М 374848

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им.Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

МУХАМБЕТОВ ГАЗИЗ МАНСУРОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТЯЖКИ ОТВЕТСТВЕННЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕЕ ТОЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ

/ 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

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им. Н.Э. БАУМАНА

На правах рукописи

МУХАМБЕТОВ ГАЗИЗ МАНСУРОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТЯЖКИ ОТВЕТСТВЕННЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕЕ ТОЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ

/ Специальность 05.02.08 - "Технология машиностроения" /

№374848

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
1374848
Мухамбетов Г. М. Исследовани

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Москва 1981

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени 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 КУЗНЕЦОВ А.М.

- кандидат технических наук, доцент ГЕРАСИМОВ А.Г.

Ведущее предприятие - ПО "Узбексельмаш".

Защита диссертации состоится "____" _____ 1981г. на заседании специализированного Совета по технологии машиностроения шифр К-053.15.15 Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской революции и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.Баумана.

Ваши отзывы и предложения на автореферат в 2-х экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направлять по указанному адресу.

Автореферат разослан "_____" _____ 1981г.

Ученый секретарь Совета
кандидат технических наук,
доцент Р.К.Мещеряков

Подп. к печ. Л-86050. Заказ 699 Объем 1 п.л. Тираж 100 экз.
Ротапринт МВТУ 107005, Москва Б-5, 2-я Бауманская ул. д.5

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Повышение качества выпускаемых изделий является одной из главных задач современного машиностроения. Надежность функционирования и технико-экономические показатели большого числа собираемых изделий во многом определяется качеством сборки резьбовых соединений /РС/.

Удельный вес РС в тракторах достигает 35%, а в автомобилях до 50% всех соединений. Соответственно высока трудоемкость и себестоимость сборочных работ, связанных с их установкой. Сборка РС на автоматических линиях уменьшает себестоимость резьбозавертывающей операции по сравнению с механизированной в 1,5...3,0 раза. Однако, как показывают производственные наблюдения, качество выполнения РС на автоматизированных сборочных линиях, особенно ответственных и особоответственных РС /крепление крышек коренных подшипников, силовых шпилек в ДВС, подшипников скольжения и т.п./ зачастую не удовлетворяют требованиям ТУ к качеству сборки.

Качество сборки РС определяется точностью предварительного усилия сжатия сопрягаемых деталей, обеспечиваемого в процессе затяжки. Вместе с тем обеспечение заданной точности усилия затяжки даже при затягивании РС вручную /динамометрическим или предельным ключом/ затруднено вследствие несовершенства методов контроля и наличия большого числа факторов, влияющих на точность затяжки. При этом основная часть этих факторов обусловлена качеством поступающих на сборку элементов РС.

Выполнение РС на автоматизированных сборочных линиях еще более усложняет задачу обеспечения точности затяжки, так как в этом случае на величину усилия затяжки, помимо качества элементов РС, дополнительно влияют характеристики механизированного резьбозавертывающего инструмента и условия сборки. Недостаточное исследование влияния этих факторов, отсутствие научно обоснованных требований и рекомендаций к РС, резьбозавертывающему инструменту и производственным условиям зачастую приводят к неудовлетворительной точности затяжки ответственных РС, снижению производительности резьбозавертывающих позиций.

Цель работы – обеспечение заданной точности усилия затяжки в РС, собираемых на автоматизированных линиях.

Вопросы, связанные с нажимлением в работе не рассматриваются.

Методы и средства исследований. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения с привлечением математической статистики и теории трения. Экспериментальные исследования проводились на специальных установках, позволяющих регистрировать основные технологические параметры процесса автоматизированной затяжки. Применялась современная измерительная и регистрирующая аппаратура с цифровой индикацией. Опыты проводились на основе классического однофакторного эксперимента и теории планирования многофакторного эксперимента. Динамика процесса затяжки исследовалась путем осциллографирования с применением средств тензометрии.

Научная новизна. В работе впервые применен комплексный подход к изучению факторов, влияющих на точность затяжки, выполняемой на позициях автоматических и автоматизированных сборочных линий. Выявлены закономерности образования первичных погрешностей осевого усилия затяжки и определен удельный вес каждой из них. На основании энергетической теории получены теоретические зависимости для расчета технологических параметров процесса автоматизированной неударной затяжки по крутящему моменту; выведены аналитические зависимости, необходимые для выполнения затяжки комбинированным методом. Разработана методика производственного контроля и регулирования механизированного резьбозавертывающего инструмента на позициях автоматизированных сборочных линий.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Проведенные исследования позволили разработать конкретные требования к качеству элементов РС, характеристикам резьбозавертывающего инструмента и производственным условиям сборки. Указаны пути реализации требований в соответствии со степенью ответственности РС. Предложены устройства, повышающие эффективность автоматизированных резьбозавертывающих позиций.

Применение результатов работы позволяет повысить технико-экономические показатели работы сборочных линий и обеспечить требуемое качество сборки РС. Суммарный экономический эффект от использования результатов работы на заводах Министерства приборостроения и "Лиепайсельмаш" составил 66,2 тыс. рублей в год.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Всесоюзной научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов стран СЭВ "Сборка-79"/г. Ленинград/;

на Юбилейной 5-той Всесоюзной межвузовской научно-технической конференции "Научные основы автоматизации производственных процессов, управление качеством в машиностроении и приборостроении" /г.Москва, 1979г./; на Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы обеспечения технологичности конструкций в машиностроении" /г.Брянск, 1980г./; на республиканском семинаре "Прогрессивная технология в механосборочном производстве"/г.Севастополь, 1980г./; на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им.Н.Э.Баумана в 1978-80 гг.

Публикации. Материалы диссертаций отражены в пяти печатных работах и одном авторском свидетельстве.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 144 страницах машинописного текста, включающих введение, шесть глав, выводы по главам, общие выводы и приложения. Содержит 70 рисунков, 28 таблиц и библиографический список из 105 наименований литературных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен анализ литературных источников по современному состоянию вопроса затяжки РС в технологии машиностроения. Обоснована цель и сформулированы задачи исследования.

РС являются одними из самых распространенных в технике разъемных соединений и, естественно, улучшению процесса их сборки посвящено значительное число работ. Среди них следует отметить работы И.А.Биргера, И.Г.Старостина, М.Л.Гельфанда, Р.Келлермана и Г.Юнкера. Разработано также большое количество резьбозавертывающих устройств, облегчающих процессы завинчивания и затяжки. Значительная часть работ направлена на совершенствование процесса ручной затяжки. Менее изучен процесс механизированной затяжки /гайковертами, винтоверт ми и т.п./. Причем исследована затяжка в основном механизированным инструментом ударно-вращательного действия, тогда как на автомат - ческих сборочных линиях используются, как правило, резьбозавертывающие устройства непрерывно-вращательного действия.

Анализ показал, что существуют две тенденции в повышении точности затяжки: путем ужесточения требований к качеству поступающих на сборку элементов РС и за счет применения высокоточного резьбозавертывающего инструмента. Вопросы же назначения оптимальных тре-

бований к РС и инструменту при конкретных ТУ на точность затяжки изучены недостаточно. Причем авторами не учитывается специфика протекания процесса затяжки на автоматизированных сборочных линиях. Кроме того, аналитические зависимости, имеющиеся в распоряжении технологов и конструкторов и используемые в настоящее время для расчета параметров процесса затяжки не отражают особенностей неударной механизированной затяжки - не учитываются характеристики резьбозавертывающего инструмента, его динамические характеристики и физико-механические параметры РС.

На основании анализа технологических возможностей современных методов контроля процесса затяжки было установлено, что выполнение затяжки ответственных и особоответственных РС с помощью комбинированного метоза затяжки имеет большие перспективы. Однако слабая разработка теории и недостаток экспериментальных данных сдерживают его широкое использование в производстве. Отсутствуют также данные и о целесообразной области применения комбинированного метода в автоматизированном производстве.

В соответствии с результатами анализа и целью исследования решались следующие задачи: 1. Исследовать процесс автоматизированной затяжки и выявить факторы, влияющие на точность усилия затяжки. 2. Выявить закономерности влияния факторов и получить зависимости для расчета технологических параметров автоматизированной затяжки. 3. Исследовать погрешности усилия затяжки, возникающие при автоматизированной сборке и возможности их уменьшения. 4. Исследовать факторы, влияющие на точность комбинированного метода затяжки и выявить пути повышения его точности. 5. Дать рекомендации и разработать устройства для повышения точности затяжки и эффективности сборочных линий, содержащих резьбозавертывающие позиции.

Во второй главе приводятся результаты производственных исследований эффективности действующих резьбозавертывающих позиций. Выявлен метод и средства ее выполнения, оценена точность затяжки ответственных РС при затяжке по крутящему моменту.

Производственные исследования проводились на действующих позициях автоматизированных сборочных линий заводов ЗИЛ, ГАЗ, КамАЗ, УМЗ и ЗМЗ. Исследовались безотказность, время устранения отказов резьбозавертывающего оборудования и качество выполнения затяжки ответственных РС на позициях крепления: головки блока цилиндров,

крышек коренных подшипников коленчатого вала, главной передачи и других. Показатели надежности оборудования оценивались на основе хронометража, а качество затяжки /точность крутящего момента затяжки/ контролировалась динамометрическим ключом по методу страгивания в сторону дотяжки. Результаты замеров обрабатывались методами математической статистики.

Установлено, что коэффициент готовности /по ГОСТ 13377-75/ исследованного резьбозавертывающего оборудования составляет 0,9... 0,96, причем около 8% отказов составляют отказы по захвату головки винта /гайки/ патроном гайковерта. Проверка достигаемой на позициях точности крутящего момента затяжки показала, что в среднем только 63% всех затянутых РС соответствует ТУ на затяжку, а в общем случае при допустимой относительной погрешности крутящего момента затяжки ± 5...12%, его фактическая погрешность колебалась в пределах 6...60 %. Низкое качество работы резьбозавертывающих позиций обусловливает необходимость в дополнительной проверке качества затяжки ответственных РС, что увеличивает трудоемкость резьбозавертывающей операции в несколько раз и приводит иногда к снижению производительности линии.

В результате производственных исследований выявлены факторы, влияющие на точность затяжки, выполняемой на автоматизированной линии и диапазон рассеяния этих факторов; установлена целесообразность изучения совокупности гайковерт-РС как автономной системы и необходимость учета влияния специфики автоматизированного производства.

Третья глава посвящена изучению физики протекания процесса неударной механизированной затяжки описанию ее закономерностей; выявлению первичных погрешностей усилия затяжки; описанию экспериментальных установок и методики проведения экспериментов.

Изучение физических процессов, происходящих между гайковертом и РС при затягивании показало, что механизированную затяжку целесообразно рассматривать как результат перераспределения кинетической и потенциальной энергий в системе гайковерт-РС. Такой подход позволил получить общие зависимости для расчета усилия затяжки и крутящего момента

$$F=\frac{M_T\lambda_{pc}-2{,}8\cdot10^{-3}\alpha\cdot\varphi_5\cdot P}{2\alpha\cdot\lambda_{pc}}+\sqrt{\left(\frac{M_T\lambda_{pc}-2{,}8\cdot10^{-3}\alpha\cdot\varphi_5\cdot P}{2\alpha\cdot\lambda_{pc}}\right)^2+\frac{2{,}8\cdot10^{-3}P(M_T\varphi_m+J_m\omega^2)}{\alpha\lambda_{pc}}}\ ,\ /$$

$$M_3 = \frac{360 M_r \cdot F \cdot \lambda_{pc} + M_r \cdot \varphi_ш \cdot P + \mathcal{J}\omega^2 \cdot P}{360 F \cdot \lambda_{pc} + P \varphi_б} \qquad /2/$$

Здесь $$\alpha = 0{,}16P + 0{,}58 d_2 \cdot f_p + 0{,}25(D + d_0) f_т \qquad /3/$$

где F -усилие затяжки, Н; M_3-крутящий момент затяжки, Н·м; λ_{pc} - общая податливость РС на растяжение и сжатие, мм/Н; M_r -крутящий момент гайковерта, Н·м; $\varphi_б, \varphi_ш$-угол скручивания, соответственно, болта и шпинделя, град; $\mathcal{J}$ -приведенный момент инерции вращающихся масс гайковерта, кг·м^2; ω -приведенная частота вращения шпинделя, об/мин; P, d_2 -шаг и средний диаметр резьбы, мм; D, d_0-диаметры окружностей, ограничивающих поверхность трения торца гайки, мм; $f_p, f_т$ -коэффициенты трения, соответственно, в резьбе и под торцем гайки.

С целью упрощения можно принять $\varphi_б = \varphi_ш = 0$, тогда

$$F = \frac{M_r}{2\alpha} + \sqrt{\left(\frac{M_r}{2\alpha}\right)^2 + \frac{28 \cdot 10^{-3} \mathcal{J}\omega^2 P}{\alpha \lambda_{pc}}}, \qquad /4/$$

$$M_3 = M_r + \frac{\mathcal{J}\omega^2 P}{360 F \lambda_{pc}}. \qquad /5/$$

Анализ этих формул показывает, что усилие и крутящий момент затяжки можно рассматривать как сумму постоянной и динамической составляющих. Постоянная составляющая, например, усилия затяжки /$F_п$/ зависит от величины собственно крутящего момента гайковерта, а динамическая /$F_д$/ -результат динамического характера процесса затяжки. В случае $\omega \to 0$, то $F_д \to 0$ и $F = F_п = M_r/\alpha$, то есть механизированная затяжка теряет свои особенности, а /4/ преобразуется в известную формулу, используемую в настоящее время при затяжке вручную. Таким образом наличие $F_д$ является спецификой механизированной затяжки и усложняет задачу обеспечения точности затяжки в условиях автоматизированной сборки. В связи с этим необходимо создать условия для обеспечения стабильности не только постоянной, но и динамической составляющей усилия затяжки.

Расчетные формулы /I/-/5/ можно также использовать при выборе и наладке резьбозавертывающего инструмента на позиции.

На основе анализа литературных источников, производственных исследований и изучения физики процесса автоматизированной затяжки были выявлены основные факторы и вызываемые ими первичные погрешности усилия затяжки. Они обусловлены в основном: неправильным выбором значений параметров, входящих в расчетные формулы /ΔF_p/; неправильной настройкой гайковертов на крутящий момент /$\Delta F_н$/; погрешностью измерения крутящего момента /$\Delta F_{изм}$/; повторной затяжкой РС /$\Delta F_{пов}$/; износом устройства контроля крутящего момента /$\Delta F_и$/; колебаниями параметров резьбы /$\Delta F_{пар}$/; колебаниями коэффициентов трения под торцем и в резьбе /ΔF_f/; несоосностью шпинделя и РС /$\Delta F_{нс}$/; разбросом крутящего момента гайковерта /$\Delta F_г$/ и колебаниями податливости элементов РС /$\Delta F_д$/. Влиянием же других факторов и вызываемыми ими погрешностями затяжки в большинстве случаев можно пренебречь.

В работе найдено численное значение каждой указанной погрешности. При этом принимались во внимание результаты исследований, приведенные в литературе.

Указанные погрешности для облегчения анализа условно разделены по группам: погрешности, вносимые РС, резьбозавертывающим инструментом и условиями сборки.

Экспериментальные исследования посвящены проверке выведенных расчетных зависимостей и определению численных значений погрешностей усилия затяжки. Исследования проводились на двух полуавтоматических резьбозавертывающих установках. На них производилась затяжка болтовых, винтовых и шпилечных соединений, выполняемых пневмо- и электрогайковертами.

Установки представляли собой динамометр типа конструкции М.А. Щуренко и позволяли регистрировать момент трения под торцем гайки, момент трения в резьбе, крутящий момент и усилие затяжки. Затягивались РС в диапазоне М8-М24. Причем основная часть исследований проводилась на накатанных болтах и шпильках без покрытия, взятых из производства. Описана методика обработки данных при выполнении однофакторных и многофакторных экспериментов.

<u>В четвертой главе</u> анализируется влияние на точность затяжки погрешностей, обусловленных РС /$\Delta F_{рс}$/.

В результате исследований установлено, что если общую погрешность усилия затяжки, возникающую при автоматизированной сборке, принять

ΔF= 100%,то из них на долю ΔF_{pc} приходится 36%.Причем наибольшее влияние в этой группе оказывают погрешности,вызванные колебаниями коэффициентов трения ΔF_f = 21% и податливости элементов РС- ΔF_λ=12%. Погрешность же обусловленная колебаниями параметров резьбы незначительна. Поэтому повышение точности затяжки в основном за счет ужесточения допусков на изготовление резьбы малоэффективно.

Показаны пути стабилизации коэффициентов трения в условиях автоматизированного производства,высокая эффективность использования для этой цели густой смазки /MoS_2,НК-50 и др./ и необходимость стабилизации в первую очередь коэффициента трения в резьбе.

Если при ручной затяжке величина податливости РС не влияет на точность затяжки,то при затяжке,выполняемой на автоматических линиях,колебания податливости сборочных единиц отражаются на величине динамической составляющей усилия затяжки. Исследован характер влияния податливости при затяжке РС с обычной и пружинной шайбами,а также РС не подчиняющихся закону Гука. Установлено,что наличие пружинной шайбы уменьшает ΔF_λ в среднем на $\pm$ 4%.Наличие неметаллических элементов и особенности конструкции РС /например,коробчатая форма/приводят к переменной податливости РС при затяжке.Это способствует увеличению нелинейной зависимости между крутящим моментом и усилием затяжки. В главе рассмотрены два вида РС с переменной податливостью и для них выведены общие зависимости по расчету параметров затяжки $M_з$ и F .

В пятой главе анализируется влияние условий сборки и резьбозавертывающего инструмента на точность затяжки. Показаны пути ее обеспечения при затягивании по крутящему моменту.

Автоматический захват головки винта /гайки/ патроном гайковерта - одна из особенностей процесса сборки РС на автоматических линиях. Чтобы исключить отказы на резьбозавертывающей позиции из-за незахвата винта /гайки/ патроном гайковерта необходимо обеспечить выполнение ряда геометрических и динамических условий. Анализ показал, что основными из них являются компенсация перекоса оси винта,вызванного зазорами в резьбе и малой глубиной нажвления и оптимизация частоты вращения шпинделя гайковерта. Получены аналитические зависимости для расчета оптимальных условий захвата и построены номограммы,ускоряющие выполнение указанных расчетов.

Затяжка РС на автоматических сборочных линиях протекает также

часто в условиях взаимного смещения осей шпинделя гайковерта и РС. Установлено, что это обстоятельство в ряде случаев увеличивает разброс усилия затяжки до 9%. Получено, что возможное смещение оси в системе шпиндель-насадка-патрон должно превышать смещение оси РС на позиции в I,2...I,5 раза. Причем для ответственных соединений и РС размеров М8, М10 следует ориентироваться на большее значение. Выведены аналитическая зависимость /для винтов $\frac{l}{d} > 8$ / и математическая модель /для винтов $\frac{l}{d} < 8$ /, оценивающие погрешность усилия затяжки при несоосности. Модели проверены на адекватность по $\mathcal{F}$- критерию и могут быть приняты при уровне значимости 0,05.

Для повышения надежности захвата крепежных деталей и уменьшения несоосности разработано автоматическое устройство /а.с.674866/, повышающее точность взаимной ориентации исполнительного механизма и РС.

Впервые исследовано влияние затянутой шпильки на точность усилия затяжки в шпилечном соединении. Установлено, что при завинчивании шпильки в корпус с крутящим моментом близким к наименьшему допустимому, при затяжке гайки на точность осевого усилия влияют две резьбовые пары: шпилька-корпус и шпилька-гайка. Поэтому для ответственных шпилечных соединений затягивание шпилек в корпус рекомендуется проводить с крутящим моментом: для М8, М10 $M_ш = /0,8...0,9/M_{ш\,max}$, а для М12-М24 $M_ш = /0,6...0,8/M_{ш\,max}$. При выполнении этого условия влияние резьбовой пары шпилька-корпус на точность затяжки практически исключено.

В главе приведены также результаты исследования трех типов гайковертов: с самоторможением в конце затяжки, с контрольным устройством /КУ/ в виде индуктивного датчика и с КУ в виде реле тока. Исследованы точностные характеристики и стабильность гайковертов ЗИЛ, ГАЗ, СКБ "Мехинструмент"/г.Павлово-на-Оке/ и Мос СКБ АЛ и АС. По результатам этих исследований даны рекомендации по рациональной области использования данных гайковертов.

Разработана методика выбора и регулирования гайковертов на сборочной позиции которая базируется на анализе крутящего момента гайковерта, частоты вращения шпинделя, величины приведенного момента инерции вращающихся масс и характеристик контрольного устройства гайковерта. Для контроля точностных характеристик гайковертов и определения их приведенного момента инерции разработана установка, основным элементом которой является упругий элемент работающий на

скручивание. При этом исключается влияние на точность контроля погрешностей, вносимых РС.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили оценить долю влияния первичных погрешностей усилия затяжки при автоматизированной сборке, обусловленных условиями сборки /ΔF_{yc}/ и резьбозавертывающим инструментом /ΔF_{pu}/. Если общую погрешность усилия затяжки принять ΔF = 100%, то из них ΔF_{yc} =36%, а ΔF_{pu} =28%. Причем в первой группе наибольшее влияние оказывают погрешности ΔF_{uyn}=13%, ΔF_{nob} =12% и ΔF_{HC} =9%, а во второй группе: ΔF_{r} =17%, ΔF_{H}=5%. В общем случае погрешности усилия затяжки, вносимые РС и условиями сборки, могут превышать влияние гайковерта в 1,5...2,0 раза. Таким образом, применение высокоточного автоматизированного резьбозавертывающего инструмента эффективно только совместно с мероприятиями по уменьшению погрешностей обусловленных РС и условиями сборки, а также при использовании датчиков активного контроля, реверсивных резьбозавертывающих инструментов для выполнения 2-4-х кратных повторных затягиваний и при погрешности настройки крутящего момента гайковерта не более ±1%.

Разработан малогабаритный съемный датчик активного контроля крутящего момента с погрешностью измерения ±1%. Измерение крутящего момента осуществляется посредством датчиков, закрепленных на валу, передающим крутящий момент. Предусмотрено использование датчика совместно с контрольным устройством с цифровой индикацией или печатающим устройством; при настройке гайковертов на позиции или летучем контроле качества затяжки. Датчик передан Московскому станкостроительному заводу им. С. Орджоникидзе.

В главе приводятся и другие пути повышения качества затяжки. Обобщены и сведены в таблицу требования, предъявляемые к РС, резьбозавертывающему инструменту и условиям сборки, выполнение которых позволит обеспечить заданную точность затяжки в соответствии со степенью ответственности конкретного РС.

<u>В шестой главе</u> исследован комбинированный метод затяжки: получены зависимости для расчета технологических параметров этого метода, исследованы факторы и погрешности, определяющие точность комбинированного метода затяжки.

Комбинированный метод представляет собой последовательную затяжку по крутящему моменту и углу поворота. Несмотря на возможность

обеспечения высокой точности затяжки, его использование затруднялось сложностью определения момента перехода от затяжки по крутящему моменту к затяжке по углу поворота, а также несовершенством контрольных и исполнительных устройств, осуществляющих затяжку. В работе процесс комбинированной затяжки условно разделен на два этапа, а номинальное усилие затяжки /$F_{н-\varphi}$/ рассматривается как сумма начального усилия затяжки/ F_0 /, вызванного приложением порогового крутящего момента /$M_{пор}$/ и усилия затяжки /F_φ/, обеспечиваемого при повороте гайки на расчетный угол φ.

Анализ процессов, протекающих на первом этапе затяжки показал, что нелинейный характер зависимости $F_0 = f(M_{пор})$ объясняется в основном протеканием пластической и упругих деформаций микронеровностей в зоне контакта трущихся поверхностей. На основе теории трения, в частности стержневой модели контакта двух трущихся шероховатых поверхностей, получены зависимости для расчета начального усилия затяжки и порогового крутящего момента, определяющие момент перехода к затяжке по углу поворота.

$$F_0 = 17{,}3 f^2 HB \cdot S_к \cdot r / Rz_{max} \qquad /6/$$

$$M_{пор} = \alpha \cdot F_0 \qquad /7/$$

где f -среднее значение коэффициента трения в резьбе и под торцем гайки; HB -твердость болта, винта или шпильки, МПа; $S_к$ -площадь контакта трущихся поверхностей, мм^2; r -средний радиус микронеровностей, мкм; Rz_{max} -наибольшее суммарное значение высоты микронеровностей, мкм; α -величина, рассчитываемая по формуле /3/.

Экспериментальное исследование комбинированного метода выполнялось на серийных гайковертах, оснащенных датчиками активного контроля крутящего момента и угла поворота. Разработанная система управления позволила автоматизировать выполнение комбинированной затяжки и в процессе затягивания регистрировать крутящий момент, угол поворота и усилие затяжки. Исследованы возмущающие факторы, влияющие на F_0, F_φ и установлены закономерности образования первичных погрешностей осевого усилия на первом и втором этапах комбинированной затяжки.

В главе описана методика проведения экспериментальных исследований и анализ данных, полученных при затягивании точеных, накатан-

ных и шлифованных резьб. Установлено, что $F_б$ = /0,05...0,25/$\cdot F_{м-ф}$, причем баланс влияния первичных погрешностей иной, по сравнению с затяжкой по крутящему моменту. Так, если принять погрешность комбинированного метода $\Delta F_{м-ф}$=100%, то величина основных погрешностей в ней составляет $\Delta F_д$ =33%, $\Delta F_{пов}$=20%, $\Delta F_н$ =17%, а погрешность, обусловленная колебаниями шага резьбы $\Delta F_ш$ =13%.

Таким образом точность комбинированного метода затяжки в условиях автоматизированной сборки зависит прежде всего от точности определения и стабильности податливости РС, погрешности настройки КУ и точности шага резьбы. Причем влияние податливости РС является доминирующим. Следует однако отметить, что существующие методы и средства расчета и определения общей податливости РС требуют значительного усовершенствования.

На основе полученных результатов показаны пути уменьшения указанных погрешностей и установлено, что выполнение предложенных рекомендаций обеспечивает точность комбинированного метода, выполняемого автоматизированным резьбозавертывающим инструментом в пределах ±6,2%. Обоснована эффективность применения комбинированного метода затяжки на автоматических сборочных линиях для выполнения ответственных и особоответственных резьбовых соединений.

ВЫВОДЫ

1. Для обеспечения высокого качества затяжки РС необходимо выполнение комплекса мероприятий конструкторского, технологического и производственного характера. При этом повышение точности затяжки целесообразно в первую очередь за счет снижения погрешностей, обусловленных условиями сборки и качеством элементов РС. Использование же высокоточного автоматизированного резьбозавертывающего инструмента эффективно только после осуществления мероприятий по уменьшению двух указанных выше групп погрешностей.

2. Получены аналитические зависимости для расчета технологических параметров процесса затяжки, учитывающие физико-механические свойства резьбового соединения и динамические характеристики механизированного резьбозавертывающего инструмента ударного действия. Эти зависимости рекомендуется использовать при задании ТУ на сборку резьбовых соединений, а также при выборе и настройке

гайковертов на сборочной позиции.

3. Установлено, что технологические параметры затяжки при автоматизированной сборке состоят из постоянной и динамической составляющих. Причем точность затяжки на позиции определяется в основном стабильностью динамической составляющей. В целях обеспечения последней затяжку рекомендуется выполнять на низкой частоте и высокой стабильности скорости вращения шпинделя гайковерта, использовать резьбу с мелким шагом, а также регулировать податливость системы гайковерт-резьбовое соединение.

4. В технической характеристике механизированного резьбозавертывающего инструмента целесообразно указывать приведенный момент инерции его вращающихся масс. Определение этой величины и контроль крутящего момента гайковерта рекомендуется выполнять на установке, основным элементом которой является упругий стержень, работающий на скручивание и имеющий податливость близкую к ее значению в номинальном резьбовом соединении.

5. Получены зависимости для расчета технологических параметров на этапах комбинированного метода затяжки, выполняемого механизированным резьбозавертывающим инструментом. Исследованы его технологические возможности и установлено, что данный метод затяжки целесообразно использовать для затяжки ответственных и особоответственных РС при их сборке на автоматизированных линиях. Причем для реализации этого метода предъявление высоких технологических требований к резьбозавертывающей позиции не требуется.

6. Внедрение результатов работы на заводе "Липецкгидромаш" позволило исключить позиции ручной дотяжки собранных резьбовых соединений при обеспечении заданной точности затяжки, повысить производительность резьбозавертывающих позиций на линии сборки поршневых гидроцилиндров на 30%, снизить себестоимость резьбозавертывающих операций на 12% и получить годовой экономический эффект в сумме 16,2 тыс. рублей. Экономический эффект от внедрения рекомендаций и устройств на предприятиях Министерства приборостроения составил 50 тыс. рублей в год.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

I. Солодов М.Д., Мухамбетов Г.М., Золотаревский Ю.М. Комбинированный метод затяжки резьбовых соединений.-В сб.: Автотракторное электрооборудование, 1979, № 10, с. 16-18.

2. Мухамбетов Г.М. Расчет условий захвата винта гайковертом при автоматической сборке резьбовых соединений.-М., 1979.-6с.-Рукопись представлена МВТУ им. Баумана. Деп. в НИИМАШ 25 мая 1979, № 71-79.

3. Корсаков В.С., Холодкова А.Г., Мухамбетов Г.М. Совершенствование технологических методов сборки - эффективное направление в снижении металлоемкости изделий, содержащих резьбовые соединения. -В сб.: Проблемы обеспечения технологичности конструкций в машиностроении: Тез. докл. Всес. научн.-техн. конф., Брянск, 1980, с. 85-86.

4. Корсаков В.С., Холодкова А.Г., Мухамбетов Г.М. Совершенствование контроля и настройки пневмогайковертов с самоторможением в процессе затяжки.-В сб.: Прогрессивная технология в механосборочном производстве: Тез. докл. семинара ВНИТИприбор, -М., 1980, с. 50-51.

5. Холодкова А.Г., Мухамбетов Г.М., Максимович Б.Д. Статистическое исследование надежности позиций автоматической сборки резьбовых соединений.-В сб.: Механизация и автоматизация контрольно-сборочных операций в машиностроении: Тез. докл. обл. научн.-техн. конф.- Волгоград, 1980, с. 15-18.

6. А.с. 674866 /СССР/. Устройство для подачи крепежных деталей./Л.А. Рабинович, Б.А. Сабиров, Г.М. Мухамбетов, А.Л. Фортунов.-Опубл. в Б.И., 1979, № 27.