1376125

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

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

На правах рукописи

САМАРЯНОВ Владимир Анатольевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМОГО ВИНТОЗАВЕРТЫВАЮЩИМИ АВТОМАТАМИ

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 - 1981 г.

Работа выполнена в МВТУ им.Н.Э.Баумана и ВНИТИприборе МНПО "Темп"

Научный руководитель – заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор КОРСАКОВ В.С.

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор СЫРОВАТЧЕНКО П.В.

кандидат технических наук, профессор ХОХЛОВ Б.А.

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1376125
Самарянов В.А.Исследование

Ведущее предприятие – НИИ Тракторсельхозмаш

Защита диссертации состоится "___" _____ 1981 г. в

часов на заседании специализированного совета

К.053.15.15 МВТУ им.Н.Э.Б

Б-5, 2-я Бауманская, 5.

Ваши отзывы на авторефер

печатью, просим высылать

С диссертацией можно озн

имени Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "_

Ученый секретарь Сове

кандидат технических

доцент

М376125

заказ 790 объе

Д-86133

Типография МВТУ 1070

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" в числе важнейших факторов повышения эффективности производства предусмотрено создание многофункциональных машин и оборудования, переналаживаемого при изменении технологических процессов, видов выпускаемых изделий и производимых работ.

Значительная роль в интенсификации труда в машиностроении отводится переналаживаемому технологическому сборочному оборудованию и, в частности, переналаживаемым винтозавертывающим полуавтоматам (ПВП). Применение ПВП обуславливается рядом показателей, характеризующих сборочное производство машиностроения вообще и сборку резьбовых соединений в частности. Так, трудоемкость сборочных процессов по сравнению с общим производственным циклом в ряде ведущих отраслей машиностроения колеблется от 25 до 50%. Удельный вес узловой сборки, предусматривающей возможность ее осуществления на автоматизированных сборочных станках и агрегатах, составляет 25%...40%. При этом удельный вес резьбовых соединений в общем объеме применяемых в машиностроении видов колеблется от 30 до 58%, а винты среди всех типов применяемых крепежных деталей (КД) составляют 40%...77%.

М376125

Существующие на сегодняшний день конструкции ПВП предусматривают переналадку в широком диапазоне применяемых в производстве типоразмеров винтов. Однако, трудоемкость переналадки ПВП с одного типоразмера винтов на другой, колеблющаяся от нескольких минут до нескольких часов, снижает эффективность использования ПВП. В производственных условиях по указанной причине ПВП, как правило, настраиваются только на один типоразмер применяемых винтов, а на одной рабочей операции используется до двух и даже трех ПВП.

Анализ принципиальных схем ПВП показывает, что использование в конструкциях их исполнительных механизмов (ИМ) трубчатых направляющих (НН) и транспортирующих загрузочных элементов позволяет осуществлять настройку ПВП одновременно на несколько типоразмеров винтов. Такая возможность значительно снижает трудоемкость переналадки при переходе на завертывание с одного типоразмера винтов на другой и повышает удельный вес машинной сборки. Кроме того, использование винтозавертывающих ИМ с НН позволяет снизить требования к качеству винтов и точности их базирования относительно резьбовых отверстий (РО) базовых дета-

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

лей (БД).

Отмеченные причины и приведенные данные обуславливают необходимость и актуальность исследований, направленных на изучение технологического процесса завертывания винтов посредством ИМ с ТН в автоматическом цикле.

Цель работы – определение условий надежного протекания процесса автоматического сопряжения резьбовых компонентов (винта и РО), осуществляемого ИМ с ТН, и разработка практических рекомендаций по выбору и расчету соответствующих значениийих геометрических и силовых параметров.

Методика и методы исследования. Вероятность влияния на процесс автоматического сопряжения винта с РО одновременно большого числа факторов обусловили разработку такой методики, при которой выявление физической сущности процесса и доминирующих факторов производилось посредством экспериментальных исследований, а исследование влияния доминирующих факторов на процесс – теоретическим путем. Для отсеивания большого числа несущественных и выделения значимых факторов из общего объема влияющих на процесс, а также с целью построения математических моделей процесса навивления винтов использовались статистические методы теории планирования экстремальных экспериментов. Теоретические исследования математических моделей процесса осуществлялись методами регрессивного анализа. Путем численного решения на ЭВМ осуществлялся теоретический анализ закона распределения основного (доминирующего) фактора, выведенного на основании уравнений теории вероятностей и эмпирических данных, и его влияния на процесс. Исследования в области кинематики и динамики процесса производились путем решения на ЭВМ уравнений, выведенных для анализируемых схем на основании теории колебаний и первой задачи динамики точки с применением графо-аналитических методов, а также путем его (процесса) синтеза методом механического моделирования на специально разработанной экспериментальной установке с применением ускоренной киносъемки и тензометрирования.

Научная новизна. Принципиально новым в работе является:

– установление закономерностей (физической сущности) процесса навивления винтов посредством ИМ с ТН в автоматическом цикле;

– выявление закона распределения параметра, определяющего положение винта в ТН, и исследование его влияния на процесс

нажимления;

- разработка методики прогнозирования вероятности процесса нажимления винтов посредством ИМ с ТН;

- разработка и исследование способа надежного нажимления винтов посредством ИМ с плавающе-вращающимися ТН;

- разработка и исследования исполнительных винтозавертывающих механизмов с плавающе-вращающимися ТН и с приводом вращения от инструмента;

- вывод формул для расчета значений силовых и геометрических параметров ИМ с плавающе-вращающимися ТН из условий обеспечения необходимой кинематики и динамики процесса.

Научная значимость работы заключается в обобщении результатов исследований процесса сборки резьбовых соединений, выполняемых винтозавертывающими автоматами; в определении путей его совершенствования на примере исследования процесса сопряжения винтов с резьбовыми отверстиями, а также в разработке принципиально новых схем исполнительных винтозавертывающих механизмов и автоматов (а.с.№№ 331885, 347155, 478706 и 686844).

Практическая ценность работы заключается в разработке новых способов повышения эффективности использования ПВП и механизированного винтозавертывающего инструмента путем применения в них ИМ с ТН.

В работе приведены рекомендации по определению оптимальных значений параметров, определяющих надежность протекания процесса завертывания винтов посредством исполнительных механизмов с ТН. Результаты работы использованы в ОСТ 25.713-76 на резьбозавертывающие головки и в теме 2471253650 по модернизации ПВП.

Основные результаты работы реализованы на предприятиях Минприбора, Минавтопрома, Минсудпрома, а также других отраслей машиностроения и, в частности, на приборостроительном заводе "Теплоприбор" (г.Челябинск), на автозаводе имени Ленинского Комсомола (г.Москва) и других заводах при разработке и внедрении средств технологического оснащения (СТО) сборочного производства.

Фактический эффект от внедрения СТО, разработанных с учетом результатов работы только по Минприбору составляет на 1.01.81г. около 280,0 тыс.руб.

Апробация работы. Основные разделы диссертационной работы докладывались на У-ом Всесоюзном совещании по автоматизации про-

цессов машиностроения в Москве, в декабре 1970 г.; на IУ-ой Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции в Москве, в январе 1975 г.; на семинаре "Агрегатный комплекс средств механизации и автоматизации сборочных процессов в приборостроении" межотраслевой тематической выставки СПМ в Москве, в мае 1975г.; на научно-технической конференции "Механизация и автоматизация сборочных работ в машиностроении и приборостроении" в Гомеле, в июле 1975 г.; на семинарах межотраслевых выставок на ВДНХ СССР "Автоматизация и механизация производства на промышленных предприятиях Москвы", в марте 1977 г. и "Механизация и автоматизация сборочных работ в машиностроении" в феврале 1979 г.; на Всесоюзной научно-технической конференции с участием специалистов СЭВ "Научно-технический прогресс в технологии, механизации и автоматизации сборочных работ в машиностроении" - "Сборка-79" в Ленинграде, в ноябре 1979 г.; на международном симпозиуме "Монтекс-80" в Брно (ЧССР), в июле 1980 г.; на семинаре "Прогрессивная технология в механосборочном производстве" в Севастополе, в октябре 1980 г.

Диссертация обсуждена и одобрена на заседании кафедры "Технология механо-сборочного производства" МВТУ им.Н.Э.Баумана 29 октября 1980 г.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 8 печатных работ и получено 4 авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 184 страницах машинописного текста и содержит введение, пять глав, выводы по главам и общие выводы по работе, 13 таблиц, 71 рисунок, список литературы из 71 наименования и приложение.

В первой главе, в разделе технико-экономических предпосылок дается структурный анализ ПВП и их принципиальных схем, а также классификация и анализ технологических возможностей исполнительных винтозавертывающих механизмов. Показано, что при ограничении целевых функций ПВМ на завертывании только винтов относительное ограничение их технологических возможностей по типам крепежа значительно перекрывается повышением эффективности их использования по удельному весу машинной сборки. При этом применение в конструкциях их основных ИМ трубчатых направляющих и загрузочных элементов, помимо указанных преимуществ, создает предпосылки для разработки новых прогрессивных видов ПВП и методов сборки резьбовых соединений.

Дается обзор теоретических и практических работ по автоматическому выполнению соединений с применением ИМ с ТН. Анализ указанных работ свидетельствует о том, что за последнее время на основе трудов ведущих советских ученых Б.С.Балакшина, П.И.Буловского, А.Н.Гаврилова, Н.М.Карелина, В.С.Корсакова, А.Н.Малова. М.П.Новикова, А.Н.Рабиновича и других проведен ряд значительных работ по исследованию кинематики и динамики процесса сопряжения цилиндрических тел посредством указанных механизмов. Однако указанные исследования были направлены в основном на изучение процесса сопряжения тел с гладкими цилиндрическими поверхностями. В отдельных работах были предприняты попытки перенести выявленные закономерности на резьбовые соединения. При этом имели место случаи ошибочного отождествления различных принципиальных схем автоматического выполнения процесса. В немногочисленных работах, посвященных автоматическому сопряжению резьбовых соединений посредством ИМ с ТН, отсутствуют исследования влияния факторов, предшествующих взаимодействию рабочих органов (толкателей, инструмента) с сопрягаемыми элементами. Не проводились исследования по выявлению динамических факторов, способствующих надежному протеканию процесса без привлечения внешних источников энергии привода вращения инструмента, что имеет существенное значение, т.к. реализация результатов исследовательских работ в области протекания процесса в среде магнитных и газовых потоков во многих случаях сопряжена со значительными трудностями их осуществления. Проведенный анализ научных и экспериментальных исследований, различных конструктивных решений ИМ с ТН и опыта их производственной эксплуатации не позволяет в целом вскрыть закономерности протекания автоматического процесса сопряжения резьбовых компонентов (винта и РО) посредством ИМ с ТН, что, в свою очередь, исключает возможность разработки руководящих и методических материалов по определению оптимальных значений параметров режима процесса и самих ИМ.

В свете вышеизложенного и в разрезе указанной цели были поставлены и решались следующие основные задачи:

- вскрытие физической сущности процесса завертывания винтов посредством ИМ с ТН в автоматическом цикле и выявление закономерностей его протекания;

- исследование влияния на процесс различных факторов и определение условий, способствующих повышению его надежности;

- разработка методик определения оптимальных значений параметров процесса завертывания винтов посредством ИМ с ТН;

- исследование технологических возможностей исполнительных винтозавертывающих механизмов различных принципиальных схем исполнения.

Во второй главе дается обоснование выбора объектов и методики проведения исследований, а также описание экспериментальной установки. Условно процесс завертывания винтов посредством ИМ с ТН можно подразделить на несколько этапов, из которых наиболее важным с позиций надежности его протекания является этап стабилизации винта относительно РО, т.е. этап поиска РО винтом, а также частичного его ввертывания (нажимления) в РО, при котором исключается вероятность нарушения их сопряжения под действием радиальных сил.

Анализ циклограмм процесса показывает, что этап стабилизации в момент его протекания наиболее полно может быть оценен величиной осевого усилия Q_{u_0}, передаваемого инструментом (отверткой) на винт, а в целом - продолжительностью его протекания $t_{стб}$.

В зависимости от принципиальной схемы ИМ (с закрепляемой или плавающей ТН), а также в зависимости от степени закрепления ТН или степени ее подвижности возможны различные последовательности осуществления этапа стабилизации винта относительно РО. При этом надежность протекания процесса может зависеть от многих факторов, которые условно можно разделить на три группы: группу А, к которой относятся факторы с постоянными значениями их параметров (в интервале времени, исключающем влияние на процесс износа элементов исполнительного механизма винтозавертывающей машины и других внешних факторов); группу Б, к которой относятся факторы, номинальные значения параметров которых остаются неизменными в интервале сборки целой партии изделий (или в пределах определенного промежутка времени), а фактические их значения изменяются в пределах погрешностей в каждом цикле; группу В, параметры которых в каждом цикле сборки (при завертывании очередного винта) имеют отличающиеся значения, т.е. являются случайными величинами.

Анализ различных принципиальных схем ИМ с ТН и последовательности протекания процесса показывает, что для каждого конкретного случая (отдельного винтозавертывающего механизма) к параметрам с постоянными в пределах допустимой доверительной

вероятности значениями могут быть отнесены размер $D_{н.в_н}$ внутреннего диаметра ТН, скорость вращения ($n_н$) и осевого перемещения ($v_{и_о}$) инструмента, а также качество материала сопрягаемых резьбовых компонентов. Ко второй группе (Б) факторов в первую очередь необходимо отнести колебание размеров винтов в пределах одной партии. Очевидно, что к факторам группы В должны быть отнесены значения параметров, определяющих положение винта в пределах ТН до и в процессе его навинчивания.

В соответствии с поставленными задачами и с учетом отмеченных особенностей исследуемого процесса была разработана методика, согласно которой предусматривалось проведение предварительных однофакторных экспериментальных исследований, направленных на определение оптимальных значений параметров исследуемых ИМ, а также последовательное отсеивание несущественных и выявление основных влияющих факторов групп Б и В процесса завертывания винтов в условиях отсутствия возможности четкого их дифференцирования.

Согласно указанной методике была разработана экспериментальная установка, основу которой составляла серийная винтозавертывающая головка – полуавтомат типа ПС-93. В состав экспериментальной установки входили: 1) устройство для тензометрирования, позволяющее регистрировать значения осевого усилия, передаваемого на винт, и момент сопротивления завинчиванию винта в резьбовое отверстие; 2) система хронометража, обеспечивающая определение продолжительности практически любого этапа процесса; 3) система регулировки и изменения во времени скорости осевого перемещения инструмента.

Для определения погрешностей и проведения классификации винтов, применявшихся в процессе экспериментальных исследований, была разработана специальная методика с использованием часового проектора и специально разработанного к нему оснащения.

Была разработана методика и устройство для определения положения винтов в пределах ТН. С помощью этого устройства и экспериментальной установки производилось также исследование процесса ориентации и навинчивания винтов методом ускоренной киносъемки.

В третьей главе изложены результаты экспериментальных и теоретических исследований процесса навинчивания винтов посредством исполнительных механизмов с закрепляемыми ТН.

На основании отсеивающих экспериментов было установлено, что наиболее значимыми факторами, из общего числа влияющих на процесс, являются I) перекос β винта в пределах ТН и 2) относительное смещение e_i осей ТН и РО базовой детали.

Согласно методике и общепринятым рекомендациям для исследований характера и степени влияния указанных факторов была составлена и исследована математическая модель процесса, в качестве которой был использован полином второго порядка. Ниже представлены математические модели процесса (I), (2) и (3) в диапазоне колебания основных влияющих факторов β (переменная x_1) и e_i (переменная x_2) соответственно $\beta_I = 4^0 \ldots 20^0$;
$\beta_{II} = 7{,}4^0 \ldots 15{,}4^0$; $\beta_{III} = 6{,}8^0 \ldots 14{,}8^0$ и $e_{i_I} = (0 \ldots 1{,}5)$мм;
$e_{i_{II}} = (0 \ldots 1)$мм; $e_{i_{III}} = (0 \ldots 0{,}5)$мм;

$$\hat{y}_I = 92{,}66 + 2{,}48x_1 - 2{,}99x_2 - 2{,}78x_1^2 - 1{,}93x_2^2 + 2{,}07x_1x_2 \quad (I)$$

$$\hat{y}_{II} = 93{,}96 - 2{,}88x_1 + 1{,}05x_2 - 1{,}76x_1^2 - 0{,}94x_2^2 + 1{,}25x_1x_2 \quad (2)$$

$$\hat{y}_{III} = 92{,}64 - 3{,}22x_1 + 1{,}38x_2 + 0{,}56x_1^2 - 0{,}27x_2^2 + 0{,}4x_1x_2 \quad (3)$$

Интерпретация математической модели и анализ построенных на ее основе контурных кривых показал, что I) оптимальное значение параметра оптимизации (вероятности процесса наживления винтов) посредством ИМ с ТН обеспечивается в узких пределах колебания значений основных влияющих факторов - β и e_i, причем в интервале между их минимальными и максимальными значениями; 2) при движении к минимальным значениям наибольшее (практически основное) влияние на процесс оказывает фактор перекоса (β).

Результаты исследования математической модели процесса обусловили необходимость выявления и исследования закона распределения перекоса винтов. Для расчета экстремальных значений угла β перекоса винтов в пределах ТН и учета влияния на перекос колебания размеров винтов были выведены формулы зависимости угла β перекоса винта от основных его размеров. Анализ указанных графиков показал, что колебание размеров винтов в пределах их допусков не оказывают существенного влияния на положение винта в пределах ТН. В то же время принадлежность первичных погрешностей, определяющих положение винта, ко многим различным звеньям и элементам цепи "станок-инструмент-изделие" приводит к осуществлению условия $X = \sum_{i=1}^{n} y_i$ Ляпунова. На основании этого было принято, что закон распределения значений параметра, характеризующего степень перекоса винтов в пределах ТН, близок к нормальному.

Анализ возможных положений винта в пределах ТН I (см.рис.I) показывает, что закон распределения проекций заходной его части 2, характеризующей степень перекоса, и, в частности, крайней точки С ее кромки на поверхности резьбового отверстия 3 представляет собой объединение усеченной и отраженных частей двухмерного гауссова распределения.

Исследования показали, что при определенных соотношениях параметра рассеяния основной и отраженных частей распределения вероятность западания заходной части винтов в пределы резьбового отверстия по мере увеличения (до определенных значений) относительного смещения e_i осей ТН и РО базовой детали возрастает.

Результаты проведенных исследований позволили разработать методику прогнозирования процесса, посредством которой для фактических значений типоразмеров винтов могут быть определены такие значения e_i, при которых вероятность западания заходной части стержня винта в резьбовое отверстие наиболее значительна. Для определения указанных значений была выведена формула кривой распределения модулей вектора R_c параметра перекоса винтов в пределах ТН, которая в общем виде имеет вид (4)

$$\varphi(u)=\sum_{i=1}^{n} f_i \varphi_i(x_i), \qquad (4)$$

где $f_i=\frac{F_i}{\sum F_i}$; F_i - "мощность" (объемы) объединяемых распределений.

На рис.2 представлена кривая распределения модулей $[R_c]$, где заштрихованная площадь численно определяет значение вероятности западания винта (точки С) в РО при соответствующем значении e_i. При этом считается, что область действительных значений U находится в интервале $0 \le U \le R_{н_2}$; $R_н$ и $r_{ф_2}$ - эквивалентные значения радиусов ТН и РО.

В предложенной методике прогнозирования процесса разработан алгоритм решения на ЭВМ задачи по определению значений параметров кривой на основе минимальных эмпирических данных, в частности, на базе значений вероятности процесса, полученных в 3-х произвольных точках (значениях e_i). Расчет кривых распределения позволяет одновременно получать на ЭВМ оптимальные значения e_i.

Проведенные с помощью ЭВМ расчеты для наиболее распространенных типоразмеров винтов в интервале размеров резьбы М2...М8 показали, что в пределах каждого типоразмера изменения опти-

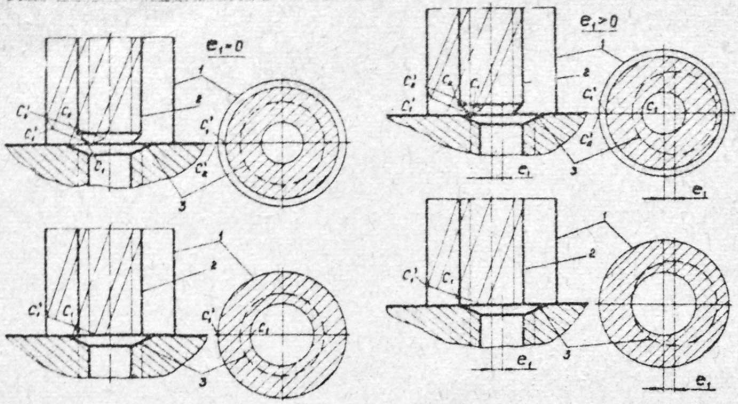


Рис.1

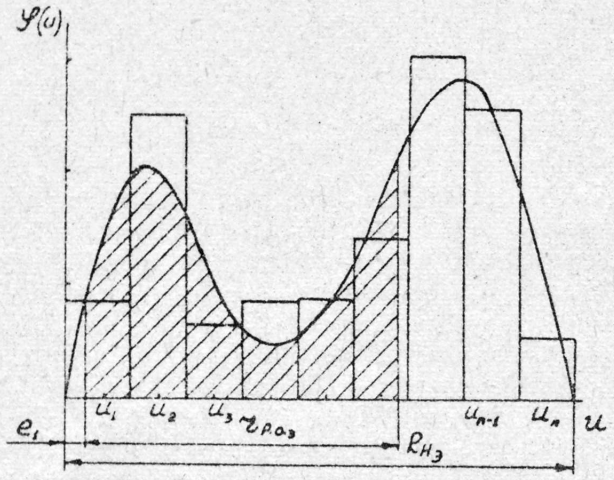


Рис.2

мальных значений e_1 в зависимости от длины стержня винта происходит по определенному закону, идентичному параболе. На основе проведенных расчетов и посредством приведения полученных графиков к линейной зависимости для указанных типоразмеров винтов построены номограммы получения оптимальных значений e_1.

Четвертая глава посвящена исследованию процесса навивления винтов посредством ИМ с вращающимися ТН.

Очевидно, что для исполнительных механизмов с незакрепленными, в частности, с вращающимися ТН влияние перекоса винта на стадии, предшествующей его навивлению, может быть уменьшено за счет перевода винта в более благоприятное положение, т.е. за счет стабилизации винта относительно резьбового отверстия до подвода к нему инструмента (отвертки). Анализ кинематики винта, проводившийся теоретическим и экспериментальным (с помощью ускоренной киносъемки) путем, показал, что при обеспечении необходимого сцепления винтов с внутренней поверхностью ТН стабилизация винтов осуществляется в предельно короткие сроки. В то же время, при относительно высокой скорости вращения ТН от 1200 об/мин и выше процесс стабилизации винтов характеризуется нестабильностью и сопровождается выбросом предварительно сориентированного винта из гнезда резьбового отверстия до подвода к нему инструмента (отвертки).

Исследования кинематики и динамики процесса стабилизации винта посредством вращающихся ТН позволи. . вывести аналитические зависимости, с помощью которых для каждого конкретного случая могут быть определены экстремальные значения угла поворота α_n ТН из условий обеспечения гарантированной стабилизации винта к моменту подвода к нему инструмента.

Исследования показали также, что, в качестве дополнительной силы, способствующей повышению сцепления винта с внутренней поверхностью ТН в точке Q их взаимного контакта, может быть использовано радиальное биение вращающейся ТН.

Анализ зависимости указанной силы F_Q от размеров e_2 радиального биения ТН и скорости ее вращения, проводившийся графоаналитическим методом и на основе решения 1-ой задачи динамики точки, позволил установить характер распределения и степень приращения силы F_Q в процессе одного оборота ТН при различных значениях определяющих параметров. Исследования показали, что вне интервалов, в которых значения F_Q равно или близко к нулю, до-

полнительная сила, обеспечивающая сцепление винта с ТН в точке a, соответствует необходимому значению ($F_a \approx 2{,}5m$, где m – масса винта) при $e_2/D_{н.вн} = 0{,}05$; $f = 0{,}15$ и $n_н = 1200$ об/мин, а также при $e_2/D_{н.вн} = 0{,}08$; $f = 0{,}15$ и $n_н = 800$ об/мин. При $f = 0{,}4$ и $e_2/D_{н.вн} = 0{,}05$ дополнительная сила удовлетворяет необходимому значению ($F_a \approx 0{,}5m$) при $n_н = 800$ об/мин, а при $e_2/D_{н.вн} = 0{,}08$ – даже при $n_н = 400$ об/мин.

На основании полученных результатов были разработаны и исследованы конструкции винтозавертывающих ИМ с плавающе-вращающимися ТН и с приводом вращения от инструмента.

<u>В пятой главе</u> приведены результаты исследования ИМ с плавающе-вращающимися ТН. Исследования ИМ с плавающе-вращающимися ТН позволили установить зависимости их геометрических и силовых параметров, посредством которых обеспечивается такое их перемещение, которое необходимо для стабилизации винта относительно резьбового отверстия до сопряжения его с отверткой. Было установлено, что при обеспечении максимально допустимых значений радиального биения e_2 плавающе-вращающейся ТН стабилизация винта во многих случаях сопровождается его наклонением в резьбовое отверстие до соприкосновения винта с отверткой.

Результаты исследований показывают, что для различных принципиальных схем ИМ с плавающе-вращающейся ТН допустимые значения радиального биения e_2 неодинаковы и находятся в зависимости от максимально допустимых значений e_1 относительного смещения осей ТН и РО базовой детали. В случаях, когда эти зависимости не соблюдаются, время поиска винтом резьбового отверстия значительно возрастает, а при высоких скоростях вращения происходит отрыв винта от ТН, что приводит к хаотическому его движению. Исследования кинематики и динамики винта в пределах плавающе-вращающихся ТН показали, что при значениях радиального биения ТН, превышающих удвоенное значение зазора между внутренним диаметром ТН и диаметром головки винта с соблюдением указанных выше условий, и при скоростях вращения от 800 до 1200 об/мин происходит равномерное (без отрыва) перемещение винта в пределах ТН, а также его наклонение в резьбовое отверстие без отвертки до тех пор, пока не произойдет потеря его контакта с ТН, либо суммарные силы сопротивления ввинчиванию не превысят силу F_a сцепления винта с ТН в точке a их контакта. Этому способствует сложное перемещение винта, при котором вращательное движение винта сочетается

с движением перекатывания его по внутренней поверхности плавающе-вращающейся ТН в обратном направлении.

Полученные результаты позволили установить зависимость скорости $V_{и_0}$ осевого перемещения инструмента от скорости стабилизации винта из условий гарантированного осуществления процесса с частичным навинчиванием винта в резьбовое отверстие к моменту соприкосновения его с отверткой. Согласно полученным данным

$$V_{и_0} \leq \frac{n_н \cdot (H - \ell_в)}{326{,}4}, \qquad (5)$$

где $n_н$ – скорость вращения ТН; H – величина рабочего хода инструмента; $\ell_в$ – полная (с головкой) длина винта.

Лабораторные испытания, проводившиеся с целью установления технологических возможностей исполнительных механизмов с ТН различных принципиальных схем, выявили значительные преимущества плавающе-вращающихся ТН. В частности, было установлено, что вероятность процесса навинчивания винтов посредством исполнительных механизмов с плавающе-вращающимися ТН фактически равна единице при любых практических значениях e_1 погрешностей базирования винта относительно резьбового отверстия базовой детали. Однако в случаях отклонения оси ИМ с плавающе-вращающейся ТН относительно оптимального значения e_1 (осевого смещения ТН и РО) продолжительность цикла завертывания винта существенно увеличивается. Кроме того, при завертывании винтов с коротким стержнем и при мягком материале базовой детали с резьбовым отверстием надежность ИМ с закрепленными ТН выше, нежели с плавающе-вращающимися ТН. По результатам исследований разработаны практические рекомендации для инженерных расчетов (в виде формул и таблиц).

Практической реализацией результатов исследований явилась разработка новых, более прогрессивных методов и устройств сборки резьбовых соединений посредством ИМ с ТН, а также новых (многопредметных) ПВП, на которые выданы четыре авторских свидетельства.

Разработаны рекомендации для расчета параметров режима и вероятности процесса завертывания винтов, выполняемого винтозавертывающими ИМ с ТН.

ВЫВОДЫ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

I. Использование в конструкциях исполнительных винтозавертывающих механизмов трубчатых направляющих элементов способствует расширению технологических возможностей и повышению эффектив-

ности применения в сборочном производстве ПВП. При этом повышение эффективности может быть достигнуто как за счет настройки указанных машин одновременно на несколько типоразмеров винтов, так и за счет применения комбинированного (автоматического и ручного) способа загрузки винтов в направляющие элементы исполнительных винтозавертывающих механизмов.

2. Исследование закономерностей протекания процесса завинчивания винтов посредством ИМ с ТН показывает, что на надежность нажимления винтов в резьбовые отверстия в автоматическом режиме значительное влияние оказывают параметры погрешностей положения как самих сопрягаемых резьбовых компонентов, так и элементов исполнительных механизмов. Установлено, что оптимальные значения вероятности попадания заходных элементов забрасываемых в полость ТН винтов в пределы резьбовых отверстий базовых деталей находятся вне соосности ТН и резьбового отверстия, т.е. при $e_1 > 0$.

3. Для прогнозирования вероятности и достижения высокой надежности протекания процесса нажимления винтов посредством ИМ с ТН рекомендуется на основании полученных в процессе исследований зависимостей производить расчет оптимальных значений e_1. Для винтов с размерами М2...М8 и длиной не более 30 мм. Целесообразно использовать полученные на основании указанных зависимостей номограммы.

4. Получены аналитические зависимости, определяющие количество движения (угол поворота) ТН, необходимое для осуществления стабилизации винта относительно резьбового отверстия посредством исполнительных механизмов с вращающимися ТН. Установлено, что при постоянном контакте с вращающейся ТН угол ее поворота, необходимого для полной стабилизации винта относительно резьбового отверстия, не превышает 1300^0 (или 3-х оборотов).

5. Для обеспечения постоянного сцепления винта с вращающейся ТН рекомендуется осуществлять ее радиальное биение, которое может быть достигнуто с помощью вращающегося инструмента (отвертки) винтозавертывающего механизма.

6. Целесообразно процесс стабилизации винта осуществлять до его сопряжения с отверткой, что позволяет осуществлять частичное нажимление винта без осевого усилия и исключить заклинивание сопрягаемых резьбовых компонентов.

7. Из условий надежного протекания автоматического нажимления винтов в резьбовые отверстия базовых деталей выведены зави-

симости для определения соответствующих значений геометрических и силовых параметров ИМ с плавающе-вращающимися ТН с приводом вращения от инструмента. Предложена и исследована конструкция исполнительного винтозавертывающего механизма с плавающе-вращающейся ТН (а.с.347155), использование которой в 5-6 раз снижает трудоемкость процесса навивления винтов в резьбовое отверстие при работе с механизированным инструментом и повышает эффективность использования ПВП в 2-2,5 раза.

Основные положения диссертационной работы отражены в следующих публикациях:

1. Корсанов В.С., Самарянов В.А. Анализ конструкций и исследование работы исполнительных механизмов винтозавертывающих машин. – Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 1975, № 1, с.164-167.

2. Корсанов В.С., Самарянов В.А. Исследование винтозавертывающих механизмов с плавающе-вращающимися трубчатыми направляющими. – Известие высших учебных заведений. Машиностроение, 1975, № 2, с.176-179.

3. Самарянов В.А. Исследование работы типовых винтозавертывающих машин с раскрывающимися и трубчатыми направляющими наконечниками. – В кн.: Автоматизация сборочных и сварочных процессов в машиностроении. Труды/пятое всесоюзное совещание по автоматизации процессов машиностроения. М.: Наука, 1974, с.112-116.

4. Самарянов В.А. Типовые резьбозавертывающие машины. – В кн.: Агрегатный комплекс средств механизации и автоматизации сборочных процессов в приборостроении: Тезисы докладов и сообщений семинара на базе межотраслевой тематической выставки СТПП. М., 1975, с.14-16.

5. Самарянов В.А. Автоматизация сборки резьбовых соединений. – В кн.: Механизация и автоматизация сборочных работ в машиностроении и приборостроении: Тезисы докладов научно-технической конференции. Минск, 1975, с.10-11.

6. Самарянов В.А. Механизмы управления сборочных агрегатов. – В кн.: Обмен передовым опытом в области механизации и автоматизации сборочных процессов в приборостроении: Тезисы докладов семинара на базе межотраслевой тематической выставки. М., 1979, с.15-16.

7. Самарянов В.А. Повышение эффективности использования переналаживаемых резьбозавертывающих полуавтоматов. Приборы и системы управления, 1980, № 1, с.38-39.

8. Самарянов В.А. Методы повышения надежности работы автоматизированного винтозавертывающего оборудования. - В кн.: Прогрессивная технология в механосборочном производстве: Тезисы докладов семинара. М.: ВНИИприбор, 1980, с.15-16.

9. А.с. 331885 (СССР). Устройство для ориентированной подачи винтов./В.А.Самарянов. В.В.Спиричев. - Опубл. в Б.И., 1972, № 1.

10. А.с. 347155 (СССР). Устройство для ориентированной подачи винтов./В.А.Самарянов. - Опубл.в Б.И., 1972, № 24.

11. А.с. 478706 (СССР). Винтозавертывающая машина./В.А.Самарянов. - Опубл.в Б.И., 1975, № 28.

12. А.с. 686844 (СССР). Устройство для сборки деталей./В.А.Самарянов, Э.А.Разоренов. - Опубл.в Б.И., 1979, № 35.