

14133006

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

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

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

ДИЛАНЯН Р. З.

ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ
НА ТОКАРНЫХ ГИДРОКОПИРОВАТЕЛЬНЫХ
ПОЛУАВТОМАТАХ

(05.164. «Технология машиностроения»)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена на кафедре «Технология механосборочного производства» МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель к. т. н., доц. Капустин Н. М.

Официальные оппоненты:

доктор техн. наук, профессор Шаумян Г. А.,
канд. техн. наук, доцент Кузнецов А. М.

Ведущее предприятие — ЗИЛ, г. Москва.

Автореферат разослан «...» 1971 г.

Защита диссертации состоится «...» 1971 г.
на заседании Совет
механи-
зации производств

С диссертацией
им. Н. Э. Бауман

ЗТУ

Ваши отзывы
просим направлять
ская ул., д. 5. Со
зации производств

рю,
дан-
ани-

М133006

у

. А.



1133006

Диплан Р.З. Построение с

В в е д е н и е

Существенное увеличение в ближайшие годы объема металлообработки требует также повышение её эффективности - получение с имеющихся производственных мощностей максимума продукции требуемого качества.

Из числа деталей общемашиностроительного применения около 40% составляют валы, 60% которых ступенчатые. Трудоёмким этапом их обработки в настоящее время являются токарные операции. Из имеющегося станочного парка токарные гидрокопировальные полуавтоматы относятся к прогрессивному виду оборудования, используемого для обработки ступенчатых валов в условиях серийного и массового производства.

Одним из методов повышения производительности при обеспечении заданной точности обработки деталей является оптимизация станочных операций путем математического моделирования на электронных вычислительных машинах (Э В М). Оптимизация станочных операций осуществляется по определенным научным положениям и не требует дополнительных затрат на конструктивные изменения или введения дополнительных устройств к станкам, которые располагают резервами для повышения производительности обработки.

Поэтому совместное применение технологических исследований, математических методов и вычислительной техники с целью повышения производительности обработки и обеспечения высокого качества изделий является важной народнохозяйственной задачей.

Целью настоящего исследования является разработка оптимальных вариантов механической обработки ступенчатых валов на токарных гидрокопировальных полуавтоматах методом математического моделирования станочной операции на Э В М.

Глава 1. Состояние вопроса и постановка задачи.

Известные в настоящее время методы повышения точности и производительности обработки деталей на токарных гидрокопировальных полуавтоматах осуществляются в трех направлениях: модернизация оборудования, автоматизация системы управления, оптимизация технологических параметров станочной операции. Модернизация оборудования заключается в совершенствовании гидравлической следящей системы, изменении конструкции гидросуппорта, применении специальных быстросменных инструментальных наладок, корректировке размеров копиров и ряде других мероприятий.

Второе направление связано с созданием специальных систем автоматического регулирования и управления, позволяющих стабилизировать суммарную величину упругих перемещений технологической системы СПИД, или устройства для автоматической размерной переналадки полуавтоматов с одного типоразмера деталей на другой.

Оптимизация технологических параметров операции на токарных гидрокопировальных полуавтоматах может быть осуществлена по определенным научным положениям без конструктивных изменений и дополнительных устройств к ним. Статистическое исследование эксплуатационных нагрузок полуавтоматов, проведенное ЭНИМС, показало, что они 40-50% машинного времени работают с мощностью, не превышающей 0,25 от номинальной; при этом, отношение среднего числа эксплуатационных оборотов шпинделя к максимальному (по паспорту) составляет 0,3-0,4. Это означает, что токарные гидрокопировальные полуавтоматы располагают широкими резервами повышения производительности обработки. Применение математического моделирования исследуемого процесса, позволяющего оптимизировать его параметры, даст возможность использовать эти резервы. Указанное направление в решении задач машиностроительного производства предполагает использование технологических исследований в сочетании с математическими методами оптимизации многофакторных явлений и быстродействующими ЭВМ.

Анализ работ по применению ЭВМ для проектирования технологических процессов механической обработки деталей показал, что в настоящее время имеется возможность, используя теоретические и экспериментальные зависимости, а также производственный опыт, моделировать на ЭВМ различные технологические процессы с целью оптимизации их параметров. Однако, в большинстве выполненных работ методика проектирования технологического процесса не увязана с заданной точностью обработки деталей. Кроме того, оптимизация технологического процесса изготовления деталей оказывается неполной, так как основой проектирования остаются нормативные, справочные и производственные данные, которые использовались и при обычном проектировании технологии.

Эти недостатки могут быть устранены, если проектирование технологических процессов будет основываться на расчетно-аналитическом методе определения точности, разработанном А.П.Соколовским,

В.М.Кованом, В.С.Корсаковым и другими исследователями.

Для оптимизации операций на токарных гидрокопировальных полуавтоматах в настоящем исследовании были поставлены и решены следующие задачи:

1. разработка научной методики построения оптимальных операций на токарных гидрокопировальных полуавтоматах.
2. проведение теоретических и экспериментальных исследований факторов, влияющих на построение станочных операций.
3. экспериментальная проверка в производственных условиях соответствия теоретических положений разработанной методики практическим результатам обработки деталей.
4. установление оптимальных условий эксплуатации токарных гидрокопировальных полуавтоматов.
5. определение технико-экономической эффективности результатов исследования.

Глава II. Исследование факторов, влияющих на построение станочных операций на токарных гидрокопировальных полуавтоматах.

Обработка ступенчатых валов на токарных гидрокопировальных полуавтоматах осуществляется по двум схемам – последовательной и параллельной. Заготовка устанавливается в центрах. Диаметральные и линейные размеры формируются гидрокопировальным суппортом по программе – копиру. Линейные размеры окончательно получаются подрезкой с поперечного суппорта. Погрешность обработки линейных размеров исключается применением плавающего переднего центра. Суммарная погрешность обработки диаметральных размеров можно выразить в общем виде следующей функциональной зависимостью

$$\Delta_{\Sigma} = f(\Delta_u, \Delta_{\text{л}}, \Delta_{\text{н}}, \Delta_{\text{т.р}}, \sum \Delta_{\text{ф}}) \quad (1)$$

Каждая составляющая суммарной погрешности определяется условиями построения технологической операции. Сравнительный анализ двух схем обработки показал, что поле рассеивания выполняемого размера Δ_u , вызываемое упругими деформациями технологической системы под влия-

нием усилий резания, у партии заготовок не зависит от выбранной схемы и может быть определено аналитически, аналогично случаю обработки заготовок одним резцом в центрах. Усилие резания, возникающее от действия резцов установленных на поперечном суппорте, оказывает влияние лишь на величину погрешности формы шеек вала, формирование которых происходит при параллельной схеме обработки. Величина этой погрешности учитывается в сумме погрешностей формы шеек вала $\sum \Delta \phi$, вызываемой совокупностью технологических факторов. Так как взаимосвязь этих факторов сложна, представляется целесообразным для конкретных условий обработки иметь интегральную количественную оценку величины $\sum \Delta \phi$, полученную на основе статистических данных.

Величины остальных составляющих суммарной погрешности диаметральных размеров, вызываемых размерным износом режущего инструмента $\Delta_{\text{и}}$, температурными деформациями резца $\Delta_{\text{т.р.}}$ и погрешностью настройки станка $\Delta_{\text{н}}$, не зависят от выбранной схемы обработки, так как образование их связано только с инструментом, установленным на гидрокопировальном суппорте. Погрешность настройки станка $\Delta_{\text{н}}$ для конкретных условий обработки регламентируется вполне определенной величиной. Из факторов, влияющих на погрешность обработки $\Delta_{\text{т}}$, вызываемой температурными деформациями технологической системы, следует учитывать лишь температурные деформации резца, так как время, в течение которого они происходят, соизмеримо со временем обработки одной детали (1,5 - 2,0 мин.). Время работы станка между подналадками (15 - 30 мин.) во много раз меньше времени наступления теплового равновесия в технологической системе (270 - 360 мин.). Поэтому погрешность обработки

$\Delta_{\text{т.узн.}}$, вызываемая температурными деформациями узлов станка в период между подналадками, незначительна и компенсируется каждой последующей подналадкой. Для определения первичной погрешности обработки $\Delta_{\text{т.р.}}$ можно использовать функциональную зависимость её от режимов (V, S, t) и прочих условий обработки, полученную экспериментальным путем, или получить количественную оценку этой погрешности, наложив рабочий цикл полуавтомата при обработке конкретной детали на график перемещения вершины резца от времени непрерывной работы, как

это и сделано в настоящем исследовании.

Расчет погрешности обработки Δ_U ведется используя зависимость размерного износа U от режимов (V, S, t) и времени (τ) обработки, которая получена экспериментально. Для исследования размерного износа режущего инструмента был применен метод планирования экстремальных экспериментов. Исследования проводились при обработке стали 45 резцами, оснащенными пластинками твердого сплава T15K6, на полуавтомате модели 1722. Было проведено три серии опытов (фиксирование величины размерного износа U через определенные промежутки времени $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$) по плану 2^2 - полный факторный эксперимент для двух независимых переменных (скорость резания V и подача S), варьируемых на двух уровнях ($V = 50$ и 200 м/мин.; $S = 0,1$ и $0,6$ мм/об). Опыты были поставлены в последовательности, определяемой матрицей планирования. Математическая обработка результатов экспериментов производилась на ЭВМ "Минск - 22".

В качестве исходной была принята зависимость

$$U = C_U \cdot \tau^{\beta_U} \quad (2)$$

Так как изменение постоянных C_U и β_U в формуле (2), зависящее от режимов обработки, хорошо аппроксимируется степенными выражениями для оценки их параметров использовался аппарат многомерного регрессионного анализа. В результате проведенного исследования была получена следующая зависимость размерного износа от параметров V, S и τ :

$$U = 70,8 \cdot 10^{-5} \cdot V^{1,66} \cdot \tau^{(1,95 - 0,26 \ln V)} \quad \text{мм} \quad (3)$$

Для определения суммарной погрешности обработки диаметральных размеров значения первичных погрешностей, полученные изложенными выше способами, алгебраически складываются. Выполнение требования точности изготовления детали при построении станочной операции определяется неравенством

$$\Delta_{\Sigma_f} \leq \delta_f \quad (4)$$

где δ_f - допуск на выполняемый размер;
 f - индекс рассматриваемого сечения.

Каждая элементарная обрабатываемая поверхность характеризуется не только точностью, но и чистотой обработки. Для определения высоты микронеровностей R_z использовалась зависимость её от режимов (V, S, t), времени (τ) и прочих условий обработки, полученная экспериментальным путем. Для исследования шероховатости поверхности деталей при обработке на токарных гидрокопировальных полуавтоматах был применен метод планирования экстремальных экспериментов. Условия проведения опытов, матрица планирования, уровни варьирования независимых переменных были те же, что и при исследовании размерного износа режущего инструмента. Отличие было в том, что в качестве исходной принята зависимость

$$R_z = R_{z_0} + C_z \cdot \tau^{\beta_z}, \quad (5)$$

количественная характеристика которой, полученная в результате проведенного исследования имеет вид

$$R_z = 211,3 \cdot V^{-0,4} \cdot S^{0,46} + S^{0,76} \cdot \tau^{(1,1+0,16 \ln S)} \quad \text{мкм} \quad (6)$$

Допустимая расчетная величина высоты микронеровностей определяется для каждой поверхности классом чистоты по ГОСТ 2789-59, т.е. должно быть выполнено условие

$$R_{z_p} \leq R_{z_{\text{гост}}} \quad (7)$$

Дополнительными условиями построения станочной операции являются учет мощности, потребной на резание, действительных чисел оборотов шпинделя и подач на станке, а также некоторые частные ограничения, как например, диапазон скоростей резания, 6.

в котором рационально эксплуатировать данный инструментальный материал, и другие.

Важной характеристикой станочной операции в случае использования полуавтоматического или автоматического оборудования наряду с параметром точности является параметр производительности, который определяется согласно теории производительности рабочих машин, разработанной проф. Г.А. Шаумяном. Фактическая производительность полуавтоматов определяется с учетом цикловых и внецикловых потерь времени, полученных хронометражом в производственных условиях, по следующей формуле:

$$Q = \frac{K_0 \cdot X}{K_0 \cdot X (t_x + t_e + t_{орг}) + K_0 \sum C_{оq} \cdot X^{m_q} + 1}, \quad (8)$$

где K_0 - технологическая производительность полуавтомата при исходных режимах обработки, (при которых велись наблюдения и хронометраж простоев);

$X = \frac{V}{V_0}$ - фактор изменения скорости резания, отношение новой скорости V к исходной V_0 ;

t_x - цикловые потери времени полуавтомата;

$\sum C_{оq}, t_e, t_{орг}$ - внецикловые потери времени полуавтомата соответственно по инструменту, оборудованию и организационным причинам;

m_q - показатель степени при значении скорости резания для q - ого инструмента.

Количественная оценка перечисленных факторов получена в результате исследования производительности полуавтоматов на автозаводе им. Лихачева. Изложенная выше научная методика построения станочной операции на токарных гидрокопировальных полуавтоматах позволяет вести поиск оптимального варианта обработки ступенчатых валов, обеспечивающего заданную точность обработки деталей при максимальной производительности оборудования.

Глава III. Построение оптимальных операций на токарных гидрокопировальных полуавтоматах.

Одним из методов повышения точности и производительности об-

работки деталей на токарных гидрокопировальных полуавтоматах является метод математического моделирования станочной операции, позволяющий оптимизировать параметры технологического процесса. В зависимости от характера исследуемого технологического процесса различают статические и динамические модели, используемые для решения многовариантных задач машиностроительного производства. Технологические процессы механической обработки деталей серийного и массового производства многократно повторяются в практически одинаковых условиях. Поэтому модель, описывающая станочную операцию, можно считать статической, т.е. не зависящей явно от времени. Основой для выбора оптимального варианта механической обработки деталей на токарных гидрокопировальных полуавтоматах в настоящем исследовании приняты: расчетно-аналитический метод определения точности и теория производительности рабочих машин. В работе рассмотрены модели станочных операций для последовательной и параллельной схем обработки ступенчатых валов из штампованных заготовок и заготовок из проката; а также, для определения количества переходов, необходимых для достижения заданной точности и чистоты обработок отдельной поверхности детали.

Для определения возможных вариантов обработки заготовок по последовательной схеме приняты следующие основные условия построения станочной операции:

1. по точности обработки - допустимая величина суммарной погрешности обработки $\Delta \Sigma_{f \max} \leq \delta_f$ и её составляющих

$$\Delta y_{f \max} \leq K_1 \cdot \delta_f \quad \text{и} \quad \Delta u_{i \max} \leq K_2 \cdot \delta_f, \quad \text{где } K_1 \text{ и } K_2 -$$

- коэффициенты определяющие долю первичных погрешностей в суммарной, устанавливаемые экспериментально или на основании справочных данных.

Для определения величины составляющих суммарной погрешности используются расчетные зависимости и статистические методы описанные выше.

2. по чистоте обрабатываемых поверхностей - допустимая величина высоты микронеровностей

$$R_{z_{f \max}} \leq R_{z_{f \text{нст}}}$$

Расчетное значение высоты микронеровностей получаем на основе приведенной выше зависимости её от режимов и времени обработки, установленной экспериментально.

3. по мощности, потребной на резание – при последовательной схеме обработки заготовок значения эффективной мощности для резца, установленного на гидрокопировальном суппорте, и резцов, установленных на поперечном суппорте, в отдельности должны удовлетворять одному и тому же условию:

$$N_{g_{f_{\max}}^{(q+1)}} \leq N_d \cdot \eta \cdot K_n ;$$

$$\sum_1^q N_{g_q} \leq N_d \cdot \eta \cdot K_n .$$

где q – индекс резца, установленного на поперечном суппорте;

$(q+1)$ – индекс резца, установленного на продольном суппорте;

N_d – мощность электродвигателя станка;

η – КПД станка;

K_n – коэффициент допустимой перегрузки электродвигателя.

4. точный учет кинематики станка приводит к требованию, что скорость вращения шпинделя должна принимать значение только из ряда чисел оборотов $n_1, n_2, \dots, n_i$, а подача гидрокопировального суппорта – из условного ряда подач станка $S_1, S_2, \dots, S_j$.

5. В качестве дополнительных ограничений использованы нижний и верхний пределы скорости резания и подачи, определяемые условиями эксплуатации инструментального материала, границами действия его стойкостной зависимости $V-T$, практикой эксплуатации токарных гидрокопировальных полуавтоматов, нормативными данными. Эти ограничения записываются в следующем виде

$$V_{\min} \leq V_f \leq V_{\max} ;$$

$$S_{\min} \leq S_j \leq S_{\max} .$$

Условия (1 - 5) определяют все возможные варианты обработки деталей по последовательной схеме. Выбор оптимального варианта из всех возможных производится по определенному критерию (оценочной функции). В случае обработки деталей на полуавтоматическом и автоматическом оборудовании оптимальный вариант правильнее оценивать по критерию максимальной производительности станка, определяемой по формуле (8).

Следует отметить важную особенность выбранной оценочной функции - её зависимость от интенсификации режимов обработки имеет абсолютный экстремум. Это означает, что вариант станочной операции, определяемый оценочной функцией как оптимальный, единственный.

Задача определения оптимального варианта станочной операции математически формулируется следующим образом:

- задан комплект исходных данных {чертежи детали и заготовки, материал детали и режущего инструмента, жесткость узлов станка, цикловые и внецикловые потери времени оборудования, паспортные данные станка и другие);

требуется найти режимы обработки (N_i и S_j) из ряда чисел оборотов шпинделя и подач на станке, удовлетворяющие условиям (1-5) и обращающие в максимум целевую функцию (8), т.е. дающие максимальную производительность станка.

Для нахождения искомых величин используется метод регулярного поиска, сущность которого заключается в следующем. Задается начальное решение (N_1, S_1), изменяется одна переменная, например, N_i , пока она не достигнет границы возможных вариантов решения задачи. Затем перебираются все значения N_i и S_j вблизи границы и определяются режимы обработки, дающие максимум целевой функции ($N_{\text{опт.}}$, $S_{\text{опт.}}$). В силу дискретности значений N_i и S_j перебор кончается за несколько шагов.

При исследовании вариантов станочной операции с параллельной схемой обработки заготовок изменяется лишь условие (3), которое принимает вид

$$N_{z_{\text{fmax}}}^{(q+1)} + \sum_1^q N_{z_q} \leq N_d \cdot \eta \cdot K_n.$$

и количественная оценка факторов, влияющих на фактическую производительность оборудования.

В условиях серийного производства при небольших партиях деталей и незначительном перепаде диаметров шеек валов в качестве заготовок используется прокат. Это накладывает дополнительные условия на выполнение станочной операции, так как обработка деталей ведется с большими значениями глубины резания, а, следовательно, и усилиями резания, чем при обработке штампованных заготовок.

Математическая модель операции в этом случае должна дополнительно учитывать зависимость между тангенциальной силой резания и прочностью державки с одной стороны и прочностью пластинки твердого сплава с другой.

Остальные условия построения станочной операции и целевая функция при обработке заготовок из проката те же, что и при обработке штампованных заготовок.

Глава 1У. Анализ результатов оптимизации станочных операций методом математического моделирования.

Математические методы решения многовариантных задач характеризуются значительной трудоемкостью расчета. Применение их эффективно в сочетании с быстродействующими ЭВМ. Поэтому для реализации изложенной выше научной методики оптимизации операций разработаны программы в автокоде "Инженер" для ЭВМ "Минск-22".

Разработанные программы были использованы для установления соответствия предложенной математической модели станочной операции реальному технологическому процессу обработки деталей и определения оптимальных условий эксплуатации токарных гидрокопировальных полуавтоматов.

Проверка соответствия математической модели реальному технологическому процессу выполнена для условий обработки первичного и вторичного вала коробки передач автомобиля ЗИЛ-130 на поточных линиях автозавода им.Лихачева. Токарная обработка этих валов производится на полуавтоматах модели 1722.

Для вторичного вала расчетная зона возможных вариантов обработки детали включила заводской (базовый) вариант, т.е. имело

место полное совпадение модели реальному процессу. Для первичного вала расчетная зона возможных вариантов обработки оказалась над базовым вариантом ($\Pi_5 = 565$ об/мин; $S_5 = 0,3$ мм/об). Контрольная проверка оптимального варианта станочной операции, полученного расчетом ($\Pi_{\text{опт}} = 703$ об/мин; $S_{\text{опт}} = 0,4$ мм/об;

$Q_{\text{max}} = 0,61$ шт/мин), установила соответствие модели реальному процессу. Партия деталей, обработанная по расчетному варианту, удовлетворяла требованиям точности и чистоты обработки поверхностей, предъявляемые к изготовлению первичного вала. В настоящее время на всех 4-х полуавтоматах, занятых на выполнении рассмотренной операции, обработка первичного вала производится по расчетному оптимальному варианту станочной операции.

Установленный факт соответствия предложенной математической модели станочной операции реальному технологическому процессу позволил использовать её для определения оптимальных условий эксплуатации токарных гидрокопировальных полуавтоматов. Анализировалась обработка ступенчатых валов из углеродистых сталей с твердостью HB = 160 - 200, общей длиной $L = 250 - 500$ мм, диаметрами обрабатываемых ступеней $D_f = 25 - 100$ мм, с количеством ступеней от 2 до 6 с одной стороны и общим количеством - 12. Точность обработки ступеней или допуск на выполняемый размер принимался равным $\delta_f = 0,12 - 0,3$ мм, чистота обработки поверхностей $\nabla 5 - \nabla 3$. Заготовка - штамповка и прокат; погрешность заготовки или допуск на размер заготовки по диаметру

$\delta_{\text{заг.}} = 1,0 - 4,5$ мм. Заданная глубина резания: минимальная $t_{\text{зад min}}$ = 0,5 - 2,0 мм; максимальная $t_{\text{зад max}}$ = 1,5 - 5,0 мм. Оборудование полуавтомат модели 1722.

Анализ результатов моделирования станочной операции показал, что при однократной размерной обработке ступенчатых валов погрешность штампованных заготовок $\delta_{\text{заг.}} \leq 2$ мм, не оказывает влияния на количество возможных вариантов операции и на параметры оптимального варианта. Повышение точности и чистоты обработки резко сокращает число возможных вариантов операции и понижает параметры оптимального варианта. Аналогичное влияние оказывает понижение жесткости технологической системы и увеличение числа деталей, обрабатываемых между смежными подналадками. Предельными значениями перечисленных технологических факторов, соответствующим

щими оптимальным вариантам операции, следует считать: точность заготовок $\delta_{\text{заг}} \leq 2,0$ мм; точность обработки диаметральных размеров $\delta_f \geq 0,15$ мм; чистота обработанных поверхностей $R_{z_f} \geq 40$ мкм; количество деталей, обрабатываемых между подналадками, $P \leq 15$ штук.

Достижение заданной точности отдельной поверхности детали возможно за один или два перехода в зависимости от сочетания требуемой точности обработки δ_f , погрешности заготовки $\delta_{\text{заг}}$ и жесткости технологической системы. Так, при заданном допуске на выполняемый размер $\delta_f = 0,2$ мм возможна однопереходная обработка практически каждой отдельной поверхности, если погрешность заготовки не превышает $\delta_{\text{заг}} \leq 2,0$ мм. И наоборот, если допуск на выполняемый размер $\delta_f = 0,15$ мм, т.е. уже-сточен, то обработка отдельной поверхности за один переход возможна только в том случае, когда погрешность заготовки не превышает $\delta_{\text{заг}} \leq 1,0$ мм. Во всех остальных вариантах обработки достижение заданной точности отдельной поверхности детали возможно лишь за два перехода.

Размерная партионная обработка заготовок из проката на токарных гидрокопировальных полуавтоматах, как показали результаты моделирования станочной операции, возможна при предельной разности диаметров обрабатываемых ступеней вала 15 мм. Допуск на выполняемый размер при этом может быть выдержан в пределах $\delta_f = 0,3$ мм, а чистота поверхности $\nabla 3$. Уменьшение указанной разности диаметров до 10 мм (5 мм) резко увеличивает количество возможных вариантов, одновременно повышая параметры оптимального варианта станочной операции.

Глава V. Техничко-экономическая эффективность результатов исследования.

Критерием оценки экономичности применения ЭВМ в сфере инженерно-технических работ является соотношение между трудовыми и стоимостными (денежными) затратами на расчет на одну деталь с учетом дополнительных капиталовложений и трудовыми и стоимостными затратами при "ручном" методе расчета.

Необходимо также принимать во внимание, что применение ЭВМ для

проектирования технологических процессов позволяет получить оптимальные варианты обработки деталей, обеспечивающие, как правило, повышение производительности труда в основном производстве.

Экономическая эффективность оптимизации параметров станочной операции методом математического моделирования на ЭВМ в основном производстве может быть оценена следующими показателями:

1. увеличение выпуска деталей с одного станка в единицу времени. Так расчеты, проведенные для условий обработки первичного и вторичного вала коробки передач на поточных линиях автотехцентра им. Лихачева, показали, что оптимизация технологических параметров позволит увеличить выпуск с одного станка на 24-28%;
2. снижение технологической себестоимости операции, которое можно определить, разделив значение нормативных приведенных затрат, приходящихся на 1 час работы оборудования, на производительность полуавтомата до и после оптимизации параметров обработки деталей. Так для приведенных выше условий в результате оптимизации операции получено снижение себестоимости изготовления одной детали на 20-26%;
3. условный годовой экономический эффект от эксплуатации одного станка, на котором обработка деталей ведется по оптимальному варианту станочной операции. Этот эффект может быть определен как произведение разности себестоимости изготовления одной детали до и после оптимизации параметров её обработки на годовой выпуск деталей с одного станка при оптимальном варианте станочной операции и составляет приблизительно 1500 - 2000 рублей.

Основные выводы по работе

1. Построение оптимальных станочных операций методом математического моделирования исследуемого процесса на электронных вычислительных машинах является эффективным средством повышения производительности механической обработки с обеспечением требуемого качества изделий.
2. Основой для выбора оптимального варианта механической обработки деталей на токарных гидрокопировальных полуавтоматах приняты расчетно - аналитический метод определения точности

и теория производительности рабочих машин.

3. В результате исследований, проведенных в лабораторных условиях с использованием современной теории планирования эксперимента, и производственных наблюдений получены расчетные зависимости и количественная характеристика оценочной функции, определяющие возможные и оптимальный вариант станочной операции.
4. Разработаны математические модели станочных операций для последовательной и параллельной схем обработки ступенчатых валов из штампованных заготовок и заготовок из проката, а также, для определения количества переходов, необходимых для достижения заданной точности и чистоты обработки стальной поверхности детали.
5. Использование ЭВМ позволяет вести поиск оптимального варианта обработки деталей в конкретных производственных условиях с минимальными затратами времени и средств.
6. Экспериментальная проверка разработанных математических моделей станочной операции в производственных условиях установила соответствие их реальным технологическим процессам обработки деталей на токарных гидрокопировальных полуавтоматах.
7. Определены оптимальные условия эксплуатации токарных гидрокопировальных полуавтоматов. При однократной партионной обработке ступенчатых валов из штампованных заготовок, погрешность которых не превышает 2,0 мм, достигается точность диаметральных размеров в пределах 0,15 мм и чистота обработки до V 4. Размерная партионная обработка заготовок из проката возможна при предельной разности диаметров обрабатываемых ступеней вала равной 15 мм.
8. Использование результатов разработанной научной методики построения оптимальных станочных операций позволяет повысить производительность обработки деталей на токарных гидрокопировальных полуавтоматах на 25-30%, снизить технологическую себестоимость операции на 20-25% и получить условный экономический эффект от эксплуатации полуавтоматов на оптимальном режиме около 1500-2000 рублей в год на каждой единице оборудования. Указанный экономический эффект достигается при сохранении заданной точности обработки деталей и без дополнительных капитальных затрат.

9. Результаты работы использованы в механосборочном корпусе № 2 автозавода им. Дзержинского для оптимизации операций на токарных гидрокопировальных полуавтоматах модели Г722, установленных в поточных линиях изготовления первичного вала коробки передач автомобиля ЗИЛ-130.
10. Основные положения разработанной научной методики построения оптимальных операций на токарных гидрокопировальных полуавтоматах могут быть использованы для оптимизации операций, выполняемых на других станках токарной группы.
- Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:
1. Капустин Н.М., Диланян Р.З. Производительность токарных гидрокопировальных полуавтоматов как критерий для определения оптимальных режимов обработки. Тезисы докладов Межвузовской научной конференции "Теория производительности как основа проектирования машин-автоматов и автоматических линий". МВ и ССО СССР, МВТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, 1968.
2. Диланян Р.З. Моделирование станочной операции на гидрокопировальных полуавтоматах. В сб. "Автоматизация операций проектирования процессов машиностроения", изд-во "Наука", Москва, 1970.
3. Диланян Р.З. Оптимизация параметров механической обработки деталей на токарных гидрокопировальных полуавтоматах. "Известия вузов. Машиностроение", 1971, № 3.
- Материалы диссертации докладывались:
1. На Межвузовской научной конференции "Теория производительности как основа проектирования машин - автоматов и автоматических линий", МВТУ им. Баумана, Москва, октябрь 1968г.
2. На научном семинаре "Привод и управление машин - 68", АН СССР Москва, ноябрь 1968г.
3. На республиканской научно-технической конференции "Оптимизация производственных процессов машиностроительных заводов республики", ТПИ, Таллин, октябрь 1970г.