М388856

МАТЕРИАЛ НЕ ВЫДАЕТСЯ

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

ПИЧИКЯН Мкртич Микаелович

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ОТВЕРСТИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА АГРЕГАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ БЕЗ НАПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

Специальность 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.

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

ПИЧИКЯН Мкртич Микаелович

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ОТВЕРСТИЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА АГРЕГАТНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ БЕЗ НАПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

1388856

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва – 1982 г.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
1388856
Пичикян М.М. Исследование

МВТУ им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

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, и.о.профессора НИЦЕТА В.В.

кандидат технических наук, доцент ЧЕРНЯНСКИЙ П.М.

Ведущее предприятие – Московское специальное конструкторское бюро автоматических линий и агрегатных станков

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

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

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

Автореферат разослан "___"_____ 1982 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
К.Т.Н., ДОЦЕНТ Р.К. Мещеряков

Л-90215

Подп. к печ. 4.03.82. Заказ 396 Объем 1 п.л. Тираж 100 экз.

Ротопринт МВТУ 107005, Москва Б-5, 2 я Бауманская ул., 5

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Интенсификация производственных процессов и повышение качества выпускаемых изделий является важнейшей задачей, поставленной в II-й пятилетке перед отечественным машиностроением.

В массовом и крупносерийном производствах основные отверстия корпусных деталей в ряде случаев обрабатываются на агрегатно-расточных станках и расточных позициях автоматических линий, работающих без направления инструмента. С увеличением степени интенсификации технологических переходов на названном оборудовании, т.е. с увеличением количества параллельно обрабатываемых поверхностей на одной позиции станка, можно достичь значительного повышения производительности труда. Однако при этом происходит снижение точности обработки и обеспечение заданных требований точности отверстий становится сложной технологической проблемой. Производственные исследования показали, что наиболее труднообеспечиваемым параметром при обработке корпусных деталей на агрегатно-расточных станках по параллельной схеме является точность пространственного расположения осей основных отверстий, которая в действующем производстве в ряде случаев не соответствует требованиям. С целью обеспечения заданной точности расположения осей отверстий в настоящее время применяются параллельно-последовательные и последовательные схемы обработки вместо параллельных, что приводит к увеличению количества технологических переходов обработки отверстий и неполному использованию технологических возможностей агрегатных станков.

Такое состояние вопроса объясняется в первую очередь отсутствием научно-обоснованной методики расчета ожидаемой точности расположения осей отверстий на стадии проектирования технологических операций, в которой учитывалась бы специфика многоинструментной обработки на агрегатно-расточных станках, работающих без направления инструмента, а также отсутствием практических рекомендаций для построения операций обработки отверстий корпусных деталей по параллельной схеме.

Цель работы. Создание научно-обоснованных методик расчета ожидаемой точности расположения осей отверстий при многоинструментной обработке корпусных деталей на агрегатно-расточных станках и назначения требований точности к геометрическим пара-

метрам элементов технологической системы для повышения точности обработки.

Методы исследования. Применялись производственные, теоретические и экспериментальные исследования. Производственные исследования с их последующим анализом методами математической статистики позволили получить фактические данные по точности обработки отверстий на действующем оборудовании. Теоретические исследования проводились на базе основ технологии машиностроения с использованием расчетно-аналитического метода определения погрешности обработки, теории резания металлов, соответствующих разделов аналитической геометрии и метода статистических испытаний (метода Монте-Карло). Экспериментальные исследования проводились на специальной установке в лаборатории технологии обработки деталей Димитровградского автоагрегатного завода, а также в производственных условиях на наиболее распространенных компоновках агрегатно-расточных станков без направления инструмента с использованием современной регистрирующей и измерительной аппаратуры.

Научная новизна. Выявлены закономерности образования пространственных отклонений осей отверстий при многоинструментной обработке деталей по параллельной схеме. Разработана математическая модель технологической системы агрегатно-расточного станка, позволяющая прогнозировать ожидаемую погрешность расположения осей отверстий на стадии проектирования технологических операций. Предложен расчетно-экспериментальный метод определения погрешностей от упругих деформаций элементов технологической системы, учитывающий специфику многоинструментной обработки.

Практическая ценность. Настоящая работа является частью исследований, проводимых на кафедре "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э. Баумана по точности обработки корпусных деталей на автоматических линиях из агрегатных станков и посвящена ранее не рассматриваемому вопросу. На основе результатов исследования разработаны инженерные методики назначения требований точности к геометрическим параметрам агрегатно-расточного станка и обрабатываемой детали (заготовки) исходя из заданной точности обработки. Разработаны практические рекомендации по построению операции обработки отверстий корпусных деталей на агрегатно-расточных станках без направления инстру-

мента. Разработанные методики и рекомендации могут быть использованы в проектно-технологических и конструкторских организациях, разрабатывающих агрегатные станки и автоматические линии из этих станков, а также на заводах, эксплуатирующих названное оборудование. Они позволяют в ряде случаев повышать точность обработки основных отверстий корпусных деталей и сокращать число технологических переходов, необходимых для обеспечения требуемой точности.

Реализация работы. Результаты работы внедрены в производство на Димитровградском автоагрегатном заводе им. 50-летия СССР. Использование предложенных методик и рекомендаций позволило при обработке основных отверстий корпуса дроссельных заслонок карбюратора автомобиля марки "ВАЗ" сократить один технологический переход и одновременно повысить точность расположения осей в среднем на 10-15%. Экономический эффект составил 72 тыс. рублей в год. Результаты работы будут внедрены также в Московском СКБ автоматических линий и агрегатных станков с ожидаемым экономическим эффектом на 120 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1979-1982 г.г., на научно-теоретической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной XXVI съезду КПСС (г. Душанбе, 1981 г.). Основные положения диссертации были выдвинуты на конкурс научных работ молодых ученых и специалистов факультета "Автоматизация и механизация производства" МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1982 г. Работа заняла призовое место.

Объем работы. Диссертация изложена на 125 страницах машинописного текста, включающих в себя введение, пять глав с выводами и общие выводы по работе. Содержит 29 таблиц, 66 рисунка и список литературы из 95 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I. Состояние вопроса, цели и задачи исследования.

К основным отверстиям корпусных деталей, особенно к расположению их осей, предъявляются высокие требования точности. В автомобилестроении эти отверстия в ряде случаев обрабатываются на агрегатно-расточных станках и расточных позициях автоматических линий по различным схемам. Наибольший интерес представ-

ляет схема обработки без направления инструмента. По сравнению со станками, имеющими узлы, направления инструментов, такая схема обработки позволяет сделать станок компактным, более дешевым в изготовлении, удобным для технического обслуживания и ремонта при эксплуатации. Вопросы производительности обработки деталей на названном оборудовании легко решаются вследствие широких возможностей концентрации технологических переходов, однако обеспечение заданной точности обработки при этом является сложной технологической задачей. Производственные исследования на заводах Минавтопром СССР показали, что точность расположения осей основных отверстий корпусных деталей при обработке на агрегатно-расточных станках по схеме без направления инструмента в ряде случаев не обеспечивается.

Если вопросы точности на агрегатных станках и автоматических линиях при обработке деталей направленным инструментом достаточно глубоко изучены советскими учеными, то в настоящее время существуют очень ограниченное количество работ, посвященных точности расположения осей отверстий при обработке деталей на станках без направления инструмента. В этих работах исследуются отдельные технологические факторы, без учета специфики многоинструментной обработки, которая характерна для агрегатных станков. Отсутствует методика прогнозирования ожидаемой точности расположения осей отверстий при комплексном влиянии технологических факторов, а также рекомендаций для агрегатно-расточных станков по построению операций обработки отверстий по параллельной схеме.

Сложность описания механизма образования погрешностей расположения осей отверстий в первую очередь заключается в том, что в настоящее время недостаточно изучен характер погрешности от упругих деформаций элементов технологической системы при многоинструментной обработке корпусных деталей.

На основе проведенного анализа и в соответствии с целью работы были определены следующие задачи исследования:

1) теоретическое исследование механизма образования погрешностей пространственного расположения осей отверстий при обработке корпусных деталей на агрегатно-расточных станках без направления инструмента;

2) разработка математической модели технологической системы агрегатно-расточного станка для проведения точностных расче-

тов.

3) экспериментальное исследование характера упругих смещений осей отверстий при многоинструментной обработке деталей по параллельной схеме;

4) разработка методики расчета ожидаемой точности расположения осей отверстий корпусных деталей с учетом специфики многоинструментной обработки на агрегатно-расточных станках;

5) создание научно-обоснованной методики назначения требований точности к геометрическим параметрам элементов технологической системы, исходя из заданной точности расположения осей отверстий.

Глава 2. Теоретические исследования процесса образования погрешностей расположения осей отверстий при обработке на агрегатно-расточных станках без направления инструмента.

В качестве основного показателя точности рассматривается погрешность расположения осей отверстий от баз детали $\Delta_б$, через которую можно выразить все остальные пространственные отклонения осей. $\Delta_б$ возникает в условиях сложного взаимодействия многих конструктивно-технологических и производственных факторов, которые можно разделить на три основные составляющие: геометрические погрешности станка $\Delta_г$, погрешности установки заготовки $\varepsilon_у$, погрешности от упругих деформаций элементов технологической системы $\Delta_у$.

$$\Delta_б = F(\Delta_г, \varepsilon_у, \Delta_у); \qquad (I)$$

Геометрические погрешности агрегатно-расточного станка определяются двумя слагаемыми - погрешностью $\Delta_и$ расположения центра вращения формообразующей вершины инструмента в момент вступления в работу и угловым смещением α_s силового стола при его перемещении на длину рабочего хода. В процессе эксплуатации происходят периодические изменения первоначальных величин $\Delta_г$ под воздействием тепловых деформаций Δ_T, а в течение длительной эксплуатации - и износа $\Delta_и$ элементов станка.

Погрешность установки заготовок в стационарные приспособления агрегатных станков $\varepsilon_у$ складывается из погрешностей базирования $\varepsilon_б$ и закрепления $\varepsilon_з$ заготовок. Третья составляющая погрешности установки - погрешность положения заготовки, вызываемая неточностью приспособления $\varepsilon_{пр}$, на специальном оборудовании входит в геометрические погрешности станка.

Упругие деформации технологической системы при многоинструментной обработке носят сложный характер. Если погрешность Δ_y при одноинструментной обработке зависит от неуравновешенной силы резания ΔP и податливости технологической системы W, то при параллельной схеме обработки несколькими инструментами Δ_y увеличивается за счет дополнительных упругих перемещений $\Delta_{yв}$ от влияния сил резания параллельно работающих инструментов.

Описание механизма образования погрешностей расположения осей отверстий корпусных деталей в условиях комплексного влияния линейных и угловых составляющих станет возможным при создании математической модели технологической системы агрегатно-расточного станка. С этой целью основные элементы системы, причастные к образованию погрешностей обработки, представляются в виде эквивалентов, отражающих качественные и количественные характеристики этих элементов в процессе образования погрешностей. К ним относятся координатная система $O_п X_п Y_п Z_п$ и $O_д X_д Y_д Z_д$, построенные на базовых поверхностях приспособления и детали, центры вращения формообразующих вершин инструментов, обозначенные в виде материальных точек O_{ui}, направления перемещений силовых столов, показанные векторами S_j.

Погрешность расположения оси i-ого обработанного отверстия при этом представляет собой отклонение траектории движения центра вращения формообразующей вершины i-ого инструмента O_{ui} от заданной траектории в координатной системе баз детали $O_д X_д Y_д Z_д$. Задача определения траектории движения центра вращения формообразующей вершины инструмента относительно баз детали решается в два этапа: на первом этапе определяется траектория движения O_{ui} без учета упруги.. деформаций технологической системы; на втором - корректируется полученная траектория с учетом влияния упругих деформаций элементов технологической системы.

Траектория движения O_{ui} в координатной системе баз детали $O_д X_д Y_д Z_д$ без учета упругих деформаций технологической системы расчетно-аналитическим методом определяется из выражений:

$$\begin{cases} Y_{дi} = Y_{ni} + X_{ni} tg\alpha_{sj} + \Delta^y_{ni} + \varepsilon^y_{бд} + X_{дi}(tg\alpha_{sj} + \sin\varphi_{бд}); \quad (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} Z_{дi} = Z_{нi} + X_{ni}\,tg\beta_{sj} + \Delta^{z}_{ni} + \varepsilon^{z}_{бд} + \varepsilon_з + X_{дi}(tg\beta_{sj} + \sin\psi_{бд}); \\ \end{cases} \quad (2)$$

где $Y_{дi}$, $Z_{дi}$ – координаты траектории движения O_{ni}; $Y_{нi}$, $Z_{нi}$ – заданные номинальные размеры расположения O_{ni} от баз приспособления; X_{ni} – расстояние входного поперечного сечения i-ого отверстия от базовой плоскости $Y_д O_д Z_д$ детали; α_{sj}, β_{sj} – угловые смещения j-ого силового стола при его перемещении относительно баз приспособления; $\Delta^{y(z)}_{ni}$ – погрешность расположения центра вращения формообразующей вершины i-ого инструмента относительно баз приспособления в момент вступления в работу; $\varepsilon^{y(z)}_{бд}$ и $\varphi_{бд}$, $\psi_{бд}$ – линейные и угловые погрешности базирования детали в двух плоскостях; $\varepsilon_з$ – погрешность закрепления заготовки; $X_{дi}$ – переменная величина в пределах длины обрабатываемого отверстия.

Упругие деформации технологической системы, влияющие на траекторию движения O_{ni} определяются по формуле:

$$\Delta^{y(z)}_{yci} = \Delta^{y(z)}_{yшoi} + \Delta^{y(z)}_{ycci} + \Delta^{y(z)}_{yпзi}; \quad (3)$$

где $\Delta^{y(z)}_{yшoi}$, $\Delta^{y(z)}_{ycci}$ и $\Delta^{y(z)}_{yпзi}$ – упругие деформации системы "шпиндель – оправка", "силовой стол" и "приспособление – заготовка" в направлениях ксординат Y и Z.

Упругие деформации названных систем определяются расчетно-экспериментальным методом, как наиболее простым и точным. При этом неуравновешенные силы $\Delta P^{x,y,z}_{Ri}$ резания, вызывающие смещения оси отверстия, определяются теоретически, а податливости элементов технологической системы – экспериментально.

Упругие деформации системы "шпиндель – оправка":

$$\begin{cases} \Delta^{y}_{yшoi} = 0{,}5\,\Delta P^{y}_{Ri}\,\Pi_x\left(W_{ai} + \theta_i l^{2}_{oni} + \dfrac{l^{3}_{oni}}{3EJ_i}\right); \\ \Delta^{z}_{yшoi} = 0{,}5\,\Pi_x\left[\Delta P^{z}_{Ri}\left(W_{ai} + \theta_i l^{2}_{oni} + \dfrac{l^{3}_{oni}}{3EJ_i}\right) + G_{oni}\left(W_{ai} + \theta_i l_{oni} l_{ai}\right)\right]; \end{cases} \quad (4)$$

где Π_x – коэффициент, учитывающий влияние осевой неуравновешенности силы резания; $\Pi_x = 0{,}93 + 0{,}03$; W_{ai} и θ_i – податливость и угол поворота i-ого [illegible] сечении крепления оправки от единичной силы и момента [illegible]ются экспериментально; l_{oni} – длина оправки; E, J_i – модуль упругости и момент инерции поперечного сечения оправки; G_{oni}, l_{ai} – вес и расстояние центра тяжести оправки от ее посадочной поверхности.

Упругие деформации силового стола:

$$\begin{cases} \Delta^{y}_{ycci} = K_1 \sum_{1}^{n} \Delta P^{y}_{Ri} + K_2 \left(\sum_{1}^{n} \Delta P^{y}_{Ri} X_i + \sum_{1}^{n} \Delta P^{x}_{Ri} Y_i \right) + K_3 \left(\sum_{1}^{n} \Delta P^{y}_{Ri} Z_i + \sum_{1}^{n} \Delta P^{z}_{Ri} Y_i \right); \\ \Delta^{z}_{yccl} = K_4 \sum_{1}^{n} \Delta P^{z}_{Ri} + K_5 \left(\sum_{1}^{n} \Delta P^{z}_{Ri} X_i + \sum_{1}^{n} \Delta P^{x}_{Ri} Z_i \right) + K_6 \left(\sum_{1}^{n} \Delta P^{y}_{Ri} Z_i + \sum_{1}^{n} \Delta P^{z}_{Ri} Y_i \right); \end{cases} \quad (5)$$

где $K_1 \div K_6$ – коэффициенты, зависящие от податливости и угла поворота силового стола в 3-х плоскостях, определяются экспериментально; X_i, Y_i, Z_i – координаты центра вращения формообразующей вершины i -ого инструмента в координатной системе, построенной на силовом столе при совмещении начала координат с его центром; n – количество шпинделей на силовом столе.

Упругие деформации системы "приспособление – заготовка":

$$\begin{cases} \Delta^{y}_{yn3i} = \Delta P^{y}_{Ri} \cdot W^{y}_{n3} \cdot K^{y}_{wn3} \cdot K_{Bn3}; \\ \Delta^{z}_{yn3i} = \Delta P^{z}_{Ri} \cdot W^{z}_{n3} \cdot K^{z}_{wn3} \cdot K_{Bn3}; \end{cases} \quad (6)$$

где $W^{y(z)}_{n3}$ и $K^{y(z)}_{wn3}$ – податливость и коэффициент неравномерности податливости системы в направлениях координат Y и Z, определяются экспериментально; K_{Bn3} – коэффициент, учитывающий возрастание упругих деформаций системы при многоинструментной обработке. Экспериментально установлено, что в случае 2-х инструментной обработки деталей при одинаковых силах резания, величина K_{Bn3} составляет I,65 + I,8, а при 4-х инструментной обработке – 2,3 + 2,5.

Траектория движения Oni с учетом влияния упругих деформаций элементов технологической системы определяется через координаты оси i -ого обработанного отверстия, из следующего выражения:

$$\begin{cases} Y_{pi} = Y_{di} + \Delta^{y}_{\Sigma i}; \\ Z_{pi} = Z_{di} + \Delta^{z}_{\Sigma i}; \end{cases} \quad (7)$$

где Y_{di}, Z_{di} – определяются из формулы (2), а $\Delta^{y(z)}_{\Sigma i}$ – из формулы (3).

Погрешность расположения оси i -ого отверстия от баз детали в любом его поперечном сечении определяется:

$$\begin{cases} \Delta^{y}_{6i} = Y_{pi} - Y_{ni}; \\ \Delta^{z}_{6i} = Z_{pi} - Z_{ni}; \end{cases} \quad (8)$$

Y_{ni}, Z_{ni} – номинальные размеры расположения оси i -ого отверстия от баз детали.

Глава 3. Экспериментальные исследования влияния факторов на точность расположения осей отверстий.

Экспериментальные исследования проводились с целью определения влияния геометрических погрешностей станка на точность обработки, выявления закономерностей тепловых перемещений осей шпинделей унифицированных бабок, изучения характера упругих деформаций элементов технологической системы при многоинструментной обработке. Ставилась также задача проверки на адекватность математической модели, разработанной в теоретических исследованиях.

Эксперименты проводились на 2-х и 4-х шпиндельных агрегатно-расточных станках, широко распространенных компоновок при растачивании основных отверстий корпусных деталей с режимами получистовой обработки.

Установлено, что геометрические погрешности станка непосредственно влияют на среднеарифметическое значение погрешности расположения оси отверстия от баз детали, при этом среднеквадратическое отклонение погрешности не изменяется. Одной из основных составляющих геометрических погрешностей агрегатно-расточного станка является погрешность выверки $\Delta_в$ центра вращения формообразующей вершины инструмента относительно оси отверстия эталонной детали. В настоящей работе разработано пневматическое устройство, применение которого при выверке агрегатного станка на геометрическую точность, уменьшает величину $\Delta_в$ на 40 + 45% по сравнению с существующими методами.

Экспериментально доказано, что существует закономерность тепловых перемещений осей шпинделей унифицированных бабок: они имеют вертикальную Z направленность и величину 25 + 40 мкм при вращении шпинделей с частотой 1000 + 3000 об/мин. Стабилизация осей происходит через 70 + 100 мин, причем быстрее стабилизируются оси шпинделей при высокой частоте вращения. Влияние этих перемещений на точность обработки можно уменьшить за счет выверки шпинделя по методике, предложенной в работе.

Неравномерность припуска на обработку является одним из основных первичных факторов, влияющих на упругое смещение оси отверстия. При многоинструментной обработке деталей неравномерность припуска только на одном отверстии приводит к упругому смещению оси как данного, так и параллельно обрабатываемого отверстия. Эти смещения происходят в направлении неуравновешенной

результирующей силы резания. Если два параллельно работающих инструмента установлены на общем силовом столе, то доля влияния силы резания первого инструмента через систему "приспособление – заготовка" на упругое смещение оси второго отверстия составляет 43 ÷ 47%, а остальное передается через силовой стол.

При растачивании двух отверстий синхронным вращением шпинделей ($\Pi_1 = \Pi_2$) величина упругих смещений осей отверстий зависит от взаимного расположения формообразующих вершин инструментов по углу поворота шпинделей. Экспериментально установлено, что наиболее благоприятным является расположение формообразующих вершин инструментов с фазовой разностью на 180^0. При этом упругие деформации технологической системы за счет уменьшения суммарной силы от сил резания инструментов уменьшаются на 25 ÷ 28%.

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований на производстве показала, что при обработке основных отверстий корпусных деталей на агрегатно-расточных станках распространенных компоновок, работающих по параллельной схеме, погрешность расположения осей отверстий увеличивается по сравнению с последовательной схемой на 9 ÷ 13% для 2-х инструментной и на 23 ÷ 25% для 4-х инструментной обработки. В данных исследованиях определены также величины необходимых экспериментальных коэффициентов.

Проверка по критерию F Фишера математической модели, разработанной в теоретических исследованиях, подтвердила её адекватность.

Глава 4. Методика определения ожидаемой погрешности расположения осей отверстий при обработке на агрегатно-расточных станках без направления инструмента.

Разработана методика расчета позиционных отклонений осей отверстий на стадии проектирования технологических операций. По стандарту СТ СЭВ 301-76 позиционное отклонение оси i-ого отверстия $\Delta_{поз\,i}$ можно представить в следующем виде:

$$\Delta_{поз\,i} = \sqrt{\left(\Delta^{y}_{Б\,i}\right)^2 + \left(\Delta^{z}_{Б\,i}\right)^2} \quad ; \qquad (9)$$

где $\Delta^{y(z)}_{Б\,i}$ – погрешность расположения оси i-ого отверстия от баз детали (см. формулу 8).

Для оценки влияния случайных характеристик параметров,

входящих в формулу расчета $\Delta^{y(z)}_{бi}$, а также определения математического ожидания M и среднеквадратического отклонения $б$ позиционного отклонения оси отверстия, применен метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). При этом:

$$M[\Delta_{позi}] = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}(\Delta_{позi})_k \; ; \qquad (10)$$

$$б[\Delta_{позi}] = \frac{1}{N}\left\{\sum_{k=1}^{N}(\Delta_{позi})_k^2 - \frac{1}{N}\left[\sum_{k=1}^{N}(\Delta_{позi})_k\right]^2\right\}; \qquad (11)$$

где N - число испытаний.

Разработаны блок-схема алгоритмов расчета M и $б$ и построения кривой распределения позиционного отклонения оси отверстия. Пример расчета погрешности расположения оси отверстия по разработанному алгоритму показал хорошую сходимость теоретических и экспериментальных данных.

На основе математической модели, разработанной в гл. 2, создана методика расчета всех характерных для осей отверстий корпусных деталей отклонений при обработке на агрегатно-расточных станках без направления инструмента: межосевого расстояния, от соосности, от параллельности, от перпендикулярности и от пересечения осей отверстий.

Разработанная методика расчета пространственных отклонений осей отверстий пригодны для любой компоновки агрегатно-расточных станков, работающих без направления инструмента.

Глава 5. Методика назначения требований точности к геометрическим параметрам элементов технологической системы. Технико-экономическая эффективность от внедрения результатов исследования.

В данной главе представлена методика назначения требований точности к геометрическим параметрам компоновок агрегатно-расточных станков, исходя из заданной точности обработки. С помощью ЭВМ на основе разработанного алгоритма определяются наиболее целесообразные допускаемые величины погрешностей расположения центра вращения формообразующей вершины инструмента $\Delta^{y(z)}_{иi}$ и направления перемещения силового стола α_{si}, β_{si} относительно баз приспособления. Данная методика позволяет на стадии проектирования технологических операций обработки основных отверстий корпусных деталей с учетом заданной точности расположения осей отверстий научно-обоснованно выбрать необходимую группу

точности шпинделей и взаимного расположения силовых агрегатов агрегатно-расточного станка по ТУ2-024-4978 МС и ИП СССР.

Разработана также методика назначения требований точности к расположению оси отверстия от баз обрабатываемой детали на предшествующем переходе при известных точностных параметрах станка.

Экономическая эффективность от внедрения результатов исследования определяется снижением себестоимости изготовляемой детали от сокращения числа технологических переходов и повышения точности обработки основных отверстий корпусных деталей. Приведен расчет годового экономического эффекта, полученного на Димитровградском автоагрегатном заводе при применении методики для одной детали в размере 72 тыс. рублей.

Результаты работы переданы в Московское СКБ автоматических линий и агрегатных станков для внедрения в проектно-технологические и конструкторские разработки с ожидаемым экономическим эффектом в размере 120 тыс. рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. При обработке корпусных деталей на многошпиндельных агрегатно-расточных станках без направления инструмента применением параллельной схемы обработки отверстий достигается повышение производительности труда, но при этом снижается точность расположения осей отверстий. Так, по сравнению с последовательной схемой при параллельной работе 2-х инструментов точность расположения осей от баз снижается на 9 ÷ 13%, а при 4-х инструментах - на 23 ÷ 25%. Это объясняется неблагоприятным сложением действующих в технологической системе сил резания от нескольких одновременно работающих инструментов.

2. В общем балансе погрешности расположения оси отверстия от баз детали при обработке без направления инструмента по параллельной схеме геометрические погрешности станка составляют 33% - при получистовой и 42% - при чистовой обработке; погрешности от упругих деформаций технологической системы - соответственно 36 и 25%; погрешности установки заготовки - 31 ÷ 33%. В свою очередь в величине погрешности от упругих деформаций ($l/d \leqslant 3$) на долю системы "шпиндель - оправка" приходится 56%, силового стола - 23%, а системы "приспособление - заготов-

ка - 21%.

3. Для повышения точности расположения осей отверстий при обработке по параллельной схеме необходимо при построении операции обработки создавать благоприятные условия взаимодействия сил резания от отдельных инструментов и обеспечивать минимум упругих деформаций технологической системы. Решению этой задачи отвечают следующие рекомендации:

а) назначать режимы резания исходя из минимума воздействия сил резания на расположение оси наиболее точного отверстия из всех параллельно обрабатываемых отверстий. Для этого силы резания от инструментов, обрабатывающих менее точные отверстия, должны быть меньше силы резания, возникающей при обработке более точного отверстия;

б) учитывать, что при растачивании 2-х отверстий на точность расположения их осей оказывает влияние положение точек приложения сил по углу поворота шпинделей. Расположением режущих кромок двух инструментов с фазовой разностью в 180° при синхронном вращении достигается уменьшение упругих деформаций технологической системы на 25 + 28%.

4. Тепловые перемещения осей шпинделей унифицированных бабок создают закономерную погрешность расположения осей обрабатываемых отверстий. Величина, направление и период стабилизации положения осей шпинделей унифицированных бабок при тепловом смещении являются стабильными. Влияние этих смещений на точность расположения осей обрабатываемых отверстий можно уменьшить соответствующей выверкой шпинделя по предложенной методике.

5. Разработанная математическая модель технологической системы агрегатно-расточного станка позволяет описывать механизм образования пространственного отклонения осей любого вида (позиционное отклонение, отклонение от соосности, от параллельности и др.) и определять суммарную погрешность в условиях многоинструментной обработки.

6. Разработанные методики расчета ожидаемой погрешности расположения осей отверстий при обработке на агрегатно-расточных станках без направления инструмента и назначения требований точности к геометрическим параметрам элементов технологической системы, на основе заданной точности расположения осей отверстий, в ряде случаев позволяют сокращать число технологических переходов и повышать точность обработки.

7. Разработанное пневматическое устройство позволяет повысить точность на 40 + 45% и снизить трудоемкость процесса выверки агрегатных станков на геометрическую точность по сравнению с существующими методами. Рекомендуется для применения при изготовлении станков и в эксплуатации.

8. Годовой экономический эффект от внедрения результатов исследования на Димитровградском автоагрегатном заводе при обработке основных отверстий корпуса дроссельных заслонок карбюратора автомобиля марки "ВАЗ" составлял 72 тыс. рублей.

9. Результаты работы переданы в Московское СКБ автоматических линий и агрегатных станков для реализации в проектно-технологических и конструкторских разработках, а также на станкостроительный завод им. С. Орджоникидзе для практического использования. Они являются составной частью хоздоговорной темы для МС и ИП СССР, с ожидаемым экономическим эффектом в размере 120 тыс. рублей.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Пичикян М.М. Влияние схем построения операций на точность расположения осей отверстий при обработке на агрегатных станках без направляющих втулок. - Изв. ВУЗов. Машиностроение, 1981, № 3, с. 159-160.

2. Пичикян М.М. Математическая модель процесса растачивания на агрегатных станках для проведения точностных расчетов. - Изв. ВУЗов. Машиностроение, 1981, № 10, с. 121-125.

3. Пичикян М.М. Методика расчета погрешности от упругих деформаций системы "приспособление - заготовка" при многоинструментной обработке. - Межвузовский сборник. Отделочно-чистовые методы обработки и инструменты в технологии машиностроения. - Барнаул, 1981, с. 92-95.

4. Пичикян М.М. Тепловые перемещения осей шпинделей. - Изв. ВУЗов. Машиностроение, 1981, № 12, с. 130-131.