ДМ287710

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

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

ТАВРОВ Виталий Иванович

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ С УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (стопорными кольцами)

/Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения/

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

Москва 1976

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель –

Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук, профессор КОРСАКОВ В.С.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор ПРОСКУРЯКОВ Н.Г.
Кандидат технических наук, доцент МИНЕНКОВ Б.В.

Ведущее предприятие – НИИТракторсельхозмаш.

Защита диссертации состоится "21" июня 1976г. на заседании специализированного Совета Д-33/4 по технологии машиностроения Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская, 5.

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

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

Автореферат разослан "14" мая 1976г.

СОВЕТА

Л.И.Волчкевич

. Тип.МВТУ Зак.1247 Тир.100

М287710

Актуальность проблемы. Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976-1980г.г. перед машиностроением поставлена задача дальнейшего повышения технического уровня и эффективности производства, коренного улучшения качества продукции. Решение этой задачи обусловливает необходимость разработки новых технологических процессов, обеспечивающих высокое качество изделий и повышение производительности.

Среди проблем, разрешение которых необходимо для дальнейшего прогресса технологии машиностроения является автоматизация сборочных процессов.

Трудоемкость сборочных работ в машиностроении составляет 25 ÷ 30% от общей трудоемкости изготовления изделий. Уровень механизации сборочных работ не превышает 25%, а на долю автоматизации приходится не более 5% из всего объема сборочных работ.

По степени механизации и автоматизации сборочные процессы значительно отстают от других технологических процессов в машиностроении. Одной из причин отставания является отсутствие материалов по автоматизации сборочных процессов. Поэтому важной и своевременной задачей является изучение закономерностей протекания автоматических сборочных процессов, описание их строгими математическими выражениями и создание в конечном итоге теоретических основ построения автоматических сборочных процессов.

Цель работы. Разработка расчетных материалов и рекомендаций для автоматизации сборки соединений с упругими элементами и создания автоматического сборочного оборудования.

Методы исследования. В работе применялись теоретические и экспериментальные методы исследования. При теоретических исследованиях широко использовались положения теории вероятности, теоретической механики, сопротивления материалов и строительной механики. Экспериментальные исследования проводились как по классическому, так и по многофакторному планам. Методика проведения экспериментов основывалась на применении современных приборов и средств измерения.

Научная новизна работы состоит в комплексном решении вопросов автоматизации сборки соединений с упругими элементами. Исследованы способы автоматической ориентации основных типов стопорных колец на валы и колец в корпусы. Разработаны опти-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
1287710
Тавров В.И. Исследование п

мальные схемы механизмов для автоматической сборки; выявлены доминирующие факторы, определяющие суммарную погрешность относительной ориентации сопрягаемых деталей. Теоретически определены и экспериментально проверены напряжения, возникающие в кольцах в процессе автоматической сборки, на основе которых назначается радиальный зазор между сопрягаемыми деталями. Определены сборочные усилия на этапах процесса и факторы, определяющие их значения. Исследовано влияние геометрических параметров, соединяемых деталей и режимов на процесс сборки. Определены факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность в процессе автоматической сборки.

Практическая ценность. В результате проведенных исследований разработаны практические рекомендации по обеспечению автоматического протекания процесса сборки соединений с упругими элементами.

Апробация работы. По основным разделам работы сделаны доклады на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Баумана, на конференции "Повышение надежности и долговечности деталей машин технологическими методами" /г.Пермь, октябрь 1971г./, на научно-технической конференции "Прогрессивные конструкции приспособлений механосборочного производства" /г.Москва, МДНТП, декабрь, 1973г./, на научно-технической конференции "Научные основы автоматизации производственных процессов в машиностроении и приборостроении" /г.Москва, МВТУ, январь 1975г./.

Публикации. По теме диссертации опубликовано три работы.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 202 страницах, в том числе содержит 150 страниц машинописного текста, 101 рисунок, 20 таблиц и 52 наименования литературы.

В первой главе дан анализ состояния проблемы автоматизации сборки соединений с упругими элементами, рассмотрены конструктивные особенности колец, их применение и допускаемые нагрузки на соединения, выполненные упругими элементами.

Автоматизации и механизации сборочных процессов в машиностроении посвящены многочисленные исследования советских ученых - Балакшина Б.С., Корсакова В.С., Косилова В.В., Малова А.Н., Медведь М.В., Муценека К.Я., Новикова М.П., Рабиновича А.Н., Солодова М.Д., Федорова Б.Ф. и других.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
МВТУ им. Н.Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

В настоящее время в промышленности работают различные типы автоматов и полуавтоматов по сборке изделий с резьбовыми, прессовыми, цилиндрическими с зазором и другими видами соединений.

Стопорные кольца можно применять вместо многих видов соединений, соединение упрощается конструктивно и технологически, исключается применение многих оригинальных деталей, сводится к минимуму объем механической обработки, сокращается трудоемкость сборки. Стопорные кольца нашли широкое применение с начала сороковых годов особенно в автотракторной, авиационной, приборостроительной и станкостроительной промышленностях. Из проведенного нами анализа установлено, что если в станке ДИП-200 стопорные кольца не применялись,то в станке 1А62 производства 1947г. соединения выполненные стопорными кольцами составили - 17, станке 1К62 производства 1954г. - 42 соединения и в последней модели станке 16К20 - 82 соединения. Аналогичный рост применения стопорных колец в автомобилях. Автомобиль МАЗ-500А имеет 107 соединений, МАЗ 537- 194 соединения, МАЗ 540- 211 соединений. Двигатель ЯМЗ 238НБ имеет 46 соединений, ЯМЗ 240 - 77 соединений. В настоящее время сборка таких соединений в промышленности ежегодно составляет многие миллионы единиц.

Изготовленные из пружинных сталей с последующей термообработкой кольца способны воспринимать значительные осевые нагрузки, жестко или упруго (в зависимости от конструкции колец) выбирать осевые зазоры и гасить вибрации.

Однако, как показал анализ литературных данных и производственного опыта,совершенно отсутствуют материалы по автоматизации сборки упругих элементов. В промышленности нашли применение лишь средства малой механизации по сборке этих соединений. Между тем, растущее применение стопорных колец в машино и приборостроении вызывает необходимость дальнейшего совершенствования сборки узлов со стопорными кольцами, включая автоматизацию сборки.

Отсутствие производственного опыта и литературного материала по автоматизации сборки соединений со стопорными кольцами, потребовали поставить следующие задачи исследования:

I. Исследование процесса ориентации основных типов стопорных колец. 2. Разработку схем сборочных механизмов для автоматической сборки основных типов стопорных колец и изготовление экс-

периментальной установки в металле. 3. Исследование протекания процесса автоматической сборки для основных типов колец по разработанным схемам. 4. Определение монтажных напряжений, возникающих в кольцах при автоматической и механизированной сборке. 5. Определение сборочного усилия на этапах процесса. 6. Выявление рациональных условий автоматической сборки соединений со стопорными кольцами различных типов. 7. Влияние условий выполнения автоматической сборки на качество соединения. 8. Разработка рекомендаций по конструированию механизмов для сборки соединений со стопорными кольцами.

Во второй главе приведены результаты исследования автоматической ориентации основных типов стопорных колец на валы ГОСТ I3942-68 и колец в корпусы ГОСТ I3943-68. Для ориентации стопорных колец применен вибробункер со спиральным лотком и ребордой, на которой кольца ориентировались по вырезанному сектору. Для повышения производительности ориентирующего устройства в схему автоматической ориентации введен предбункер, назначением которого является выдавание в бункер через определенные промежутки времени порции колец.

Установлено, что на процесс ориентации по принятой схеме оказывают влияние в основном следующие факторы: амплитуда колебаний лотка бункера; интервал времени подачи порции колец в бункер; количество колец в порции; расстояние средней линии реборды от боковой стенки бункера; длина реборды и величина ее подъема над лотком.

С целью уменьшения количества опытов и объема математической обработки на этапах предварительных исследований установлено оптимальное расстояние средней линии реборды от боковой стенки бункера $L = \frac{d_2 + d_3}{4} + 0{,}5 \div 0{,}6$ мм, где d_2 и d_3 – соответственно внутренний и наружный диаметры кольца для колец на валы и $L = \frac{d_2}{2} + 0{,}5 \div 0{,}6$ мм, где d_2 – наружный диаметр кольца – для колец в корпусы. Длина заходной части реборды принята I00 мм, а высота ее не должна превышать I,5 толщин кольца в конечном сечении над лотком. Предварительное установление размеров последних трех факторов обусловило для определения производительности ориентирующего устройства провести эксперимент типа 2^3 /трехфакторный эксперимент на двух уровнях/ с изменением факторов в пределах: амплитуды колебаний – от 2,35 мм до 2,85 мм; ин-

тервалов времени подачи порции колец в бункер – от 20 до 30 сек; количестве колец в партии – от 20 до 40 штук. Эксперименты проводились на вибробункере с диаметром чаши 250 мм, углом наклона пружин $\alpha = 20^{\circ}$, углом подъема лотка $\theta = 2^{\circ}10'$, частотой создаваемых колебаний $f = 50$ гц.

Результаты экспериментов по ориентации колец на валы ϕ I2 мм составили 7000 шт/час, для колец в корпусы ϕ I5 мм – – 4200 шт/час.

Проведенные исследования позволили приближенно определять производительность ориентирующего устройства по формуле:

$$Q = \frac{v}{d} K_1 K_2,$$

где v – средняя скорость движения одиночного кольца по лотку в режиме подбрасывания, равная 7 ÷ I0 м/мин, при коэффициенте заполнения лотка в пределах 0,3 ÷ 0,42; d – наружный диаметр кольца; K_1 – коэффициент положения колец. Для колец в корпусы определяется отношением длины прорези замка l к длине дуги наружного диаметра кольца d_2. Для колец на валы – отношением длины прорези замка l к половине длины дуги внутреннего диаметра d_2. K_2 – коэффициент поворота, учитывает поворот колец на реборде под действием круговых колебаний. Экспериментально установлено значение $K_2 = I,I5 \div I,25$. Сориентированные кольца могут подаваться в зону сборки по склизу или из кассеты.

Разработаны структурные схемы, согласно которых исполнительные механизмы для сборки упругих элементов могут встраиваться в автоматическую линию, карусельную сборочную машину или выполняться на отдельной рабочей позиции. Не исключая возможности в отдельных случаях применения сборочных автоматов одноцелевого назначения для постановки стопорных колец, в работе рекомендуется в большинстве случаев использовать исполнительные устройства встраиваемые в сборочные автоматы многоцелевого назначения и автоматические линии.

Для исследования процесса сборки разработаны и изготовлены в металле рабочие органы, которые позволили провести исследования по 4 схемам сборки для колец в корпусы и по 4 схемам для колец на валы. Проведенные исследования позволили установить технологические возможности механизмов оснащенных сборочными приспособлениями с жестким креплением базовой детали, с креплением базовой детали в переналаживаемых сборочных приспособлениях и в приспособлениях работающих по принципу "автопоиска".

Это позволяет дифференцированно выбирать схемы сборки с учетом точности изготовления деталей с которыми сопрягаются кольца. Для принятых схем сборки выведены структурные формулы для определения суммарной погрешности смещения осей сопрягаемых деталей.

В третьей главе изложены результаты аналитических и экспериментальных исследований по определению монтажных напряжений, возникающих при автоматической сборке в кольцах. В принятых схемах сборки разжатие (ГОСТ I3942-68) и сжатие (ГОСТ I3943-68) колец производится с помощью конусов. Для создания максимального радиального зазора $\frac{\Delta_1}{2}$ между сопрягаемыми деталями и обеспечения безотказной работы сборочного механизма кольца должны быть разжаты или сжаты на максимальную величину без нарушения эксплуатационных качеств. Расчет возникающих напряжений в кольцах выполнен на основе работ д.т.н.,проф.В.М.Феодосьева. Выражение изгибающего момента для произвольного сечения кольца с учетом неприлегания по всему контуру к конусу примет вид:

$$M_{\varphi\varphi} = \sin\varphi\left[Q_1\frac{D_к}{2} + Q_2\frac{D_к}{2}\cos\alpha - q\frac{D_к^2}{4}\sin\alpha\right] - \cos\varphi\left[Q_2\frac{D_к}{2}\sin\alpha + q\frac{D_к^2}{4}\cos\alpha\right] + q\frac{D_к^2}{4}.$$

С учетом изменения поперечного сечения колец составляющие выражения имеют вид:

$q = E\frac{bh_y^3}{12}\cdot\frac{8\Delta}{D_к^4}$ – распределенная нагрузка в зоне плотного прилегания, где $h_y = R - r - e\cos\varphi$, при $R = \frac{d_2}{2}$, $r = \frac{d_2}{2}$ для колец на вал и $R = \frac{d_2}{2}$, $r = \frac{d_2}{2}$ – для колец в корпусы, e – эксцентриситет колец, φ – текущее значение угла, $D_к$ – диаметр конуса, Δ – разность между $D_к$ и внутренним диаметром кольца d_2 (кольцо ГОСТ I3942-68).

$Q_1 = E\frac{bh_2^3}{12}\cdot\frac{4\Delta}{D_к^2\sin\alpha}(1 - K\cos\alpha)$ – сила, действующая со стороны конуса на концы кольца, где α – угол, характеризующий область неприлегания кольца к конусу между силами Q_1 и Q_2, вычислен теоретически и проверен экспериментально, равен $66^{\circ}30'$. K – величина, характеризующая отношение $\frac{3e}{h_0}$ равна I,5.

$Q_2 = E\frac{bh_2^3}{12}\cdot\frac{4\Delta}{D_к^2}(K - K\cos\alpha)$ – сила, действующая в точке начала прилегания кольца к конусу.

С целью проверки теоретических предпосылок было проведено экспериментальное определение монтажных напряжений. Экспериментальное определение напряжений проводилось методом тензометрирования. На кольца в корпус $d_2 = 56{,}2$ мм, $b = 2{,}5$ мм по-

очередно в сечениях при φ = I80, I35, 90° наклеивались тензодатчики с базой ℓ = 5 мм, шириной 2 мм и пропускались через конус с вырезом по образующим.

Проведенные исследования позволяли с учетом сохранения упругих свойств колец определить максимальные радиальные зазоры $\frac{\Delta_1}{2}$ между сопрягаемыми деталями и максимальные напряжения, возникающие в кольцах. Так в кольце на вал ϕ 25 мм при радиальном зазоре $\frac{\Delta_1}{2}$ = 0,25 мм максимальное значение напряжения против замка составляет I00 кгс/мм^2, для кольца в корпус ϕ 25 мм – – 90 кгс/мм^2. Зависимости радиальных зазоров $\frac{\Delta_1}{2}$ от возникающих напряжений определены для ряда колец на валы и колец в корпусы, а также показано увеличение напряжений в зависимости от увеличения радиального зазора $\frac{\Delta_1}{2}$.

Вычисленные монтажные напряжения при сборке механизированным инструментом для тех же размеров кольца на вал ϕ 25 мм при $\frac{\Delta_1}{2}$ = 0,25 мм составляют I54 кгс/мм^2 и для кольца в корпус ϕ 25 мм – I45 кгс/мм^2.

Таким образом, при сборке механизированным инструментом монтажные напряжения имеют значительно большие величины, следствием которых обусловлено появление остаточных напряжений в кольцах и снижение упругих свойств.

Определение монтажных напряжений для колец ГОСТ I3940-68 и ГОСТ I3941-68 с постоянным профилем сечения проводилось с использованием диаграмм растяжения образцов, так как расчетный метод в пределах упругих деформаций к ним неприменим из-за появления в процессе сборки в кольцах остаточных деформаций. В результате исследований для ряда колец установлены зависимости монтажных напряжений от радиальных зазоров $\frac{\Delta_1}{2}$ и определены размеры упругих зон в наиболее напряженных сечениях при φ =90° и φ = I80°.

Радиальный зазор $\frac{\Delta_1}{2}$ между сопрягаемыми деталями позволяет правильно назначить допуски при изготовлении исполнительных механизмов, предъявить требования к точности собираемых деталей, правильно выбрать схему сборки и рабочие органы.

<u>В четвертой главе</u> изложены результаты исследований по определению сборочного усилия. С точки зрения силового анализа установлено 4 этапа: I/ заневоливание кольца по конусу; 2/ прохождение по цилиндрической части конуса; 3/ прохождение кольцом зоны фасок или кромок; 4/ прохождение цилиндрической

части на детали. Это позволило составить две схемы действия сил на конус и на цилиндр. Используя из расчета допускаемых напряжений q, Q_1 и Q_2, заменив их действие суммарной распределенной нагрузкой q_Σ, отнесенной к длине дуги плотного контакта кольца с конусом, сборочное усилие на досылателе привода определится по формуле:

$$P = 0{,}0175 R v U q_\Sigma (tg\theta + f),$$

где R – радиус конуса; v – центральный угол контакта кольца с конусом = 240°; U – поправочный коэффициент = 1,18; θ – угол конуса; f – коэффициент "трения".

При прохождении цилиндрического участка составляющая обратится в нуль и формула примет вид:

$$P = 0{,}0175 R v U q_\Sigma f.$$

Значение коэффициента f определено экспериментально для: колец с острыми кромками по конусу HRC 62÷64 при R_a = 3 мкм, f = 0,38÷0,4; колец с фасками HRC 62 ÷ 64 при R_a = 3 мкм, f = 0,4÷0,46; HRC 40, R_z = 10 мкм, f = 0,48 ÷ 0,53.

Исследовано влияние жесткости системы на изменение сборочного усилия. Установлено, что жесткость систем принятых схем сборки не оказывает существенного влияния на изменение сборочного усилия при смещениях осей сопрягаемых деталей в пределах возможного изменения геометрии колец после зан(юливания по конусу.

Для условий смещения осей больших, чем позволяет геометрия изменения колец и смещения за счет фасок определены численные зависимости мгновенных потенциальных усилий, которыми обладают кольца и потребные сборочные усилия для преодоления сил трения в стыках переналаживаемых сборочных приспособлений на пологих участках характеристики жесткости. Исследованиями установлено что потребное сборочное усилие для плавающих конструкций сборочных приспособлений работающих по принципу "автопоиска" мно го меньше мгновенных потенциальных усилий заневоленных колец под действием которого детали занимают положение совмещенных контуров, без нарушения упругих свойств колец.

Определены численные значения фасок на базовых деталях и осевых зазоров ΔS, при которых необходимо заневоливать кол ца по их поверхности и увеличение потребного сборочного усилия Установлено влияние среза кромок на увеличение сборочного усилия.

В результате исследований определены численные зависимости сборочного усилия на этапах процесса для ряда колец в корпусы и колец на валы с учетом различных факторов. Установлено, что угол конуса θ целесообразно принимать равным 15°.

В пятой главе исследованы геометрические факторы и режимы сборки. Установлено максимальное допустимое смещение осей сопрягаемых деталей $\mathcal{E}$ для колец на валы и колец в корпусы. На величину $\mathcal{E}$ оказывают влияние радиальный зазор $\frac{\Delta_1}{2}$, размер фаски K, осевой зазор ΔS и диаметр досылателя $D_д$. Определены их численные значения.

Заневоливание колец по конусу обеспечивает ликвидацию смещения осей сопрягаемых деталей при отсутствии фасок на базовых деталях в пределах $\mathcal{E} = \frac{\Delta_1}{2}$ за счет упругих сил колец. При наличии фасок на базовых деталях больших, чем толщина колец, т.е. $K > b$ в пределах $\mathcal{E} = \frac{\Delta_1}{2} + h_1'$, где h_1' - проекция длины оставшейся фаски под кольцом на горизонталь. Независимо, за счет чего будут создаваться величины h_1', за счет-ли длины фаски или за счет осевого зазора ΔS, величина смещения осей сопрягаемых деталей будет определяться $\mathcal{E} = \frac{\Delta_1}{2} + h_1'$. Исследования показали, что численное значение величины $\mathcal{E}$ ограничено и схемой нагружения колец досылателем $D_д$. При определенных значениях $\mathcal{E}$ в сечениях колец при $\varphi = 90°$ и при $\varphi = 180°$ между кольцом и досылателем в плоскости нагружения образуется зазор, последнее вызывает кручение колец.

Графоаналитическим путем вычислены оптимальные величины $\frac{\Delta_1}{2}$, размеры $D_д$, h_1' и величины перекрытия колец досылателем $D_д$ в "крайних" сечениях при $\varphi = 90°$ и $\varphi = 180°$.

Определена целесообразность использования величин $\frac{\Delta_1}{2}$ и h_1' и их доля в смещение осей $\mathcal{E}$.

Определены размеры фасок на деталях, обеспечивающие оптимальные значения h_1' в зависимости от толщин колец и диаметров.

Исследованиями установлено, что плавающие конструкции приспособлений позволяют использовать для ликвидации смещения осей сопрягаемых деталей всю высоту фаски h_1 без нарушения эксплуатационных свойств колец. Применение таких конструкций значительно расширяет возможности сборки упругих элементов.

Формула для определения допустимого угла перекоса осей сопрягаемых деталей при котором сборка осуществима имеет вид:

$$\alpha \approx \operatorname{arctg} \frac{B-b}{D},$$

где B - ширина канавки, b - толщина кольца, D - диаметр отверстия.

Экспериментальная проверка максимального значения угла проводилась путем постепенного его увеличения за счет подъема плиты сборочного приспособления на которой устанавливалась базовая деталь. Критерием оценки служили 150 циклов безотказной сборки подряд. Учитывая, что перекосы создаются в основном за счет неплоскостности и неперпендикулярности деталей в которые устанавливаются кольца, полученные значения углов перекоса создают большой запас точности при сборке.

Методом осциллографирования исследован характер изменения скорости досылателя на этапах процесса. С учетом длины линейных размеров рабочих органов и равноускоренного движения досылателя на III этапе сборки необходимо установить регулировочной аппаратурой V досылателя не более 0,9 м/сек.

Экспериментальным путем исследовано влияние жесткости сборочных приспособлений на изменение посадочных диаметров колец в процессе сборки. Установлено, что при работе на крутых участках характеристики жесткости при превышении упругих сил колец, обусловленных мгновенным потенциальным усилием заневоленных колец в последних возникают остаточные деформации и, как следствие, изменения посадочных диаметров. Применение плавающих конструкций приспособлений работающих по принципу "автопоиска" исключает появление остаточных деформаций в кольцах.

Шестая глава посвящена обеспечению надежности соединений, выполненных стопорными кольцами. Установлено влияние геометрических факторов соединения: размеров фасок, размеров радиусов, неплоскостности стенок канавок, изменений посадочных диаметров колец и других факторов на изменение допускаемых нагрузок на соединения выполненные упругими элементами. Определено, при каких числах оборотов валов возможно надежное применение стопорных колец в конструкциях для закрепления подшипников и при каких необходимы дополнительные конструктивные элементы крепления для надежной работы соединения. Приближенный аналитический расчет показал, что критическими скоростями вращения валов, при которых снимается натяг, в соединении являются: для ⌀25 - - 30 000, ⌀ 35 - 25 000, ⌀ 45 - 17 400, ⌀ 52 - 14 700 и для

№ 58 - I2 000 об/мин. Это показывает с большом запасе числа оборотов в процессе эксплуатации соединения с упругим элементом и надежном закреплении деталей большинства конструкций, применяемых в машиностроении.

В седьмой главе проведено технико-экономическое обоснование автоматизации сборки упругих элементов. Автоматизация сборки обеспечивает высокую производительность, низкую себестоимость, высокое качество выполнения соединения и исключает применение ручного труда для выполнения монотонной операции.

Технико-экономическое обоснование проводилось на основе сравнения технологической себестоимости, которая определялась суммированием изменяющихся затрат по сравниваемым вариантам. Обоснование проводилось в сравнении с существующей технологией выполнения сборки упругих элементов, которая заключается в применении для постановки стопорных колец круглогубцев. Сопоставление производительности по сравниваемым вариантам показывает увеличение производительности сборки в 6+8 раз. Анализ технологической себестоимости вариантов расчитанный на примере кольца в корпус А25 ГОСТ I3948-68 показывает, что все затраты, на автоматизацию сборки окупятся после сборки 82 000 соединений. Это указывает, что автоматизация сборки упругих элементов может широко применяться в автомобильном, приборостроительном, тракторном и сельскохозяйственном производстве, где соединения, выполненные упругими элементами, составляют многие миллионы соединений и народное хозяйство от автоматизации сборки упругих элементов получит значительный эффект, без учета экономии в эксплуатации от повышения качества соединений выполненных упругими элементами.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Проведенные исследования позволили экспериментально-аналитическим путем решить весь комплекс вопросов автоматической сборки соединений с упругими элементами.

2. Исследования автоматической ориентации стопорных колец, проведенные по многофакторному плану, показали, что количество колец в партии, подаваемых из предбункера не должно превышать 40 штук, с интервалом подачи не менее 20 сек. Последнее позволяет вести ориентацию при коэффициенте заполнения

лотка 0,3÷0,45 со скоростью перемещения детали в режиме подбрасывания V = 7÷10 м/мин.

3. Установлено, что необходимым условием эффективной ориентации колец под действием круговых колебаний является расположение ориентирующей части реборды от стенки вибробункера на расстоянии $L = \frac{d_2}{2}$ +0,5÷0,6мм для колец в корпусы и $L = \frac{d_2 + d_3}{4}$ + 0,5÷0,6мм для колец на валы. Подъем заходной части реборды над лотком в конечном сечении из условий не сцепления колец выполнять равным $1{,}5\,\beta$.

4. Разработанные рабочие органы для автоматической сборки упругих элементов позволяют встраивать их в любую структурную схему оборудования: автоматическую линию, карусельную сборочную машину или специальную автоматическую установку.

5. Разработанные схемы сборки позволяют в зависимости от точности базовых деталей с которыми сопрягаются стопорные кольца дифференцированно выбирать схему сборки с учетом структурных формул, позволяющих прогнозировать суммарную погрешность смещения осей сопрягаемых деталей.

6. Аналитическими и экспериментальными исследованиями по определению зависимостей монтажных напряжений от радиальных зазоров при автоматической сборке установлено:

а) кольца в корпусы ГОСТ 13943-68 позволяют создавать радиальные зазоры обусловленные полным перекрытием зазора в замке, при этом монтажные напряжения не выходят за пределы упругой зоны;

б) для колец на валы ГОСТ 13942-68 целесообразно создавать радиальные зазоры до 0,5 мм, исключение составляют кольца на валы до ϕ 20 мм.
Для них необходимо создавать меньшие радиальные зазоры, сохраняющие упругие свойства колец;

в) в ряде колец с постоянным профилем сечения ГОСТ 13940-68 при минимальных зазорах $\frac{\Delta_1}{2}$ =0,05 мм в сечениях при φ =90°, возникают монтажные напряжения за пределами упругих деформаций по всему сечению, причем дальнейшее увеличение радиальных зазоров уменьшает упругое ядро в основном в зоне плотного контакта кольца к разжимающему конусу.

7. Аналитическими и экспериментальными исследованиями показано, что потребное сборочное усилие P определяется III этапом процесса сборки и зависит от величин осевых зазоров, размеров фасок, коэффициента "трения", смещения осей сопрягаемых деталей и жесткости системы. Рекомендуется угол конуса принимать равным

15°.

8. Графоаналитическим методом определены максимальные смещения осей сопрягаемых деталей с учетом изменения геометрических параметров колец перед монтажом, размеров фасок, осевых зазоров и диаметров досылателей.

9. Графоаналитическим методом установлено, что за счет фасок смещение осей при жесткой или переналаживаемой конструкциях сборочных приспособлений расширяется на величину до 0,5 мм. Размер фасок на базовых деталях не должен превышать толщины кольца. Применение плавающих конструкций приспособлений работающих по принципу "автоприска" расширяет смещение осей сопрягаемых деталей на всю высоту фаски.

10. Показано, что жесткость заневоленных колец позволяет работать на пологих участках характеристики жесткости сборочного приспособления без нарушения эксплуатационных свойств колец и несколько расширяет смещение осей сопрягаемых деталей.

11. Использование результатов исследования позволяет повысить надежность средств автоматической сборки соединений с упругими элементами, обоснованно назначать требования к точности изготовления средств автоматизации и совершенствовать средства механизации сборки.

12. Показано, что допускаемые на соединение нагрузки в значительной степени зависят от соблюдения геометрических размеров соединения и сохранения упругих свойств колец в процессе сборки. Даны рекомендации по повышению воспринимаемых соединением нагрузок.

13. В диссертации подтверждается эффективность разработанных средств автоматизации. На примере кольца ь корпус А25 ГОСТ 13948-68 установлено, что все затраты на автоматизацию окупятся после сборки 82000 соединений.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Тавров В.И. Сборка узлов со стопорными пружинными кольцами. Технология электротехнического производства. Информэлектро, № 7, 1973.

2. Тавров В.К. Об автоматизации установки стопорных колец. Автомобильная промышленность, № 9, 1974.

3. Корсаков В.С., Новиков М.П., Тавров В.И. Технология выполнения сборочных соединений. Статья. Справочник технолога-машиностроителя том I, М.,Машиностроение, 1972.