

М 287708.

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

М о с к о в с к о е
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

На правах рукописи

ТУРСУНОВ Бахтияр Мухамеджанович

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНОЙ
НАСТРОЙКИ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ И
АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

(05.02.08 - Технология машиностроения)

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

Министерство высшего и среднего специального образования
С С С Р

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

На правах рукописи

ТУРСУНОВ Бахтияр Мухамеджанович

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНОЙ
НАСТРОЙКИ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ И
АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

(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

1976



Работа выполнена на кафедре "Технология механосборочного производства" Московского высшего технического училища им. Н.Э. Баумана.

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

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук,
профессор ПОДУРАЕВ В.Н.
- кандидат технических наук,
доцент ДАЩЕНКО А.И.

Ведущее предприятие - Московское специальное конструкторское бюро автоматических линий и агрегатных станков.

Защита состоится "21" июня 1976 г. на заседании специализированного Совета по технологии машиностроения шифр Д-38/4 Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э. Баумана по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., дом 5.

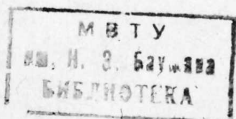
Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим выслать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им. Баумана.

Автореферат разослан "18" мая 1976 г.

Ученый секретарь специализированного
Совета

Л: - 105564 от 14.5.76 г. объем 1 п.л. Тип. МВТУ зак. 1208 тир. 100



Актуальность проблемы. Повышение производительности труда, улучшение качества и повышение надежности выпускаемых машин — важнейшие задачи, поставленные перед машиностроителями Коммунистической партии Советского Союза и Советским правительством в 10-й пятилетке — пятилетке эффективности и качества. Эти задачи не могут быть успешно решены без повышения точности обработки деталей машин на высокопроизводительных станках.

В массовом и серийном производстве при автоматическом получении размеров одной из важных проблем является выбор величины рационального настроечного размера и средств, обеспечивающих требуемую точность настройки. Эта проблема является одновременно технической и экономической, т.к. от качества размерной настройки зависит не только точность обработки, но и затраты времени на настройку оборудования.

Простой агрегатных станков и автоматических линий в связи с настройкой составляют 10–15% общего рабочего времени.

В процессе изготовления сложных деталей возникают большие трудности при обеспечении точности расположения отверстий. Одной из причин, влияющих на точность является тепловая деформация силовой головки. Поэтому важно выявить влияние смещения агрегатной головки в результате нагрева на координаты осей обрабатываемых отверстий и учесть их при проектных расчетах ожидаемой точности расположения осей и линейных размеров.

Цель исследования. Целью исследования является: разработка научно-обоснованной методики определения настроечных размеров при обработке координированных отверстий на агрегатных станках с учетом тепловых деформаций силовых головок: теоретическое обоснование выбора настроечных размеров и методов размерной настройки.

Методы исследования. Поставленные задачи исследования решались с применением статистических методов анализа точности обработки деталей, выбора настроечных размеров и точности размерной настройки; экспериментальных методов исследования нагрева силовой головки и ее тепловой деформации; статистических методов теории планирования экспериментов для построения математических моделей по установлению закономерности смещения.

Научная новизна. Установлены зависимости теплового смещения агрегатной головки от продолжительности времени работы и режимов резания. На основе полученных уравнений могут быть рассчитаны

для намечаемых условий выполнения технологического процесса величины погрешностей расположения осей отверстий и линейных размеров.

Практическая ценность. Данная диссертационная работа является частью исследований, проводимых на кафедре "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э. Баумана, по повышению точности обработки корпусных деталей на автоматических линиях из агрегатных станков и посвящена малоизученному вопросу выбора настроечного размера с учетом факторов, вызывающих смещение первоначального уровня настройки.

В работе даны рекомендации по учету теплового смещения оси шпинделя агрегатной головки при выверке станков, с целью повышения срока службы кондукторных втулок и при обеспечении более высокой точности обработки; даны рекомендации по выбору величин настроечных размеров для многоинструментных схем обработки при одновременном действии тепловых деформаций и износа инструмента и по повышению точности выполнения настройки. Рекомендации предназначены для заводов-изготовителей агрегатных станков и автоматических линий и заводов, эксплуатирующих это оборудование.

Апробация работы. Основные разделы работы доложены на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э. Баумана в течение 1972-1974 г.г., а также на Всесоюзной научно-технической конференции "Повышение эффективности программного управления в машиностроении", Ташкент, 1974, на IV-й Всесоюзной межвузовской конференции "Научные основы автоматизации производственных процессов в машиностроении и приборостроении", Москва, 1974 и на Всесоюзной научной конференции "Теория трения, износа и смазки", Ташкент, 1975 г.

Объём работы. Диссертационная работа изложена на 138 страницах машинописного текста, включающих в себя введение, пять глав, выводы по каждой главе, общие выводы по работе. Содержит 20 таблиц, 86 рисунков и список литературы из 117 наименований.

В первой главе диссертации изложены результаты производственных наблюдений и анализа технологических процессов, проведенного с точки зрения обеспечения точности расположения осей обрабатываемых отверстий, представлен обзор литературных материалов, определены цели и основные задачи исследования.

В общем объеме механической обработки деталей машин большое место занимает обработка систем отверстий, при которой достигается высокая концентрация переходов в одной рабочей позиции, что способствует снижению станкочемкости и росту производительности. Вместе с тем, эффективность работы оборудования снижается из-за недостаточно высокой точности обработки, особенно это относится к точности расположения основных отверстий.

С целью изучения и установления фактических отклонений пространственного положения осей отверстий и выявления доминирующих погрешностей были проведены производственные исследования на автоматических линиях из агрегатных станков. Исследования показали, что намечавшаяся при проектировании технологического процесса точность обработки систем отверстий во многих случаях в условиях производства не обеспечивается. Одним из существенных факторов влияющих на точность обработки корпусных деталей на автоматической линии из агрегатных станков является тепловая деформация силовой гидравлической головки.

Исследования влияния величин тепловых деформаций на смещение уровня настроечного размера даст возможность получить ряд рекомендаций по его корректированию. Менее изученным является вопрос влияния тепловой деформации на выбор рационального настроечного размера в условиях многоинструментной обработки.

Для автоматических линий, где работают сотни режущих инструментов, вопрос о целесообразной настройке приобретает первостепенное значение в связи с потерями времени на настройку и регулировку инструментов. Исследованию этих вопросов посвящены работы А.Б.Яхина, А.П.Соколовского, В.М.Кована, Б.С.Балакшина, В.С.Корсакова, В.И.Комиссарова и др. советских и зарубежных ученых. Анализ литературных данных показал, что несмотря на имеющиеся многочисленные исследования размерной настройки технологической системы, до сих пор имеется много нерешенных вопросов.

Существующие способы размерной настройки не обеспечивают достаточно высокую точность настройки, и вместе с тем весьма трудоемки. Опыт эксплуатации автоматических линий указывает на необходимость разработки рекомендаций по повышению точности обработки и совершенствования методов размерной настройки технологической системы.

На точность расположения оси обрабатываемых отверстий влияют различные факторы вызывающие их смещение, в частности, износ кондукторной втулки, величина зазора сопряжения втулки инструмента, радиальное биение в инструментальной наладке, тепловая деформация силовой головки, упругие смещения инструмента и др.

Однако, ранее проведенные исследования рассматривают влияние вышеуказанных факторов на смещение оси обрабатываемого отверстия без учета тепловой деформации. Поэтому целью данной диссертационной работы является изучение влияния на точность обработки координированных отверстий корпусных деталей смещения оси шпинделя, вызванное тепловой деформацией силовой головки.

На основании проведенного обзора и анализа исследований были определены задачи настоящей работы:

1. Проведение теоретических и экспериментальных исследований факторов, вызывающих смещение уровня настроечного размера при обработке деталей на агрегатных станках и автоматических линиях.

2. Исследование влияния тепловой деформации на смещение оси шпинделя агрегатной силовой головки.

3. Разработка методики расчета настроечных размеров и координат обрабатываемых отверстий с учетом тепловых деформаций.

4. Точностной анализ применяемых методов размерной настройки и классификация настроечных приборов.

5. Разработка рекомендаций по выбору рационального настроечного размера при обработке на автоматических линиях.

Во второй главе диссертации рассматривается вопрос выбора оптимального настроечного размера при обработке деталей на автоматических линиях. Предложен метод выбора настроечного размера на основе расчета средней величины вероятности выхода дефектной продукции. Даны рекомендации для нахождения оптимальной точки настройки исходя из минимизации расходов на настройку.

На автоматических линиях при обработке корпусных деталей одновременно в действии находятся большое количество инструментов; затраты времени на их размерную настройку составляют около

15% рабочего времени и более 70% от времени простоя оборудования. Это свидетельствует о прямом влиянии условий выполнения размерной настройки на производительность автоматических линий.

Достаточное влияние оказывают методы и условия размерной настройки на точность обработки и точностную надежность технологических процессов. Между тем, вопросу размерной настройки не уделяется достаточного внимания ни при проектировании технологических процессов и оснастки, ни на производстве. Нарушение стабильности промежуточных размеров и припусков из-за несоблюдения настроечных размеров достигает таких пределов, при которых оказывается невозможным обеспечение окончательных требований точности по чертежу.

Для повышения экономической эффективности использования оборудования, для правильного использования поля допуска и решения других задач определяется средняя вероятность выхода бракуемой продукции $E(p)$ за некоторый промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$, работы станка.

На основе конструкторских и технологических требований задается поле допуска на размер $[x_{min}, x_{max}]$. Деталь по размеру x считается годной, если $x_{min} \leq x \leq x_{max}$, в противном случае бракуется. Назовем $\bar{x}, \bar{\sigma}$ состоянием процесса. Ввиду ограничений, наложенных на x , при любом состоянии процесса существует некоторая вероятность p^* получения бракуемой продукции.

Во времени t состояние процесса $\bar{x}, \bar{\sigma}$ изменяется по некоторому закону $\bar{x} = \bar{x}(t), \bar{\sigma} = \bar{\sigma}(t)$ (I) который будем называть законом изменения состояния процесса. Изменение $\bar{x}$ происходит за счет износа режущего инструмента, тепловых деформаций и др. Параметр $\bar{\sigma}$ имеет тенденцию к увеличению, но в меньших пределах. Исследования показывают, что во многих случаях изменение $\bar{x}$ происходит по линейному закону, а $\bar{\sigma}$ практически остается постоянной, т.е. закон (I) имеет вид $\bar{x} = \bar{x}_n + Vt, \bar{\sigma} = \bar{\sigma}_0 = const$ (2)

где: $\bar{x}_n$ — значение $\bar{x}$ при настройке,
 V — скорость изменения x .

Изменение параметров $\bar{x}, \sigma$ влечет изменение вероятности p^*
т.к. $p^* = p^*(\bar{x}, \sigma)$.

При вычислении $E(p)$ применялся метод трапезий. Для этого поле допуска (размер поля допуска $\delta = 1$) разбивалось на 48 частей и в каждой точке деления находилось значение p^* . После чего определялась вероятность $E(p)$ на интересующем промежутке изменения $\bar{x}$. За одно и то же время Δt работы станка средняя вероятность брака $E(p)$ будет наименьшей, если изменение $\bar{x}$ происходит на сегменте симметричном относительно середины поля допуска, т.е. на сегментах $[0, 0]$, $[-1, 1]$, ... $[-24, 24]$ (0 - середина поля допуска).

В работе приведены рассчитанные величины $E(p)$ на указанных сегментах для процессов, имеющих точностную характеристику:

$$\sigma = \frac{1}{2} \delta; \sigma = \frac{1}{8} \delta; \sigma = \frac{1}{10} \delta; \sigma = \frac{1}{12} \delta.$$

В диссертации предложен метод определения рациональной точки настройки $\bar{x}_n$, в основу которого положен экономический критерий, т.е. минимизация расходов на настройку и расходов, связанных с вероятностью выхода какого-то количества бракованной продукции.

Третья глава посвящена анализу приборов настройки режущих инструментов на размер, дана их классификация и приведены примеры расчета погрешности для типовых схем настройки.

Условия протекания технологического процесса на автоматических линиях, точность обработки и производительность зависят не только от правильно выбранных для каждого технологического перехода настроечных размеров, но и от степени соответствия точности принятого метода настройки допуску на обрабатываемый размер. В действующем производстве нередко методы размерной настройки выбираются без достаточных обоснований, а конструкция приспособлений не всегда позволяет обеспечить стабильную точность настройки.

В работе проведена систематизация настроечных приборов применяемых на автоматических линиях с точки зрения обеспечиваемой точности настройки и структуры погрешности настройки.

Предложены структурные формулы погрешностей настройки.

В общем виде составляющие погрешности настройки можно представить в виде функциональной зависимости:

$$\Delta_n = f(\Delta_z, \Delta_{ш}, \Delta_{щ}, \Delta_{рег}, \Delta_{ц.д.}, \Delta_3, \Delta_5)$$

где: Δ_n - погрешность настройки; $\Delta_z, \Delta_{ш}, \Delta_{щ}$ - погрешность изготовления эталона, шаблона и щупа соответственно; $\Delta_{рег}$ - погрешность регулирования режущего инструмента; $\Delta_{ц.д.}$ - цена деления измерительного прибора;

Δ_3 - погрешность обусловленная зазорами; Δ_5 - погрешность базирования прибора при настройке.

Проведен анализ точности настройки различных настроечных приборов и выявлено, что она зависит от: конструкции применяемых приспособлений; способа базирования инструмента в приспособлении, способа поджима инструмента к базовым поверхностям приспособлений; формы поверхности, контактирующей с режущими кромками инструмента при настройке и формы обработанной поверхности, средств измерения; места настройки; квалификации наладчика и т.д. Из сравнения полученных величин видно, что погрешность настройки по индикаторному прибору приблизительно в 1,5 раза меньше, чем по шаблону: при этом весьма важна большая стабильность точности настройки по индикатору.

Для точностной оценки настроечных приборов весьма важна схема базирования прибора при настройке, т.к. в ряде случаев погрешность базирования существенно влияет на общую величину погрешности настройки.

На точность размерной настройки оказывает влияние также относительное смещение прибора и настраиваемого инструмента в момент настройки под влиянием прикладываемых сил; это связано с условиями фиксации настроечного прибора (закрепляется он или остается в незакрепленном состоянии), а также с компоновкой прибора (горизонтальное или вертикальное расположение) и т.д.

Обоснованный выбор метода размерной настройки, применение приспособлений, обеспечивающих высокую стабильность и объективность точностных характеристик настройки и соблюдение в

производстве заданных условий настройки, обеспечат требуемую точность обработки и, снизив потери времени на настройку, позволят повысить производительность автоматических линий.

В четвертой главе изложены методика проведения и результаты экспериментальных исследований.

Исследования проводились в лаборатории МВТУ им. Н.Э. Баумана на установке, представляющей собой позицию автоматической линии. Для выявления характера и величины смещения оси шпинделя исследовалась одношпиндельная самодействующая гидравлическая силовая головка 5У4035 и многошпиндельная конструкция Мос СКБ АЛ и АС.

Для определения доминирующих факторов и их комплексного влияния на тепловое смещение оси шпинделя силовой головки был использован метод ротатбельного планирования эксперимента второго порядка при числе варьируемых факторов $K = 3$. Этот метод предназначен для нахождения зависимости выходного параметра Y от факторов, влияющих на процесс нагрева силовой головки, зависимость имеет вид

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 \quad (3)$$

где $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ — коэффициенты регрессии, определяемые экспериментальным путем.

При экспериментах изменялись рабочая подача агрегатной головки (от 30 до 300 мм/мин); частота вращения шпинделя (от 280 до 800 об/мин). Выдержка на жестком упоре составляла 5 сек., а быстрый отвод и выдержка на исходной позиции — 15 сек. Температура измерялась при помощи хромель-копелевых термопар и записывалась электронным потенциометром ПСИ-10. Величины смещений шпинделя агрегатной головки измерялись бесконтактными токовыхревыми датчиками. Данные записывались на осциллографе Н-115.

Для расчета значений коэффициентов регрессии в уравнении (3) и проверки на адекватность этого уравнения использовались алгоритмы и программы на языке АЛГОЛ-60, которые просчитывались на электронно-вычислительной машине БЭСМ-6.

В результате получены следующие зависимости:

$$y_1 = 21,420 + 1,274x_1 - 2,476x_2 + 12,820x_3 - 3,625x_1x_2 - 0,625x_1x_3 + 0,125x_2x_3 - 0,178x_1^2 - 0,708x_2^2 + 0,706x_3^2 \quad (4)$$

$$y_2 = 33,751 + 0,28x_1 - 0,83x_2 + 4,34x_3 + 0,25x_1x_3 + 0,56x_1^2 + 0,38x_2^2 - 0,85x_3^2 \quad (5)$$

где: y_1 - смещение оси шпинделя из-за тепловой деформации силовой головки;

y_2 - величина нагрева силовой головки при различных режимах работы.

Стабилизация температуры в гидросистеме наступает в промежутке от 240 до 288 минут с начала работы силовой головки.

При всех вариантах режимов работы головки смещение оси шпинделя возрастает с увеличением времени работы, причем к моменту стабилизации температуры нагрева головки, стабилизируется и величина увода оси.

Наибольшие значения величин смещения оси для всего диапазона рабочих подач и частот вращения шпинделя достигают 38+65 мкм. При этом, наибольшая величина смещения ($\Delta_{см} = 65$ мкм) имеет место при малой скорости рабочей подачи и наибольшей частоте вращения шпинделя, наименьшая величина смещения ($\Delta_{см} = 38$ мкм) наблюдается также при наибольшей частоте вращения, но при высокой рабочей подаче. Это согласуется с уравнением регрессии (4) и характером изменения температуры в зависимости от тех же параметров.

Для определения погрешности расположения оси отверстия под влиянием тепловых деформаций относительно номинального положения и относительно баз важно знать направление смещения оси в полярных координатах. Осциллографированием смещений оси шпинделя по осям координат было установлено, что при любых режимах работы смещение оси шпинделя в направлении оси y имеет положительное значение, а по оси x - в начальный период работы наблюдается разброс знаков отклонений. К моменту стабилизации температуры ось шпинделя агрегатной головки располагается в области с координатами $y = +51 \pm 65$ мкм, $x = +7 \pm 22$ мкм. Траектория смещения средних величин для определенных продолжительностей

времени работы головки наклонена к оси Y приблизительно на угол $\alpha = 20^\circ$.

Таким образом, величины тепловых смещений в направлении осей связаны зависимостью

$$\Delta x = \Delta y \operatorname{tg} \alpha = 0,364 \Delta y \quad (6)$$

Для уменьшения влияния тепловой деформации агрегатной головки на точность расположения оси отверстия целесообразно требуемую величину минутной подачи обеспечивать при увеличении S мм/об. до допускаемых по шероховатости поверхности пределов.

Исследованием тепловой деформации силовой головки установлены весьма большие смещения шпинделя в осевом направлении. Так, смещение торца шпинделя левой силовой головки достигает 120+130 мкм, а правой — 200 мкм.

При выдержке агрегатной головки на жестком упоре для обеспечения осевых размеров, наблюдается разворот корпуса головки, вызывающий дополнительные погрешности обработки.

Пятая глава посвящена методике определения настроечных размеров при обработке систем поверхностей.

Рассмотрена взаимосвязь настроечных размеров с факторами, влияющими на точность обработки. Эта связь отчетливо проявляется при анализе условий работы многоинструментных наладок. В многоинструментной наладке каждый инструмент предназначен для обеспечения определенных требований точности, но в то же время при осуществлении технологического процесса точность каждой обрабатываемой поверхности формируется не в изолированных условиях, а при взаимном влиянии всех работающих инструментов наладки. Любое изменение условий обработки оказывает влияние на все выдерживаемые размеры, хотя и в различной степени.

Некоторые элементарные погрешности имеют противоположные знаки и на отдельных отрезках времени могут взаимокompенсироваться. К таким погрешностям относятся износ режущего инструмента и тепловые деформации. Назначая требования точности к размерной настройке и регламентируя периоды времени настройки и промежуточных регулировок, необходимо выявить "главные" инструменты наладки. Им может быть инструмент не тот, который

проходит самый длинный путь резания, а тот, который должен обеспечить более высокую точность обработки, хотя проходимый им путь в металле может быть и не самым длинным.

Поскольку размерный износ и тепловая деформация проявляются одновременно и в ряде случаев действует разнонаправленно, то они в определенных условиях частично или полностью компенсируют друг друга. Поэтому влияние этих факторов на суммарную погрешность обработки нужно рассматривать только во взаимосвязи.

В работе проанализирован характер влияния тепловой деформации шпинделя и размерного износа подрезных резцов и торцевых фрез на линейные размеры и представлены в виде функциональной зависимости поправки настроечного размера от тепловой деформации и размерного износа.

В существующих технических требованиях на выверку положения осей шпинделей у агрегатных станков сверлильно-расточной группы предусматриваются предельные величины смещения осей шпинделей относительно номинального положения, причем направление смещения в полярных координатах не обуславливаются. Между тем, тепловые деформации технологической системы существенно изменяют картину взаимного расположения элементов станка, при этом, наиболее значительно изменяется положение основного элемента технологической системы — шпинделя агрегатного станка.

При обработке без направления инструмента тепловая деформация агрегатной головки и вызываемое ею смещение оси шпинделя с инструментальной наладкой непосредственно отражается на точности координат обрабатываемых отверстий, и для повышения точности необходимо учитывать направление действия тепловых деформаций. При 2-х сторонней обработке соосных отверстий рекомендуется исключать возможность суммирования величин тепловых смещений шпинделей и обеспечивать условия для взаимной компенсации.

Одной из наиболее существенных причин смещения осей отверстий у детали при обработке с направлением инструмента является несовпадение осей инструментов и соответствующих им кондукторных втулок. Смещение осей приводит к возникновению нагрузок в местах контакта режущего инструмента с кондукторной втулкой, к быстрому и неравномерному износу направляющей поверхности кондукторной втулки и постепенному снижению точности расположения осей обработанных отверстий друг относительно друга и относительно баз.

Таким образом, фактические условия работы инструмента и втулки, под влиянием неучтенного дополнительного смещения осей от тепловых деформаций, могут существенно отличаться от предполагавшихся, на основании установленной выверкой фактической величины смещения осей. Чтобы избежать этого, необходимо установить плоскость теплового смещения оси шпинделя и назначить допускаемое смещение при выверке так, чтобы тепловое смещение не суммировалось с имеющимся геометрическим смещением, а компенсировало его.

Для устранения неблагоприятных условий работы режущего инструмента и опасности интенсивного износа кондукторной втулки, при назначении величины зазора S_1 в сопряжении втулка-инструмент необходимо учитывать не только геометрическое смещение осей Δ_x и величину радиального биения оси инструмента Z_n , но и тепловое смещение Δ_T шпинделя, т.е.

$$\frac{S_1}{2} > \bar{\Delta}_x + \bar{Z}_n + \bar{\Delta}_T \quad (7)$$

В работе рассмотрены основные этапы процесса размерной настройки агрегатных станков и автоматических линий.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.

1. При обработке деталей на агрегатных станках и автоматических линиях, особенно при обработке одноименных деталей в дублирующих потоках, наблюдается нарушение устойчивости точностных характеристик деталей во времени под влиянием погрешностей размерной настройки. Замечаются также случаи прямого влияния на стабильность характеристик точности продукции, не учитываемых при размерной настройке, тепловых деформаций агрегатных головок.

2. Для рационального использования поля допуска на обработку и увеличения периодов времени работы между подналадками, рекомендуется использовать разработанную методику выбора настроечного размера с учетом затрат из-за вероятности выхода некоторого количества бракованной продукции с одной стороны и расходов, связанных с простоями оборудования в наладке с другой стороны.

3. Для многоинструментных наладок необходимо выявлять расчетом, на основе приводимой методики, лимитирующий инструмент, который по условиям работы раньше достигнет предельного размерного износа и для него рассчитывать настроечный размер и назначать периоды поднастройки.

4. Экспериментальными исследованиями тепловых деформаций установлено, что ось шпинделя гидравлической силовой головки смещается в направлении выдерживаемых размеров на величины, соизмеримые с заданными допусками. Так, к моменту достижения теплового равновесия (после 240-288 мин. работы) ось шпинделя агрегатной головки смещается по осям координат на величины $Y = 51 \pm 65$ мкм, $X = 7 \pm 22$ мкм.

5. Тепловое смещение шпинделя агрегатной головки при обработке без направления инструмента изменяет положение его оси относительно соосных систем станка и баз, выявленное при статической выверке, поэтому необходимо учитывать ожидаемое смещение оси шпинделя при нагреве путем внесения коррективов в технические условия на выверку. При 2-х сторонней обработке соосных отверстий баз направления инструментов следует назначать такие требования к взаимному положению осей обоих шпинделей в ненагретом состоянии, при котором величины тепловых смещений осей не могли-бы суммироваться.

6. При обработке отверстий с направлением инструмента в кондукторных втулках необходимо регламентировать смещение осей шпинделя и кондукторной втулки не только по величине, но и по углу поворота с тем, чтобы исключить дополнительное увеличение смещения осей при нагреве и обеспечить условия для взаимной компенсации теплового и геометрического смещений оси. Целесообразно проводить выверку на соосность шпинделя и кондукторной втулки после предварительного разогрева агрегатной головки на холостом ходу.

7. Применение метода математического планирования и анализа эксперимента позволило получить зависимости, характеризующие смещение оси шпинделя от нагрева с учетом влияния продолжительности времени работы и величины рабочей подачи. При выборе режимов резания для проектируемой операции их целесообразно увеличивать до предела, допускаемого требованиями к шероховатости поверхности.

8. Осевое смещение шпинделя под влиянием нагрева агрегатной головки достигает величин 100-200 мкм. При расчете настроечных размеров для обработки торцевых поверхностей ступенчатых отверстий и фрезерования плоскостей необходимо учитывать эту погрешность и тенденции изменения размера во времени под влиянием размерного износа режущего инструмента.

Рассмотрение систем взаимосвязанных плоских поверхностей позволило выявить рекомендации по определению поправок, вносимых в величины настроечных размеров применительно к различным схемам обеспечения линейных размеров.

9. При работе агрегатной головки на жестком упоре наблюдается разворот корпуса головки. Конструкция упора нуждается в усовершенствовании.

10. Исследованием структур погрешностей размерной настройки установлено, что одним из основных слагаемых её является ранее не учитывавшаяся погрешность базирования прибора в момент настройки. Выбор рациональной схемы базирования позволяет снизить на 15-20% погрешность настройки.

11. На основе дочастного анализа и классификации настроечных приборов даны рекомендации по повышению точности и объективности настройки. Так, за счет целесообразной компоновки прибора погрешность настройки может быть сокращена на 15-20%, а за счет устранения влияния на точность настройки субъективных факторов, зависящих от наладчика - на 20-25%.

12. Экономическая эффективность результатов работы, предложенных рекомендаций и методик расчета заключается в возможности обоснованного выбора настроечных размеров, что в конечном счете приведет к повышению качества выпускаемой продукции и производительности труда.

13. Результаты выполненного исследования переданы в Московское специально конструкторское бюро автоматических линий и агрегатных станков (Мос СКБ АЛ и АС) для реализации в проектно-конструкторских разработках.

Основные результаты работы опубликованы в следующих изданиях:

1. Турсунов Б.М. Исследование тепловых смещений оси шпинделя агрегатной силовой головки. "Известия ВУЗов. Машиностроение", № 12, 1974.
2. Косилова А.Г., Турсунов Б.М. Точность приспособлений для размерной настройки автоматических линий. Сборник трудов ТашМШ, выпуск № 148, Ташкент, 1975.
3. Турсунов Б.М. К вопросу износа кондукторных втулок. Всесоюзная научная конференция "Теория трения, износа и смазки". Тезисы докладов, Ташкент, 1975.
4. Косилова А.Г., Огородников В.В., Турсунов Б.М. Обеспечение точности координат осей отверстий при обработке на агрегатных станках и автоматических линиях. Реферативный сборник "НИИИНФОРМТЯМАШ" серия 12-75 "Технология и организация механо-сборочного производства" № 14, м. 1975.