

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

М298669

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

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

На правах рукописи

ТАЛЬЧИКОВ Владимир Петрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ
ОТВЕРСТИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА АГРЕГАТНЫХ
СТАНКАХ С ПОВОРОТНЫМ СТОЛОМ

(05.02.08 – Технология машиностроения)
(станкостроение)

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

Москва

1976 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

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

На правах рукописи

ТАЛЬЧИКОВ Владимир Петрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОСЕЙ
ОТВЕРСТИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА АГРЕГАТНЫХ
СТАНКАХ С ПОВОРОТНЫМ СТОЛОМ

(05.02.08 - Технология машиностроения)
(станкостроение)

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

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1298669

Тальчиков В. П. Исследования

Москва

1976 г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена
Трудового Красного Знамени высшем техническом училище име-
ни Н.Э.Баумана.

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

Официальные оппоненты: д.т.н., проф. Киселев Г.А.
к.т.н., доц. Козлов Б.А.

Ведущее предприятие - МОС СКБ АЛ и АС.

Защита диссертации состоится "17" января 1977г.
на заседании специализированного Совета по технологии маши-
ностроения 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 отзывы и предложения на автореферат в двух экземпля-
рах, заверенных печатью, просим направить по указанному адресу.

Автореферат разослан "_____" _____ 1976г.

Ученый секретарь Совета
к.т.н., доц.

МЕШЕРЯКОВ Р.К.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

подп. к печ. 10/XII-76г. Объем I п.л. Тип. МВТУ Тир 100экзЗак. 15
4-102054

М В Т У
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Актуальность проблемы. Одним из основных направлений современного отечественного машиностроения является повышение качества выпускаемых машин, надежности и долговечности их работы. Качество машин во многом зависит от точности их изготовления. В массовом производстве применение многошпиндельных агрегатных станков и автоматических линий из агрегатных станков позволяет вести высокопроизводительную обработку деталей с высокой концентрацией технологических переходов. Однако эффективность работы агрегатных станков и автоматических линий снижается из-за недостаточно высокой точности обработки деталей, особенно по параметрам точности расположения осей отверстий относительно базовых поверхностей, точности межосевого расстояния и соосности. Наблюдения показали, что точность расположения осей отверстий не обеспечивается не только на длительно работающих и потерявших первоначальную точность агрегатных станках, но и на многих новых станках. Это приводит к выводу о том, что в настоящее время, несмотря на значительные научные разработки, выполненные многими учеными и проектно-конструкторскими организациями по проблеме обеспечения точности расположения осей отверстий, отсутствуют научно-обоснованные методы назначения требований точности к узлам агрегатных станков в зависимости от требуемой точности изготовления детали. Это в большей степени относится к агрегатным станкам с поворотными столами, представляющими отдельную группу агрегатных станков со специфическими условиями обеспечения точности обработки, весьма мало изучавшимися до настоящего времени.

Цель работы. Исследование точности расположения осей отверстий, обрабатываемых на агрегатных станках с поворотными столами с целью создания научно-обоснованной методики расчета ожидаемой точности расположения осей отверстий и назначения требований точности к узлам направления инструмента и точностным параметрам планшайбы поворотного стола.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе основ технологии машиностроения и общетехнических наук. Экспериментальные исследования выполнялись на установке в виде агрегатного станка с поворотным столом и двумя агрегатными головками, оборудованной современной контрольно-измерительной аппаратурой. Производственные исследования включали получение фактических данных по точности обработки с после-

лучшим анализом на основе теории вероятностей и математической статистики. Предлагаемые методики проверялись при сопоставлении расчетных величин с фактическими.

Научная новизна: В результате теоретического анализа выявлено влияние основных параметров точности поворотного стола, узлов направления инструмента на точность расположения осей обрабатываемых отверстий, установлено влияние отдельных составляющих суммарной погрешности обработки и дан баланс точности. Разработаны методики назначения требований точности к узлам агрегатных станков с поворотными столами и методика расчета ожидаемой точности расположения осей отверстий, которые пригодны для агрегатных станков с другими поворотно-делительными устройствами, а также для автоматических линий из агрегатных станков. Методики расчета ожидаемой точности расположения осей отверстий позволяют аналитически определить точность расположения осей отверстий.

Практическая ценность. Настоящая работа представляет собой часть исследований по точности обработки корпусных деталей на автоматических линиях из агрегатных станков, проводимых на кафедре "Технологии механосборочного производства" МВТУ имени Н.Э.Баумана для министерства МСИП и посвящена отдельному ранее не рассматриваемому вопросу обработки координированных отверстий на агрегатных станках с поворотными столами. В результате проведенных исследований получены практические рекомендации по назначению основных параметров точности к узлам направления инструмента и узлам центральной оси и фиксаторов планшайбы поворотного стола. Рекомендации предназначены для заводов-изготовителей агрегатных станков и заводов эксплуатирующих эти станки (массового и крупносерийного производства).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана, на IV Всесоюзной научно-технической конференции "Научные основы автоматизации производственных процессов в машиностроении и приборостроении" МВТУ, Москва, 1975 г., а также на научно-техническом Совете Московского специального конструкторского бюро автоматических линий и агрегатных станков (1975 г.). Проведенные расчеты ожидаемой точности обработки на двенадцати станках с поворотными столами вошедшее в отчет по хозяйственной теме: "Разработка методи-

ки расчета требований к агрегатным станкам и автоматическим линиям при обработке мерным жесткозакрепленным инструментам и ее апробирование на конкретных станках и автоматических линиях.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 128 страниц машинописного текста и содержит введение, пять глав, выводы по главам и общие выводы по работе. Работа содержит 28 таблиц, 43 рисунков и список литературы из 59 наименований.

В первой главе диссертации освещается состояние вопроса обеспечения точности расположения отверстий, обрабатываемых на агрегатных станках, по литературным источникам и производственным наблюдениям. Проведен анализ влияния основных конструктивно-технологических параметров планшайбы поворотного стола, узлов направления инструмента и величины рабочей подачи обработки на точность расположения осей координированных отверстий. Как показали производственные наблюдения, при обработке на агрегатных станках с поворотными столами, требуемая точность диаметральных и линейных размеров отверстий обычно обеспечивается. Точность же расположения отверстий с трудом обеспечивается даже при работе на новом, неисношенном оборудовании.

Исследованием точности расположения отверстий при обработке на таких станках занимались многие ученые и организации. Большой вклад по созданию нормативных материалов внесло Московское специальное конструкторское бюро автоматических линий и агрегатных станков, а также для малых станков Харьковское специальное конструкторское бюро и для тяжелых станков Минское СКБ АЛ. Большинство этих работ носят конструктивный характер и в них исследуется точность изготовления агрегатных станков.

Вопросам технологического обеспечения точности расположения отверстий, обрабатываемых на автоматических линиях, посвящен цикл работ, выполненных на кафедре "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Производственные наблюдения показали, что специфичными узлами агрегатного станка, от точностных параметров которых зависит точность расположения осей отверстий, являются узлы направления инструмента к узлам центральной оси и фиксации планшайбы.

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время

ми отсутствуют научно-обоснованные методики назначения требований точности к этим узлам агрегатных станков.

В настоящее время технологические особенности обработки отверстий на таких станках недостаточно полно изучены. Поэтому в соответствии с целью исследований в диссертации поставлены следующие задачи:

1. Исследовать влияние точностных параметров подвижного кондуктора на точность расположения осей отверстий.

2. Исследовать влияние основных параметров планшайбы поворотного стола на точность расположения осей обрабатываемых отверстий относительно баз и точность их межосевых расстояний.

3. Исследовать точностные возможности основных схем построения операций однопереходной и многопереходной обработок отверстий с применением подвижного и стационарного кондукторов.

Во второй главе диссертации проводится структурный анализ составляющих погрешностей, влияющих на смещение оси отверстия, определение суммарной погрешности и расчет составляющих погрешностей.

Влияние конструктивно-технологических параметров на смещение оси отверстия относительно базовых поверхностей проявляется через погрешность $\Delta_{см.н.}$ смещения оси отверстия с номинального положения, через погрешность Δ_p смещения оси постоянной втулки относительно базовых элементов приспособления, погрешность установки заготовки, погрешность $\Delta_{пш}$ зависящей от смещений планшайбы, погрешности $\Delta_{фк}$ фиксации кондуктора

$$\Delta_6 = f(\Delta_{см.н.}, \Delta_p, \epsilon, \Delta_{пш}, \Delta_{фк}), \dots \dots \dots (I)$$

При расчете величины погрешности $\Delta_{см.н.}$ смещения оси отверстия за номинальное положение принято положение оси постоянной кондукторной втулки. Структура и механизм образования погрешности $\Delta_{см.н.}$ достаточно подробно исследовано в работах кафедры технологии механосборочного производства МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Рассчитывая величину погрешности Δ_6 смещения оси отверстия относительно базовых поверхностей детали, кроме смещения $\Delta_{см.н.}$ оси отверстия к номинала, необходимо учитывать смещение Δ_p оси постоянной втулки относительно базовых элементов приспособления. На погрешность Δ_p влияет ряд параметров узла направления инструмента (подвижного кондуктора).

Погрешность Δ_p можно рассматривать в направлении осей координат (погрешность Δ_{px} и Δ_{py}) или определять суммар-

ную погрешность

$$\Delta p = \sqrt{\Delta p_x^2 + \Delta p_y^2}, \dots \dots \dots (2).$$

При базировании по трем плоскостям погрешность Δp в направлении оси X относительно базовой плоскости определится путем теоретико-вероятностного суммирования составляющих погрешностей:

$$\Delta p_x = \sqrt{\Delta_i^2 + e_{np}^2 + e_{\phi 1}^2 + e_{\phi 2}^2 + \Delta_A^2 + e_n^2 + \Delta_{\sigma}^2 + \left(\frac{\delta S_3}{2}\right)^2}, (3)$$

где: Δ_i - погрешность размера от базовой плоскости до оси отверстия, расточенного в корпусе приспособления под втулку цилиндрического фиксатора; e_{np} - эксцентricность наружной и внутренней поверхностей втулки фиксатора; $e_{\phi 1}$ - эксцентricность посадочной и рабочей поверхностей фиксатора; $e_{\phi 2}$ - эксцентricность наружной и внутренней поверхностей втулки подвижного кондуктора под цилиндрический фиксатор; Δ_A - погрешность расточки отверстий в кондукторе под втулку цилиндрического фиксатора и под постоянную кондукторную втулку; e_n - эксцентricность поверхностей постоянной кондукторной втулки;

Δ_{σ} - погрешность запрессовки постоянной втулки в кондуктор; δS_3 - поле рассеяния зазора S_3 в сопряжении цилиндрического фиксатора.

Величина погрешности Δp_y определяется аналогично. При многопереходной обработке важно обеспечить постоянство величин Δp во всех позициях или их минимальное отклонение. В расчетах следует учитывать максимальную разницу погрешностей Δp смежных позиций

$$\begin{aligned} \Delta p_{1-2} &= |\Delta p_2 - \Delta p_1| \\ \Delta p_{3-2} &= |\Delta p_3 - \Delta p_2| \end{aligned} \dots \dots \dots (4)$$

Погрешность $\Delta_{пш}$ определяется по формуле:

$$\Delta_{пш} = \sqrt{\Delta_{пз}^2 + \Delta_{гп}^2 + \Delta_{уп}^2}, \dots \dots \dots (5)$$

где: $\Delta_{пз}$ - погрешность позиционирования планшайбы поворотного стола; $\Delta_{гп}$ - геометрические смещения планшайбы в узле центральной оси; $\Delta_{уп}$ - упругие смещения планшайбы.

На погрешность $\Delta_{пз}$ позиционирования планшайбы влияют погрешность Δ_{ϕ} деления и погрешность $\Delta_{инд}$ индексации планшайбы

$$\Delta_{пз} = f(\Delta_{\phi}, \Delta_{инд}) \dots \dots \dots (6)$$

Погрешность $\Delta \varphi$ зависит от точности изготовления и сборки узла поворота и узлов упоров двух смежных позиций планшайбы стола. Величина погрешности $\Delta \varphi$ определяется геометрическим сложением составляющих погрешностей:

$$\Delta \varphi = \sqrt{\delta h_1^2 + e_{y1}^2 + \left(\frac{\delta \varphi_{y1}}{2}\right)^2 + e_{y2}^2 + \delta h_2^2 + \Delta p^2 + e_{y2}^2 + \Delta \omega^2 + \left(\frac{\delta \varphi_{y2}}{2}\right)^2 + e_{y2}^2 + \delta h_2^2} \quad (7)$$

$\delta h_1, \delta h_2$ — поля допусков на размеры упоров h_{11}, h_{12} ; e_{y1}, e_{y2} , e_{y1}, e_{y2} — эксцентриситеты упоров и втулок позиции один, два соответственно; $\delta \varphi_{y1}, \delta \varphi_{y2}$ — поля рассеяния зазора в сопряжениях упоров позиций один, два соответственно; $\Delta \omega_1, \Delta \omega_2$ — погрешности запрессовки втулок упоров позиций один, два; Δp — погрешность расточки гнезд под втулки упоров позиций один — два.

Погрешность $\Delta_{инд}$ индексации планшайбы стола зависит от зазора $\delta \varphi$ в узле фиксации стола, жесткости фиксатора и нагрузки на фиксатор при реверсе планшайбы, т.е. от угловой скорости ω и углового ускорения при торможении планшайбы $\dot{\omega}$.

$$\Delta_{инд} = (\delta \varphi, \omega, \dot{\omega}) \quad (8)$$

Погрешность $\Delta_{инд}$ индексации определяется по уравнениям:

$$\Delta_{инд} = \frac{\delta \varphi_0}{2} + f \quad (9)$$

$$f = 2 \left(\frac{\omega p_1 \cdot h_1}{J_x \cdot E} + \frac{\omega p_2 \cdot h_2}{J_x \cdot E} \right), \quad (10)$$

где: $\left(\frac{\omega p_1 \cdot h_1}{J_x \cdot E} + \frac{\omega p_2 \cdot h_2}{J_x \cdot E} \right)$ — статический прогиб фиксатора при приложении постоянной нагрузки.

Как показали расчеты прогиб фиксатора при приложении внезапной нагрузки вдвое превышает статический.

Погрешность позиционирования $\Delta_{пз}$ планшайбы равна:

$$\Delta_{пз} = \Delta \varphi + \Delta_{инд} \quad (11)$$

Максимальная погрешность $\Delta_{пз} = \frac{\delta y_0}{2}$ половине зазора в узле центральной оси. Величина погрешности $\Delta_{уп}$ определяется по формуле:

$$\Delta_{уп} = \frac{[P \cdot h_1 - (Q + G) \frac{d_{у2}}{2}] L}{3 E J} \cdot r \quad (12)$$

где: P — равнодействующая неуравновешенных сил резания (кгс); Q — усилие прижима планшайбы (кгс); G — вес планшайбы (кгс); L — длина втулки центральной оси (мм); r — радиус, на котором определяются смещения (мм); J — момент инерции поперечного сечения оси планшайбы (см⁴).

Погрешность фиксации $\Delta_{фк}$ кондуктора влияет на положение

осей кондукторных втулок. Максимальное смещение осей кондукторных втулок определяется формулой:

$$\Delta_{кв} = \frac{S_{факт. max}}{L} \cdot R, \dots \dots \dots (13)$$

где: R — радиус от оси кондукторной втулки до оси O поворота кондуктора; L — межосевое расстояние фиксаторов.

Суммарная погрешность расположения осей отверстий относительно баз при обработке на агрегатных станках с поворотными столами определится из равенства:

$$\Delta_6 = \sqrt{\Delta_{см.н.}^2 + \Delta_{\rho}^2 + \varepsilon^2 + \Delta_{пш}^2 + \Delta_{фк.}^2} \dots \dots \dots (14)$$

Погрешность межосевых расстояний отверстий определяется из выражения при однопереходной обработке:

$$\Delta_{нор} = \sqrt{\Delta_{см1}^2 + \Delta_{см2}^2 + \Delta_{к.нор}^2} \dots \dots \dots (15)$$

при многопереходной обработке

$$\Delta_{нор} = \sqrt{\Delta_{см1}^2 + \Delta_{см2}^2 + \Delta_{к.нор1}^2 + \Delta_{к.нор2}^2 + \Delta_{\rho_{1-2}}^2} \dots \dots \dots (16)$$

где: $\Delta_{см1}$ и $\Delta_{см2}$ — смещения осей связанных отверстий 1, 2 с номинального положения; $\Delta_{к.нор1}$, $\Delta_{к.нор2}$ погрешности межосевых расстояний кондукторных втулок подвижных кондукторов первой и второй позиций соответственно.

В третьей главе изложена методика и приведены результаты экспериментальных исследований параметров подвижного кондуктора и планшайбы поворотного стола. Целью экспериментальных исследований являлась качественная и количественная оценка отдельных составляющих суммарной погрешности смещения оси отверстия и проверка теоретических разработок. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории МВТУ им. Н.Э.Баумана на установке, представляющей собой трехпозиционный агрегатный станок с двумя силовыми самодействующими головками (многошпиндельной головки I-го габарита и головки 5У4035) и поворотным столом СК 617101 конструкции МОС КБ АИАС. При направлении инструментов применялись подвижной и стационарный кондукторы.

Подвижной кондуктор перемещается по двум направляющим скалкам (посадка $\frac{A_1}{X_3}$). Фиксация подвижного кондуктора осуществляется с помощью двух фиксаторов — цилиндрического и ролик-шестеренчатого. Соприжения фиксаторов выполнены по посадке $\frac{A_1}{D_1}$. Фиксация планшайбы поворотного стола осуществляется реверсом ее до соприкосновения фиксатора и упора данной позиции. Цикл работы планшайбы: отжим-поворот-реверс до упора в фиксатор — прижим.

При экспериментальных исследованиях определялись точностные параметры узла направления инструмента (подвижного и стационарного кондукторов) и планшайбы стола и их влияние на смещение осей обрабатываемых отверстий относительно баз и погрешность межосевых расстояний при обработке в одной или нескольких позициях на образцах из серого чугуна марки С418-36. Экспериментально определялась жесткость подвижного кондуктора: по вертикали (ось Z) $\delta_{pz} = 2,05 \cdot 10^3$ кгс/мм, по горизонтали (ось X) $\delta_{px} = 3,4 \cdot 10^3$ кгс/мм.

Для определения погрешности фиксации подвижного кондуктора и ее влияния на смещение осей относительно баз процесс фиксации подвижного кондуктора записывался на светочувствительной бумаге УН-67 с помощью тензодатчиков сопротивления (200 Ом) с базой 20 мм на шлейфовом осциллографе НН15 с контролем положения закончившейся фиксации микронными индикаторами. Как показал анализ осциллограммы кондуктор смещается по оси Z вверх на $+0,015$ мм и поворачивается по часовой стрелке на угол $+6,1 \cdot 10^{-4}$ мм с размахом распределения W положения закончившейся фиксации в зоне ромбического фиксатора $0,006$ мм, в зоне цилиндрического фиксатора $0,008$ мм. Смещения кондуктора по оси X практически не наблюдалось ($0,002$ мм). Смещения кондуктора в процессе фиксации влияют на величину составляющих погрешностей и $\Delta_{фк}$. Измерение положения осей обрабатываемых отверстий показало, что с увеличением смещения кондуктора при сверлении наблюдается смещение осей отверстий на большую величину ($\Delta_b = 0,12$ мм) чем при зенкеровании ($\Delta_b = 0,10$ мм), а при зенкеровании смещения осей отверстий больше, чем при развертывании ($\Delta_b = 0,07$ мм). Осциллографирование смещений кондуктора в процессе резания показало, что кондуктор смещается по оси Z в зоне цилиндрического фиксатора на $+0,032$ мм, в зоне ромбического фиксатора на $+0,007$ мм и поворачивается на угол $+4,8 \cdot 10^{-4}$ мин. Смещения кондуктора в процессе резания влияют на разбивку (для $\phi 22$ мм $0,10$ мм) отверстия и увод ($0,12$ мм на длине 30 мм) оси отверстия.

С увеличением зазоров в сопряжениях фиксаторов возрастали смещения кондуктора в процессе фиксации и в процессе резания. Так при зазорах в сопряжениях, выполненных по посадке $\frac{A}{S}$, смещения кондуктора по оси Z в зоне цилиндрического фиксатора $+0,015$ мм, в зоне ромбического фиксатора $-0,006$ мм, поворот на угол $+6,1 \cdot 10^{-4}$ мин, а при зазорах $0,075$ мм. Ориентировочно посад-

ка $\frac{A}{X}$ смещения составили по оси Z в зоне $+0,012$ мм цилиндрического фиксатора, в зоне ромбического фиксатора — $0,025$ мм, поворот на угол $+7 \cdot 10^{-3}$ мин. При этом с увеличением базисов смещения кондуктора в зоне ромбического фиксатора больше, чем в зоне цилиндрического фиксатора.

Исследование влияния величины рабочей подачи на величину Δ_b показало, что смещение Δ_b возрастает с увеличением рабочих подач в применяемых пределах при сверлении от $0,08$ мм до $0,8$ мм, при зенкерованиях от $0,08$ до $0,18$ мм и при развертывании от $0,06$ до $1,2$ мм.

Исследования погрешности позиционирования $\Delta_{пз}$ планшайбы показывали, что максимальная величина погрешности $\Delta_{пз} = 0,035$ мм.

Податливость планшайбы стола в статике при приложении радиальной нагрузки, проходящей через центр планшайбы на расстоянии 150 мм от зеркала планшайбы при усилии зажима $Q = 2900$ кгс составляет $\omega_{пв} = 0,011$ мм/кгс в вертикальном направлении, в тангенциальном направлении податливость $\omega_{пт} = 0,017$ мм/кгс при направлении $M_{кр}$ на фиксатор. Смещения $\Delta_{пш}$ планшайбы в процессе резания достигали по оси Z — $0,025$ мм, по оси X — $0,036$ мм. Анализ осциллографирования смещений планшайбы в процессе резания показывает, что с увеличением погрешности Δ_b удельный вес погрешности $\Delta_{пш}$ возрастает. При этом при зенкерованиях удельный вес погрешности $\Delta_{пш}$ в суммарной погрешности Δ_b больше, чем при сверлении.

Исследование точностных возможностей направления инструмента подвижным и стационарным кондуктором показали, что при сверлении, зенкерованиях и развертывании погрешность Δ_b для направления подвижным кондуктором при средних величинах подач меньше ($0,26$ мм; $0,166$ мм и $0,117$ мм), чем для направления стационарным кондуктором ($0,347$ мм; $0,207$ мм и $0,142$ мм соответственно).

Исследование схем обработки межосевых расстояний отверстий показало, что при обработке в одной позиции погрешность межосевых расстояний ($\Delta_{мор} = 0,141$ мм) меньше, чем при обработке в разных позициях ($\Delta_{мор} = 0,172$ мм после развертывания при подаче $S = 1,4$ мм/об).

Четвертая глава посвящена методике расчета ожидаемой погрешности смещения осей отверстий относительно базовых поверхностей детали Δ_b , методике расчета ожидаемой погрешности $\Delta_{мор}$ межосевых расстояний отверстий и методикам назначения точности

ных требований к узлам направления инструмента и узлам центральной оси и фиксации планшайбы в зависимости от точности расположения осей отверстий детали.

В работе излагается методика расчета смещения оси отверстия с номинального положения и относительно баз, предлагается методика расчета составляющих погрешностей Δp , $\Delta_{пл}$ и формулы для расчета погрешности $\Delta_{фк}$ фиксации кондуктора.

Выражение 14 определяет величину суммарной погрешности смещения оси отверстия относительно баз. При известной допустимой величине погрешности $|\Delta_б|$ можно рассчитать величину каждой составляющей погрешности, задавшись предельными значениями остальных составляющих погрешностей. В суммарной погрешности $\Delta_б$ или по межосевому расстоянию $\Delta_{нор}$ удельный вес и количество составляющих погрешностей изменяется в зависимости от схемы построения операции, от метода обработки отверстий, от конструкции узлов направления инструмента и от маршрута обработки.

В работе разработана методика назначения требований точности к узлам направления инструмента и планшайбе стола, исходя из требуемой точности расположения осей отверстий готовой детали. Расчет начинается с определения предельных значений составляющих погрешностей. Далее, с учетом параметров регламентируемых ГОСТами и нормами определяется предельная величина искомого параметра (зазоры в сопряжениях фиксаторов кондуктора и планшайбы, зазор в сопряжении инструмент втулка, минимальное усилие прижима планшайбы и т.д.). Например, при известной (полученной расчетом) предельной погрешности Δp можно определить предельный зазор в сопряжении цилиндрического фиксатора кондуктора:

$$|\Delta p| = \sqrt{|\Delta_б|^2 - (\Delta_{сн.н.}^2 + \epsilon^2 + \Delta_{пл}^2 + \Delta_{фк}^2)} \quad (17)$$

$$\delta S_{фк} = 2 \sqrt{|\Delta p|^2 - (\Delta_1^2 + \epsilon_{np}^2 + \epsilon_{ф1}^2 + \epsilon_{ф2}^2 + \Delta_A^2 + C_n^2 + \Delta_{сб}^2)} \quad (18)$$

Допустимый зазор в узле центральной оси определяется по формуле: $|S_{ц0}| = \frac{\Delta_{п.б.б.}}{R}$. Предельный зазор в сопряжении упора планшайбы по формуле:

$$|S_y| = \sqrt{|\Delta y|^2 - (\delta \epsilon_1^2 + \epsilon_{y1}^2 + \epsilon_{сб1}^2 + \Delta_{сб1}^2 + \Delta_p^2 + \epsilon_{сб2}^2 + \epsilon_{y2}^2 + \Delta_{сб2}^2 + \delta \epsilon_2^2)} \quad (19)$$

Минимальное усилие зажима планшайбы определяется исходя из предельных упругих отжатий планшайбы по формуле:

$$Q_{\min} = 2 \frac{(10_{\text{дп}} 13 \text{ EJ} - P_1 R_1 \cdot z \cdot L) d_{\text{чс}}}{z \cdot L} - G \dots (20)$$

Предложена методика необходимого числа переходов из условия $|\Delta_{\text{сдп}}| > \Delta_{\text{бс}}$, т.е. допустимое значение смещения оси отверстия от базы ($\Delta_{\text{сдп}}$) должно быть больше смещения $\Delta_{\text{бс}}$ на выполняемом переходе.

Предлагаемые методики расчета ожидаемой погрешности смещения осей отверстий от баз, по межосевому расстоянию и методике расчета требуемых параметров точности к узлам станка пригодны и для других типов агрегатных станков с поворотными устройствами.

В пятой главе приведен расчет экономической эффективности при изготовлении направляющих скалок подвижного кондуктора по третьему классу точности вместо второго. В этом случае из маршрута обработки скалок исключается чистовое шлифование. Это позволяет получать экономию на один кондуктор в размере 2,6-5 руб., а годовую - от 6000 до 12000 руб.

Результаты работы вошли составной частью в хоздоговорную научно-исследовательскую тему, дающую годовой экономический эффект в размере 20 000 руб.

Общие выводы

1. Эффективность обработки систем отверстий на агрегатных станках с поворотными столами снижается из-за недостаточно высокой точности расположения осей отверстий. В действующем производстве с достаточной стабильностью обеспечивается точность расположения осей отверстий в пределах 0,15-0,3 мм. Поэтому повышение точности обработки на таких станках является важной технико-экономической задачей.

2. Погрешность расположения осей отверстий при обработке на станках с поворотными столами относительно номинального положения $\Delta_{\text{см.н.}}$ зависит от геометрических $\Delta_{\text{г}}$ и упругих $\Delta_{\text{у}}$ смещений технологической системы планшайба стола - кондуктор - инструмент. Величина смещения осей отверстий от баз зависит от погрешности $\Delta_{\text{см.н.}}$, погрешности $\Delta_{\text{р}}$ положения осей постоянных кондукторных втулок относительно базовых элементов приспособления, погрешности установки заготовки $\Delta_{\text{у}}$, погрешности $\Delta_{\text{пл}}$, зависящей от смещений планшайбы и погрешности $\Delta_{\text{фк}}$ фиксации подвижного кондуктора.

3. В результате теоретического анализа условий обеспечения точности на агрегатных станках с поворотными столами и экспериментального исследования выявлено влияние составляющих погрешностей на величину суммарной погрешности смещения осей отверстий ($\Delta_{см.н.} - 30 \pm 35 \%$, $\Delta_p - 20 \pm 25 \%$, ϵ до 20 %, $\Delta_{пш}$ - до 15 % и $\Delta_{ф.к.}$ до 15 % для подвижного кондуктора, $\Delta_p = 15 \%$, $\Delta_{ф.к.} = 0$, $\Delta_{см.н.} = 50 \%$ для стационарного кондуктора).

4. Влияние точностных параметров подвижного кондуктора на смещение осей отверстий с номинального положения и относительно баз проявляется через погрешность $\Delta_{ф.к.}$ и погрешность Δ_p .

Смещения кондуктора в процессе фиксации определяется величиной зазоров в сопряжениях фиксаторов и втулок и при проектных посадках. После развертывания обеспечивается погрешность расположения оси отверстия 0,08 мм, а при увеличении в результате износа зазоров до посадок $\frac{A}{X}$ погрешность возрастает до 0,12 мм.

Величина погрешности Δ_p смещения осей кондукторных втулок относительно базовых элементов приспособления должна находиться в пределах $0,03 \pm 0,06$ мм.

5. Для подвижного кондуктора характерна относительно низкая жесткость: по экспериментальным данным она изменяется в направлении осей координат от $3,4 \cdot 10^3$ до $2,05 \cdot 10^3$ кгс/мм. Это обуславливает смещения кондуктора в процессе резания, что приводит к разбивке отверстий при сверлении до 0,08–0,10 мм и уходу оси отверстия до 0,12 мм на длине 30 мм.

6. Влияние поворотного стола на смещение осей отверстий связано с погрешностью $\Delta_{пз}$ позиционирования планшайбы стола при повороте, геометрическими $\Delta_{гп}$ смещениями в узле центральной оси и упругими $\Delta_{уп}$ деформациями от прилагаемых при обработке сил. Полученные зависимости выявляют большое влияние на погрешность позиционирования точности изготовления узлов упоров и фиксатора и жесткости фиксатора стола.

а) Погрешность $\Delta_{пз}$ исследуемого стола не превышает 0,035 мм. Для уменьшения влияния погрешности $\Delta_{пз}$ на смещение осей обрабатываемых отверстий необходимо повышать точность изготовления и сборки узлов упоров и уменьшать прогиб фиксатора на основе приводимых зависимостей.

б) Геометрические $\Delta_{гп}$ смещения планшайбы в поле зазора посадки в узле центральной оси приводят к радиальному биению

планшайбы и вызывают погрешность расположения детали относительно оси инструмента. Максимальная величина $\Delta_{гп}$ не превышает 0,065 мм.

в) Упругие $\Delta_{уп}$ отжатия планшайбы зависит от усилия прижима ее к направляющим; предлагаемые зависимости для выбора усилия позволяют исключить возможность ее "отрыва" или смещения в поле зазора в узле центральной оси.

7. Смещения осей обрабатываемых отверстий и погрешности межосевых расстояний возрастают с увеличением рабочих подач при использовании кондукторов обоих типов и при всех методах обработки (сверление, зенкерование, развертывание). Поэтому при проектировании технологических процессов необходимо назначать из условий производительности подачи проверять по условиям обеспечения точности расположения осей отверстий.

8. Сравнительные исследования точностных возможностей кондукторов показало, что при направлении инструмента стационарным кондуктором в погрешности смещения оси отверстия с номинального положения превалирует погрешность, зависящая от геометрического смещения оси инструмента, а при направлении подвижным кондуктором превалирует погрешность от упругих отжатий. По этому выбору типа кондукторной плиты, при возможности применения стационарного кондуктора по конструктивным соображениям, должен предшествовать анализ условий обработки с определением ориентировочных величин геометрического и упругого смещения инструмента.

9. Предложенные в работе аналитические зависимости позволяют определить ожидаемые величины суммарной и составляющих погрешностей смещения осей отверстий. Разработанные методики позволяют в зависимости от допускаемого смещения оси отверстия рассчитать величины составляющих погрешностей и, наоборот, при известных составляющих рассчитать ожидаемые значения суммарной погрешности обработки. Так могут быть назначены предельные значения зазоров в сопряжениях фиксатора стола и упоров планшайбы, в узле центральной оси и узлах фиксации кондуктора.

Методики расчета ожидаемой погрешности смещения оси отверстия от баз и по межосевому расстоянию апробированы на действующем оборудовании и показали достаточно хорошую сходимость расчетных и фактических смещений осей обрабатываемых отверстий (15 - 20 %).

10. Выявлена целесообразность изготовления направляющих скалок по третьему классу точности, что позволяет получить экономии на один кондуктор в размере 2,6 руб. При среднем числе кондукторов на станке и установленной программе выпуска станков экономический эффект может составить от 6 до 12 тысяч рублей в год. Результаты работы вошли составной частью хозяйственной темы с МСИП дающей годовой экономический эффект в размере 20 000 руб.

11. Результаты работы переданы в МОС СКБ АЛИАС для внедрения в практику проектно-технологических и конструкторских работ.

Основные результаты работы опубликованы в следующих изданиях:

1. Деев О.М., Большагин Н.М., Тальчиков В.П., Влияние точностных характеристик агрегатных станков на точность обработки систем отверстий. Реф. сборник НИИИНФОРМТЯЖМАШ "Технология, организация и механизация механосборочного производства", № 12-75-14, 1975, с. 45-47.

2. Тальчиков В.П., Расчет погрешности положения оси обрабатываемого отверстия. "Известия ВУЗов. Машиностроение". М., № 4, с. 163-166. 1976г.

3. Тальчиков В.П., Колесников А.А., К расчету зажимных устройств. Сборник "Исследование конструкции и технологии производства и ремонта машин и механизмов лесной промышленности". Архангельск, 1972, 3 с.