

М 356159

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

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

На правах рукописи

ШИШКИН Владимир Сергеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ
СБОРОЧНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

/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

1978

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

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

На правах рукописи

ШИШКИН Владимир Сергеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ
СБОРОЧНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

/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

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1356159

ШИШКИН В.С. Исследование и

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена
Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени
Н.Э.Баумана.

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

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор ВОЛЧКЕВИЧ Л.И.

- кандидат технических наук,
доцент ПАВЛОВ В.В.

Ведущее предприятие - научно-исследовательский и экс-
периментальный институт автомо-
бильного электрооборудования и
автоприборов.

Защита диссертации состоится "____" _____ 1979г.
на заседании специализированного Совета по технологии машино-
строения шифр К-053.15.15 Московского ордена Ленина 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.
Н.Э.Баумана.

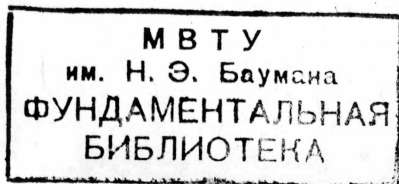
Ваши отзывы и предложения на автореферат в 2-х экземпля-
рах, заверенных печатью, просим направлять по указанному адре-
су.

Автореферат разослан "____" _____ 1979г.

Ученый секретарь Совета
кандидат технических наук,
доцент

Р.Мещеряков

МЕЩЕРЯКОВ Р.К.



Актуальность проблемы. Требование всемерного повышения эффективности производства и качества выпускаемых изделий определяет актуальность проблемы надежности технологических систем. Технологическая система /ТС/ есть совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей, предназначенная для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Надежность ТС – свойство системы обеспечивать в течении установленного времени выпуск качественной продукции с заданным ритмом /ГОСТ 22954-78/. Недостаточная надежность ТС приводит к снижению производительности, увеличению трудоемкости и себестоимости сборки, невыполнению планового задания в установленные сроки, снижению однородности качества выпускаемых изделий, а иногда, и к попаданию дефектных изделий в эксплуатацию. Для того, чтобы учитывать и прогнозировать возникающие потери производительности и качества, необходимо знать надежность ТС. Оценка надежности ТС дает возможность сравнивать различные варианты системы и способствует выбору наиболее эффективного варианта, а также дает возможность целенаправленно проводить работы по повышению надежности системы. Поэтому оценка ТС на надежность является обязательной /ГОСТ 14.003-74/.

Сборка – завершающий этап изготовления изделия, на котором окончательно формируется качество изделия. Поэтому оценка надежности сборочных ТС должна производиться в первую очередь, однако методика оценки надежности сборочной ТС и рекомендации по обеспечению надежности при технологической подготовке производства отсутствуют.

Цель работы. Разработка методики расчета надежности сборочных автоматизированных ТС при технологической подготовке производства и выявление условий безотказного протекания процесса сборки.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились на базе научных основ технологии машиностроения с привлечением математического аппарата теории надежности и теории вероятностей. Экспериментальные исследования проводились в производственных и лабораторных условиях с использованием современной регистрирующей и измерительной аппаратуры и спе-

циальных экспериментальной установки и приспособлений. Трудоемкие вычисления производились на ЭВМ.

Научная новизна. Данная работа характеризуется новизной по своей постановке и имеет характер научного поиска. Научная значимость ее заключается в установлении основных закономерностей функционирования и возникновения отказов, разработке методики расчета надежности при технологической подготовке производства, вскрытии механизма формирования параметров якорей стартеров при сборке и получении ряда уравнений математической модели процесса сборки, разработке методики назначения входных факторов процесса по условию безотказности его протекания.

Практическая ценность. По результатам проведенных исследований разработаны методические указания "Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности сборочных операций", являющиеся частью работ, предусмотренных постановлением Госстандарта СССР №14 от 21 апреля 1977г., а также разработаны практические рекомендации по повышению надежности ТС, собирающих якоря стартеров, внедрение которых позволило повысить однородность качества и ресурс якорей и снизить производство запасных частей.

Апробация работы. Основные разделы работы докладывались на научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1976...1978 гг., на заседаниях секции научно-технического совета отдела типовых технологических процессов НИИавтоприборов /г.Москва, 1978г./, на Всесоюзном семинаре "Сборка - 78" /г.Харьков, 1978г./, на научном семинаре ВНИИНМАШ "Методы оценки и оптимизации надежности технических систем" /г.Москва, 1978г./.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 136 страницах машинописного текста, включающих введение, пять глав, выводы по главам и общие выводы. Содержит 21 таблицу, 93 рисунка и список литературы из 107 наименований.

В первой главе приведен анализ литературных материалов по вопросу применения методов теории надежности в технологии изготовления машин, обоснована цель исследования и сформулированы задачи исследования.

В последние годы публикуется все больше работ, в которых ставится вопрос о применении общих методов теории надежности

к описанию основных закономерностей протекания технологического процесса изготовления изделия. Проведенный обзор литературных источников показывает, что применение методов теории надежности получит в дальнейшем широкое развитие. Во всех работах подчеркивается, что оценка ТС на надежность необходима и выбор варианта ТС должен производиться с учетом ее надежности. Однако, в настоящее время еще не наметился единый подход к пониманию проблемы надежности ТС. Множество различных определений и предложенных показателей только затрудняют практическую оценку надежности ТС. Существующие немногие методики исходят из раздельной оценки надежности ТС по производительности и качеству выпускаемых изделий и не регламентируют методы оценки надежности сборочных ТС при технологической подготовке производства. Поэтому, в соответствии с целью исследования, в диссертации ставились следующие задачи: 1. провести анализ работы сборочных ТС на заводах автомобильной промышленности с позиций надежности и выявить основные закономерности функционирования и показатели надежности сборочных ТС; 2. разработать методику расчета надежности сборочной ТС при технологической подготовке производства; 3. исследовать процесс сборки с целью получения исходных данных для расчета надежности и выявления условий безотказного протекания процесса сборки на конкретном примере; 4. апробировать принятые показатели надежности и результаты исследований.

Во второй главе конкретизируется объект исследования, приводятся результаты анализа работы и причин отказов действующих сборочных ТС и выявляются показатели надежности сборочных ТС.

Сборочную ТС образуют: сборочный комплект – составные части изделия /узлы и детали/, находящиеся в стадии сборки их в изделие, и материалы, используемые при сборке; совокупность технологического сборочного оборудования, оснастки и средств механизации и автоматизации вспомогательных переходов; исполнители – люди, занятые непосредственно сборкой изделия или управлением средствами технологического оснащения в процессе сборки. Единство этих составных частей системы проявляется при выполнении технологического процесса сборки изделия, который определяет также и границы системы. Сборочная операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном

рабочем месте. Вследствии этого ТС, выполняющая сборочную операцию, имеет определенные границы и самостоятельность, что позволяет анализировать ее работу обособленно от других ТС.

Из всего многообразия сборочных ТС в диссертации рассматриваются вопросы надежности систем поточно-массового производства, производящих сборку изделия путем механического соединения его составных частей /вставлением, надеванием, навинчиванием и т.п./ с применением автоматического и автоматизированного оборудования дискретного действия.

ТС, работая в регламентированных условиях, должна в каждом цикле собирать качественные изделия. В терминах надежности это означает, что система находится в работоспособном состоянии P_5 . Альтернативой является неработоспособное состояние, которое целесообразно разбивать на три несовместных состояния: первое из которых O^1 характеризуется выпуском изделий с исправимым дефектом; второе O^2 - выпуском изделий с неисправимым дефектом; третье O^3 , при котором ТС вообще не собирает изделий: система простаивала или попытка собрать изделие не увенчалась успехом, что по результату равносильно простоям. При оценке надежности считаем, что регламентированные условия производства не нарушаются.

Событие, заключающееся в переходе ТС из работоспособного состояния в неработоспособное, в терминах надежности есть отказ. Наблюдения за работой сборочных ТС на заводах автомобильной промышленности показали, что сборочные ТС могут переходить в любое из трех неработоспособных состояний; отказы могут быть как перемежающиеся, то появляющиеся, то исчезающие без вмешательства в работу системы извне, так и устойчивые, требующие восстановления работоспособности; потоки отказов близки к простейшим. Причины отказов сборочных ТС можно разделить на четыре группы: 1. неоптимальное назначение параметров собираемых деталей и механизмов ТС как следствие отсутствия знаний о физической сущности реализуемого сборочного процесса или отсутствия технических возможностей их обеспечения; 2. отказы параметрические и функционирования механизмов и устройств ТС, возникающие в результате изменения их параметров во времени; 3. возмущения, под которыми понимаются случайные неконтролируемые отклонения параметров собираемых деталей и внешних условий работы ТС за установленные границы; 4. ошибки сборщиков

при неавтоматической сборке. Доминирующим влиянием причин первой и третьей групп и объясняется простейший характер потоков отказов сборочных ТС.

Анализ показателей ГОСТ22954-78 и ГОСТ22955-78 и особенностей работы сборочной ТС позволяет рекомендовать для оценки надежности в период установившегося режима эксплуатации четыре основных показателя, являющихся стационарными вероятностями состояний системы: η_r – коэффициент готовности; K_d – коэффициент исправимых дефектов; K_n – коэффициент неисправимых дефектов; K_p – коэффициент простоя, и два дополнительных для случая, когда внутри системы производится отбраковка дефектных изделий: M_d и M_n средние потери изделий соответственно с исправимыми и неисправимыми дефектами за один цикл.

Третья глава посвящена разработке математических выражений и методики расчета показателей надежности сборочной автоматизированной ТС при технологической подготовке производства.

Расчет надежности ТС следует рассматривать как один из этапов технологической подготовки производства, преследующий цели: установить соответствие показателей надежности ТС, реализующей разработанный технологический процесс, требованиям технического задания и тем самым выполнить требования ГОСТ14.003-74; определить достижима ли заданная надежность при технологическом процессе, заложенном в проекте; принять обоснованное решение при выборе наиболее эффективного варианта ТС.

Методика расчета основана на делении системы на самостоятельные /в смысле надежности/ элементы. Под элементом ТС понимается наиболее мелкая подсистема, выполняющая законченную часть технологического процесса, обладающая функциональной самостоятельностью и допускающая оценку своих состояний на выходе по результатам работы. Сборочные автоматизированные ТС наиболее просто делить по позициям и принимать за элемент подсистему позиции и как отдельный элемент рассматривать транспортное устройство. Такое выделение элемента сохраняет за ним все признаки системы, в том числе пространство состояний $\{P_b, O^1, O^2, O^3\}$ и, следовательно, те же показатели надежности. Методика расчета включает в себя общие методы прогнозирования вероятностей достижения целей отдельных этапов сборочного процесса; методы вычисления вероятностей перехода элемента ТС в неработоспособное состояние в одном цикле работы; уравнения

для расчета показателей надежности элемента и системы.

Каждый этап сборочного процесса, выполняемый функционально самостоятельным механизмом или человеком, преследует цель достижения определенного результата U_j /параметра качества изделия, положения собираемых деталей и т.п./. Если эта цель не достигнута /событие $\bar{U}_j$ /, то элемент перейдет в неработоспособное состояние. Вид неработоспособного состояния определяется содержанием события $\bar{U}_j$. Обозначая $\bar{U}_j^i$, если недостижение цели U_j приведет элемент в состояние O^i / $i=1, 2, 3$ /, можно записать логическое выражение формирования каждого из неработоспособных состояний:

$$O^3 = \bigvee_j \bar{U}_j^3; \quad O^2 = \bigvee_j \bar{U}_j^2 (\bigwedge_j U_j^3); \quad O^1 = \bigvee_j \bar{U}_j^1 (\bigwedge_j U_j^2) (\bigwedge_j U_j^3),$$

где $\bigvee$ - знак дизъюнкции; $\bigwedge$ - знак конъюнкции. Заменяя в этих выражениях события U_j и $\bar{U}_j$ их вероятностями по определенным правилам, изложенным в диссертации, получаем уравнения для расчета вероятностей прямых переходов q_i^j элемента ТС в неработоспособное состояние в одном цикле:

$$q_1^3 = 1 - \prod_j p(U_j^3); \quad q_2^3 = [1 - \prod_j p(U_j^3)] \prod_j p(U_j^2);$$

$$q_1^1 = [1 - \prod_j p(U_j^1)] \prod_j p(U_j^2) \prod_j p(U_j^3).$$

В диссертации приведен обзор и сделан анализ общих методов прогнозирования вероятностей $p(U_j)$ на стадии технологической подготовки производства с использованием уравнений математической модели процесса сборки и приведены справочные данные для ориентировочного определения $p(U_j)$.

Показано, что последовательность состояний элемента сборочной автоматизированной ТС математически может быть представлена композицией независимой случайной последовательности и однородной цепи Маркова первого порядка. На основе такого математического описания в диссертации выведены уравнения для расчета показателей надежности элемента ТС. Например, уравнение для расчета коэффициента готовности имеет вид

$$\eta_r = \frac{1 - (q_n^1 + q_n^2 + q_n^3)}{1 + q_1^1 + q_1^2 + (q_1^1 + q_1^2 + q_1^3)/g},$$

где q_i^1 и q_i^2 - вероятности перехода элемента в состояние O_i под действием соответственно перемежающихся и устойчивых отказов; g - вероятность восстановления работоспособности за время одного цикла t_y . $g \approx t_y / \theta$, где θ - среднее время восстановления.

Вывод уравнений для расчета показателей надежности системы по надежности элементов производился методами теории вероятностей для наиболее распространенных структур сборочных ТС исходя из того, что показатели надежности есть стационарные вероятности состояний элементов. Например, показатели надежности системы, состоящей из двух последовательных элементов, между которыми отбраковываются дефектные изделия с значениями риска поставщика $\alpha = \alpha_u + \alpha_n$ и риска потребителя β , должны определяться по формулам:

$$\begin{aligned} \eta_i &= \eta_{i1} \cdot \eta_{i2} (1 - \alpha) ; \\ K_u &= K_{u1} (1 - K_{n2}) \beta + K_{u2} \cdot \eta_{i1} (1 - \alpha) - K_{n2} \cdot K_{u1} ; \\ K_n &= K_{n1} (1 - K_{n2}) \beta + K_{n2} \cdot \eta_{i1} (1 - \alpha) + K_{n2} \cdot K_{u1} ; \\ K_p &= 1 - (1 - K_{n2}) [(K_{u1} + K_{n1}) \beta + \eta_{i1} (1 - \alpha)] ; \\ m_u &= (1 - K_{n2}) [K_{u1} (1 - \beta) + \alpha_u \cdot \eta_{i1}] + K_u ; \\ m_n &= (1 - K_{n2}) [K_{n1} (1 - \beta) + \alpha_n \cdot \eta_{i1}] + K_n . \end{aligned}$$

где индекс 1 присвоен первому, а индекс 2 - второму элементам в последовательности сборки изделия.

Показатели надежности ТС отражают ущерб от отказов и могут быть без затруднений использованы при оценке эффективности ТС. В диссертации приводятся конкретные зависимости для расчета производительности ТС, трудоемкости и себестоимости сборки изделия с учетом надежности ТС.

Методика проиллюстрирована конкретным расчетом надежности четырех ТС сборки узлов якорей стартеров автомобильных двигателей. Расчетные значения показателей надежности соответствуют статистическим, что подтверждает справедливость методики расчета.

В четвертой главе анализируются пути повышения надежности сборочных автоматизированных ТС и изложены результаты исследований процесса сборки, направленные на определение условий его безотказного протекания, на примере сборки вала с сердечником якоря стартера автомобильного двигателя.

Сопряжение сердечника якоря с валом имеет ту особенность, что из двух характеристик прочности: силы сцепления F и момента сцепления M , необходимо прежде всего обеспечить момент. С этой целью на валу делают рифления, которые при запрессовке врезаются в стенки отверстия пластины сердечника. При этом сопряжение происходит по боковым поверхностям и вершинам рифлений. Зависимости для расчета момента M и силы F искались в виде полиномиальных регрессионных моделей по результатам многофакторных экспериментов. В диссертации дается описание экспериментальной установки и методики проведения экспериментов. При проведении экспериментов снимались осциллограммы протекания процесса запрессовки. Анализ осциллограмм и проверка значимости коэффициентов модели показали, что скорость запрессовки в пределах 2...20 мм/с и увеличение твердости вала до HRC40 не оказывают существенного влияния на прочность сопряжения. Полученная модель прочности сопряжения пластины с валом имеет вид:

$$F_n = 0,063 \frac{D}{t} \left[-577 + 38219H + 2385 \left(1 - \frac{h-h_1}{0,66} \right) + 29,8\alpha - 182400H^2 - 2400 \left(1 - \frac{h-h_1}{0,66} \right)^2 + 0,2\alpha^2 - 76H\alpha + 11,7\alpha \left(1 - \frac{h-h_1}{0,66} \right) \right], \text{ Н};$$

$$M = D^2 (-3,78 + 91,2H + 4,46h_1 - 36,9H \cdot h_1) \cdot 10^{-2}, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где F_n – сила сцепления пластины с валом на начальном участке сопрягаемой поверхности вала /2...6 мм от заходной кромки вала/; H – натяг в сопряжении по наружному диаметру, мм; h – полная высота профиля рифлений, мм; h_1 – действительная высота профиля рифлений, в долях h ; α – угол заходной части вала; D – диаметр сопряжения, мм; t – шаг рифлений, мм.

Эксперименты показали, что сила сцепления F по мере продвижения пластины по валу существенно уменьшается за счет износа сопрягаемой поверхности пластины и конусности наружной поверхности вала. Износ вала, при его запрессовке в весь пакет пластин сердечника, оказывает благоприятное влияние на процесс запрессовки и прочность сопряжения, выражающееся в снижении максимального усилия запрессовки и увеличении силы сцепления F . С учетом вскрытого характера протекания процесса запрессовки на основе модели прочности сопряжения получены уравнения для оценки сверху суммарного усилия запрессовки и

выбора усилия пресса.

Исследования по определению точности координации сердечника якоря на валу были направлены на выявление элементарных погрешностей и получения математических зависимостей для их расчета. Размер, координирующий положение сердечника на валу, формируется автоматически, соответствующим построением схемы запрессовки, и является замыкающим звеном технологической размерной цепи, которая образована размерами собираемых деталей и приспособления пресса. Исследовались две схемы запрессовки: 1 - при которой усилие запрессовки передается через уступ вала; 2 - при которой усилие запрессовки передается через цанговый захват вала. Установлено, что на точность координации сердечника, кроме погрешностей изготовления собираемых деталей и погрешностей настройки, влияют также погрешность от упруго-пластических деформаций собираемых деталей и элементов приспособления под действием сборочного усилия Δf и погрешность от релаксации сердечника ΔR , под которой понимается увеличение длины сердечника после снятия нагрузки пресса за счет восстановления упругих деформаций пластин сердечника. На основе теоретических и экспериментальных исследований получены уравнения, позволяющие рассчитать деформацию системы "собираемый узел - приспособление пресса" в направлении размера, координирующего положение сердечника на валу:

$$\text{для схемы 1} \quad f = 0,012 + \left(\sqrt{R^2 + \frac{P}{\sigma_B \pi}} - R \right) (\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \alpha), \text{ мм};$$

$$\text{для схемы 2} \quad f = 0,19 + 8,2 \cdot 10^{-6} P, \text{ мм},$$

где P - сборочное усилие, Н; R - радиус контакта нажимной втулки пресса с валом, мм; σ_B - предел прочности материала вала, Н/мм²; α - угол фаски нажимной втулки; β - угол фаски вала. В диссертации приводятся выражения для расчета величины рассеяния деформации f .

Теоретические исследования распределения сил, возникающих в i -ом стыке пластин сердечника в процессе запрессовки Q_i и после снятия нагрузки пресса N_i , позволили определить направление изменения длины сердечника по отношению к координирующему размеру в зависимости от конструктивных особенностей узла и показали, что величина этого изменения длины определяется

выражением

$$\Delta_R = \sum_i c_i (Q_i; Q_i - N_i),$$

где $c_i(Q_i; Q_i - N_i)$ - величина изменения высоты пакета пластин сердечника в одном i -ом стыке, если при запрессовке в нем возникала сила Q_i , а после снятия нагрузки прессы действует сила N_i . Экспериментально установлены значения C в зависимости от разности $Q - N$ при различных $Q_{\max}$. Эксперименты также позволили установить, что если в крайних стыках пластин сердечника обеспечить давление более 150 Н/см^2 /например, при помощи запорных шайб/, то величина C будет не более 1 мкм.

По полученным уравнениям модели процесса сборки была рассчитана вероятность обеспечения точности координации сердечника на валу. Расчет показал, что доминирующей погрешностью является погрешность от релаксации сердечника. Если принять $\Delta_R = 100\%$, то величины других погрешностей относительно Δ_R составляют соответственно для схемы 1 и схемы 2: от упруго-пластических деформаций - 28% и 81%; от рассеяния размеров собираемых деталей - 33% и 45%; настройки - 12% и 46%. Расчет производился с учетом использования схемы запрессовки 1 при сборке узла СТ230-3706210, а схемы 2 при сборке узла СТ130А1-3706210. Расхождение расчетного и практического полей рассеяния суммарной погрешности координации сердечника составляет менее 6%, что подтверждает адекватность экспериментальных исследований производственным условиям.

В диссертации показывается, как на основе изучения физической сущности и уравнений модели процесса сборки должны назначаться входные факторы процесса по условию его безотказного протекания с учетом конкретных условий производства. Приведены рекомендации, справочные данные и последовательность назначения входных факторов процесса сборки при подготовке нового и совершенствовании существующего производства якорей стартеров автомобильных двигателей.

В пятой главе приводятся практические результаты работы.

На основе проведенных исследований разработаны методические указания /МУ/ "Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности сборочных операций". МУ устанавливают единые показатели надежности сборочных ТС: η_r , K_u , K_n , K_p , m_u , m_n ; методики их расчета при технологической подготовке производства и статистической оценки на стадии

функционирования ТС. В МУ приведены рекомендации и конкретные уравнения, позволяющие учесть ущерб от отказов через показатели надежности при расчете производительности ТС, трудоемкости и себестоимости сборки. В диссертации приводится структура МУ и показывается, какие из полученных результатов использовались при подготовке МУ. Использование МУ позволит более обоснованно подойти к выбору варианта ТС и целенаправленно проводить работы по повышению надежности сборочных ТС. По данным ВНИИНМАШ ожидаемый экономический эффект от внедрения МУ составит 120 т. рублей.

Приводятся результаты апробации предложенных показателей надежности при статистической оценке надежности действующих ТС сборки якорей стартеров на заводах автотракторного электрооборудования. Апробация показала, что показатели надежности объективно оценивают совершенство применяемой технологии, позволяют сравнивать различные ТС по элементам и в целом по степени обеспечения качества собираемых изделий и по потерям производительности. На их основе достаточно просто осуществляется оценка эффективности внедряемых мероприятий по обеспечению качества изделий. Показатели надежности ТС рекомендованы для использования в комплексной системе управления качеством продукции.

Приводятся конкретные рекомендации по повышению надежности ТС, собирающих якоря стартеров, разработанные по результатам статистической оценки и экспериментальных исследований. Внедрение этих рекомендаций позволило повысить однородность качества и ресурс якорей и снизить производство якорей, поставляемых в запасные части.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований на основе методов теории надежности решена актуальная научно-техническая задача комплексной оценки способности сборочной ТС к обеспечению качества и ритма выпуска собираемых изделий для случая, когда система имеет один поток и оснащена автоматическим и автоматизированным оборудованием дискретного действия.

2. Определено пространство состояний и основные причины отказов сборочных автоматизированных ТС. Установлено, что доминирующими причинами отказов является неоптимальное назначе-

ние входных факторов технологического процесса и возмущения. Вследствии этого потоки отказов близки к простейшим.

3. Надежность сборочных ТС рекомендуется оценивать основными показателями, являющимися стационарными вероятностями состояний системы: η_r – коэффициент готовности; K_u – коэффициент исправимых дефектов; K_n – коэффициент неисправимых дефектов; K_p – коэффициент простоя, и дополнительными, когда внутри системы происходит отбраковка дефектных изделий: M_u и M_n – средние потери изделий соответственно с исправимыми и неисправимыми дефектами за один цикл.

4. Расчет надежности ТС следует рассматривать как этап технологической подготовки производства, способствующий выбору наиболее эффективного варианта ТС и поиску путей повышения надежности. Для расчета надежности сборочных автоматизированных ТС может быть использована разработанная в диссертации методика.

5. Для обеспечения высокой надежности сборочной ТС при технологической подготовке производства необходимо стремиться к оптимальному назначению входных факторов процесса сборки, а на стадии функционирования не допускать возмущающих воздействий.

6. Вскрыт механизм формирования основных параметров якоря стартера и построены уравнения математической модели процесса сборки. Эти уравнения могут быть использованы для прогнозирования точности и назначения входных факторов процесса сборки по условию его безотказного протекания.

7. Разработана методика выбора входных факторов процесса сборки по условию его безотказного протекания на примере сборки узла якоря стартера. Конкретные рекомендации и справочные данные методики могут быть использованы во всех случаях подготовки нового и совершенствования существующего производства якорей стартеров автомобильных двигателей.

8. Результаты работы нашли практическую реализацию в виде методических указаний "Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности сборочных операций", являющихся частью работ, предусмотренных постановлением Госстандарта СССР от 21 апреля 1977г. №14, и в виде конкретных рекомендаций по повышению надежности ТС сборки якорей стартеров, внедрение которых позволило повысить ресурс якорей и

снизить производство запасных частей. Показатели надежности и методика их статистической оценки приняты заводом АТЭ-І для использования в комплексной системе управления качеством продукции. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку методов расчета надежности непоточных сборочных ТС и на накопление исходных данных для прогнозирования вероятностей переходов элемента ТС в состояние отказа.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Шишкин В.С. Устройства для относительной ориентации деталей при автоматической сборке. В сб. "Технологии электро-технического производства". М., 1975, вып. 4/71/, с. II...I4.

2. Солодов М.Д., Шишкин В.С., Бухтеев П.И. Анализ надежности технологического процесса сборки якорей стартеров. В сб. "Автотракторное электрооборудование". М., 1977, вып. 9, /НИИНавтопром/, с. I2...I5.

3. Шишкин В.С., Золотаревский Ю.М. Влияние погрешностей изготовления деталей на качество сборки якорей стартеров. В сб. "Автотракторное электрооборудование". М., 1978, вып. 4, /НИИНавтопром/, с. I3...I6.

4. Солодов М.Д., Шишкин В.С. Анализ и оценка надежности технологической системы сборочной операции. "Передовой опыт в технологии, механизации и автоматизации сборочных работ в машиностроении". Тезисы докладов /Всесоюзный семинар "Сборка - 78", 17...19 октября 1978г., г.Харьков/. М., 1978, с.43...44.

5. Проников А.С., Солодов М.Д., Шишкин В.С. и др. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности сборочных операций. Методические указания. I-я редакция. М., ВНИИНАШ Госстандарта СССР, 1978, .69 с.

Тип. МВТУ. Разрешено к печати Л/Х-79г. Л-73892. Тираж 100 экз.

Заказ № 1089 Э. Баумана

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

16

БИБЛИОТЕКА