g_{ij} P_{отк.}) M_j + g_{ij} / (2m_j \lambda_{ij} t_{об.р.} - k_{ii} m_j)] \quad (8)$$

где R и W - число технологических операций и типов БИСМ соответственно, k_{ii} - коэффициент итераций проектов, g - величина потерь на одно изделие при ожидании в очереди, $P_{отк.}$ - вероятность отказа оборудования, m - число однотипных установок на операции, M - средняя величина очереди на операции, λ - интенсивность входного потока на операции, $t_{об.р.}$ - время обработки.

Для построения модели функционирования СМ требуется учет взаимодействия рабочих мест по обработке партий БИСМ. С этой целью на основе структурно-технологической схемы модуля построен граф передач, позволяющий провести математическое описание взаимодействия различных рабочих мест. Полученные результаты могут быть использованы как исходные данные для построения системы базовых уравнений ТМО, описывающих в динамике состояние многоканальной системы массового обслуживания с ограничениями на длину очереди и времени пребывания в ней, являющейся математической

основой для описания функционирования СМ БИСМ.

Предложена логическая блок-схема построения АСУ СМ БИСМ, особенностью которой является наличие нескольких петель обратных связей для обеспечения жесткого контроля изготовления комплекта БИСМ в заданной номенклатуре.

Таким образом, на основе проведенного исследования доказана целесообразность организации локализованных производственных систем по выпуску БИСМ и определены способы повышения эффективности функционирования таких структур.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.

В диссертации исследованы и обоснованы следующие положения.

1. Способом, обеспечивающим повышение уровня организационной готовности предприятий к выпуску полузаказных БИСМ как типичных наукоемких изделий современной промышленности, является организация небольших по объему выпуска специализированных функционально-интегрированных модулей, характеризующихся локализацией разработки и изготовления за счет высокой степени внутренней диверсификации этапов цикла СОНТ.

2. В рамках модулей предложено сосредоточить комплекс завершающих технологических операций по выпуску БИСМ, оставив изготовление базовых пластин в основных цехах предприятия электронной промышленности. Тем самым предполагается отказ от традиционного обеспечения непрерывности и максимальной технологической специализации в производстве интегральных схем.

3. Рост областей применения матричных БИС привел к выводу о необходимости организации модулей предложенного типа не только на базовых предприятиях электронной промышленности, но и на предприятиях приборостроительных отраслей. Разработана организационная процедура формирования модуля, завершающаяся созданием малого предприятия по выпуску полузаказных БИС.

4. В рамках межотраслевого взаимодействия при организации выпуска БИСМ доказана целесообразность создания концернов с вертикальной интеграцией, сосредоточивающих в себе выпуск средств вычислительной техники на основе собственной элементной базы - полузаказных БИС.

5. На основе функционального подхода сделан вывод о целесообразности использования в рамках модуля принципиально нового технологического маршрута, основанного на комбинированном применении традиционной обработки и электронной литографии, обеспечивающей резкое сокращение цикла СОНТ при выпуске новых типов БИСМ.

6. Рассмотрены практические вопросы повышения эффективности выпуска БИСМ в рамках модулей. Обоснована и разработана процедура оптимизации количества типов БИСМ при создании сложных вычислительных устройств, обеспечивающая одновременно учет ограниченности ресурсов модуля и заданный уровень производительности устройства.

7. Предложена и рассчитаны параметры корреляционной модели зависимости себестоимости от конструктивных характеристик БИС, что позволяет обосновывать величину затрат на новые типы БИСМ с сохранением рентабельности при выпуске малых серий.

8. Разработана структура экономико-математической модели функционирования модуля, элементы которой позволяют провести оценочную оптимизацию состава технологического оборудования при организации модуля, а также описать в динамике потоки перемещающихся по рабочим местам изделий.

Предложенные в диссертационной работе организационные решения и мероприятия внедрены на нескольких предприятиях со значительным экономическим эффектом. Реализация выдвинутых автором предложений позволит повысить уровень организационной готовности предприятий, разрабатывающих и выпускающих элементную базу для современных вычислительных устройств, а следовательно, обеспечить сокращение отставания от мирового уровня в выпуске передовых наукоемких образцов техники.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Результаты диссертации отражены в следующих публикациях:

1. Адамов Ю. Ф., Рогинов В. Л. Полузаказные логические БИС и тенденции их развития // Зарубежная электронная техника. - 1985. - №4. - С. 3-64.
2. Рогинов В. Л., Самсонов Н. С., Шурчиков И. О. Заказные матричные БИС на основе базового кристалла И-200 // ЭЛОРГ информирует. - 1985. - №3. - С. 12-14.
3. Рогинов В. Л., Самсонов Н. С. Особенности организации производства широкой номенклатуры матричных БИС // Электронная промышленность. - 1987. - №3. - С. 21-23.
4. Рогинов В. Л. Полузаказные матричные БИС как направление развития гибкого автоматизированного производства в микроэлектронике // Направления развития средств автоматизации производства и управления производством в приборостроении и микроэлектронике: Теа. докл. Всес. науч.-техн. конф. - М., 1990. - С. 24-25.