

М 361620

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской
Революции и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ЦАРЁВ Анатолий Михайлович

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЁТА И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ
СТРУКТУРНО — КОМПОНОВОЧНЫХ ВАРИАНТОВ ТИПОВЫХ
АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ОБРАБОТКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Специальность 05.02.07

Автоматизация в машиностроении

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва 1980

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской
Революции и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ЦАРЁВ Анатолий Михайлович

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСЧЁТА И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ
СТРУКТУРНО - КОМПОНОВОЧНЫХ ВАРИАНТОВ ТИПОВЫХ
АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ОБРАБОТКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

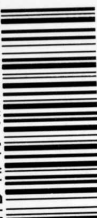
Специальность 05.02.07

Автоматизация в машиностроении

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1361620

Царев А.М. Разработка метод

Москва 1980

Работа выполнена в Московском орденов Ленина, Трудового
Красного Знамени и Октябрьской Революции высшем
техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Волчкович Л.И.

Официальные оппоненты- доктор технических наук,
профессор Капустин Н.М.

- кандидат технических наук,
доцент Ильинский Д.Я.

Ведущее предприятие - Московское СКБ АЛ ИСС

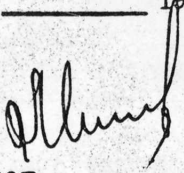
Защита диссертации состоится "___" _____ 1980 г.
на заседании специализированного Совета по автоматизации
в машиностроении МВТУ им.Н.Э.Баумана, шифр КО 53.15.01,
по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д.5.,
Учёный Совет ф-та АМ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ
имени Н.Э.Баумана.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатью, просим направлять по указанному адресу.

Автореферат разослан "___" _____ 1980 г.

Учёный секретарь Совета
И.М. Н.Э. Баумана
К.Т.Н., доцент


Г.Н.Мельников

Д-65787 от 25.07.80 г.зак.927 тир.100,объём I п.л.

Типография МВТУ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В условиях массового производства, например, автомобильной промышленности, модель автомобиля должна претерпевать изменения и совершенствоваться, а соответственно возникает постоянная необходимость сокращения цикла подготовки производства и сроков переоснащения станочного парка оборудования, его модернизации, создания нового технологического оборудования. В то же время по мере развития производства к автоматизированному оборудованию предъявляют всё возрастающие требования: повышение его производительности, надёжности и экономической эффективности.

Отдельно расположенные позиции оборудования объединяют в технологические комплексы с развитыми системами средств автоматизации, транспортно-загрузочных перемещений. Чем сложнее, чем более развитой является система технологического оборудования, тем выявляется его наибольшая вариантность в процессе конструкторской проработки. В связи с чем возникает необходимость технико-экономического обоснования и выбора оптимального структурно-компоновочного варианта на ранних стадиях проектирования и подготовки производства.

Задача выбора оптимального варианта на стадии технического предложения понимается как центральная часть задачи технико-экономического обоснования и принятия решения в условиях многовариантности. Вопросы реализации оптимальных структурных вариантов автоматических линий как многоуровневых систем технологического оборудования на стадии структурного анализа и синтеза ещё мало изучены.

Цель исследования. Разработка научных основ обоснования и выбора оптимальных структурно-компоновочных вариантов типовых автоматических линий на примере линий обработки ступенчатых валов для автомобильной промышленности, инженерных методов их оптимального построения на ранних стадиях проектирования с доведением результатов до конкретных примеров расчёта.

Нужна инженерная методология, которая шла бы от детали, объективных закономерностей единого формирования маршрута обработки, структуры и компоновки автоматической линии с учётом эксплуатационных характеристик.

Методы исследований. Теоретические и экспериментальные методы исследования осуществлены на основе единой теории про-

изводительности, надёжности технологического оборудования и экономической эффективности. Результаты разработки математических моделей получены с применением элементов теории исследования операций, системного анализа, теории математической оптимизации. Теоретические методы дополнены и подтверждены экспериментальными в процессе эксплуатационных исследований типовых линий, а также апробированы при расчётах с применением ЭВМ.

Научная новизна. На основе системного анализа: 1. предложены методы формирования структурно-компоновочных вариантов проектных решений типовых автоматических линий как многоуровневых систем технологического оборудования и их многовариантного отбора вплоть до выделения наилучших вариантов, основанных на поэтапном введении в оптимизационную модель вариационных параметров; 2. разработана инженерная методология многоуровневой оптимизации типовой автоматической линии как многошаговый процесс генерирования и формирования оптимальных структурно-компоновочных вариантов на ранних стадиях подготовки производства, включая проектирование. Методология доведена до инженерного применения на различных уровнях реализации, включая и применение ЭВМ.

Практическая ценность. Применение разработанных инженерных методов в процессе технико-экономического обоснования при проектировании типовых автоматических линий на базе унифицированных узлов способствует осуществлению выбора структурно-компоновочных вариантов с целью: ускорения принятия наилучших решений на ранних стадиях проектирования; облегчения труда конструктора и создания условий автоматизации проектирования; получения множества базовых структур и компоновок для технического проектирования стадии параметрического синтеза; подготовки производства унифицированных узлов непосредственно после обоснования выбора и разработки технического предложения.

Реализация работы. Методика расчёта внедрена в конструкторско-экспериментальном подразделении производства генераторов и стартеров Волжского автозавода. С применением методики на основе проведённых предварительных расчётов осуществлён поиск вариантов структурно-компоновочных исполнений линий, выбор номенклатуры применяемых типовых унифицированных узлов плана собственного станкостроения 1980 г. На основе разрабо-

танной методологии с 1979 г. осуществляется комплексная разработка автоматизированного расчёта и оптимизации маршрута обработки, структуры и компоновки автоматических линий с применением ЭВМ ЕС 1033. Работа включена в план НИР ИТС ВАЗа на 1980-1982 г.г. Ожидаемый экономический эффект 40000 рублей в год.

Аппробация работы. Результаты исследования доложены и обсуждены на Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемные вопросы автоматизации производства" (г. Рига, 1978), на Всесоюзном научно-техническом семинаре "Опыт создания и применения высокоэффективных машин-автоматов в серийном и массовом производстве" (г. Москва, 1979). Основные разделы работы докладывались на научных семинарах кафедры "Станки и автоматы механосборочного производства" МВТУ им.Н.Э.Баумана в 1976 ... 1978 г.г.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 7 печатных работах.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы, изложенных на 191 страницах. Содержит 130 страниц основного текста, 47 рисунков, 13 таблиц и список литературы из 156 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведён анализ существующей теории и практики создания, поиска наилучших исполнений автоматических линий, обоснована цель диссертационной работы и сформулированы задачи исследования, даны исходные положения методов расчёта и выбора на ранних стадиях проектирования оптимальных вариантов автоматических линий на примере линий обработки валов.

Отмечено, что вопросы выбора оптимальных структурно-компоновочных вариантов автоматических линий, как многоуровневых систем технологического оборудования мало изучены и не существует единой методологии поиска.

Отмечается, что развитие современного машиностроения, анализа и выбора автоматизированного оборудования основывается на научных трудах ведущих советских учёных. Основными направлениями научных работ по анализу и выбору вариантов автоматизированного оборудования являлись прежде всего: 1. выбор вариантов на основе анализа производительности и надёжности, агрегатирования оборудования, в том числе и автоматических линий в усло-

виях эксплуатации, данное направление было начато Шаумяном Г.А.; 2. на основе анализа оборудования в условиях эксплуатации Владзиевским А.П. впервые раскрыты вероятностные законы функционирования автоматических линий, необходимые для задач их проектирования и эксплуатации. Рассмотренные направления отразили закономерности последующего единого процесса развития теории структурного анализа как основы расчёта и выбора систем технологического оборудования и поставили задачу синтеза как основу создания высокоэффективных машин.

Чем сложнее система оборудования, тем наименьшая вероятность получения наилучшего варианта структурного построения без применения оптимизационных методов поиска решений. Показано, что как многовариантность формирования маршрута обработки изделия, так и многовариантность формирования структуры и компоновки являются причиной многообразия выбора варианта технического решения при проектировании автоматической линии.

Дана классификация вариационных признаков компоновки автоматических линий обработки валов. Основным вариационным компоновочным признаком является взаимное расположение изделия в процессе транспортирования и обработки, имеется 9 вариантов компоновок. С учётом существующих четырёх вариантов взаимного компоновочного расположения трассы транспортёра и станков получено 36 возможных компоновочных вариантов. Одиннадцать из них являются наиболее распространёнными в практике проектирования.

Вариационные признаки структуры автоматической линии как многоуровневой системы технологического оборудования с учётом формирования и выбора маршрута обработки можно сгруппировать и выделить типовые, которые будут характерны для элементов процесса обработки, элементов оборудования, элементов времени затрат.

Отличительной особенностью расчётов является формирование совокупности вариантов с применением процедуры многошагового отбора. С применением математических методов при анализе и синтезе автоматических линий охватываются все возможные варианты. При наложении внешних ограничений область существования структурных вариантов последовательно сужается с выходом в область оптимальных вариантов и выбора наилучших решений.

Вторая глава посвящена вопросам структурно-компоновочного анализа автоматических линий на основе системного подхода.

С учётом заданных производственно-технических ограничений на обработку детали и проектирование автоматической линии, припуск на обработку расчленяется на элементы обработки и является их множеством $J = \{J_{111}; J_{112}; \dots; J_{mnp}\}$. Каждому процессу обработки или набору подпроцессов ставится в соответствие набор технологических систем или агрегатов разного E - уровня системности из множества $E = \{E_{111}; E_{112}; \dots; E_{mnp}\}$. E соответствует выполнению набора J . Агрегаты соответствующего процесса или подпроцесса формируют закон движения инструменту и заготовке. При рассчитанных или заданных режимах обработки получают значения соответствующих параметров времени затрат из множества $T = \{T_{111}; T_{112}; \dots; T_{mnp}\}$.

Методология расчёта структуры и компоновки типовых автоматических линий предусматривает создание модели на декомпозиционной области трёхмерного пространства координат $J; E; T$ в общем случае n - мерного векторного пространства. А при наличии связи между соседними точками трёхмерного пространства как событиями (бинарных отношений) параметров маршрута обработки и структуры оборудования, получают пространственную граф-схему алгоритма поиска маршрута обработки и структуры оборудования. Если множество состояний событий во времени есть t_{ei} , то для двух событий $t_{ei} \cup t_{ej}$. В целом для всей системы оборудования время затрат

Мощность множества $\bar{t}_{ei}$ будет влиять на производительность линии

$$Q_{01} = \frac{1}{t_{ei}}$$

Совмещение во времени между цикловыми затратами $t_{c1} \cap t_{c2}$ достигается за счёт совмещённого во времени функционирования агрегатов, совмещение во времени между внецикловыми потерями $t_{n1} \cap t_{n2}$ например, между позициями, обеспечивается за счёт размещения межагрегатных накопителей.

Уменьшение числа координат переменных параметров и их связей на модели n - мерного пространства приводит к упрощению решения задачи синтеза, соответственно увеличивается погрешность точности расчётов. Отсюда следует различный подход к решению задачи выбора оптимального варианта для различных уровней реализации. В этом случае модель будет характеризоваться: числом координат переменных параметров, а соответст-

венно областью изменения переменных параметров; областью существования постоянных параметров и ограничений; числом критериев эффективности.

В третьей главе приведены результаты исследования влияния транспортно-загрузочных систем на выбор структуры компоновки автоматических линий обработки валов. В соответствии с рассмотренной классификацией автоматических линий обработки валов проведён анализ вариантов транспортно-загрузочных систем. Прежде всего выбор типа транспорта осуществляется по эксплуатационным признакам. В числе основных параметров, влияющих на выбор и применение транспортно-загрузочных систем являются: время внецикловых потерь по причине ремонта и обслуживания $t_{\text{л}}$; несовмещённое время транспортно-загрузочных перемещений в общем времени цикла работы автоматической линии $t_{\text{н}}$, совмещённое время транспортно-загрузочных перемещений $t_{\text{с}}$, влияющее на формирование производительности линии; первоначальная стоимость, приведённые затраты. Показано, что несовмещённое время $t_{\text{н}}$ и совмещённое время $t_{\text{с}}$ относительно времени работы станка в линии $t_{\text{р}} + t_{\text{х}}$ имеют тенденцию к уменьшению, первое в связи с необходимостью уменьшения влияния на время цикла автоматической линии, второе - в связи с уменьшением времени обработки детали на позиции линии. Наименьшим несовмещённым временем обладают автооператоры порталного типа $t_{\text{н}} = 6,0 \dots 10,5 \text{ с.}$

При анализе составляющих времени затрат на транспортно-загрузочные перемещения с автооператорами порталного типа в автоматических линиях КАМАЗа выявлено, что время простоя автооператора (как время ожидания цикла) для преобладающего большинства линий обработки валов позволяет применять автооператоры с обслуживанием несколько станков. Приводятся схемы, возможные компоновки оборудования с применением автооператоров, обслуживающих несколько станков. Для каждой рассматриваемой схемы предложены формулы расчёта значений цикловой производительности.

При выборе вариантов для определения приведённых затрат необходима дифференцированная оценка капитальных затрат по составляющим системам автоматической линии и их компонентам. Прежде всего требуется сравнительная оценка первоначальной стоимости между обрабатывающей системой оборудования; системой

загрузочно-разгрузочного оборудования, межагрегатного транспортирования и накопления деталей; системой средств управления, контроля и информации. Для исследуемых типовых автоматических линий моделей ЛКМБ более 50% стоимости линии приходится на транспортно-загрузочную систему (СП) и систему управления, контроля (СШ). Стоимость транспортно-загрузочной системы и системы управления с автооператорами портального типа составила более половины стоимости всей автоматической линии.

На основе исследования получено, что кривая $f(N) = \frac{C_I + C_{II}}{C_I + C_{II} + C_{III}}$ по своей природе имеет циклический характер изменения, где C_I ; C_{II} ; C_{III} — оптовые цены оборудования составляющих систем оборудования. В данном случае характер изменения оптовых цен, а соответственно балансовой стоимости выявляет динамику процесса развития, освоения и серийного выпуска как транспортных систем, так и в целом автоматической линии. Циклический характер изменения стоимости составляющих систем автоматической линии и относительное смещение их циклов (для кривых $f(N) = \frac{C_I + C_{II}}{C_I + C_{II} + C_{III}}$ и $f(N) = \frac{C_{II}}{C_I}$) даёт основание судить о моральном старении как составляющих систем, так и всей автоматической линии.

В четвёртой главе отмечается, что целью проведения эксплуатационных исследований в данной работе является подготовка параметров фактической производительности и надёжности типового оборудования, которые могли бы быть использованы при расчётах, выборе оптимальных структурно-компоновочных вариантов на стадии проектирования и обоснования автоматических линий. Объектом исследования были приняты типовые автоматические линии токарной обработки, эксплуатируемые на ВАЗе. В результате эксплуатационных исследований были изучены простои и отказы оборудования линий.

В результате проведённых исследований и анализа работы оборудования даётся дифференцированная оценка показателей надёжности и интегральная оценка.

При дифференцированной оценке показателей эксплуатационной надёжности внецикловые потери составных структурных компонентов оборудования различного уровня системности будут использованы в расчётах для получения значений внецикловых потерь вариантов автоматических линий. Агрегату каждого уровня системности будет соответствовать величина времени внецикловых собственных потерь, приходящихся на обработку одной детали $t_{л.}$.

Получены значения времени потерь по системе агрегатов: по суппортам, по силовым головкам центровально-подрезного станка, по полуавтоматам токарной обработки детали, по системе управления, системе транспортирования и загрузки оборудования изделий. В целом в процессе исследования, например, автоматической линии для обработки шестерни ведущей простои составили: простои по техническим причинам 34,95%; по техническому обслуживанию 10,5%; по орг. причинам 54,55%.

Предложена оценка производительности автоматической линии на основе интегрального анализа наложенных внецикловых потерь. На основе проведённых эксплуатационных исследований базовых автоматических линий строится график интегральной функции распределения длительности интервала восстановления работоспособности автоматической линии. Если принять экспоненциальным закон распределения длительности интервала восстановления, то с учётом равномерной дифференциации потерь по участкам автоматической линии можно определить коэффициент возрастания потерь из-за недостаточной ёмкости накопителей как

$$\frac{W}{W_0} = e^{-\frac{\lambda(\theta_n \cdot q_n)}{q}}$$

Тогда производительность автоматической линии на основе известной формулы производительности линии с гибкими межпозиционными связями

$$Q = \frac{P}{t_{pi} + t_{kl} + t_n \cdot e^{-\frac{\lambda(\theta_n \cdot q_n)}{q}}}$$

где q_n - число накопителей в линии θ_n ёмкости; q - число позиций в автоматической линии. Отклонение значения производительности расчётной от производительности фактической при исследовании составило 4,7%.

В пятой главе отражены результаты структурно-компоновочного синтеза автоматических линий, рассмотрены примеры на основе проведённых теоретических и экспериментальных исследований.

Характеризуются этапы выбора оптимальных вариантов автоматических линий. Отмечается, что на основе формирования модели поиска решения прежде всего возникает необходимость выявления полной или генеральной области возможных структурно-компоновочных вариантов автоматических линий, удовлетворяющих или не противоречащих частным и обобщённым критериям эффек-

тивности. Нахождение области оптимальных вариантов осуществляется путём отсеечения множества неудовлетворительных вариантов с выбором наилучших решений. Найденная область оптимальных вариантов стадии структурного синтеза является областью оптимизации для последующего параметрического синтеза проектирования линии. Основные этапы поиска: I. декомпозиция системы, нахождение области пространства существования переменных параметров и их связей; II. агрегатирование, в процессе чего формируются и генерируются структурно-компоновочные варианты; III. отбор наилучших вариантов по наложенным ограничениям и критериям эффективности.

Показано, что основными типовыми процедурами расчёта и выбора должны быть:

1. создание и подготовка элементной базы;
2. выбор последовательности обработки, наложение ограничений на процесс обработки;
3. покрытие последовательности обработки агрегатами;
4. поиск значений структурно-компоновочных параметров;
5. наложение ограничений по структурным параметрам;
6. наложение ограничений по производительности и другим характеристикам оборудования;
7. выбор наилучших вариантов по критерию или критериям эффективности;
8. циклограммирование;
9. вывод основных данных на печать при автоматизации расчётов с применением ЭВМ.

На основе проведённых исследований выделены два подхода в решении задач поиска наилучших исполнений автоматических линий на стадии структурного синтеза: интегральный и дифференцированный. Методы интегрального поиска отличаются тем, что при многошаговом процессе поиска интегрально осуществляется генерирование и затем выявление области возможных вариантов. Методы дифференцированного поиска отличаются тем, что в процессе формирования структуры системы оборудования автоматической линии и маршрута обработки осуществляются типовые процедуры генерирования и отбора вариантов (структурных композиций) на каждом шаге агрегатирования. Дифференцированный метод поиска решения более трудоёмок, но позволяет получать более точные решения, что предопределяет различные уровни решения задач и их приме-

нение. Применение данных методов осуществлено на конкретных примерах. Подготовлены алгоритмы автоматизированного поиска оптимальных решений с применением ЭВМ.

Проведённые исследования позволили выявить методологические основы структурно-компоновочного синтеза автоматических линий обработки тел вращения. База данных включает элементную унифицированную базу данных переменной и постоянной информации, в числе них элементная база параметров и элементная база их связей.

Формируется граф-схема алгоритма поиска решения в системе координат множеств $J = \{J_{n11}; J_{n12}; \dots; J_{npr}\}$; $E = \{E_{n11}; E_{n12}; \dots; E_{npr}\}$; $T = \{T_{n11}; T_{n12}; \dots; T_{npr}\}$. Данная модель будет генерировать возможную совокупность параметров и их функциональных связей области существования структурно-компоновочных вариантов и маршрута обработки.

Решение задачи поиска последовательности обработки основывается на применении методов пошаговой оценки и последовательного отбора решений с применением модифицированных методов математического программирования, например, с применением метода динамического программирования. Решение задачи поиска последовательности осуществляется на сгенерированной области существования возможных вариантов структуры оборудования и маршрута обработки в соответствии с упорядоченной граф-схемой алгоритма.

На сгенерированной области вариантов последовательности обработки осуществляется процедура покрытия последовательности обработки агрегатами различного уровня системности, в процессе чего получают генеральную совокупность предпочтительных вариантов по структуре и последовательности обработки. Покрытие последовательности обработки агрегатами осуществляется с учётом ненулевого пересечения множества значений характеристик параметров как агрегатов, так и элементов обработки (с учётом их совместности).

Генерирование области предпочтительных структурных вариантов или структурных композиций технологического оборудования и соответствующих им маршрутов обработки обуславливается требованиями качества к процессу обработки и обрабатываемому изделию. В этом случае структурно-компоновочными параметрами являются число агрегатов последовательного агрегатирования разных уровней системности: число позиций в автоматической линии Q_2 и тип станков каждой позиции, число наименований суппортов Q_1 и их

тип, применяемая транспортно-загрузочная система на каждой позиции линии. Процесс генерирования структурных вариантов осуществляется при наложении ограничений.

Показано, что выявление оптимальных вариантов из числа сгенерированной области обуславливается требованиями заданной производительности и наибольшей эффективности. Если в процессе генерирования для каждого варианта определены структурные параметры такие, как число наименований и тип агрегатов, входящих в автоматическую линию и порядок следования процесса обработки детали, то для процесса формирования оптимальных структурных вариантов переменными параметрами являются: число агрегатов параллельного агрегатирования, например, число параллельно установленных силовых узлов на станке в линии P_1 , число параллельных станков на отдельной позиции линии P_2 , число параллельных участков в линии; месторасположение технологического оборудования; ёмкость межагрегатных накопителей.

При многоступенчатом процессе формирования вариантов и их отбора выявляются сравнимые варианты. Нахождение сравнимых вариантов необходимо с целью: их последующей оценки по критериям этапа структурного синтеза оборудования; отбора наилучших вариантов; получения команды на продолжение следующего этапа формирования маршрута и структуры автоматической линии. Для окончательного отбора вариантов структуры или её фрагментов при многоступенчатом процессе поиска рекомендованы как частные, так и обобщённые критерии эффективности. К частным критериям относятся: критерий минимума первоначальной стоимости оборудования; критерий максимальной производительности; критерий максимального балансирования (выравнивания) затрат времени по структурным компонентам (агрегатам) технологической системы; критерий максимального балансирования наложенных затрат времени между структурными компонентами технологической системы. Обобщённые критерии: критерий минимума приведённых затрат; критерий максимума производительности труда.

В результате проведённого поиска оптимальных вариантов автоматических линий на стадии структурного синтеза получают:

- структурно-компоновочные исполнения автоматических линий;
- спецификации применяемости типовых агрегатов;
- спецификации применяемости специальных агрегатов с предъявляемыми к ним требованиями;

циклограмму или структурно-логическую формулу маршрута обработки и структуры оборудования;

месторасположение и ёмкость агрегатных накопителей; технические, эксплуатационные характеристики вариантов систем автоматических линий.

Вывод основных данных осуществлён по трём формам:

расчётные характеристики вариантов последовательности обработки и структуры систем автоматических линий, полученных в процессе оптимизации; характеристики технико-экономического обоснования;

расчётные характеристики структуры оборудования и выполняемых операций на каждой позиции автоматической линии;

расчётные характеристики агрегатов многоуровневой системы автоматической линии.

Проведённые исследования подкреплены расчётами как с применением интегральных методов, так и дифференцированных. Интегральные методы расчёта применялись при выборе структуры автоматических линий для обработки детали вал-шестерня, ступицы переднего колеса автомобиля. В результате разработки дифференцированных методов расчёта подготовлен пакет прикладных программ, который автоматизирует процесс структурного синтеза автоматических линий и маршрута обработки. Пакет составлен на языке программирования PL / I и реализован в ОС ЕС. Разработка автоматизированного расчёта осуществлена с применением ЭВМ ЕС 1033. Работа проведена с участием программного конструкторского бюро ЦС ВАЗа. Методы расчёта применялись в условиях подготовки проектирования автоматических линий по плану производства собственного статкостроения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработка научных методов оптимального выбора структурно-компоновочного исполнения автоматической линии на ранних стадиях проектирования вызван многовариантностью поиска, большим количеством вариационных параметров и изменением их значений. Например, только транспортные системы типовых линий для обработки валов могут реализованы по 36 компоновочным вариантам.

2. Важнейшими вариационными параметрами при проектировании автоматических линий обработки валов являются: вариантность последовательности выполняемых элементов обработки; вза-

имное расположение заготовки в процессе транспортирования и обработки; взаимное компоновочное расположение трассы транспорта и станков; количество агрегатов последовательного агрегатирования различного уровня; количество агрегатов параллельного агрегатирования; количество накопителей, место их расположения, ёмкость и другие.

3. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что: в процессе анализа и синтеза автоматической линии, являющейся иерархической системой технологического оборудования, в целях обеспечения необходимой точности расчётов требуется принимать вариационные параметры производительности, структуры оборудования и маршрута обработки многоуровневыми; синтез автоматической линии на ранней стадии проектирования необходимо рассматривать как единый процесс формирования структуры и компоновки линии, последовательности обработки детали на ней с построением циклограммы функционирования узлов.

4. Предложенные методы оптимизации отличаются тем, что многошаговый процесс выбора оптимальных структурно-компоновочных вариантов автоматических линий на ранних стадиях проектирования следует выполнять в последовательности 1. декомпозиция систем, нахождение области существования переменных параметров и их связей; 2. агрегатирование, в процессе чего осуществляется генерирование и формирование области структурно-компоновочных вариантов и соответствующих им маршрутов обработки; 3. отбор наилучших вариантов по наложенным ограничениям и критериям эффективности.

5. Для этапов структурного синтеза типовыми процедурами являются: создание и подготовка элементной базы; выбор последовательности обработки; покрытие последовательности обработки агрегатами; поиск значений структурных и компоновочных параметров; наложение ограничений по структурным параметрам; наложение ограничений по производительности; выбор наилучшего варианта по критериям эффективности; циклограммирование.

6. При построении структуры и компоновки автоматических линий на участках токарной обработки необходимо число элементов обработки выполнять с наибольшей концентрацией обработки на одной позиции линии, отдавая предпочтение структурам последовательно-параллельного и параллельного агрегатирования взамен

структурного исполнения последовательного агрегатирования.

7. Перспективным направлением в развитии линий для обработки валов, является создание систем с единым продольным транспортом и автооператором многостаночного обслуживания, что позволяет сократить стоимость транспортной системы по сравнению существующим на 30 - 40 %, позволяет сократить производственную площадь, занимаемую автоматической линией.

8. Разработанные методы расчёта позволяют повысить качество конструкторских разработок, повысить производительность работы конструктора в 2 - 2,5 раза.

На основе разработанной методологии с 1979 г. на ПС ВАЗа осуществляется комплексная разработка автоматизированного расчёта и оптимизации маршрута обработки, структуры и компоновки автоматических линий с применением ЭВМ.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Царёв А.М. Выбор оптимального структурно-компоновочного варианта автоматической линии. - Изв. высш. уч. завед. Машин-ие, 1978, №4, с.178-182.

2. Царёв А.М. Сравнительный анализ транспортно-загрузочных систем типовых автоматических линий для обработки валов. - В сб.: Проблемные вопросы автоматизации производства. Всес. науч.-техн. конф. Рига, 19-21 дек. 1978.: Тез. докл. 1978, с.193-194.

3. Царёв А.М. Методология структурного синтеза автоматических линий. Сообщение I, II. - Изв. высш. уч. завед. Машин-ие, 1978, №II, с.143-146, 1979, №I, с.127-130.

4. Царёв А.М. Обоснование выбора вариантов автоматических линий с применением метода неполного перебора. - Изв. высш. уч. завед. Машин-ие, 1979, №3, с.153-158.

5. Царёв А.М. Обоснование выбора автоматической линии в создании высокоэффективного оборудования. - В сб.: Опыт создания и применения высокоэффект. машин-автоматов в серийном и массовом производстве. Всесоюз. науч.-техн. семинар. М., 3-5 апр. 1979.: Тез. докл. М., 1979.

6. Царёв А.М. Наладка и эксплуатация автоматических линий для обработки деталей типа валов. - М.: Машин-ие, 1979. - 56с.

7. Царёв А.М. Необходимость обоснования и выбора наилучших структурно-компоновочных решений автоматических линий. - В сб.: Совершенствование методов конструирования оборудования для нужд авто-строения. Тольятти.: Сигнал НПО Автопрома, 1979, с.4-23.