

M236122

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

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

ЗОЛОТАРЕВСКИЙ Юрий Михайлович

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ
ПОЗИЦИЙ СБОРОЧНЫХ МАШИН
ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

(05.02.08 — Технология машиностроения)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



1236182

Золотаревский Ю.М. Исслед

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

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

Официальные оппоненты:
кандидат технических наук, профессор РОМАНОВ Б. П.
кандидат технических наук КОСИЛОВ В. В.

Ведущее предприятие — Московский карбюраторный завод.

Автореферат разослан « » 1974 г.

Защита диссертации состоится « » 1974 г.

на заседании Совета факультета «Автоматизация производства» Московского Государственного Технического Университета им. Н. Э. Баумана по адресу: Москва, ул. 2-я Бауманская, дом 5.

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке.

Ученый секретарь Совета
канд. техн. наук, доцент

М236182

Одной из главных задач, поставленных Партией и Правительством перед промышленностью в текущем пятилетии, является повышение производительности труда, которое может быть достигнуто за счет автоматизации производственных процессов и повышения их экономической эффективности. Особенно актуальна эта задача в области сборки машин. Трудоемкость сборочных работ в машиностроении достигает 25-30% от общей трудоемкости, а объем их автоматизации не превышает 7%. Недостаточным является и уровень надежности действующего сборочного оборудования.

Одними из наиболее перспективных путей повышения эффективности автоматизации сборочных работ является разработка типовых средств автоматической сборки, а также создание оптимальных условий протекания сборочных процессов, обеспечивающих их высокую производительность.

Данная работа посвящена разработке методики определения оптимальных условий протекания процессов сборки цилиндрических соединений, обеспечивающих их высокую безотказность и производительность.

В ГЛАВЕ ПЕРВОЙ дан обзор литературных и производственных материалов, отражающих развитие и современное состояние вопроса сборки цилиндрических соединений с зазором и автоматизации ее выполнения.

В этих материалах большое внимание уделяется изучению механизма протекания процесса автоматического сопряжения деталей и исследованию картины силовых взаимодействий при сборке, рассматриваются вопросы относительной ориентации собираемых деталей на позиции сборки и обеспечения условий собираемости, анализируются вопросы технологичности собираемых деталей в условиях автоматической сборки. Выполнение работы и исследования сделали возможным постановку и решение задачи оптимизации процесса автоматической сборки цилиндрических соединений.

ГЛАВА ВТОРАЯ состоит из двух разделов.

В разделе первом на основании проведенного анализа литературных и производственных материалов выбирается цель и ставятся задачи, дается обоснование выбора объектов исследования, рассматриваются методика проведения исследования и экспериментальные установки.

В соответствии с целью - разработкой методики определения оптимальных условий протекания процессов сборки цилиндрических сое-

динений, обеспечивающих их высокую безотказность и производительность, - в работе ставятся следующие задачи:

1. Провести анализ точности относительных смещений осей собираемых деталей на позициях сборочных автоматов и линий.

2. Исследовать влияние параметров процесса сборки на величину допустимого смещения осей. Построить математические модели этих зависимостей и определить оптимальные значения параметров процесса.

3. Разработать методику расчета и прогнозирования безотказности работы позиций сборочных машин, осуществляющих сборку цилиндрических соединений.

Поставленные в работе задачи решались на примере автоматической сборки деталей мелких и средних узлов машин массового производства исполнительными механизмами, осуществляющими принудительное сопряжение деталей.

Для исследования приняты три схемы рабочих органов исполнительных механизмов для принудительной сборки:

1. Рабочий орган с втулочным ловителем.

2. Рабочий орган со стержневым ловителем.

3. Рабочий орган с устройством зоны сборки в виде призмы.

Все принятые схемы рабочих органов имели два исполнения: без компенсирующих устройств и с упругими компенсаторами. Принятые схемы рабочих органов отличаются простотой конструкции, весьма высокой производительностью, чем и объясняется их распространение в промышленности.

Номинальные диаметры исследуемых соединений изменялись в пределах от 12 до 30 мм, а зазоры в соединении от 0,02 мм до 0,3 мм, что позволило охватить большинство стандартных посадок с зазором. Принятые в работе соотношения длин и диаметров исследуемых образцов позволили охватить такие группы деталей, как втулки и валики, оси и кольца, фланцы и заглушки, шайбы и тарелки.

Для решения поставленных в работе задач были проведены следующие экспериментальные исследования:

1. Осциллографирование процесса автоматического сопряжения деталей.

2. Исследование влияния на протекание процесса параметров собираемых соединений, рабочих органов исполнительных механизмов и режимов сборки.

3. Многофакторный эксперимент по построению математических моделей допустимого смещения осей Е .

4. Исследование безотказности работы исполнительных сборочных механизмов.

Все экспериментальные исследования, связанные с изучением процесса автоматической сборки, проводились на унифицированной переналаживаемой экспериментальной установке, имитирующей позицию сборочного автомата. Установка допускает поочередный монтаж на ней всех разновидностей исследуемых рабочих органов. Для осциллографирования процесса установка была оснащена стандартной тензометрической аппаратурой.

Исследования безотказности работы исполнительных сборочных механизмов проводилось на автоматическом испытательном стенде, состоящем из поворотной револьверной головки, имитирующей работу транспортного устройства автомата, и станины, на которую устанавливаются исследуемые исполнительные сборочные механизмы. Стенд оснащен электросхемой управления, позволяющей проводить испытания сборочных механизмов на безотказность в автоматическом режиме.

В диссертации приводится методика проведения перечисленных выше исследований.

Второй раздел посвящен анализу процесса автоматического сопряжения деталей, выявлению и изучению причин возникновения отказов при сборке.

Отыскание оптимальных условий протекания процесса сборки требует анализа его физической сущности, рассмотрения условий безотказного выполнения соединения.

Контрольное осциллографирование и анализ процесса сборки подтвердили, что автоматическое сопряжение представляет собой процесс, который в зависимости от характера движения присоединяемой детали может быть разделен на 5 этапов. Кроме того, исследования показали, что наиболее ответственным является третий этап - прохождение зоны фасок и кромок базовой детали, поскольку большинство отказов при сборке возникает именно на этом этапе.

Скоростная киносъемка процесса показала, что качественное протекание процесса автоматического сопряжения деталей при углах наклона сборочной оси от 90° до 20° происходит аналогично. При меньших углах наклона - от 20° до 0° , т.е. при горизонтальной сборке специфической особенностью является то, что все перемещения присоединяемой детали происходят только принудительно, под действием до-
сылателя.

Основными причинами отказов, возникающих в процессе сборки являются:

а/ несовпадение осей собираемых деталей перед началом сопряжения, обусловленное суммарной погрешностью их относительного смещения на позиции сборки;

б/ ограниченные технологические возможности компенсации данным рабочим органом имеющегося несовпадения осей собираемых деталей перед началом сопряжения, препятствующие сходу присоединяемой детали с ловителя при сопряжении с базовой;

в/ не оптимальный подбор параметров рабочего органа.

Устранение этих отказов в процессе сопряжения является существенным резервом повышения производительности процесса автоматической сборки.

В ГЛАВЕ ТРЕТЬЕЙ приведены анализ структуры суммарной погрешности относительных смещений осей собираемых деталей на позициях сборочных машин дискретного действия, а также рассмотрена методика расчета этой погрешности методом статистических испытаний Монте Карло, которая была проверена в производственных условиях.

Вопросы безотказности сборки должны рассматриваться с учетом конкретных производственных условий, в которых происходит сборка. Эти условия определяются точностью размеров и качеством поступающих на сборку деталей, точностью изготовления, монтажа и настройки отдельных узлов и сборочной машины в целом, точностью работы ее транспортирующих и фиксирующих устройств. Мерой количественной оценки указанных условий является суммарная погрешность Δ_{Σ} относительных смещений, под которой мы понимаем расстояние между предельными положениями осей собираемых деталей на позиции сборочного автомата. Ее основными составляющими являются: 1/ погрешность положения базовой детали ε , обусловленная погрешностями, присущими самим деталям, сборочному приспособлению, транспортным и фиксирующим устройствам сборочной машины; 2/ погрешность положения присоединяемой детали ε' , обусловленная погрешностями, присущими самим деталям, а также сборочному исполнительному механизму; 3/ погрешность относительной настройки сборочных механизмов и сборочных приспособлений

Δ_n .

$$\Delta_{\Sigma} = f(\varepsilon, \varepsilon', \Delta_n) = f(\varepsilon_b, \varepsilon_z, \varepsilon_{np}, \Delta_a, \Delta_{\phi}, \varepsilon'_b, \varepsilon'_z, \varepsilon'_{np}, \Delta'_{np}), \quad (I)$$

где: $\varepsilon_b, \varepsilon'_b$ - погрешности базирования соответственно базовых и присоединяемых деталей;

$\varepsilon_2, \varepsilon_3$ - погрешности закрепления соответственно базовых и присоединяемых деталей;

$\varepsilon_{пр}$ - погрешность положения базовой детали, обусловленная неточностью изготовления сборочного приспособления, ошибками его установки на столе сборочного автомата, а также износом его установочных элементов;

$\Delta_{ф}$ - погрешность фиксации сборочного приспособления с базовой деталью;

$\Delta_{д}$ - погрешность деления, возникающая после поворота индексировочного стола автомата вследствие неравномерности шага поверхностей, имеющих у стола для фиксации его поворотов;

$\varepsilon'_{пр}$ - погрешность положения присоединяемой детали, обусловленная неточностью изготовления и работы исполнительного сборочного механизма, износом его установочных и направляющих элементов, а также наличием зазоров в подвижных соединениях механизма;

$\Delta_{пф}$ - погрешность позиционирования и фиксации , имеющая место у исполнительных механизмов, захватывающих присоединяемую деталь, перемещающихся в зону сборки для выполнения соединения и возвращающихся в исходное положение после выполнения соединения, например, у механизмов типа механической руки.

В диссертации приводятся определения перечисленных погрешностей и даются рекомендации по их расчету. Все указанные первичные погрешности распределены в плоскости, перпендикулярной направлению сборочного движения, и образуют размерную цепь, замыкающим звеном которой является суммарная погрешность относительных смещений осей

Δ_{Σ} .

Существующие методы количественной оценки суммарной погрешности не дают информации о распределении этой погрешности внутри интервала варьирования, что очень важно для расчета безотказности процесса сборки.

Распределение суммарной погрешности может быть получено расчетом с использованием метода статистических испытаний Монте-Карло. Исходными данными для расчета суммарной погрешности данным методом являются законы распределения первичных погрешностей, которые в простейшем случае можно получить экспериментально - путем прямых измерений. В том случае, если это сделать не удастся, необходимо определить граничные значения этой погрешности и задаться законом ее распределения, основываясь на сравнении с аналогом.

Реализация разработанного в диссертации алгоритма расчета суммарной погрешности позволяет получить гистограммы и параметры распределения этой погрешности и ее составляющих.

Расчеты, проведенные на вычислительной машине БЭСМ-6 применительно к автоматизированной сборке амортизаторов на Московском карбюраторном заводе, показали, что суммарная погрешность в первую очередь определяется точностью размеров и качеством поступающих на сборку деталей, а также схемами их базирования.

Наиболее существенным резервом повышения точности относительных смещений осей является выбор рациональных схем базирования собираемых деталей и, в частности, базирование по сопрягаемым поверхностям.

Для автоматического выполнения соединения необходимо, чтобы суммарная погрешность Δx относительного смещения осей не превышала некоторой допустимой величины E , при которой исполнительный механизм еще может осуществлять сборку с определенной безотказностью. Оптимальным является такое протекание процесса, при котором вероятность выполнения неравенства:

$$P(\Delta x \leq E), \quad (2)$$

то есть вероятность безотказной сборки будет максимальной. Следовательно, для этого необходимо увеличивать допустимое смещение E , т.е. расширять технологические возможности исполнительных сборочных механизмов. Это целесообразно делать за счет оптимального подбора параметров и режимов процесса сборки.

В ГЛАВЕ ЧЕТВЕРТОЙ изложены результаты исследования технологических возможностей исполнительных сборочных механизмов, а также приведены построенные математические модели допустимого смещения осей для всех видов исследуемых рабочих органов исполнительных механизмов, позволяющие оценивать их технологические возможности.

Технологические возможности исполнительных сборочных механизмов зависят от схемы их рабочих органов и формируются сложным механизмом взаимодействия большого количества факторов. Аналитическое описание этих зависимостей вызывает значительные трудности и поэтому при изучении технологических возможностей сборочных механизмов целесообразно пользоваться статистическим аппаратом теории планирования экспериментов.

Построение математических моделей требует анализа характера влияния отдельных факторов и их взаимодействий на допустимое смещение E . Поэтому нами были проанализированы и поставлены контрольные опыты по проверке имеющихся в литературе зависимостей. Кроме

того, были поставлены дополнительные однофакторные эксперименты для изучения зависимостей, информация о которых в литературе либо отсутствует, либо является недостаточной для построения математических моделей.

Анализ и экспериментальные исследования показали:

1. Торцевое расстояние l_T и зазор в ловителе δ_l связаны между собой и с геометрическими параметрами соединения. Взаимодействие этих факторов оказывает существенное влияние на величину допустимого смещения E .

2. Понижение жесткости рабочего органа существенно улучшает собираемость и увеличивает допустимое смещение E .

Однако лучшие результаты дает создание зазора в ловителе. Этот зазор может рассматриваться как компенсатор бесконечно малой жесткости.

3. Изменение угла наклона сборочной оси не оказывает существенного влияния на величину допустимого смещения E .

Анализ результатов отсеивающего и однофакторного экспериментов позволил выбрать в качестве математической модели допустимого смещения E неполный полином второй степени. Для определения коэффициентов регрессии полинома был построен ортогональный ротационный план, предполагавший постановку 33 экспериментов по каждому типу рабочего органа. Согласно разработанной матрице планирования были поставлены шесть серий экспериментов для всех принятых схем рабочих органов исполнительных механизмов.

Обработка и регрессионный анализ результатов факторного эксперимента на вычислительной машине М-220 позволил получить математические модели допустимого смещения E .

Например, для рабочего органа с втулочным ловителем математическая модель допустимого смещения имеет вид:

$$E = 5,2 - 1,25 l_T / H - 0,35 \gamma + 0,083 \beta - 1,7 V - 0,0194 p + 17,62 \delta_l / D + 0,158 \beta - 430 \delta_c / D + \\ + 15,34 H / D + 17,81 C_0 / D + 14,12 C_0 / D - 59,95 \frac{l_T}{H} \cdot \frac{\delta_l}{D} - 0,294 \frac{l_T}{H} \cdot D + 1085 \frac{l_T}{H} \cdot \frac{\delta_c}{D} + \\ + 4,175 l_T / D - 137 (\delta_l / D)^2 + 0,597 \delta_l + 52,2 \frac{\delta_l H}{D^2} + 0,0336 V p - 13,65 (H / D)^2, \quad (3)$$

где: l_T - торцевое расстояние между втулочным ловителем и базовой деталью;

γ - угол перекося осей ловителя и базовой детали;

β - угол наклона сборочной оси;

V - скорость рабочего хода доосмателителя;

p - усилие привода доосмателителя;

δ_n — диаметральный зазор между уступом втулочного ловителя и присоединяемой деталью;

D — номинальный диаметр соединения;

δ_c — диаметральный зазор в соединении;

H — высота присоединяемой детали;

C_a — катет фаски в базовом отверстии;

C_b — катет фаски на присоединяемом валу.

Математические модели получены для собираемых деталей диаметром от 10 до 40 мм, имеющих конические фаски под углом 45° для зазоров в соединении от 0,02 мм до 0,4 мм.

Аналогичные математические модели допустимых смещений были получены для всех шести разновидностей исследуемых рабочих органов. Адекватность полученных моделей проверялась по критерию Фишера. Кроме того, была проведена экспериментальная проверка моделей в производственных условиях применительно к автоматизированной сборке узлов амортизаторов на Московском карбюраторном заводе. Проверка моделей подтвердила их адекватность с 99%-ным уровнем достоверности. Наличие адекватных математических моделей позволяет определить оптимальные значения параметров процесса сборки. Оптимизации подлежат параметры рабочих органов исполнительных механизмов и режимы сборки.

В ГЛАВЕ ПЯТОЙ приведены результаты определения оптимальных параметров рабочих органов всех исследуемых разновидностей, а также режимов сборки.

Проведенная оптимизация показала, что:

I. Оптимальные значения торцевого расстояния l_T и зазора в ловителе δ_n являются функциями геометрических параметров собираемого соединения. Выведенные экстремальные соотношения позволяют определить оптимальные значения этих параметров в зависимости от конкретных размеров собираемого соединения.

Например, параметры рабочего органа с втулочным ловителем можно определить по формулам:

$$\delta_{n\text{opt}} = 0,08D - 0,21 \frac{l_T}{H} D + 0,0015D^2 + 0,12H \quad (4)$$

$$l_T = (0,1 \div 0,2)H \quad (5)$$

Для рабочего органа со стержневым ловителем параметры δ_n и l_T можно определить по формулам:

$$\delta_{n\text{opt}} = D(0,089 + 0,00145D + 0,185H/D) \quad (6)$$

$$l_{T\text{opt}} = H(0,95 + 0,002D + 0,085H/D) \quad (7)$$

2. Оптимальные значения угла перекося γ осей ловителя и базовых деталей находятся в пределах $\pm 15'$. В этом случае они не дают заметного снижения допустимого смещения E .

3. При наличии оптимальных зазоров в ловителе δ_1 снижение жесткости рабочего органа не дает заметного улучшения собираемости, что делает нецелесообразным усложнение конструкции исполнительных механизмов за счет введения упругих компенсирующих устройств.

4. Интенсификация режимов сборки увеличивает допустимое смещение и улучшает условия собираемости. Режимы процесса ограничиваются условиями сборки без повреждения фасок и кромок собираемых деталей.

Как показала экспериментальная проверка, оптимизация параметров процесса сборки позволила полностью устранить отказы третьего вида, связанные с перекосом присоединяемой детали и значительно сократить отказы других видов, возникающие в процессе сопряжения деталей.

В ГЛАВЕ ШЕСТОЙ даны анализ безотказности и производительности процесса автоматического сопряжения деталей, а также приведены результаты внедрения исследований и их экономическая эффективность.

Исследование безотказности работы сборочных механизмов, проведенные нами на автоматическом испытательном стенде, показали, что некоторое уменьшение допустимого смещения E позволяет значительно повысить среднюю наработку на отказ. Так для зазора в соединении

$\delta_2 = 0,1$ мм, уменьшение величины E на 30% позволяет повысить наработку до 10 тыс. циклов. Выведенные эмпирические формулы позволяют определить допустимое смещение E при любой требуемой наработке на отказ. Производительность сборочной машины определяется с одной стороны - интенсивностью исполнительных перемещений механизмов /скоростью рабочих и холостых ходов/, с другой - безотказностью их работы. Аналитически безотказность процесса сборки можно рассчитать, если известны законы распределения допустимого смещения осей E и суммарной погрешности Δ_z . Если эти величины распределены по нормальному закону, то вероятность безотказной сборки представляет собой также нормально распределенную величину, математическое ожидание которой равно математическому ожиданию суммарной погрешности минус математическое ожидание допустимого смещения E , а ее дисперсия равна сумме их дисперсий.

В общем случае вероятность безотказной работы определяется как свертка законов распределения величин Δ_x и E . Очевидно, что для оптимального, т.е. безотказного протекания процесса сборки необходимо уменьшать суммарную погрешность и увеличивать допустимое смещение E . При этом вероятность безотказного протекания процесса будет стремиться к единице.

Проведенные исследования и полученные модели технологических возможностей исполнительных сборочных механизмов позволили разработать общий алгоритм расчета на ЭВМ оптимальных условий протекания процесса сопряжения и прогнозирования ожидаемой безотказности работы позиций сборочных машин дискретного действия.

Алгоритм позволяет на стадии проектирования сравнивать разные варианты автоматизации и судить о целесообразности их применения.

Исследования условий безотказного протекания процессов проводились параллельно с конструкторскими разработками по созданию исполнительных механизмов для автоматической сборки цилиндрических соединений. В результате была разработана методика проектирования сборочных механизмов таких типов, которая была опубликована в виде руководящих технических материалов, выполненных по заказу Минстанкопрома. На базе разработанной методики были спроектированы и внедрены в промышленности исполнительные сборочные механизмы для принудительной сборки. Этими механизмами оснащены позиции автоматизированной линии групповой сборки штоков и клапанов сжатия амортизаторов "Москвич-403", спроектированной Московским карбюраторным заводом в творческом содружестве с кафедрой "Технологии механосборочного производства" МВТУ им.Баумана. На сборочной линии предусмотрены тринадцать автоматических и пять ручных позиций, на которых осуществляется сборка узла сальника, клапана отдачи и клапана сжатия телескопических амортизаторов "Москвич-403". Внедрение сборочной линии позволит повысить в два раза производительность сборки амортизаторов, высвободить 18 производственных рабочих-сборщиков, сэкономить около 30 квадратных метров производственной площади. Ожидаемый экономический эффект от внедрения такой сборочной линии составляет примерно 16 тысяч рублей в год.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Автоматическое сопряжение представляет собой процесс относительного перемещения собираемых деталей, характерный строгой последовательностью протекания его этапов. Успешное выполнение сборочного соединения в значительной степени зависит от осуществления третьего этапа процесса - прохождения присоединяемой детали зоны фасок и кромок базовой детали.

2. Качественное протекание процесса автоматического сопряжения деталей при углах наклона сборочной оси от 90° до 20° происходит аналогично. При меньших углах наклона - от 20° до 0° /горизонтальная сборка/ специфичной особенностью процесса является то, что все перемещения присоединяемой детали происходят только под действием досылателя.

3. Основными причинами отказов при сборке являются:

а/ несовпадение осей собираемых деталей на позиции сборки, превышающее сумму фасок и половину зазора в соединении. Это несовпадение обусловлено суммарной погрешностью относительного смещения этих осей;

б/ ограниченные возможности компенсации данным рабочим органом первоначального несовпадения осей, препятствующие сходу присоединяемой детали с ловителя при сопряжении с базовой;

в/ не оптимальный подбор параметров рабочего органа исполнительного механизма, в результате чего ловитель не обеспечивает требуемого относительного перемещения собираемых деталей для выполнения их соединения.

4. Суммарная погрешность относительных смещений осей собираемых деталей является функцией первичных погрешностей, обусловленных: точностью размеров, взаимного расположения и формы поверхностей поступающих на сборку деталей, а также схемами их базирования; точностью изготовления, монтажа и настройки отдельных узлов и сборочной машины в целом, точностью работы фиксирующих и транспортирующих устройств автоматов и линий.

5. Суммарная погрешность может быть уменьшена за счет уменьшения, либо устранения ее составляющих. Наиболее существенным резервом повышения точности относительных смещений осей является выбор рациональных схем базирования собираемых деталей, в частности, базирование их по сопрягаемым поверхностям.

6. Методика расчета суммарной погрешности Δ_{Σ} методом статистических испытаний Монте-Карло позволяет определить закон ее распределения и использовать его при расчете безотказности процесса сборки. Эту методику расчета суммарной погрешности целесообразно применять как на стадии проектирования, так и при анализе действующих технологических процессов сборки.

7. Полученные адекватные математические модели позволяют определять оптимальные значения параметров рабочих органов и режимов процесса, обеспечивающих безотказную сборку при возможно больших значениях допустимого смещения E . Варьируя геометрические параметры собираемых соединений, можно с помощью указанных математических моделей получать нормативные таблицы выбора оптимальных значений параметров и режимов сборки.

8. Оптимизация параметров рабочих органов и режимов сборки позволила полностью устранить отказы, связанные с перекосом присоединяемой детали и значительно сократить отказы других видов, возникающие в процессе сопряжения деталей.

9. Исследования принятых схем рабочих органов исполнительных механизмов показали:

а/ оптимальные значения торцевого расстояния l_T и зазора в ловителе δ_L , являются функциями геометрических параметров соединения и могут быть определены для конкретных размеров собираемого соединения;

б/ создание оптимальных зазоров в ловителе обеспечивает автоматическое выполнение соединений без применения упругих компенсирующих устройств, усложняющих конструкцию сборочных механизмов;

в/ интенсификация режимов сборки позволяет повышать производительность, не нарушая условия собираемости. Ограничение режимов сборки производится требованием не повреждения фасок и кромок собираемых деталей.

10. Разработанная общая методика расчета безотказности процесса сборки позволяет на стадии проектирования прогнозировать ожидаемую безотказность работы позиций сборочных машин и делать выводы о целесообразности данного варианта автоматизации.

11. Разработанная методика проектирования и расчета безотказности исполнительных механизмов для принудительной сборки цилиндрических соединений использована при составлении руководящих технических материалов, выполненных по заказу Минстанкопрома.

12. Разработанными сборочными механизмами оснащена автоматизированная линия сборки штоков амортизаторов "Москвич-408", внедряемая на Московском карбюраторном заводе. Внедрение линии позволяет повысить производительность в два раза и высвободить 18 производственных рабочих. Ожидаемый годовой экономический эффект внедрения составляет примерно 16 тыс.рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Солодов М.Д., Золотаревский Ю.М., Ломакин Ю.Л., Рогов А.П., Холодкова А.Г. "Исполнительные механизмы для автоматического сборочного оборудования". Руководящие технические материалы" НИИМаш МС и ИП, Москва, 1971.

2. Солодов М.Д., Золотаревский Ю.М. "Оптимизация параметров и режимов процесса автоматической сборки цилиндрических соединений с зазором". Материалы докладов IX научно-технической конференции. Кишинев. 1973.

3. Солодов М.Д., Рунг Р.Р., Золотаревский Ю.М. "Структура погрешности относительного смещения осей сопрягаемых поверхностей на позициях сборочных автоматов". В сборнике "Труды Фрунзенского политехнического института". Машиностроение. Выпуск 61, Фрунзе, 1973.

4. Солодов М.Д., Золотаревский Ю.М., Рунг Р.Р. "Выбор оптимальных параметров процесса автоматической сборки гладких цилиндрических соединений с зазором". В сборнике "Труды Фрунзенского политехнического института". Машиностроение. Выпуск 61, Фрунзе, 1973.

5. Солодов М.Д., Золотаревский Ю.М., Рунг Р.Р. "Анализ погрешности относительного смещения осей сопрягаемых поверхностей при автоматической сборке цилиндрических соединений". Известия ВУЗов "Машиностроение" 1974 год, № 2.