

11496566
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ШИМАНЧИК ИГОРЬ ПАВЛОВИЧ

УДК 658.515.011.56

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
УСТРОЙСТВ ДЛЯ СБОРКИ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРИБОРОВ В КАССЕТАХ

Специальность 05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств

(приборостроение, полупроводниковое и электровакуумное
машиностроение).

АВТОРЕЗЮМЕ

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

МОСКВА - 1989

Работа выполнена в Конструкторско - технологическом бюро
ЦО "Техноприбор" г.Нальчик

Научные руководители: кандидат технических наук, доцент

В.А.Яхимович

заслуженный деятель науки и техники
РСФСР, доктор технических наук, про-
фессор Е.И.Семёнов

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профес-
сор П.В.Сироватченко

кандидат технических наук,
доцент Ю.В.Зерин

Ведущее предприятие:

Московское Научно-Производствен-
ное Объединение "ТЕЛ"

Защита состоится "22" января 1990 г. в 14³⁰ часов на
заседании специализированного совета К 053.15.01 в Москов-
ском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена
Трудового Красного Знамени государственном техническом
университете 007,
2-я Бауманская

С
М

Отзыв в Г^М
в специали

ИТЬ

Автор

Учёный
специализ
к.т.

М 496566

Л- 49574 П
Тир.100 эк

Актуальность темы. В материалах XXII съезда КПСС определена стратегия повышения эффективности производства, дальнейшего развития нашего общества. Одной из важнейших задач выдвинутых съездом является существенное ускорение научно-технического прогресса, интенсификация развития всех отраслей народного хозяйства. Развитие машиностроения, приборостроения, электронной и других отраслей промышленности, резкое увеличение объемов производства выпускаемой ими продукции ставят задачу создания автоматического и полуавтоматического оборудования для достижения высокой производительности и создания бездымных технологий.

Современная технология сборочного производства требует применения высокопроизводительного автоматического оборудования позволяющего осуществить последовательный переход к гибким автоматизированным производствам (ГАП), создания принципиально новых видов сборочного оборудования, позволяющего производить одновременную сборку от десятков до сотен сборочных единиц. В приборостроении, радиопромышленности, электронной промышленности в конструкции изделий применяют большое количество узлов, подборку которых производят до установки в изделие. В последние годы получило широкое развитие в промышленности обработка и сборка однотипных деталей в кассетной оснастке. Выполнение технологической операции одновременно над несколькими десятками деталей уложенных в гнезда кассет позволяет резко повысить производительность труда на этих операциях. Вопросы методики расчета конструкции устройств для сборки деталей в кассетах, а также инженерные методы расчета и проектирования разработаны недостаточно. В работе решается крупная научно-техническая задача теоретического определения параметров сборки больших групп деталей в многоместных кассетах на базе создания устройств автоматической сборки, которая актуальна в условиях ускорения развития и увеличения роста объемов производства без увеличения численности работающих. Работа является частью задания по комплексной автоматизации и механизации производства щитовых электроизмерительных приборов, выполненного для Чебоксарского ПО "Электроприбор" в соответствии с постановлением Госплана СССР и ГКНТ от 6 ноября 1981 г. № 211-425, п.2.18.0.15.



Цель работы: Разработка методики расчета параметров автоматизированных сборочных устройств, позволяющих обеспечить высокую производительность за счет одновременной сборки больших групп сборочных единиц в многоместных кассетах, а также разработка новых конструкций сборочных устройств.

Методы исследования. В работе использованы вероятностные, статистические и численные методы расчета на ЭВМ. Экспериментальные исследования проведены с применением скоростной киносъемки на экспериментальных установках и оборудовании, применяемом в производстве. Математическое описание процесса сборки деталей в многоместных кассетах и определение оптимальных значений конструктивных параметров автоматизированных сборочных устройств выполнено с применением регрессионного анализа дробного факторного эксперимента с решением уравнений на ЭВМ.

Научная новизна. Впервые теоретически и экспериментально исследован процесс сборки и свинчивания деталей в многоместных кассетах с использованием вибрационных колебаний и установлены его характеристики. Установлена зависимость вероятности сборки от конструктивных и технологических параметров системы деталь-кассета-установка в условиях перемещения деталей в гнезде кассеты. Теоретически обоснованы и экспериментально проверены методы и средства сборки больших групп деталей в кассетах. Определены аналитические зависимости, отражающие влияние различных факторов (амплитуды, частоты колебаний, зазора между деталью и стенкой гнезда, времени сборки) на процесс сборки деталей. Установлены оптимальные параметры сборки деталей в многоместных кассетах с использованием вибрационных колебаний. На основании проведенных исследований, а также обобщения опыта эксплуатации сборочных установок в производстве разработана методика их проектирования.

Практическая ценность. В результате проведенных исследований разработана методика по выбору параметров установки для свинчивания резьбовых деталей с использованием крутовых вибрационных колебаний. Разработана, изготовлена, апробирована и внедрена в производство вибрационная сборочная установка (ВБУ-2). На базе установки ВБУ-2 и установки кассетирования настольной (УКН-2) созданной в СКТБ г.Нальчика изготавливается комплект оборудования для загрузки и свинчивания деталей в кассетах. Сборочные устройства защищены авторскими свидетельствами. Внедрение

одного комплекта оборудования из установок ВБУ-2 и УКН-2 для сборки резьбовых деталей в кассетах дает годовой экономический эффект в размере пять тыс.руб. Ожидаемый экономический эффект от внедрения установок в производство составит 430 тыс.руб. Рабочие чертежи установок переданы Опытному заводу Специального технологического оборудования (СТО) ПО "Техноприбор" г.Нальчик для тиражирования по заявке предприятий Минприбора.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на республиканской конференции "Новые прогрессивные технологические процессы в приборостроении" (г.Севастополь, 1974 г.); конференции "Системы и средства автоматизации технологического оборудования в машиностроении" (г.Свердловск, 1974г.); конференции "Механизация и автоматизация производственных процессов" (г.Нальчик, 1974 г.); научно-техническом семинаре "Современная технология производства приборов, средств автоматизации и систем управления" (г.Нальчик, 1975 г.); всесоюзной научно-технической конференции "Автоматизация сборочных работ в приборостроении" (г.Москва, 1975 г.); конференции "Средства автоматизации и контроль производства источников тока" (Севастополь, 1975г); республиканской конференции "Прогрессивные технологические процессы обработки деталей и сборки приборов" (г.Севастополь, 1976г); конференции "Оптимизация управления прогрессивными технологическими процессами обработки деталей и сборки приборов" (г.Севастополь, 1977 г.).

Публикации. Основное содержание диссертационной работы изложено в 8 печатных работах и 4 авторских свидетельствах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа изложена на 107 страницах машинописного текста, иллюстрируется рисунками и таблицами на 47 страницах, имеет 4 приложения на 68 страницах, список литературы из 101 наименования.

Автор защищает. Теоретическое обоснование групповой сборки резьбовых соединений с использованием направленных круговых колебаний, кинематические основы процесса свинчивания резьбовых деталей, условия соединения сборочных единиц в кассетах по цилиндрическим сопрягаемым поверхностям, вероятность сборки заданной группы сборочных единиц. Методику расчета и теоретическое обоснование исходных параметров для проектирования автоматизированного сборочного оборудования. Результаты теоретических и экспериментальных исследований сборки деталей в кассетах, вероят-

ностные модели, отражающие влияние конструктивных и технологических факторов на процесс сборки деталей. Новые конструкции автоматизированных устройств для сборки деталей в многоместных кассетах и результаты их экспериментальной проверки.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дан обзор и проведен анализ литературных источников в стране и за рубежом по современному состоянию методов кассетирования деталей. С целью повышения производительности процесса рассматривается необходимость оснащения кассет дополнительными элементами способствующими западанию деталей в гнезда при вибротранспортировании деталей по поверхности кассеты, приводится обоснование целесообразности изготовления трафаретов и сквозных кассет. Вопросы исследований загрузки и сборки деталей в кассетах освещены в работах Л.П.Федорова, А.А.Иванова, В.А.Якимовича, Э.А.Стоцко, В.С.Темарченко, И.И.Харитоновой и др. работах. В работах по кассетированию деталей и оборудованию для выполнения операций загрузки рассмотрены технологические и конструктивные особенности методов ориентирования деталей и режимов работы устройств, влияние режимов работы оборудования для кассетирования деталей на интенсивность западания деталей в гнезда кассет и время их заполнения. Рассматривается область применения кассет с учетом выполнения возможно большего количества операций в одной кассете без переключки, наличие различных требований, предъявляемых к кассетам по конструкции и материалам. В опубликованных работах по кассетированию деталей рассматривается несколько способов загрузки деталей в гнезда кассет. Наиболее широкое применение на практике находят вибрационный и пневматический, а также в отдельных случаях, магнитный и электростатический способы. Автоматическая групповая загрузка деталей в кассеты вышеуказанными способами, является случайным событием, зависящим от времени. В совокупности все способы позволяют охватить большую группу деталей, автоматическая загрузка которых в кассеты возможна с использованием специальных средств. Сопоставляя применение различных способов автоматического кассетирования деталей, можно сделать вывод, что наибольшее применение находит вибрационный способ, как наиболее универсальный, отличающийся высокой производительностью и надежностью.

Анализ показал, что в известных работах по кассетной загрузке и сборке деталей основное внимание в исследовании уделяется групповому ориентированию и загрузке с точки зрения теории вероятности, определению оптимального размера партии деталей при загрузке кассет, определению производительности групповой ориентации и загрузки деталей в кассеты. Во всех вышеупомянутых вопросах авторы решают задачу автоматической групповой загрузки и сборки деталей в кассетах не учитывая значения точности изготовления гнезд кассет, допустимом возможном смещении осей гнезд при сборке деталей со смещением кассет.

На основании анализа технологических возможностей оборудования для кассетирования и сборки деталей в кассетах было установлено, что вопросу сборки в кассетах резьбовых сборочных единиц не уделено достаточного внимания и что теоретическое обоснование одновременного свинчивания больших групп резьбовых сборочных единиц в литературе не нашло должного отражения. Недостаточно разработана методика расчета и конструкции автоматизированных устройств для сборки деталей в кассетах, что сдерживает их широкое применение в производстве.

Из анализа работ по кассетированию и автоматизации сборки деталей в кассетах и в соответствии с целью работы были сформулированы следующие задачи:

- теоретически исследовать процесс сборки деталей в кассетах;
- изучить влияние на процесс сборки деталей точности гнезд и их смещений;
- теоретически исследовать динамику процесса сборки деталей в кассетах с учетом амплитуды и частоты колебаний;
- выполнить дробный факторный эксперимент сборки деталей в кассетах;
- разработать способы эффективной сборки деталей в кассетах путем направленных колебаний;
- разработать методику расчета основных параметров для проектирования сборочных устройств;
- внедрить результаты работы в промышленность.

Во второй главе рассматриваются теоретические основы сборки резьбовых соединений в кассетах с использованием направленной вибрации и сборки деталей по цилиндрическим сопрягаемым поверхностям.

Согласно имеющимся выводам цилиндрическая деталь вложенная в гнездо большого диаметра представляет собой планетарный вибратор установленный на упругих синхронизирующих элементах, получающих круговые колебания в горизонтальной плоскости от одно-частотного дебалансного вибратора, установленного на вибрирующем органе.

Цилиндрическая деталь в гнезде под воздействием возмущающей силы совершает гармонические колебания по закону

$$X = H \sin \omega t, \quad Y = G \cos \omega t, \quad (2.1)$$

где H и G - составляющие амплитуды колебаний, ω - частота колебаний, t - время.

При движении цилиндрических деталей в гнезде близкими к равномерному вращению, при условии контакта с гнездами кассет, возникает сила трения F_T , действующая на деталь и нормальная реакция F_N давления детали на стенку гнезда. Принимая условие постоянного контакта между деталью и гнездом можно определить F_T и F_N из выражений

$$F_T = \frac{2K_1 \varepsilon}{3\gamma^2} \dot{\varphi} - \frac{1}{3} m \omega^2 A [\sin \omega t \sin \varphi + \cos \omega t \cos \varphi], \quad (2.2)$$

$$F_N = m \varepsilon \dot{\varphi}^2 - m \omega^2 A [\sin \omega t \cos \varphi - \cos \omega t \sin \varphi] \quad (2.3)$$

где K_1 - коэффициент вязкого трения, m - масса детали, A - амплитуда колебаний оси гнезда, $\varepsilon \dot{\varphi}$ - скорость движения центра детали, γ - радиус детали, ε - эксцентриситет. Для того, чтобы движение детали внутри гнезда происходило без отрыва и скольжения в любой момент времени, должны выполняться неравенства

$$-f_1 F_N < F_T < f_2 F_N, \quad (2.4)$$

$$\frac{2K_1 \varepsilon}{\gamma m \gamma^2 A_0 \omega} < 1 \quad (2.5)$$

где A_0 - амплитуда колебаний оси деталей, f_1 и f_2 - коэффициенты трения скольжения и трения покоя.

Для устойчивости процесса свинчивания, необходимо поддержание безотрывной обкатки резьбовых деталей по гнездам кассет, которое проверяется исходя из неравенства.

$$\frac{\varepsilon \delta}{A_0} \leq \frac{\sqrt{1 + (f')^2}}{f'} = \eta^* \quad (2.6)$$

где $\varepsilon = R - \gamma$ - расстояние между осью винта и гнезда кассеты, f' - коэффициент сопротивления перекачиванию, лежит в пределах $0,15 + 0,35 \eta^*$, η^* - коэффициент, значимый в пределах: $3,3 < \eta^* < 5,2$.

Рассмотрим цилиндрическую деталь I (рис.2.1), например, винт диаметром d_6 , вложенный в цилиндрическое гнездо 3 диаметром D_6 . Поскольку $D_6 > d_6$, то между винтом и стенками гнезда

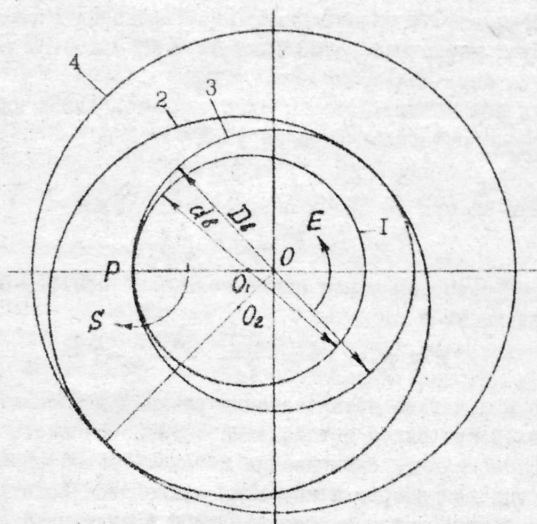


Рис.2.1. Схема качения винта и гайки в гнездах кассет.

имеется зазор $\Delta d = D_6 - d_6$. Примем, что винт катится без скольжения по окружности гнезда, вращаясь относительно точки P , как мгновенного центра скоростей по стрелке S . При этом центр O_1 винта вращается вокруг центра O гнезда по стрелке E . Таким образом, винт участвует в двух вращательных движениях, из которых вращение центра O_1 относительно центра O является переносным, а вращение вокруг центра O_1 — относительным. Вращение винта вокруг центра P представляет собой абсолютное вращение. Аналогичные движения совершает гайка 2, вложенная в гнездо 4. Скорость центра O_1 винта можно представить в виде $V_{O_1} = \omega_{ab} \cdot PO_1 = \omega_{e6} \cdot OO_1$, где ω_{ab} — абсолютная частота вращения винта; ω_{e6} — переносная частота вращения винта и следовательно $\omega_{ab} = \omega_{e6} \frac{\Delta d}{d_6}$, аналогично для гайки $\omega_{a2} = \omega_e \frac{\Delta d}{K d_2}$ где $K = \frac{D_2}{d_6}$, ω_e — частота колебаний платформы устройства. Сравнивая полученные выражения можно сделать вывод, что абсолютные частоты вращения деталей зависят от отношения K диаметров винта и гайки.

С ростом растёт соотношение

$$\eta = \frac{\omega_{\Delta\delta}}{\omega_{\Delta z}} = \frac{\Delta\delta}{\Delta z} \cdot K \quad (2.7)$$

где η — отношение абсолютных частот вращения винта и гайки. Повышение эффективности свинчивания, как видно из выражения (2.7), требует увеличения отношения $\Delta\delta/\Delta z$, при этом равенство $K\Delta\delta = \Delta z$ должно быть исключено.

Расчёты показывают, что за один цикл колебаний платформы, равный $T = \frac{2\pi}{\omega_z}$, винт повернется на угол

$$\psi_\delta = \omega_{\Delta\delta} \cdot T = 2\pi \frac{\Delta\delta}{\Delta z} \cdot K$$

поворот гайки за это же время определяется углом

$$\psi = \omega_{\Delta z} \cdot T = 2\pi \frac{\Delta z}{K\Delta\delta}$$

Таким образом, на одном цикле колебаний платформы винт обгоняет гайку на угол

$$\psi = \psi_\delta - \psi_z = \frac{2\pi}{\Delta\delta} \cdot \frac{K\Delta\delta - \Delta z}{K} \quad (2.8)$$

Именно вследствие возникновения разницы в абсолютных вращениях деталей при одной и той же частоте переносного вращения возможно осуществление свинчивания методом "захватывания".

При групповой сборке в кассетах приходится решать задачи, связанные с базированием и относительной ориентацией сборочных единиц при совмещении кассет, сопряжением и закреплением соединений. Учитывая что в кассетах производится одновременная сборка нескольких десятков сборочных единиц, становится очевидным важность правильного расчета базирования и взаимного расположения деталей в гнездах кассет перед их совмещением. Сборка совмещением кассет относится к сборке с полной взаимозаменяемостью элементов соединений. В реальных условиях вследствие погрешностей расположения сборочных единиц в гнездах кассет, зависящих от выбранной схемы базирования, точности изготовления, взаимного смещения гнезд кассет, кинематической точности механизмов сборочного оборудования, сопрягаемые поверхности собираемых сборочных единиц получают взаимное отклонение, что может отрицательно повлиять на их сопряжение. Для обеспечения условий взаимной фиксации собираемых сборочных единиц необходимо, чтобы выполнялось условие $\delta_{пк} > \delta_\Sigma$ где $\delta_{пк}$ — допускаемая величина взаимного отклонения деталей, δ_Σ — взаимное отклонение деталей.

Для осуществления взаимного совмещения сборочных единиц их необходимо переместить относительно друг друга на величину A равную амплитуде колебаний, когда сумма допускаемой величины взаимного отклонения деталей $\delta_{пк}$ и A была бы больше или равна возможному предельному отклонению сборочных единиц т.е. $\delta_{пк} + A = \delta_{\Sigma}$. С целью гарантированной сборки уложенных в гнезда кассет сборочных единиц величина амплитуды может быть несколько больше ее минимальной величины $A = (1,1 \div 1,3) A_{min}$. Траектория относительного перемещения сборочных единиц зависит от частоты, амплитуды, начальной фазы колебания и может быть линейной, плоской, пространственной.

При одновременной сборке больших групп сборочных единиц в кассетах соединение каждой отдельной сборочной единицы происходит в условиях, отличных от соединения других сборочных единиц. Это происходит из-за разного относительного расположения деталей в кассетах или разного зазора в сопряжении, или других причин (отсутствие или наличие заусенцев, большая или меньшая фаска). Поэтому время, затрачиваемое на сборку отдельной сборочной единицы, может колебаться в довольно широких пределах. Время сборки всей группы определяется по времени сборки последней сборочной единицы или, по времени сборки большинства из них. Производительность Q определяют по формуле:

$$Q = \frac{N}{T_1 + T_2 + T_3} \quad (2.9)$$

где: N - число собранных сборочных единиц; T_1 - время работы установки; T_2 - время внецикловых потерь; T_3 - время цикловых потерь. Время T_3 не зависит от условий соединения деталей и может быть принято постоянным. Времена T_1 и T_2 зависят от условий сборки и параметров собираемых деталей, кассет, зазоров в сопряжениях и т.п. При этом время работы установки, затрачиваемое на соединение деталей, определяется вероятностной функцией $P(t)$, которая представляет собой интегральную функцию распределения количества собранных сборочных единиц по времени t . Время T_1 необходимое для сборки наперед заданного количества узлов, можно определить из функции, обратной $P(t)$, а именно $T_1 = \Psi[P(t)]$ где $P(t)$ - вероятность сборки, т.е. что за время t соберется заданное число сборочных единиц. Время T_2 находится из выражения $T_2 = \tau N_0 [1 - P(t)]$ где τ - время ручной сборки одной сборочной единицы; N_0 - число гнезд в кассетах. С учетом полученных значений T_1 и T_2 формула производительности групповой сборки примет вид:

$$Q = \frac{N_0}{T_3 + \gamma[P(t)] + \varepsilon N_0[1 - P(t)]} \quad (2.10)$$

из формулы (2.10) видно, что увеличение вероятности $P(t)$ сборки на установке заданного числа сборочных единиц уменьшается время T_2 , необходимое на ручную досборку, в пределе до нуля. В то же время увеличение $P(t)$ ведет к увеличению времени T_1 , и наоборот. Поэтому существует такое оптимальное значение $P(t)$, при котором производительность Q будет характеризоваться максимальной величиной. Отсюда следует, что вести сборку на установке целесообразно до определенного предела, зависящего от конкретных условий.

Фактическая производительность сборки винтов с гайками с учетом времени укладки оператором винтов в гнезда кассеты и загрузки гаек в кассеты на установке кассетирования определяется по формуле

$$Q = \frac{N_0}{T_1 + T_2 + T_3} + \frac{S_0}{\frac{K\ell}{v} + S_0 T_0 (1 - \eta) + T_{xx}} + \frac{N_0}{T_p} \quad (2.11)$$

где S_0 - число гнезд трафарета ориентатора, K - количество гнезд в продольном ряду трафарета, ℓ - расстояние между гнездами, v - скорость движения детали по трафарету, T_0 - время до загрузки одного незаполненного гнезда оператором, η - коэффициент заполнения, T_{xx} - время подачи деталей на трафарет, T_p - время загрузки винтов в кассету оператором.

В третьей главе "Экспериментальные исследования сборки деталей в кассетах" приводится методика и результаты экспериментальной проверки достоверности теоретических выводов.

Объектом исследования являлись: 1) собираемые детали винт-гайка, диск-ступица; 2) комплекты многоместных кассет для сборки деталей.

Программа экспериментальных исследований включала определение режимов вибрации при сборке деталей, испытание на автоматическое свинчивание резьбовых деталей, испытание на автоматическую сборку деталей типа диск-ступица.

Для свинчивания резьбовых деталей применялась экспериментальная вибрационная установка с вибрационными круговыми колебаниями стола в горизонтальной плоскости. Амплитуда колебаний вибростола устанавливалась заменой дебаланса, имевшего различные массы эксцентриков и контролировалась микроскопом МИБ-2 и стробоскопом СТ-5. Частота вибрационных колебаний стола регулировалась изменением вращения электродвигателя при помощи авто-

трансформатора и контролировалась вольтметром и стробоскопом СТ-5. Для сборки деталей типа диск-ступица применялись вибростенд ВУ-15М, виброплощадка с комбинированным колебанием стола и виброплощадка с горизонтальными колебаниями стола. С целью определения влияния точности изготовления кассет на процесс сборки винтов МЗ с гайками, гнезда кассет выполнялись с отклонением по внутреннему диаметру по 12; 14 и 15 квалитетам. Для определения влияния на процесс сборки фиксированного положения гаек в гнездах, глубина расточки части гнезд кассеты делалась на 0,2 мм меньше размерной толщины гайки, в этом случае при совмещении кассет гайки фиксировались и при сборке оставались неподвижными. Для этой же цели часть гнезд кассеты изготавливалась с шестигранным профилем под гайки в которых детали также оставались неподвижными.

Путем изменения значений взаимодействия частоты и амплитуды на детали уложенные в гнезда кассет, а также размерных величин зазоров между деталями и стенками гнезд кассет исследован характер сборки деталей на специальных установках и стенде. Измерения выполнены с помощью электросекундомера, микроскопа и стробоскопа СТ-5. Результаты исследования подтвердили гипотезу, что сборка отдельной сборочной единицы описывается показательным распределением, а процесс сборки в общем случае гамма-распределением. Установлено, что экспериментальные исследования динамики сборки деталей в кассетах соответствуют расчетным значениям для широкого диапазона режимов сборки, что позволяет использовать полученные результаты при проектировании сборочного оборудования и кассетной оснастки. С помощью скоростной киносъемки экспериментально рассмотрены фазы вращения винта и гайки в гнездах кассет, уточнено влияние первоначальных условий на режим сборки, экспериментально подтверждена зависимость скорости вращения винта и гайки от соотношения их диаметров.

Для получения количественных оценок влияния режимных факторов на сборку деталей в кассетах использовалась теория планирования многофакторного эксперимента типа Хартли на кубе 2^{5-1} с определяющим контрастом $X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5$, звездным плечом равным $\pm 1,0$ и двумя параллельными опытами. При исследовании в качестве независимых переменных принимались f , Гц; A , мм; Δ_1 , мм; Δ_2 , мм; t , с. Решение и расчет величины коэффициентов уравнения регрессии проводился на ЭВМ "Мир-2". Уравнение регрессии 2-го порядка

имеет вид: $Y = 98,78 + 1,89X_1 + 0,78X_2 + 3,28X_3 - 1,1X_4 + 2,69X_5 - 1,96X_1X_2 - 1,65X_1X_3 - 2,4X_1X_5 + 1,6X_2X_4 + 1,4X_3X_4 + 1,53X_4X_5 - 2,43X_2^2 - 3,9X_3^2$.

где Y — собираемость резьбовых сборочных единиц.

Математическая модель 2-го порядка, полная, в кодированных шкалах независимых переменных включает 21 коэффициент из которых значимы 14 коэффициентов модели. Из анализа величин коэффициентов регрессии следует, что наиболее сильное влияние на процесс сборки оказывают зазор между деталями и стенкой гнезд кассеты, время сборки и частота вибрации стола и в несколько меньшей мере амплитуды колебания вибростола.

В четвертой главе: "Промышленная реализация и экономическая эффективность" дается описание конструкций и принципа работы устройств для сборки деталей в многосместных кассетах, разработанных автором.

В установке для сборки деталей типа диск-ступица (а.с. № 596409) на детали уложенные в гнезда кассет одновременно воздействует ряд инструментов, приводимых в действие с помощью кулачкового вала.

Описана установка для сборки деталей (а.с. № 737188), на которой производится сборка деталей уложенных в гнезда кассет. Перед воздействием инструментов на детали с помощью втулок производится прижим собираемых деталей к дну гнезд кассеты, после чего производится их одновременное соединение поворачивающимся кулачковым валом с помощью группы инструментов сверху и с помощью пневмопривода и инструментального блока снизу. Предварительный прижим деталей в гнездах кассет обеспечивает более качественную их сборку и предотвращает подъем деталей в гнездах при воздействии инструментов снизу.

Для сборки резьбовых деталей разработан комплект оборудования (а.с. № 520296 и а.с. № 831488) состоящий из установки для ориентированной укладки в кассеты гаек со шлицем на торце и установки для сборки резьбовых соединений в кассетной оснастке. Установка для свинчивания разработана на основе результатов и выводов теоретических и экспериментальных исследований выполненных в главах 2 и 3.

Расчет экономической эффективности показал, что в результате внедрения одного комплекта оборудования для свинчивания резьбовых соединений в промышленное производство, годовой экономический эффект составляет — 5,0 тыс.руб. при условном выс-

вободении численности рабочих — 4 чел.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ обзора научно-технической литературы показал, что при рассмотрении вопросов групповой автоматической загрузки деталей в кассеты, как одного из эффективных способов получения упорядоченного размещения деталей с целью использования их в технологических машинах для механической обработки, питания сборочных автоматов, промышленных роботов, гибких автоматизированных производств недостаточно разработана сборка больших групп деталей совмещением кассет. Также недостаточно исследована сборка резьбовых сборочных единиц в кассетах с применением вибрационных колебаний. Исследования, направленные на решение вопросов сборки больших групп деталей в кассетной оснастке являются актуальными.

2. Предложена методика определения параметров при проектировании высокопроизводительных автоматизированных устройств для сборки деталей в кассетах. Наряду с другим сборочным оборудованием применяемым в приборостроении и машиностроении оно расширяет группу оборудования применяемого для автоматизации сборочных процессов. Его преимуществами является высокая производительность, возможность автоматического направленного совмещения собираемых деталей при их первоначальном несовпадении. Теоретически обоснована сборка больших групп деталей в кассетах. Установлены фактические оптимальные величины частоты f (75 Гц), амплитуды A (0,3 мм), зазоров в гнездах кассет Δ (0,3 мм) обеспечивающих надежность сборочного процесса резьбовых деталей в кассетах.

3. Установлено, что на процесс сборки деталей в многоместных кассетах оказывают влияние как точностные зависимости взаимного расположения гнезд кассет и расположенных в них деталей так и режимы работы оборудования. Так при свинчивании резьбовых деталей "захватывание" наступает при разнице в абсолютных вращениях деталей при одной и той же частоте переносного движения, а устойчивость процесса свинчивания обеспечивается движением деталей внутри гнезд без отрыва и скольжения в любой момент времени.

4. Составлено дифференциальное уравнение, определяющее закон движения резьбовой сборочной единицы в процессе сборки с помощью круговых направленных колебаний. Отклонение расчетных величин от экспериментальных не превышает 10 %. Получены обобщающие

зависимости, позволяющие рассчитать влияние технологических факторов на вероятность сборки деталей в кассетах.

5. Экспериментально подтверждены основные теоретические положения и определены численные значения режима сборки деталей. При экспериментальном исследовании сборки деталей в кассетах с помощью автоматических сборочных устройств получено уравнение регрессии, показывающее влияние на процесс сборки наиболее значимых факторов, положенных в основу теоретических моделей. Сюда в первую очередь относятся частота и амплитуда колебаний стола виброустановки, время сборки, а также зазор между деталью и стенкой гнезда кассеты.

6. Установлено, что круговые колебания платформы при сборке резьбовых деталей исключают заклинивание винтов с гайками вследствие перекоса их осей при сборке. Анализ скоростной киносъёмки процесса сборки резьбовых соединений подтвердил, что скорость свинчивания зависит от соотношения наружных диаметров винта и гайки, контактирующих с боковой поверхностью гнезда кассеты.

7. Разработаны новые автоматические устройства для сборки деталей в многоместных кассетах позволяющие повысить производительность сборки в два и более раз. Устройства защищены А.с. № 831488, 520296, 596409, 737188. Работоспособность и технологичность разработанных сборочных устройств проверена на макетах и внедрённых в производство установках.

8. Результаты работы внедрены на Омском, Чебоксарском, Благовещенском и Витебском приборостроительных заводах. Годовой экономический эффект от внедрения одного устройства для сборки винтов с гайками составляет 5,0 тыс. рублей. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что устройства для сборки деталей в многоместных кассетах по многим показателям имеют преимущества и позволяют повысить производительность сборочных операций в производстве.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Якимович В.А., Шиманчик И.П. Сборка узлов электроизмерительных приборов в многоместных кассетах // Приборы и методы контроля химико-физических свойств веществ: Сб.-Киев, 1974.- С. 27-28.

2. Шиманчик И.П., Платонов В.К. Автоматизация сборки деталей приборов группами методом совмещения многоступенчатых кассет // Механизация и автоматизация производственных процессов: Тез. докл. республ. научно-техн. конф. - Нальчик, 1974. С.14-15.

3. Шиманчик И.П., Яхимович В.А. Сборка резьбовых пар в кассетной оснастке с использованием вибрации // Прогрессивные технологические процессы в приборостроении: Сб. - Киев, 1977. С.18.

4. Шиманчик И.П., Яхимович В.А. Механизация сборки деталей в кассетной оснастке // Технология электротехнического производства. - 1975. - №10 - С.22-24.

5. В.А.Яхимович, И.Т.Мосин, В.А.Нейштадт и др. Разработка средств групповой загрузки, ориентирования и сборки // Приборы и системы управления. - 1977. - №11 - С.48-51.

6. Шиманчик И.П., Яхимович В.А. Групповая сборка резьбовых соединений в кассетах // Машиностроитель. - 1978. - №11. - С.19-20.

7. Яхимович В.А., Шиманчик И.П. Производительность процесса групповой сборки в кассетах // Автоматизация сборочных процессов: Сб. - Рига, 1978. - С.87-95.

8. Автоматизация сборки в кассетах /В.А.Яхимович, В.А.Нейштадт, И.П.Шиманчик и др. - М.: Машиностроение, 1981. - 144 с.

9. А.с. 737188 СССР, МКИ² В 23 Р 19/04. Устройство для сборки деталей /И.П.Шиманчик, В.А.Яхимович (СССР) // Б.И. - 1980. - №20.

10. А.с. 596409 СССР, МКИ² В 23 Р 19/08. Устройство для сборки деталей /В.А.Яхимович, И.П.Шиманчик, Д.Л.Кролик (СССР) // Б.И. - 1978. - №9.

11. А.с. 631486 СССР, МКИ³ В 23 Р 19/04. Устройство для сборки резьбовых соединений в кассетной оснастке /И.П.Шиманчик, В.А.Яхимович, В.К.Платонов, Д.Л.Кролик (СССР) // Б.И. - 1981. - №19.

12. А.с. 520296 СССР, МКИ² В 23 Р 19/08. Устройство для ориентированной укладки в кассеты цилиндрических деталей с шлицем на торце /Л.С.Липольский, А.Г.Карлов, В.М.и др. (СССР) // Б.И. 1976. - №25.

Шиманчик