М388838

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

НУРИДИНОВ Шарифджон

ПОСТРОЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА АГРЕГАТНЫХ СТАНКАХ С ПОВОРОТНЫМИ СТОЛАМИ

(05.02.08 – Технология машиностроения)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 1982 г.

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

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент КОСИЛОВА А.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор НАХАПЕТЯН Е.Г.
кандидат технических наук, доцент УСОВ Б.А.

Ведущее предприятие – Мос СКБ АЛ и АС

Защита диссертации состоится "___" _____ 1982 г. на заседании специализированного Совета по технологии машиностроения, шифр К-053.15.15 МВТУ имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.

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

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

Автореферат разослан "___" _____ 1982 г.

Учёный секретарь Совета
к.т.н. МЕЩЕРЯКОВ Р.К.

ем I п.л. Тираж 100экз.
уманская ул., 5

М388838

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1388838
Нуридинов Ш. Построение опе

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" большие задачи поставлены перед машиностроением и металлообработкой по широкому внедрению прогрессивной техники и технологии, решение которых невозможно без совершенствования технологических процессов и технологического оборудования. В современном машиностроении решению этих задач в полной мере отвечают все возрастающие масштабы проектирования и внедрения агрегатных станков и автоматических линий из этих станков. Наиболее эффективно применение агрегатных станков и автоматических линий при обработке корпусных деталей с большим числом обрабатываемых поверхностей и сложным комплексом технологических задач. В промышленности на заводах массового и крупносерийного производства при обработке систем взаимосвязанных поверхностей (координированных отверстий, плоскостей и т.д.) широко применяются многопозиционные агрегатные станки с делительными поворотными столами. Эти станки позволяют достичь высокой степени интенсификации процесса производства за счет обработки детали с одного установа по нескольким поверхностям, одновременно на нескольких позициях или на одной позиции с разных сторон. Они легко встраиваются в автоматическую линию или могут заменить участок автоматической линии. Точность обработки обусловливает специфические требования к построению технологического процесса обработки на многопозиционных агрегатных станках с поворотными столами. Обеспечение высокого качества выпускаемых деталей ставит перед технологией машиностроения проблему повышения точности обработки в сочетании с высокой производительностью труда. Исследования, выполненные на действующих агрегатных станках с поворотными столами, показали, что при определенной схеме обработки, совмещающей черновую и чистовую обработку, возможно возникновение неуравновешенной силы и момента резания, которые вызывают перекос и поворот планшайбы стола, что затрудняет достижение требуемой точности обработки. В то же время в проектно-технологических организациях по созданию агрегатных станков с поворотными столами и проектированию наладок для обработки деталей отсутствуют научно-обоснованные методики, отражающие взаимосвязь между параметрами и факторами технологического процесса, параметрами точности оборудования и точностью обработки на нем деталей.

В связи с этим вопросы обеспечения заданной точности обработки взаимосвязанных поверхностей при высокопроизводительной много-

№ 398838

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

местной, многоинструментной, многопереходной обработке на агрегатных станках с поворотными столами представляют собой важную и актуальную проблему машиностроения.

Цель работы – разработка рекомендаций по рациональному построению операций для агрегатных станков с поворотными столами и научно-обоснованной методики проектного определения ожидаемой точности пространственного расположения взаимосвязанных поверхностей деталей при построении операции.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе основ технологии машиностроения и общетехнических наук. Экспериментальные исследования выполнялись на многопозиционном агрегатном станке с поворотным столом, состоящим из двух горизонтально расположенных силовых головок и поворотного стола, при использовании современной контрольно-измерительной аппаратуры. Производственные исследования включали получение данных о фактической точности расположения отверстий при одно- и многопереходной обработке мерными инструментами с последующим анализом результатов на основе математической статистики. Результаты теоретических и экспериментальных данных обрабатывались с применением ЭВМ.

Научная новизна. В результате теоретических исследований выявлен механизм формирования погрешностей обработки, учитывающий особенности различных схем построения операций на агрегатных станках с поворотными столами. Полученные математические зависимости характеризуют комплексное влияние параметров и факторов технологического процесса на расположение поверхностей деталей, обрабатываемых на позициях стола. В работе выявлена специфика и исследованы закономерности взаимного влияния инструментов в процессе обработки. Определены особенности силового нагружения технологической системы и формирования погрешности от структуры операции. Разработана методика анализа схем и структур операции обработки на агрегатных станках с поворотными столами. Для определения суммарной погрешности обработки, обусловленной факторами и параметрами технологического процесса, разработана программа расчета на ЭВМ.

Практическая ценность. Настоящая работа является частью исследований по точности обработки корпусных деталей на автоматических линиях и агрегатных станках, проводимых на кафедре "Технология механосборочного производства" МВТУ имени Н.Э.Баумана для МосСКБ АЛ и АС, и посвящена отдельному вопросу построения операций обработки деталей на агрегатных станках с поворотными столами. Результаты вы-

полненных исследований содержат практические рекомендации по построению операций, выбору схемы обработки, компоновке станка, выбору типа кондукторной плиты, ее установке и обеспечению надежной фиксации и др. Рекомендации носят чисто технологический характер и предназначены для проектно-технологических организаций, проектирующих технологические процессы обработки деталей на указанных станках.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства"МВТУ имени Н.Э.Баумана, на Республиканской научно-теоретической конференции молодых ученых и специалистов Таджикской ССР в г.Душанбе (1980 г.), а также на Республиканской научно-технической конференции "Качество поверхности деталей машин и его влияние на эксплуатационные свойства" (г.Душанбе, 1981 г.).

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 149 страницах машинописного текста и содержит введение, четыре главы, выводы по главам, общие выводы по работе. Работа включает 11 таблиц, 60 рисунков и список литературы из 76 наименований.

В первой главе диссертации освещается состояние вопроса обеспечения точности обработки координированных отверстий по литературным источникам и производственным исследованиям.

Обзор технической литературы показывает, что до настоящего времени вопросу технологического обеспечения точности обработки координированных отверстий уделялось мало внимания. Имеющиеся печатные работы по исследованию точности обработки поверхностей на агрегатных станках выполнены применительно к обработке на станках, не имеющих поворотно-делительного устройства; подавляющее большинство из них посвящено вопросам технологического обеспечения точности обработки на позициях автоматической линии. Работы, выполненные на агрегатных станках с поворотными столами, носят конструкторский характер, и если в них рассматривается точность обработки, то только в зависимости от некоторых конструктивных параметров поворотного стола. Практически отсутствуют работы, посвященные выявлению и исследованию специфики и закономерностей протекания технологического процесса обработки поверхностей. Работы не содержат данных, необходимых для проектного решения точностных задач при разработке схем построения операций обработки деталей.

Большой положительный опыт проектирования агрегатных станков и автоматических линий для обработки систем координированных отвер-

стий отражен в проектно-конструкторских и технологических работах МосСКБ АЛ и АС. Получили некоторое освещение вопросы изучения точности обработки отверстий на агрегатных станках и автоматических линиях в работах, выполненных на кафедре "Технология механосборочного производства" МВТУ имени Н.Э.Баумана. Однако и эти работы не содержат необходимых данных для решения точностных задач обработки координированных отверстий на агрегатных станках с поворотными столами при построении операций обработки деталей.

Исследования, выполненные в условиях действующего производства, по выявлению фактической точности расположения отверстий на агрегатных станках с поворотными столами позволяют сделать вывод, что заданная точность расположения, как относительно баз, так и по межосевому расстоянию, выдерживается не всегда. Технологические процессы обработки отверстий в своем большинстве не являются статистически управляемыми. Под влиянием неуравновешенных сил и моментов резания в процессе обработки происходит изменение геометрических и упругих смещений технологической системы, что вызывает смещение осей отверстий обрабатываемых деталей.

Таким образом, вопросы обеспечения заданной точности обработки систем отверстий в условиях их обработки на указанных станках (в зависимости от структуры операции) являются недостаточно изученными. Поэтому в соответствии с целью исследования в диссертации поставлены следующие задачи:

I. Исследовать особенности механизма формирования погрешности взаимного расположения осей отверстий в условиях их обработки на многопозиционных агрегатных станках с поворотными столами при совместном влиянии всех элементов технологической системы.

2. Установить влияние структуры операции на изменение исходных геометрических погрешностей и упругие деформации технологической системы. Выполнить теоретические разработки по расчету упругих перемещений и геометрических смещений элементов поворотного стола.

3. Получить рекомендации по применению кондукторных плит различных типов и по обеспечению их надежной фиксации.

4. Исследовать различные схемы и структуры обработки и разработать рекомендации по размещению технологических переходов в рабочих позициях поворотно-делительного стола, исходя из условий нагружения силами резания и минимальных погрешностей обработки на чистовых позициях.

5. Разработать алгоритм и программу расчета для определения погрешности обработки, обусловленной структурой операции. Выполнитьтеоретические разработки по расчету величины суммарных неуравновешенных усилий и момента резания, действующих на планшайбу стола.

Основные исследования в диссертационной работе проведены применительно к операции обработки отверстий мерными режущими инструментами (сверлами, зенкерами и развертками).

Во второй главе диссертации проводится теоретический анализ влияния факторов агрегатного станка с поворотным столом и технологического процесса на точность обработки.

Формирование погрешности обработки координированных отверстий рассмотрено применительно к агрегатному станку с поворотным столом, с горизонтальным расположением агрегатных головок. Выполненный анализ влияния конструктивно-технологических факторов технологической системы на точность обработки отверстий показывает, что наибольшее влияние на нее оказывают геометрические неточности и упругие деформации поворотного стола под действием неуравновешенных сил резания.

При обработке отверстий все факторы, влияющие на формирование погрешностей расположения, можно разделить на пять основных групп по месту их возникновения: I) параметры инструментальной наладки и узла направления инструмента; 2) параметры поворотного стола; 3) геометрические неточности позиции; 4) факторы и параметры технологического процесса; 5) производственные факторы.

Первые три группы факторов закладываются при проектировании и изготовлении узлов агрегатного станка и режущего инструмента. Факторы и параметры технологического процесса выбираются в каждом случае технологом при проектировании технологического процесса и обусловлены условиями обработки.

Суммарное смещение планшайбы $\Delta_{пл}$ в момент фиксации определится суммой погрешностей позиционирования $\Delta_{пз}$ и геометрического смещения $\Delta_{гп}$ на зазорах в узле центральной оси и определяется по формуле:

$$\Delta_{пл} = \sqrt{\Delta_{пз}^2 + \Delta_{гп}^2}. \qquad (I)$$

Погрешность позиционирования складывается из погрешностей деления $\Delta_д$ и индексации $\Delta_{инд}$:

$$\Delta_{пз} = \Delta_д + \Delta_{инд}. \qquad (2)$$

Геометрическое смещение планшайбы определяется по формуле:

$$\Delta_{гп} = \frac{S_{цо}}{2}, \qquad (3)$$

где $S_{цо}$ – зазор в узле центральной оси.

Погрешность параметра преемственности Δ_p определяется с учетом конкретной схемы установки заготовки в приспособлении из выражения:

$$\Delta_p = \sqrt{\Delta_{p_x}^2 + \Delta_{p_z}^2}. \qquad (4)$$

Параметры инструментальной наладки и узла направления инструмента предопределяют, главным образом, величину геометрического $\Delta_{гн}$ и упругого Δ_y смещения инструмента и узла его направления.

При многоинструментной обработке создается сложная картина нагружения технологической системы силами резания и моментами от сил, существенно отличная от одноинструментной обработки. Многоинструментная обработка в любом случае сопровождается изменением условий нагружения технологической системы в ходе цикла обработки при вступлении в работу и при выходе из работы отдельных инструментов наладки.

При независимой работе и раздельном расположении агрегатных силовых головок многопозиционный поворотный стол служит местом расположения всех обрабатываемых заготовок, и если силы, действующие в одной рабочей позиции, вызывают перемещение стола, то это перемещение приводит к тому или иному перемещению заготовок относительно инструментальных наладок во всех других рабочих позициях стола.

Направление и величины перемещений определяются схемой действия сил и моментов от всех инструментов, работающих во всех позициях, и условиями их суммирования. Если особенности выполнения операции, определяющие условия действия сил и моментов резания, назвать структурной операцией, то возникающие при этом погрешности можно назвать структурными погрешностями $\Delta_{стр}$.

Основными признаками, характеризующими структуру операции, будем считать количество, взаимное расположение и последовательность вступления в работу инструментов, находящихся на позициях станка.

Таким образом, в процессе обработки на планшайбу стола действуют: неуравновешенные усилия резания R_X, R_Y, R_Z, неуравновешенный момент $M_н$, сила зажима планшайбы $Q_{заж}$, сила трения между планшайбой и направляющей стола $F_{тр}$, момент трения верчения $M_{тр}$, масса планшайбы, деталей и приспособления G. В результате сложения неравномерных нагрузок, действующих на планшайбу стола, создается суммарное радиальное усилие N на планшайбу и крутящий момент M, величины которых можно определить по формулам:

$$\left.\begin{aligned} N &= R_{XY} - f\left(Q_{ЗАЖ} + G + R_Z\right) \\ M &= M_H - \frac{1}{3} Q_{ЗАЖ} \cdot f \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Под действием этих силовых факторов планшайба получает перемещения: поступательное – в направлении силы N и вращательное – в горизонтальной плоскости под действием момента M на угол θ_0. Угол θ_0 поворота планшайбы вокруг центральной оси определяется из формулы:

$$\theta_0 = \frac{\sqrt{S_{ц0}^2 - (S_\Phi \cos\gamma)^2} + S_\Phi \sin\gamma}{L}, \qquad (6)$$

где S_Φ – зазор в узле индексации, L – расстояние между осями фиксации и планшайбы.

В горизонтальной плоскости под действием радиальной силы N происходит отжатие центральной оси планшайбы, величина которого определяется из выражения:

$$\xi = -\frac{64(l_1+l_2)l_1^2}{3E\pi d_H^4} \cdot \frac{N}{\left[1-\left(\frac{d_B}{d_H}\right)^4\right]}, \qquad (7)$$

где d_H, d_B – наружный и внутренний диаметры центральной оси, E – модуль упругости первого рода.

В процессе обработки на планшайбу стола в вертикальной плоскости действует момент от силы N. Под ее влиянием планшайба разворачивается (заваливается) в плоскости ZOY на угол α, что приводит к дополнительному перемещению центральной оси на величину y_1, которая влияет на положение планшайбы. Величина y_1 зависит от величины $S_{ц0_1}$ – зазора между первым подшипником и центральной осью и от $S_{ц0_2}$ – зазора между вторым подшипником и центральной осью.

Суммарное смещение планшайбы в горизонтальной плоскости, обусловленное податливостью узла центральной оси, определяется по формуле:

$$\Delta y = \frac{S_{ц0}}{2}\left(1 + \frac{2l_1}{l_2}\right) + \frac{64(l_1+l_2)l_1^2}{3E\pi d_H^4} \cdot \frac{N}{\left[1-\left(\frac{d_B}{d_H}\right)^4\right]} + \frac{\left(R_A^y \cdot \omega_A + R_B^y \cdot \omega_B\right)l_1 + R_A^y \cdot \omega_A \cdot l_2}{l_2}. \qquad (8)$$

Если неуравновешенный момент больше момента трения верчения ($M > M_{TP}$), то под действием неуравновешенного момента происходит отжатие фиксатора, величина которого определяется из выражения:

$$\xi_\Phi = -\frac{4N_\Phi}{EJ_0}\left[\left(l_2 + \frac{l_1}{l_2}\right)\frac{(l_2+l_1)^2}{2} - \frac{(l_2+l_1)^2}{6} + \frac{l_1^3}{24} - \frac{3l_2^2}{4}\left(\frac{l_2}{3} + \frac{l_1}{4}\right)\right]. \qquad (9)$$

С учетом прогиба фиксатора формула (6) изменится, то есть

$$\theta_0 = \frac{\sqrt{S_{ц0}^2 - (S_\Phi \cos\gamma)^2} + (S_\Phi + \xi_\Phi)\sin\gamma}{L}. \qquad (10)$$

Суммарные перемещения планшайбы поворотного стола в горизонтальной и вертикальной плоскостях будут складываться из упругих перемещений и зазоров в узлах центральной оси и фиксатора. Координаты рассматриваемой точки над поверхностью планшайбы можно определить из выражений:

$$\left.\begin{aligned} X_P &= X_0 \cos\theta_0 - Y_0 \sin\theta_0 - S_\Phi \cos\gamma - \Delta y \cos\gamma \\ Y_P &= X_0 \sin\theta_0 + Y_0 \cos\theta_0 - \sqrt{S_{\Pi 0}^2 - (S_\Phi \cos\gamma)^2} - \Delta y \sin\gamma \\ Z_P &= Z_0 + M\beta_0 \end{aligned}\right\} \qquad (II)$$

Величина $\Delta_{СТР}$ определяется из формулы:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_{СТР_X} &= X_P - X_0 \\ \Delta_{СТР_Y} &= Y_P - Y_0 \\ \Delta_{СТР_Z} &= Z_P - Z_0 \end{aligned}\right\} \qquad (I2)$$

где X_P, Y_P, Z_P – расчетная величина координаты точки; X_0, Y_0, Z_0 – заданная (исходная) величина координаты точки.

Определение величины суммарной погрешности $\Delta_Б$ смещения оси отверстия относительно базовых поверхностей при обработке на агрегатных станках с поворотными столами необходимо проводить в зависимости от вида обработки и с учетом типа применяемого узла направления инструмента и его расположения.

При расположении стационарной кондукторной плиты на планшайбе поворотного стола смещение оси отверстия относительно базовых поверхностей детали равно:

$$\Delta_Б = \sqrt{\Delta_{СМ_i}^2 + \Delta_P^2 + \varepsilon^2}, \qquad (I3)$$

где $\Delta_{СМ_i}$ – позиционное отклонение, величина которого определяется из формулы

$$\Delta_{СМ_i} = \Delta_{ГН} + \Delta_У + \Delta_{СТР}.$$

При применении подвижной кондукторной плиты смещение оси отверстия относительно базовых поверхностей детали следует определять по формуле:

$$\Delta_Б = \sqrt{\Delta_{СМ_i}^2 + \Delta_P^2 + \varepsilon^2 + \Delta_{ПЛ}^2 + \Delta_{ФК}^2},$$

где $\Delta_{ФК}$ – погрешность фиксации кондукторной плиты.

При направлении инструмента во втулках стационарной или подвижной кондукторной плиты, расположенной на станине стола, и при обработке без узла направления, структурная погрешность $\Delta_{СТР}$ будет оказывать непосредственное влияние (в явном виде) на суммарную погрешность обработки:

$$\Delta_Б = \sqrt{\Delta_{СМ_i}^2 + \Delta_P^2 + \varepsilon^2 + \Delta_{ПЛ}^2} + \Delta_{СТР}.$$

Погрешность $\Delta_{см}$ будет зависеть только от геометрических и упругих смещений инструмента и узла его направления.

В третьей главе изложена методика и приведены результаты экспериментальных исследований схем обработки координированных отверстий на агрегатном станке с поворотным столом. При их выполнении даны качественная и количественная оценки влияния факторов и параметров технологического процесса на суммарную погрешность обработки и проведены проверки выполненных теоретических разработок.

Все экспериментальные исследования проводились для операций обработки координированных отверстий мерным инструментом – сверлами, зенкерами и развертками. Были исследованы схемы обработки по сочетанию различных переходов в одной позиции и по размещению технологических переходов в рабочих позициях поворотного стола, исходя из минимальной погрешности обработки на позициях для чистовой обработки.

Исследования проводились в Лаборатории кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ имени Н.Э.Баумана. Экспериментальная установка представляет собой агрегатный станок с восьмипозиционным поворотным столом, состоящий из двух гидравлических самодействующих силовых головок конструкции МосСКБ АЛ и АС. Одна головка модели 5У4025, вторая – модели I-У4003I первого габарита с семишпиндельной головкой. В состав установки также входит многопозиционный поворотный стол модели УН2056 с гидростанцией модели 5У284I. Экспериментальные образцы были выполнены из чугуна марки СЧI8-36 и алюминиевого сплава АЛ4 в виде параллелепипеда с размерами 240 х 2I0 х 60 мм. Для обработки применялись мерные инструменты диаметром I4,5–I6,00 мм и 23,5–25,00 мм, соответствующие действующим ГОСТам. Обработка производилась при режимах резания, соответствующих высокопроизводительной обработке отверстий на агрегатных станках. Приспособления предусматривали базирование заготовок на одну плоскость и два отверстия. Комплекс контрольно-измерительной оснастки включал: универсальную тензометрическую установку 8АНЧ-7М, два самопишущих быстродействующих прибора Н327-5, семь тензометрических датчиков и другие специальные приспособления.

Основным экспериментальным исследованиям предшествовал подготовительный этап, заключавшийся в проверке агрегатного станка с поворотным столом по нормам точности и жесткости согласно ГОСТам I6459–70, I647I–70 и установлении истинной величины геометрической точности и жесткости ее различных элементов. При исследовании жест-

кости поворотного стола была выявлена значительная нестабильность жесткости планшайбы и узла фиксации в горизонтальной и вертикальной плоскостях, приводящая к различной величине суммарной жесткости стола. При нагружении в горизонтальном направлении нагрузка прикладывалась на периферии планшайбы. Смещение, фиксированное на диаметрально противоположной точке составляло 0,036 мм при силе нагружения 2000 кгс. При приложении радиальной силы на расстоянии 200 мм от зеркала стола и проходящей через центр наблюдается завал планшайбы на величину 0,180 мм при нагрузке 2000 кгс. Исследование смещения стола, обусловленного податливостью механизма фиксации, показало, что при нагружении внецентренно расположенной силой в направлении "на фиксатор" величина поворота планшайбы составляет 0,030 мм и зависит от прогиба фиксатора и упоров. Нагружение в направлении "от фиксатора" привело к резкому возрастанию величины поворота планшайбы, которая составила 0,342 мм при моменте 500 кгм и при разгружении практически не восстановилась.

Влияние структуры операции на смещение планшайбы исследовалось по параллельной, последовательной и параллельно-последовательной схеме обработки. Исследование смещения планшайбы при параллельной работе инструментов показало, что смещение планшайбы происходит в момент врезания и в дальнейшем не изменяется, так как после врезания инструментов в заготовку образуется одна целая жесткая система, которая препятствует дальнейшему смещению планшайбы. При параллельно-последовательной обработке нескольких отверстий наблюдается существенное изменение положения планшайбы каждый раз в момент вступления в работу других инструментов (поочередно). После вступления в работу всех инструментов величина смещения планшайбы была в три раза больше, чем при параллельной обработке и прочих равных условиях. По результатам последовательной обработки отверстий установлено, что смещение планшайбы зависит от точки приложения сил резания. При увеличении координат точки приложения по оси X величина завала уменьшается. Так как при этом создается дополнительный момент врезания, наблюдается поворот планшайбы относительно центральной оси. При изменении точки приложения силы резания в вертикальной плоскости (от зеркала планшайбы) происходит завал планшайбы за счет момента врезания по вертикальной оси. Чем больше расстояние от зеркала стола до точки приложения силы, тем больше момент врезания и соответственно больше величина смещения, обусловленная завалом планшайбы.

Результаты исследования взаимного влияния инструментов, одновременно работающих на двух противоположных позициях, показали, что при последовательном вступлении в работу трех инструментов, с одной стороны, наблюдается каждый раз в момент врезания следующего инструмента в заготовку дополнительное смещение планшайбы. Смещение планшайбы уменьшается, когда в противоположной позиции начинает работать другой инструмент.

Влияние структуры операции на точность расположения отверстий относительно баз и по межосевому расстоянию исследовалось при сверлении и развертывании образцов, изготовленных из алюминиевого сплава марки АЛ4, а также при многопереходной обработке: сверлении, зенкеровании и развертывании образцов, изготовленных из чугуна марки СЧ18-36. По результатам исследования были построены кривые распределения, характеризующие точность расположения отверстий в зависимости от принятой схемы обработки и материала образца.

Анализ кривых распределения показал, что обеспечение точности обработки зависит от условий выполнения технологической операции. При этом параллельная схема обработки отверстий мерным инструментом, наряду с высокой производительностью, обеспечивает более высокую точность расположения осей отверстий относительно баз и по межосевому расстоянию. В процессе обработки отверстий разных диаметров установлено, что точность расположения отверстий существенно зависит от диаметра и материала заготовки. Так, если при обработке отверстий ϕ 16 мм погрешность расположения отверстий относительно баз составляла 0,020 мм, то при обработке отверстий ϕ 25 мм – 0,302 мм. Погрешность расположения отверстий, обработанных в деталях из алюминиевого сплава в два раза меньше, чем у образцов из серого чугуна.

Существенное влияние на точность обработки оказывает величина неуравновешенной силы и координаты точки ее приложения. При суммарной величине неуравновешенной силы 800 кгс величина погрешности обработки составляет 0,095 мм, а при 1200 кгс – 0,736 мм. Увеличение расстояния точки приложения силы от плоскости зеркала приводит к заметному перекосу (завалу) планшайбы в сторону действия сил. Изменение точки приложения силы по оси X существенного влияния на положение планшайбы не оказывает.

Исследование точности обработки координированных отверстий показало, что существенное влияние на точность их расположения ока-

зывает структура операции, последовательность вступления в работу инструментов, координаты их расположения и распределения по позициям стола. Доля погрешности, вносимой структурой операции в суммарную погрешность обработкой отверстий мерным инструментом, составляет 10–35% в зависимости от величины неуравновешенных сил и моментов.

В четвертой главе изложена методика разработки схем и структур операций обработки на агрегатных станках с поворотными столами. В общем плане проектирования технологического процесса обработки детали задача разработки структуры операции относится к этапу разработки операционной технологии. До этого момента должны быть решены две основные задачи технологического процесса – должен быть рассчитан темп выпуска деталей и произведен выбор заготовки для нее.

Разработка схемы базирования и закрепления заготовки для обработки производится на основе общих принципов технологии машиностроения и заканчивается определением погрешности базирования как одного из слагаемых суммарной погрешности обработки по параметрам расположения.

Первоначальное распределение технологических переходов по рабочим позициям производится при соблюдении общих правил проектирования операций: для поверхностей с жесткими требованиями точности предусматривается многопереходная обработка – чистовые переходы отделяются от черновых и выполняются в конце технологического процесса. Величину силы и момента резания для каждого инструмента определяют по табличным данным или расчетам в зависимости от режимов обработки по формулам резания и составляют общую схему действия сил от всех инструментов. При этом ряд сил компенсируется, и в итоге возникают суммарная неуравновешенная сила и момент, которые стремятся изменить положение планшайбы в пространстве.

Выявленная в работе специфика и исследованные закономерности взаимного влияния инструментов и протекания технологического процесса обработки деталей на агрегатных станках с поворотными столами позволили дать рекомендации по построению операций обработки, учитывающие условия формирования погрешности, повышение точности и уменьшение влияния технологических факторов на погрешность обработки. Разработанные рекомендации по распределению режущих инструментов на позициях стола, по зоне расположения заготовок, по циклу работы головок и по обеспечению надежности процесса фиксации подвиж-

ных кондукторных плит, позволяют повысить точность обработки координированных отверстий.

Для определения величин погрешности расположения отверстий нужно определить величину неуравновешенной силы и углов, характеризующих ее направление. Для этого для каждой i -той позиции необходимо найти величину равнодействующей силы резания, которая будет складываться из сил резания от каждого работающего инструмента данной позиции. Суммарная неуравновешенная сила, действующая на планшайбу, складывается из равнодействующих сил всех позиций стола, под действием которых происходит геометрическое смещение и упругие отжатия узлов технологической системы. Для выполнения расчета суммарной неуравновешенной силы и момента на ЭВМ разработан алгоритм решения задачи по суммированию равнодействующих сил резания, возникающих на позициях стола. При этом в ЭВМ вводится необходимая исходная информация (величина силы резания, координаты ее расположения, угол между позициями) для определения модуля суммарного момента, сил резания и углов, характеризующих их направления.

Основой для разработки алгоритма решения задачи по определению погрешности обработки, обусловленной структурой операции с одновременным учетом влияния параметров поворотного стола, являются результаты выполненных теоретических расчетов в главе 2 и экспериментальных исследований по определению точности и жесткости поворотного стола.

Для определения величины структурной погрешности нужно в ЭВМ вводить необходимую информацию для расчета геометрических смещений под действием неуравновешенных сил и моментов, упругих перемещений планшайбы и механизма индексации, координаты точек рассматриваемых отверстий. После ввода всех необходимых данных определяются углы поворота планшайбы относительно центральной оси β_0 , прогиб фиксатора и центральной оси, контактные деформации в сопряжениях. Затем определяются координаты расположения рассматриваемой точки в направлении осей координат и погрешность от структуры операции.

Суммарная погрешность расположения осей отверстий относительно базовых поверхностей в направлении осей координат при обработке на многопозиционных агрегатных станках с поворотными столами определяется для конкретной схемы обработки в зависимости от вида применяемого кондуктора и его установки.

На основании разработанного алгоритма на машинном языке АЛГОЛ написана программа расчета погрешности, вносимой структурой опера-

ции, решение которой реализуется на ЭВМ типа БСМ-6, Минск-22. Результаты выполненного расчета показали хорошую сходимость с экспериментальными данными. Рассчитанные погрешности обработки получаются ниже экспериментальных значений при величине неуравновешенной силы 800 кгс в среднем на 20% и при 2000 кгс – на 15%.

Общие выводы

1. Технологические операции, выполняемые на агрегатных станках с делительно-поворотными столами, построены по принципу высокой концентрации переходов и характеризуются весьма высокой производительностью. Однако эффективному их использованию препятствуют большие погрешности межосевых расстояний (0,2-0,4 мм) и других параметров расположения у обрабатываемых деталей.

2. Для технологических операций, выполняемых на агрегатных станках с поворотными столами, характерны большие неуравновешенные силы и моменты резания, предопределяющие появление специфической составляющей погрешности обработки, зависящей от структуры операции (структурная погрешность). Структура операции характеризуется последовательностью вступления в работу инструментов, координатами расположения осей обрабатываемых отверстий, распределением технологических переходов по позициям поворотного стола, размещением агрегатных головок в пространстве. От структуры операции зависят схемы действия сил и моментов резания от одновременно работающих инструментов, условия их сложения и взаимной компенсации, результирующие неуравновешенные силы и моменты.

3. В общем балансе погрешностей обработки координированных отверстий диаметром 15-25 мм мерным инструментом отдельные составляющие суммарной погрешности смещения осей отверстий относительно баз составляют: погрешность установки – до 20%, геометрическое смещение оси инструмента – 10-12%, упругие отжатия режущего инструмента и узла его направления – 5-20%, погрешность параметра преемственности взаимосвязанных позиций – до 15%, погрешность позиционирования и индексации стола – 5-10%, структурная погрешность – 15-35%.

4. Экспериментальные исследования показали, что точность расположения осей отверстий относительно баз и по межосевому расстоянию при параллельной схеме обработки отверстий мерными инструментами повышается в 2-3 раза (с 0,27 мм до 0,075 мм) по сравнению с последовательным вступлением в работу тех же инструментов. Это связано с тем, что при последовательной схеме обработки в течение цик-

ла обработки каждый новый вступающий инструмент вызывает дополнительные смещения в упругой системе в течение цикла обработки. При одновременном же вступлении в работу инструменты соединяют поворотный стол, агрегатную головку и заготовку в единую жесткую систему, а сложившееся при этом взаимодействие сил и величины смещений остаются неизменными на протяжении всего цикла обработки. На этапе врезания осевая сила достигает своего максимального значения. Для уменьшения влияния неравномерности осевой силы резания на точность расположения осей отверстий целесообразно врезание производить при сниженной подаче, а затем ее увеличивать до требуемой.

5. Основным направлением уменьшения величины структурной погрешности является снижение величины неуравновешенных сил и моментов резания, вызывающих перекос планшайбы и ее поворот относительно центральной оси.

Для достижения этой цели в работе рекомендуется:

а) обеспечивать возможности для взаимной компенсации сил резания путем размещения соответствующих технологических переходов на диаметрально противоположных позициях стола;

б) размещать заготовку на минимально возможном расстоянии от центра планшайбы и так, чтобы ось позиции была направлена к центру планшайбы;

в) предусматривать при анализе схем действия сил направление неуравновешенных сил на фиксатор поворотного стола, а не от фиксатора;

г) обработку точных отверстий и выполнение чистовых переходов размещать на позиции, где расположен фиксатор стола;

д) кондукторные плиты, фиксируемые на приспособлениях или на планшайбе стола, целесообразно располагать симметрично относительно центральной оси, а фиксирующие пальцы и оси скалок располагать в одной плоскости.

6. При разработке компоновки станка необходимо учитывать, что увеличение силы прижима планшайбы по периферии способствует уменьшению перекоса планшайбы и поворота относительно центральной оси. С этой целью целесообразно применять вертикальные агрегатные головки и размещать их на диаметрально противоположных позициях стола.

7. Предложенная в работе методика позволяет определить суммарную погрешность расположения осей отверстий в зависимости от условий обработки и типа применяемого узла направления инструмента при построении операций. Разработанная на основе полученных в работе

зависимостей и рекомендаций методики построения операций обработки деталей на агрегатных станках с поворотными столами разработать алгоритм для определения погрешности обработки, вносимой структурой операции. Реализация методики, включающей выбор схемы обработки, вариант компоновки станка, режимов резания, позволяет повысить точность расположения осей отверстий на 15-30%.

8. Результаты работы переданы в МосСКБ АЛ и АС для реализации в проектно-технологических и конструкторских разработках и на станко-строительный завод имени С.Орджоникидзе для практического использования. Они вошли составной частью в хоздоговорную тему Министерства станкостроительной и инструментальной промышленности СССР. Экономический эффект от их внедрения составляет 45 тыс.рублей.

Основные результаты работы опубликованы в изданиях:

1. Огородников В.В., Нуридинов Ш. Расчет ожидаемой точности обработки координированных отверстий на агрегатных станках с поворотным столом. - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1981, № 8, с.111-115.
2. Нуридинов Ш. Применение агрегатных станков с поворотным столом для обработки баз корпусных деталей. - Тезисы докладов Республиканской научно-теоретической конференции молодых ученых и специалистов Таджикской ССР. - Душанбе: Донш, 1980, с.38-40.
3. Нуридинов Ш., Гусев А.А. Влияние конструктивных параметров подвижных кондукторов на точность обработки. - Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. - Душанбе, 1981, с.154-155.
4. Нуридинов Ш., Гусев А.А. Влияние структуры операции на точность обработки деталей на агрегатных станках с поворотными столами. - Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. Душанбе, 1981, с.155-157.