

QМ255554

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

РУНГ Рудольф Рудольфович

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ
СБОРКИ НА ПОЗИЦИЯХ АВТОМАТОВ И 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

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

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

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент СОЛОДОВ М.Д.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Волчкович Л.И.
кандидат технических наук Оболенский В.Н.

Ведущее предприятие - Минское СКБ автоматических линий.

Автореферат разослан " ____ " _____

1975г.

Защита
на заседании
изводства" М
Знамени выс
Моск

Ваши о
выслать по

С диссе

Кченый се
д.т.н.

____ 1975г.
ация про-
Красного
по адресу:

, просим

типа.

ИАНОВ/

M255554

Зак. 462 Тир. 120 Тир. МВТУ им. Н.Э.Баумана
Москва, Б-5, 2-ая Бауманская, 5

Подп. к печ. 28/1-1975г
Л-41422



1255554

Рунг Р.Р. Исследование на

- 3 -

Актуальность проблемы. Одной из важнейших задач, поставленных Партией и Правительством перед машиностроением в текущем пятилетии, является повышение производительности труда. Выполнение этой задачи должно осуществляться главным образом за счет повышения эффективности производства на основе интенсификации производственных процессов и все более широкой их автоматизации. Особенно актуальна эта задача в области сборки машин. Трудоемкость сборочных работ в машиностроении достигает 25 ... 30% от общей трудоемкости, а объем автоматизации не превышает 5%.

Одним из факторов, сдерживающих развитие автоматизации сборочных работ, является недостаточная надежность функционирования создаваемого сборочного оборудования, что снижает эффективность автоматизации. В значительной степени это объясняется недостаточной изученностью методов и средств технологического обеспечения надежной собираемости элементов изделий, с которыми тесно связаны вопросы базирования деталей и узлов на сборочных позициях, а также вопросы назначения оптимальных параметров рабочих органов исполнительных механизмов и режимов работы сборочного оборудования. Обоснованное принятие конкретного варианта автоматизации может быть осуществлено при наличии методов прогнозирования надежности работы механизмов и устройств сборочной машины, а также надежности выполнения на её позициях соединений необходимого качества в условиях данного производства. Поэтому, определение оптимальных параметров процессов автоматического выполнения соединений на сборочных позициях, обеспечивающих высокую безотказность их протекания и, следовательно, производительность сборочных машин, а также создание методики прогнозирования безотказности выполнения соединений, являются актуальными в настоящее время задачами.

Цель исследования. Целью данной работы является повышение производительности автоматических сборочных машин за счет создания на их позициях условий выполнения соединений, оптимальных по критерию безотказности.

Методы исследования. Поставленные в соответствии с целью задачи решались с применением статистических методов анализа надежности и производительности автоматических сборочных машин в условиях производства; теоретических методов анализа структуры погрешности относительного смещения при параллельной сборке и её синтеза методом статистических испытаний; экспериментальных методов

M 255554

исследования физической сущности процессов автоматического выполнения соединений и возникающих при этом отказов; статистических методов теории планирования экспериментов для построения математических моделей зависимости наработки на отказ от параметров процесса автоматического выполнения соединений.

Научная новизна. В настоящее время разработаны и находят применение методы оценки безотказности работы отдельных механизмов и устройств сборочных машин. Вместе с тем методы прогнозирования безотказности процесса автоматического выполнения соединений разработаны недостаточно полно. Это затрудняет оценку ожидаемой безотказности протекания процесса на сборочных позициях и, следовательно, фактической производительности сборочной машины.

В работе предлагается методика прогнозирования безотказности процесса автоматического выполнения соединений путем моделирования этого процесса на ЭЦВМ, которая позволяет производить сравнение вариантов и количественную оценку мероприятий, направленных на повышение безотказности процесса автоматического выполнения соединений.

Практическая ценность. В результате проведенных исследований разработаны рекомендации по назначению оптимальных параметров исполнительных механизмов и режима сборки, которые обеспечивают высокую безотказность протекания процесса автоматического соединения. Разработаны рекомендации по проектированию исполнительных механизмов линии сборки штунов.

Данная диссертационная работа является частью исследований, проводимых кафедрой "Технология механосборочного производства" МВТУ имени Н.Э.Баумана. Результаты работы использованы при составлении РТМ, выполненных по заказу Министерства станкостроительной и инструментальной промышленности СССР.

Апробация работы. Основные разделы работы докладывались на научных семинарах кафедры Технологии механосборочного производства МВТУ имени Н.Э.Баумана в 1972-1974 гг., а также на ежегодной научно-технической конференции ФПИ, Фрунзе, 1973 г., и на Всесоюзной научно-технической конференции по совершенствованию сборочных процессов в машиностроении, Киев, 1974 г.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 154 страницах машинописного текста и содержит введение, шесть глав, выводы по главам и общие выводы по работе. Сопровождается 10-ю таблицами, 97-ю рисунками и списком литературы на 96 наименований.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

ИМ. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ дается анализ опубликованных материалов, отражающих развитие и современное состояние вопроса автоматического выполнения цилиндрических соединений.

Данному вопросу посвящены работы Б.С.Балакшина, В.С.Корсакова, А.Н.Малова, М.П.Новикова, А.Н.Рабиновича, Н.М.Карелина, В.В.Косилова, Б.А.Лобзова, К.Я.Муценека и других авторов. Основное внимание уделено изучению механизма протекания процесса автоматического выполнения соединений, исследованию силовых взаимодействий при сборке. Рассматриваются вопросы относительной ориентации собираемых деталей на сборочных позициях, условия собираемости, анализируется технологичность собираемых деталей в условиях автоматической сборки. Выявлены основные факторы, определяющие технологические возможности некоторых типов исполнительных механизмов, характер и степень их влияния на эти возможности.

Выполненные работы и исследования сделали возможными постановку и решение задачи оптимизации параметров процесса автоматического выполнения цилиндрических соединений по критерию безотказности, а также разработку методики прогнозирования безотказности этого процесса с учетом точности собираемых деталей.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ формулируются цель и задачи исследования, дается обоснование выбора объектов исследования и приводятся результаты статистического анализа надежности и производительности линий сборки шатунов на заводах автомобильной промышленности (АЗЛК, УМЗ, ВАЗ).

Технологические методы воздействия на безотказность направлены на уменьшение потерь, обусловленных отказами при выполнении соединений, когда собираемые детали удовлетворяют техническим требованиям на их изготовление. Уменьшение этих потерь является значительным резервом повышения фактической производительности оборочных машин, который может быть реализован за счет создания оптимальных условий выполнения основного технологического назначения сборочной машины - автоматического соединения собираемых деталей на её позициях. Безотказность автоматического выполнения соединений необходимо рассматривать с учетом конкретных условий, в которых они осуществляются. Эти условия зависят от точности поступающих на сборку деталей, схем их базирования и закрепления, от точности изготовления и настройки позиции, а также от точности работы транспортирующих и фиксирующих устройств сборочной машины:

Основной мерой количественной оценки указанных условий является погрешность относительного смещения сопрягаемых поверхностей перед началом процесса $\Delta \Sigma$.

Для того, чтобы оценить вероятность выполнения соединения в данном цикле, необходимо вначале определить условия, в которых оно будет происходить, а затем вероятность возникновения отказа в этих условиях. Если комплекса условий, связанных с собираемыми деталями, характеризуется рядом параметров Ψ_{ni} , а вероятность возникновения отказа характеризуется функцией параметров исполнительного механизма $\Psi_m(\Psi_{ni})$, то вероятность безотказного выполнения соединения в данном цикле будет равна:

$$P_i = 1 - \Psi_m(\Psi_{ni}) \quad (I)$$

Следовательно, для повышения безотказности необходимо, чтобы значение $\Psi_m(\Psi_{ni})$ стремилось к минимуму. Исходя из вышесказанных соображений в работе ставятся следующие задачи:

1. Провести анализ структуры погрешности относительного смещения $\Delta \Sigma$, разработать методику её определения и исследовать пути уменьшения этой погрешности.
2. Исследовать физическую сущность процесса соединения и возникающих при этом отказов; определять параметры процесса и их влияние на безотказность.
3. Построить математические модели зависимости безотказности от параметров процесса и определить оптимальные значения этих параметров, максимизирующие наработку на отказ.
4. Разработать методику прогнозирования безотказности процесса автоматического выполнения соединений при оптимальных значениях параметров и с учетом точности собираемых деталей.

Эти задачи решаются на примере позиций линий автоматического сборки шатунов.

В настоящее время потребность промышленности в оборудовании этого вида ещё не удовлетворена и ведется его проектирования для ряда заводов автомобильной промышленности. В связи с этим возникает необходимость на основании анализа надежности и производительности действующих линий установить перспективные конструкции исполнительных механизмов. Применительно к ним решались перечисленные выше задачи. В диссертации приводится анализ причин потерь производительности и баланс производительности по линиям, отдельным позициям и видам отказов.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ приводится анализ точности относительных положений собираемых деталей перед началом выполнения соединения при параллельной автоматической сборке на машинах дискретного действия.

Безотказность процесса автоматического выполнения соединений в значительной степени зависит от точности и качества поступающих на сборку деталей. С точки зрения безотказности процесса точность и качество собираемых деталей наиболее полно можно охарактеризовать степенью стабильности следующих параметров:

1. Размеров фасок на сопрягаемых поверхностях ΣC .
2. Величины зазора в соединении δC .
3. Положения осей сопрягаемых поверхностей на оборочной позиции автомата или линии. Степень стабильности этого положения характеризуется величиной погрешности относительного смещения осей $\Delta \Sigma$. Параметры ΣC , δC и $\Delta \Sigma$ следует рассматривать как случайные величины, подчиненные некоторым законам распределения. Для параметров ΣC и δC эти законы определяются непосредственным измерением соответствующих размеров на партии деталей и статистической обработкой результатов. Определить закон распределения погрешности $\Delta \Sigma$ можно только для конкретной сборочной позиции и с учетом точности изготовления собираемых деталей в условиях данного производства. В диссертации рассмотрены основные варианты структуры погрешности $\Delta \Sigma$ для случая параллельной установки на оборочной позиции нескольких присоединяемых деталей. При этом структура погрешности относительного смещения дополняется составляющими, зависящими от погрешности взаимного расположения сопрягаемых поверхностей базовых деталей

$\epsilon_{\text{баз}}$ и от погрешностей, связанных с конструкцией и точностью изготовления исполнительных механизмов. Например, при одновременной установке на позиции нескольких одинаковых присоединяемых деталей в базовую, когда конструкция исполнительного механизма не предусматривает возможность регулировки относительного положения отдельных рабочих органов, структурная формула погрешности относительного смещения Π -ной пары сопрягаемых поверхностей ($\Pi = 1, 2, \dots, K$) имеет вид:

$$\Delta \Sigma_{\Pi} = f(\epsilon_{\text{баз}}, \epsilon_{\Sigma}, \epsilon_{\text{пр}}, \Delta \phi, \Delta n, \epsilon'_{\Sigma}, \epsilon'_{\text{пр}}, \Delta'_{\text{ин}}, \Delta'_{\text{пр}}) \quad (2)$$

где: $\epsilon_{\text{баз}} = f(\epsilon_{\Sigma}, \epsilon'_{\text{пр}})$ - погрешность базирования Π -ной сопрягаемой поверхности базовой детали; ϵ_{Σ} , ϵ'_{Σ} - погрешности, связанные с закреплением соответственно базовых и присоединяемых

деталей: $\epsilon_{\text{б}}$ - погрешность положения базовой детали, обусловленная неточностью изготовления и установки сборочных приспособлений, а также износом их установочных элементов; $\Delta\phi$ - погрешность фиксации индексировочного стола или приспособлений - спутников; $\Delta H_n = \psi(\Delta H_1, \delta'_n)$ - погрешность расположения n -ной ориентирующей поверхности рабочего органа относительно номинального положения n -ной оси сопрягаемой поверхности базовой детали; $\epsilon'_{\text{им}}$ - погрешность расположения ориентирующих поверхностей рабочих органов, обусловленная наличием зазоров в подвижных соединениях, а также износом ориентирующих поверхностей; $\Delta'_{\text{лп}}$ - погрешность позиционирования и фиксации исполнительных механизмов, например, типа механической руки.

Для первой пары сопрягаемых поверхностей составляющие $\epsilon'_{\text{б}}$ и δ'_n равны нулю, а структура погрешности относительного смещения определяется выражением:

$$\Delta Z_1 = f(\epsilon_{\text{б}}, \epsilon_{\text{з}}, \epsilon_{\text{лп}}, \Delta\phi, \Delta H_1, \epsilon'_{\text{б}}, \epsilon'_{\text{з}}, \epsilon'_{\text{им}}, \Delta'_{\text{лп}}) \quad (3)$$

где: $\epsilon_{\text{б}}$ - погрешность базирования первой сопрягаемой поверхности базовой детали; ΔH_1 - погрешность настройки, равная несовпадению оси ориентирующей поверхности первого рабочего органа с номинальным положением оси соответствующей сопрягаемой поверхности базовой детали.

Закон распределения погрешности ΔZ определяется методом статистических испытаний на ЭЦМ по разработанному алгоритму и используется в дальнейшем при прогнозировании безотказности процесса автоматического выполнения соединений. Разработанная методика расчета погрешности ΔZ позволяет на стадии проектирования произвести количественную оценку вариантов схем базирования собираемых деталей и конструктивного исполнения позиций.

В целях уменьшения погрешности ΔZ в конструкции исполнительного механизма для параллельной сборки необходимо предусматривать возможность регулировки относительного положения отдельных рабочих органов.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ излагаются результаты исследования безотказности процесса автоматического выполнения соединений на позициях установки шатунных болтов, приводятся полученные математические модели зависимости наработки на отказ от параметров процесса и определены оптимальные значения этих параметров. Исследовались два применяемых в настоящее время вида исполнительных механизмов:

1) с ловителями в виде одной подпружиненной призмы; 2) с ловителями в виде двойных подпружиненных призм. Эксперименты выполнялись на перенастраиваемой экспериментальной установке, оснащенной указанными рабочими органами, в автоматическом режиме. Механизм возникновения отказа, в процессе автоматического соединения, определяется сложным взаимодействием большого количества факторов. Для определения вероятной наработки на отказ при различных сочетаниях численных значений параметров целесообразно воспользоваться приемами математического описания процессов на основе статистических методов планирования экспериментов.

Программа исследований включала анализ физической сущности процесса автоматического соединения и возникающих при этом отказов, постановку однофакторных экспериментов для выявления характера и степени влияния отдельных параметров процесса на безотказность его протекания, определения областей допустимых значений параметров и установления взаимовлияний между ними. В результате анализа осциллограмм перемещений присоединяемых деталей в процессе выполнения соединений установлено, что по характеру этих перемещений процесс можно разделить на ряд этапов. Эти этапы оказались общими для обоих исследованных исполнительных механизмов. В данном случае определяющим явилось то, что оба исполнительных механизма относятся к одному виду по способу компенсации несовпадения осей сопрягаемых поверхностей, а именно, за счет наличия на этих поверхностях фасок, а также за счет податливости упругих звеньев технологической системы. Установлено, что все отказы, возникающие в процессе выполнения соединений, происходят на втором и третьем этапах процесса, т.е. при компенсации несовпадения осей сопрягаемых поверхностей. Анализ осциллограмм, а также визуальные наблюдения за работой экспериментальной установки позволили установить сущность и причины возникновения отказов:

1. Торцевой упор. Отказ заключается в том, что контакт собираемых деталей в конце второго этапа процесса происходит не по фаскам, а за их пределами, по кромкам. Вероятность появления этого отказа возрастает с уменьшением величины Δ , характеризующей разность между потенциальными возможностями компенсации несовпадения осей собираемых деталей, определяемыми размерами фасок и величиной зазора в соединении и фактическим смещением осей сопрягаемых поверхностей:

$$\Delta_i = \left(Zc_i + \frac{\delta c_i}{2} \right) - \Delta \Sigma_i \quad (4)$$

где: ΔZ_i - несовпадение осей сопрягаемых поверхностей перед началом их сопряжения; Z_i - суммарный размер радиальных катетов фасок на сопрягаемых поверхностях; δ_i - диаметральный зазор в соединении.

Выражение (4) справедливо при условии, что величина ΔZ_i ещё не превышает значения, при котором перекося осей в конце третьего этапа процесса меньше предельно допустимого для данных условий.

2. Заклинивание присоединяемых деталей в отверстиях базовых. Отказ возникает в конце третьего или в начале четвертого этапов. Причиной отказа является перекося осей сопрягаемых поверхностей, превышающий предельное для данных условий значение.

Сравнение характера протекания процесса автоматического выполнения соединений на исследуемых исполнительных механизмах позволяет сделать вывод о том, что условия компенсации смещения ловителями в виде двойных подпружиненных призм более благоприятны по следующим причинам: траектория движения присоединяемых деталей в этих ловителях более устойчива; компенсация равного смещения осей сопрягаемых поверхностей сопровождается меньшим углом перекося присоединяемых деталей; на погрешность положения присоединяемых деталей в меньшей степени влияют отклонения их геометрических размеров.

Анализ результатов однофакторных экспериментов позволил выбрать в качестве функции, аппроксимирующей зависимость наработки на отказ от параметров процесса, неполный полином второй степени и определить уровни варьирования параметров. Для определения коэффициентов регрессии полинома был построен ортогональный ротационный план, включающий постановку 65 опытов по каждому исполнительному механизму. Обработка и регрессионный анализ результатов факторного эксперимента на вычислительной машине М-220 позволили получить математические модели зависимости наработки на отказ T от параметров процесса. Для исполнительного механизма с ловителями в виде одной подпружиненной призм:

$$\begin{aligned} T = & - 10712 + 5,5 L_t - 0,5 J + 2,0 P_1 + 5341,8 \Delta Z' - \\ & - 15,4 J_2 - 9,4 V + 5,0 D + 200,0 \delta_c - 874,9 P_1 + \\ & + 5913,5 Z_c - 0,2 L_t^2 + 2178,0 P_1^2 - 2847,3 \Delta Z \cdot Z_c - \\ & - 8,9 L_t \cdot P_1 + 0,3 J_2 \cdot V \end{aligned} \quad (5)$$

Для исполнительного механизма с ловителями в виде двойных подпружиненных призм:

$$T = - 6322 - 2,5 L_t - 0,38 \gamma + 0,56 P_0 + 3038,3 \Delta Z' - \\ - 9,3 J_0 - 10,1 V + 1,3 D + 291,6 \delta c - 4757,0 P_1 + \\ + 60,0 J_1 + 4281,5 Z_c - 0,01 L_t^2 + 13511,0 P_1^2 - \\ - 1924,5 \Delta Z' Z_c - 1,8 V P_1 \quad (6)$$

В формулах (5) и (6): L_t - расстояние между торцами ловителей и базовой деталью; γ - угол относительного перекоса осей ловителей и сопрягаемых поверхностей базовой детали; P_0 - предельное значение фактического сборочного усилия; $\Delta Z'$ - относительное смещение осей ловителей и сопрягаемых поверхностей базовой детали; J_0 - жесткость привода доосылателей; V - скорость сборочного движения; D - номинальный диаметр соединения; δc - диаметральный зазор в соединении; P_1 - усилие на ловителях; Z_c - суммарный размер радиальных катетов фасок на сопрягаемых поверхностях; J_1 - жесткость ловителей. Модели (5) и (6) получены после отсеивания незначимых эффектов при 2%-ном уровне значимости по F -критерию Стьюдента. Гипотеза адекватности, проверенная по F -критерию Фишера, не противоречит опытным данным при 2%-ном уровне значимости. Полученные модели использовались для определения оптимальных значений параметров рабочих органов и скорости сборочного движения, обеспечивающих высокую безотказность протекания процесса автоматического выполнения соединений.

В ГЛАВЕ ПЯТОЙ изложены результаты исследований безотказности процесса выполнения соединений на позициях автоматического наживления шатунных гаек исполнительными механизмами со стержневыми ловителями. Исследования выполнялись на специальной установке по программе, аналогичной той, которая была принята при исследовании предыдущего процесса. Анализ осциллограмм процесса автоматического наживления, а также визуальные наблюдения за работой экспериментальной установки в автоматическом режиме, позволили установить сущность и причины возникновения отказов при наживлении:

1. Заклинивание гаек в начале наживления. Сущность отказа состоит в том, что заходный виток гайки, при её перекосе, захватывает резьбу болта через виток. Установлено, что этот вид отказа возникает чаще при малых значениях осевого усилия в сочетании с малыми скоростями осевого перемещения.
2. Ненаживление гайки. Причиной отказа является срыв ослабленной части заходных витков при первоначальном контакте, а затем прогрессирующее их разрушение. Появлению этого вида отказов способствует малая скорость осевого перемещения в сочетании

с увеличенной угловой скоростью наживления.

3. Ненаживление, обусловленное тем, что величина относительного смещения осей ловителей и базовых деталей превышает возможности исполнительного механизма компенсировать это смещение. Данный вид отказа связан с неправильным назначением диаметра стержневых ловителей, в результате чего затруднен переход гаек с ловителей на болты. Обработка и регрессивный анализ результатов факторного эксперимента на вычислительной машине М-220 позволили получить математическую модель зависимости наработки на отказ T от параметров процесса наживления:

$$\begin{aligned} T = & 672,87 - 947,08 \delta_L + 59,89 \Sigma C - 0,01 n - 145,72 \Delta Z' + \\ & + 0,80 V - 5,07 P - 84,78 J + 86,25 M + 3,89 D + \\ & + 0,38 \gamma - 7,30 L + 300,26 \delta_L^2 - 0,19 \cdot 10^{-3} \Delta V^2 + \\ & + 0,09 \delta_L n - 0,25 \delta_L \Delta V - 0,17 \Sigma C n - 0,19 n \Delta Z' + \\ & + 0,15 \cdot 10^{-3} n \Delta V - 0,19 \Delta V J \end{aligned} \quad (7)$$

где: δ_L - зазор между ловителем и гайкой; ΣC - суммарный размер радиальных катетов фасок на сопрягаемых резьбовых поверхностях; n - угловая скорость навинчивания; $\Delta Z'$ - относительное смещение осей стержневых ловителей и резьбовых поверхностей болтов; ΔV - осевая скорость перемещения гайковерта перед началом наживления; P - осевое усилие при наживлении (усилие предварительного сжатия компенсирующих пружин); J - жесткость компенсирующих пружин гайковертов; M - предельное значение фактического крутящего момента; D - номинальный диаметр соединения; γ - угол относительного перекося осей ловителей и болтов; L - размер осевого катета фаски на ловителях. После отсеивания незначимых эффектов (D , γ , L) гипотеза адекватности модели (7) не противоречит опытным данным при 2%-ном уровне значимости. Полученная модель использована для определения оптимальных значений параметров исполнительных механизмов и режимов процесса автоматического наживления - угловой скорости навинчивания n и скорости осевого перемещения ΔV , обеспечивающих высокую безотказность его протекания.

В ШЕСТОЙ ГЛАВЕ приведены анализ влияния безотказности протекания процесса автоматического соединения на сборочных позициях на фактическую производительность сборочной машины, рекомендации по повышению безотказности процесса, а также методика прогнозирования безотказности и оценка ожидаемой экономической эф-

фактивности от внедрения предлагаемых мероприятий.

Повышение фактической производительности сборочной машины может быть достигнуто за счет увеличения скорости рабочих и холостых ходов, а также за счет снижения потерь из-за простоев, связанных с отказами, значительная часть которых происходит в процессе выполнения соединений. Увеличение скорости рабочих ходов сокращает длительность цикла машин. Однако, скорость рабочего хода (скорость сборочного движения) одновременно является одним из основных параметров процесса и, следовательно, оказывает влияние на безотказность его протекания и на величину внецикловых потерь по техническим причинам. В диссертации рассматриваются вопросы рационального назначения скорости сборочного движения для основных вариантов, когда данная позиция лимитирует длительность цикла линии или не лимитирует её, а увеличение скорости в области допустимых значений сопровождается снижением безотказности процесса или напротив - увеличением безотказности. Наличие математических моделей зависимости наработки на отказ от параметров (в том числе и от скорости) позволяет назначить оптимальный по фактической производительности режим процесса автоматического выполнения соединений.

Разработанная методика прогнозирования безотказности протекания процесса соединения методом статистических испытаний на ЭЦМ, основана на моделировании внешних, связанных с собираемыми деталями, условий в данном i -том цикле и определении вероятности безотказного выполнения соединения в этом цикле при данных условиях. Указанная операция повторяется необходимое (800...1000) число раз. В результате вычисляется параметр потока отказов и строится гистограмма статистической функции надежности, которая затем аппроксимируется теоретическим законом распределения. Например, исходными данными для моделирования процесса автоматической установки болтов являются: представление о физической сущности отказа по процессу, закон распределения погрешности относительного смещения осей собираемых деталей ΔZ , а также законы распределения диаметрального зазора в соединении и размеров фасок на сопрягаемых поверхностях; математическая модель зависимости наработки на отказ от параметров процесса.

Методика позволяет на стадии проектирования оценить целесообразность применения данного варианта автоматизации при точности собираемых деталей, соответствующей условиям данного производства. В работе предлагается ряд мероприятий, направленных на

повышение безотказности выполнения соединений с помощью исполнительных механизмов исследованных типов, а также пути инструктивного воплощения рекомендуемых мероприятий. По результатам исследований спроектирована, изготовлена в металле, испытана на экспериментальной установке конструкция ловителей для установки шатунных болтов, обеспечивающая при прочих равных условиях более высокую (на 5...8%) безотказность протекания процесса, чем применяемые в настоящее время. Как показывают расчеты, внедрение предлагаемых мероприятий позволяет повысить фактическую производительность линий сборки шатунов в среднем на 12,7% и практически исключить потери, связанные с повреждением собираемых деталей при возникновении отказов. Ожидаемый экономический эффект от внедрения составляет 3 тыс. рублей в год на одну линию. Материалы исследований используются Минским СКБ автоматических линий при проектировании линий сборки шатунов.

В ы в о д ы

1. Большая часть потерь производительности при автоматической сборке обусловлена отказами, возникающими в процессе выполнения соединений, при качестве собираемых деталей, соответствующем техническим требованиям на их изготовление. Уменьшение количества этих отказов составляет значительный резерв повышения производительности автоматической сборки.
2. Основными причинами отказов в процессе автоматического выполнения соединений являются:
 - а) несовпадение осей сопрягаемых поверхностей собираемых деталей на сборочной позиции;
 - б) не оптимальный подбор значений параметров процесса при его осуществлении на исполнительных механизмах данной конструкции.
3. Точность относительного положения осей сопрягаемых поверхностей на сборочной позиции обусловлена: точностью размеров, взаимного расположения и формы собираемых деталей при данных схемах их базирования; точностью изготовления, монтажа и настройки сборочной позиции; точностью работы транспортирующих и фиксирующих устройств сборочной машины. Количественной мерой оценки точности относительного положения собираемых деталей является погрешность относительного смещения осей их сопрягаемых поверхностей ΔZ .
4. Погрешность относительного смещения может быть уменьшена за счет уменьшения или устранения отдельных ее составляющих. Су-

щественным резервом уменьшения этой погрешности является выбор рациональных схем базирования собираемых деталей, в частности базирования по сопрягаемым поверхностям, а также по поверхностям, которые использовались в качестве базы при обработке сопрягаемых. Другим резервом уменьшения погрешности ΔZ является настройка позиции с учетом расположения центров группирования осей сопрягаемых поверхностей. Для выполнения такой настройки конструкция позиции должна предусматривать возможность регулировки относительного положения отдельных рабочих органов.

5. Погрешность относительного смещения должна рассматриваться для данной пары сопрягаемых поверхностей. Поэтому, при параллельной сборке на позиции нескольких присоединяемых деталей, указанную погрешность следует определять для каждой пары сопрягаемых поверхностей отдельно.
6. Разработанная методика определения погрешности относительного смещения позволяет на стадии проектирования произвести количественную оценку вариантов схем базирования собираемых деталей и конструктивного исполнения позиций. В результате расчета определяется закон распределения погрешности, что дает возможность использовать полученные данные для прогнозирования безотказности процесса автоматического выполнения соединений.
7. Полученные математические модели зависимости наработки на отказ от параметров процесса автоматического выполнения соединений позволяют определить их оптимальные значения, обеспечивающие высокую безотказность процесса.
8. Полученные аналитические зависимости между режимом процесса соединения на сборочных позициях и его безотказностью, позволяют определить оптимальное значение режима, при котором обеспечивается высокая фактическая производительность сборочной машины.
9. Разработанная методика моделирования на ЭЦМ процесса автоматического выполнения соединений позволяет прогнозировать безотказность этого процесса с учетом точности собираемых деталей, что дает возможность оценить целесообразность и эффективность данного варианта автоматизации в конкретных производственных условиях.
10. Обобщение опыта проектирования и промышленного применения исполнительных механизмов линий автоматической сборки шатунов, экспериментальные и теоретические исследования, позволили выявить перспективные конструкции и разработать для них конкретные рекомендации, направленные на повышение безотказности про-

цесса автоматической : выполнения соединений.

- II. Результаты проведенных исследований использованы при составлении РТМ, выполненных по заказу Минстанкопрома, а также при разработке линий автоматической сборки шатунов Минским СКБ АЛ. Внедрение предлагаемых мероприятий позволяет повысить фактическую производительность линий сборки шатунов в среднем на 12,7% от теоретической и исключить потери, связанные с повреждением собираемых деталей при возникновении отказов.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения составляет 3 тысячи рублей на одну линию.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Структура погрешности относительного смещения осей сопрягаемых поверхностей на позициях сборочных автоматов. Соавторы: Солодов М.Д., Золотаревский Ю.М., В сборнике "Труды Фрунзенского политехнического института", Машиностроение, выпуск 61, Фрунзе, 1973.
2. Выбор оптимальных параметров процесса автоматической сборки гладких цилиндрических соединений с зазором. Соавторы: Солодов М.Д., Золотаревский Ю.М., В сборнике "Труды Фрунзенского политехнического института", Машиностроение, выпуск 61, Фрунзе, 1973.
3. Анализ погрешности относительного смещения осей сопрягаемых поверхностей при автоматической сборке цилиндрических соединений. Соавторы: Солодов М.Д., Золотаревский Ю.М., "Известия ВУГФ", Машиностроение, № 2, 1974.
4. Исследование надежности сборочных позиций автоматических линий. Соавторы: Солодов М.Д., Холодкова А.Г. Ежегодная научно-техническая конференция "Совершенствование сборочных процессов в машиностроении", Тезисы докладов, Киев, 1974.