

М 86110

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

На правах рукописи

АКОПДЖАНЫН Арам Аршакович

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ
СУПОРТНОЙ ГРУППЫ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ПРОГРАММНЫХ ИСПЫТАНИЙ

05.03.01 - Процессы механической и физико-технической
обработки, станки и инструмент

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 - 1992

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель - д.т.н., проф. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР Проников А.С.

Официальные оппоненты - д.т.н., профессор Митрофанов В.Г.
к.т.н., доцент Иванников С.Н.

Ведущее предприятие - НПО НИИТМ - фирма "Диастан"

Защита диссертации состоится "18" июня 1992 г. в ____ час.
на заседании специализированного Совета К 053.15.15 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская ул., дом 5.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ имени Н.Э.Баумана.

1992 г.

Мещеряков Р.К.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

л 86110

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из основных направлений при создании новых металлорежущих станков является повышение их точности и параметрической надежности.

Токарные станки по-прежнему занимают наибольший удельный вес в станочном парке.

Основным критерием, характеризующим точность суппортного узла являются выходные параметры точности.

В процессе обработки СУ подвергается интенсивному воздействию всего комплекса эксплуатационных нагрузок, имеющих стохастическую природу, вследствие чего параметры точности СУ во времени носят вероятностный характер, изменяются в широком диапазоне и оказывают доминирующее влияние на погрешность обработки и формирование показателей точности и надежности изготавливаемых деталей.

Поэтому следует развивать разработки, связанные с наибольшим использованием возможностей станка по обеспечению высокой точности при одновременных требованиях производительности.

Вместе с тем точность, как основной критерий для оценки технического уровня станка, особенно с учетом широкого диапазона условий и режимов работы станка, используется в настоящее время явно недостаточно.

Настоящая работа ставит своей задачей в известной мере заполнить этот пробел в отношении одного из основных узлов токарного станка - суппортной группы и разработать методы оценки технического уровня этого узла с учетом вероятностной природы процессов формирования показателей точности.

Диссертация выполнялась в рамках научно-технической программы "Надежность", утвержденной АН от 07.05.87 г.

Реализация работы. Результаты работы приняты к внедрению на МСПО "Красный пролетарий" и использованы при разработке новых моделей станков.

Ожидаемый годовой экономический эффект составляет 6.200 рублей, на один станок.

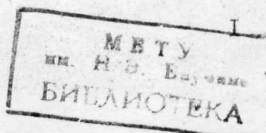
Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технической конференции: "Научно-технический прогресс в отечественном станкостроении" г.Москва, 1990 г., и на научных семинарах кафедры "Металлорежущие станки" МГТУ им. Баумана в 1989, 1990, 1991 г.г.

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1086110

Акопджян А.А. Разработк



Публикации. По материалам диссертации опубликованы четыре печатных работы.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, списка литературы из 161 наименования, общих выводов приложения; содержит 152 страниц машинописного текста, 37 рисунков и 18 таблиц.

Цель работы. Исследовать и разработать методы оценки технического уровня суппортного узла токарных станков по критерию качества для повышения точности обработки за счет выбора рациональных режимов работы станка и конструктивно-технологических параметров СУ.

Методы исследования. В теоретических исследованиях применялись методы теории надежности машин, теория и методы расчета металлорежущих станков, теории вероятности и математической статистики, математического анализа, методы численного интегрирования.

Экспериментальные исследования проводились по специально разработанной методике на испытательно-измерительном комплексе с использованием современных бесконтактных оптических средств измерения и ЭВМ для обработки данных.

Научная новизна.

1. Разработан метод оценки качества и параметрической надежности суппортной группы токарных станков, в основе которого определение технического уровня суппорта по выходным параметрам точности, с учетом вероятностной природы действующих процессов.
2. Разработана методика выбора режимов обработки по критерию качества с учетом характеристик СУ. Установлена область состояний для выбранных выходных параметров суппорта в функции режимов резания исходя из заданных требований к точности обработки.
3. Предложен метод получения баланса точности, учитывающего влияние основных факторов: геометрической точности, упругих отжатий, тепловых деформаций.
4. Рассмотрена схема смещения режущего инструмента в результате контактной податливости элементов суппортного узла с учетом деформации подвижных соединений и установлена область рациональных регулировок планки и клиньев из условия повышения точности обработки

Практическая ценность.

1. Разработан испытательно-измерительный комплекс, предназначенный для автоматизированных испытаний и оценки технического уровня суппортного узла по критерию точности.
2. Получены статистические данные об эксплуатационных нагрузках станков токарной группы средних типоразмеров, оказывающих влияние на выходные параметры точности суппорта.
3. Разработаны алгоритмы и прикладные программы для расчета на основании экспериментальных данных выходных параметров точности суппортной группы и обработки результатов измерений.
4. Даны рекомендации для повышения точностных возможностей прецизионных токарных станков за счет выбора рациональных режимов работы станка и регулирования подвижных элементов конструкции.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, дана общая характеристика работы, отмечена научная новизна, практическая ценность и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации на основе анализа работ, посвященных вопросам повышения точности и надежности, расчетам деталей, узлов и работоспособности металлорежущих станков, как основных элементов технологической системы, сформулированы цель и задачи исследования.

Дан обзор и анализ существующих методов испытаний станков по показателям точности и параметрической надежности.

В работе использован программный метод, который дает возможность оценить сопротивляемость станка спектру внешних воздействий во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок.

В данной работе применен вероятностный подход, который наиболее полно отвечает природе случайных явлений и процессов, протекающих в станке, под воздействием которых происходит непрерывное изменение показателей точности станка, в течение всего периода его эксплуатации.

Показано, что в качестве выходных параметров точности суппортного узла токарного станка, определяющих его работоспособность, целесообразно выбирать параметры траекторий опорной точки, совпадающей с вершиной резца.

Доля СУ составляет до 70% погрешности при обработке деталей в продольном направлении.

В работе сформулированы следующие основные задачи:

1. Выбор и оценка выходных параметров СУ по показателям траектории движения суппорта из условия обеспечения высокой точности обработки.

2. Разработка частной методики испытаний и создание автоматизированной установки для оценки технического уровня суппортной группы токарных станков.

3. Проведение программных испытаний и получение полной характеристики точностных возможностей станка на примере токарно-винторезного станка мод. 16К20ВФ1.

а) оценка области состояний для выбранных параметров, в функции режимов обработки;

б) установление зависимости между регламентированными параметрами траектории и характеристиками суппортной группы (геометрической неточностью, упругими отжатыми, тепловым состоянием).

4. Анализ влияния параметров суппортной группы на показатели точности обрабатываемых деталей.

5. Оценка влияния контактной жесткости прижимной планки и подвижных клиньев на точность движения суппорта.

6. Разработка рекомендаций по конструкции и режимам работы СУ станка для обеспечения требуемой точности.

Во второй главе разработана частная методика оценки технического уровня суппортного узла по критерию точности. Методика учитывает вероятностные характеристики входных (варьируемых) и выходных параметров и базируется на принципах программного испытания.

Рассмотрены следующие этапы:

I этап – сбор и формирование статистической информации в виде массива данных для входных параметров технологического процесса токарной обработки деталей типа тел вращения различной номенклатуры. Рассмотрена методика получения числовых характеристик и исследованы законы их распределения, представленные в виде гистограмм, которые отражают реальные условия эксплуатации токарных станков средних размеров.

Варьируемые параметры: $n(\frac{об}{мин})$ – частота вращения шпинделя, $S(\frac{мм}{об})$ – подача, $t(мм)$ – глубина резания, $\phi(мм)$ – диаметр и $l(мм)$ – длина обрабатываемых поверхностей, $V_p(\frac{м}{мин})$ – скорость резания, а также материал заготовок и параметры режущих инструментов.

Полученные распределения аппроксимированы лог-нормальным законом, определена деталь представитель и наиболее характерные режимы нагружения, необходимые для расчета сил резания.

2 этап – анализ требований, предъявляемых к точности обрабатываемых деталей по тем качествам, которые можно обеспечить при обработке на данных станках.

3 этап – установление взаимосвязи выходных параметров станка с показателями точности обработки деталей.

В качестве выходных параметров станка, в частности СУ были выбраны:

X_0 – удаленность траектории, определяемая расстоянием от наивысшей и нижней точками траектории до оси Z' , параллельной оси Z и отстоящей от нее на номинальный радиальный размер детали;

X_1 – размах траектории, наибольшее расстояние между координатами траектории в направлении движения суппорта по оси Z ;

X_2 – средний наклон траектории $X_2 = \operatorname{tg} \beta$, который определяется как тангенс угла наклона средней линии профиля траектории к оси Z ;

X_3 – наибольший по модулю наклон траектории $X_3 = \operatorname{tg} \alpha_{\max}$. Данные параметры связаны с точностью обрабатываемой поверхности, с точностью размера $X_p = X_0$ и точностью формы – цилиндричностью $X_{ц} = X_1$, конусообразностью $X_K = X_2$, бочкообразностью или седлообразностью $X_6 = X_3$. Между выходными параметрами точности движения СУ X_0 , X_1 , X_2 , X_3 и показателями точности изготавливаемых деталей X_p , $X_{ц}$, X_K , X_6 установлена тесная корреляционная связь. Диапазон колебания значений коэффициента корреляции составлял $0,82 \leq r \leq 0,95$.

4 этап определение структуры и состава испытательно-измерительного комплекса ИИК, который является основным источником информации о выходных параметрах точности суппортного узла.

5 этап – определение области допустимых значений – области работоспособности для каждого выходного параметра.

6 этап – определение области состояний для каждого выходного параметра X_i – области, в которой с заданной вероятностью могут находиться выходные параметры точности и сравнение ее с областью допустимых значений параметра $[X_i]$. В результате определяется запас надежности по точности K_H , как отношение допустимых значений, определяющих область работоспособности к фактическим определяющим область состояний. Если $K_H < 1$ определяется вероятность безотказной работы $P(t)$ – вероятность выхода параметров за заданные границы области работоспособности.

По результатам сравнения области работоспособности с областью состояний выходных параметров точности, дается оценка технического уровня СУ и при необходимости осуществляется разработка конструктивно-технологических путей по повышению точности и обеспечению требуемых показателей качества и параметрической надежности.

В третьей главе дается описание разработанного испытательно-измерительного комплекса (ИМК), который функционирует в режиме автоматизированных измерений.

Применение ИМК было вызвано трудоемкостью проводимых испытаний при вероятностной оценке выходных показателей точности СУ, ИМК является основным источником информации об исследуемых параметрах.

В состав разработанного ИМК входят:

- бесконтактный прецизионный фотоэлектрический автоколлиматор мод. АФ-ПЦ (с блоком автоматики и 2 УПЦ), предназначенный для одновременного измерения с малой погрешностью от $0,1''$ (или $0,5 \mu\text{м}$) по двум координатам;
- индуктивный измерительный преобразователь линейных перемещений мод. ДЛПН-2-250, обладающий высокой точностью и линейностью для определения координат продольного перемещения опорной точки (вершины резца) суппорта с равномерным шагом h_i по текущим координатам оси Z .
- микроЭВМ "Искра 1256" (6 исполнения) для ввода и хранения в памяти массива данных всей совокупности параметров траектории и статистической обработки результатов измерений.

ЭВМ работала в режиме сбора и обработки информации, осуществляла измерение по 32-х каналному АЦП.

Результаты измерений записывались в кассетный накопитель на магнитной ленте "Искра 005-36", а также в виде распечатки на принтер "Роботрон II52" и плоттер "Н306".

Специально разработан блок-интерфейс для преобразования выходного сигнала ДЛПН-32 в входной воспринимаемый АЦП ВК, который через установленный, равномерный шаг h_i с выхода блока индикации БИН-Их0,5, обеспечивал выдачу аналоговых импульсов в режиме автоматизированного измерения АФ-ПЦ.

Для обеспечения функционирования автоматизированного ИМК, обработки результатов измерений и их графического отображения, в заданном диалоговом режиме были разработаны алгоритм в виде

блок-схемы и программное обеспечение по:

- измерению углов поворота суппорта в 2-х плоскостях;
- пересчету измеренных угловых величин (сек) в линейные (мкм);
- отклонения координат траекторий движения суппорта от прямолинейности по стандартной методике автоколлимационных измерений;
- расчету выходных параметров траектории X_p, X_k, X_o ;
- измерению движения суппорта по текущей координате Z_i с равномерным шагом h_i .

При измерении параметров траектории угловые показания (в сек) автоколлиматора мод. АФ-1Ц пересчитаны по методу численного интегрирования (методу трапеций) на соответствующие линейные значения (мкм) ординат траектории, по формуле:

$$X = \frac{1}{2} \int_{f_0}^Z \frac{\Delta}{Z_i + f_0} dz$$

где Z_i - текущая координата, f_0 - начальное расстояние зеркала от АФ-1Ц, Δ - показания автоколлиматора при перемещении СУ.

Для аттестации АФ-1Ц, ДЛПН-2 и получения достоверности измерительной информации об угловых и линейных величинах, оценивающих траекторию движения суппорта был использован лазерный интерферометр мод. НР-5528А с автоматической записью результатов измерений в цифровом и графическом формах.

Четвертая глава посвящена экспериментальной оценке показателей точности на примере суппорта универсального токарно-винторезного станка мод. 16К20ВФ1, изготовленного на МСПО "Красный proletарий", как типичного представителя высокоточных станков, предназначенного для получистовой и чистовой обработки прецизионных деталей.

При испытании СУ оценивалась форма траектории и ее параметры в процессе обработки деталей на холодном станке и разогремом до состояния тепловой стабилизации, а также при продольном перемещении суппорта вхолостую от руки.

Вариация действующих на СУ эксплуатационных нагрузок в процессе обработки осуществлялась применением трех типовых режимов: двух получистовых (I и II) и чистового (III) с соответствующими значениями n_i , S_i и t_i , представленных в табл. 1.

Обработка результатов испытаний с объемом выборки $N = 100$ для каждого параметра в соответствии с их данными статистического анализа, производилась с применением пакета прикладных программ STATGRAF, реализованного для персонального компьютера IBM PC-XT.

Результаты экспериментальных исследований суппортного узла станка мод. 16К20Ф1
(заготовки из ст. 40Х, диаметр 70 мм, длина 600 мм)

Таблица 1.

Выходные параметры				Квалитет точности				h6, мкм		h7, мкм	
X ₀ - удаленность траектории (точность размера)	X ₂ - средний наклон траектории (конусообразность)	X ₃ - наибольший наклон траектории (бочкообразность)	Допустимые значения (область работоспособности, в % от допуска)	X ₀	0,6Δ	10	6	16	9,6		
				X ₂	0,8Δ	8	6,4	12	9,6		
				X ₃	0,8Δ	8	9,6	12	9,6		
Режимы обработки				Область состояний, мкм				Оценка качества и надежности			
I	h	S	t	параметры	X _{нс}	$\bar{X}$	6i	K' _H	P(t)	K'' _H	P(t)
				X _p	18,75	16,04	1,94	-	0,14	-	0,44
				X _K	19,5	15,1	2,36	-	0,19	-	0,45
II	h	S	t	X _с	5,94	4,9	0,43	1,08	-	1,65	-
				X _p	12,4	10,5	0,73	-	0,34	-	0,81
				X _K	14,3	11,37	0,73	-	0,31	-	0,75
III	h	S	t	X _с	5,06	3,77	0,61	1,33	-	2,01	-
				X _p	8,82	7,5	0,53	-	0,56	1,11	-
				X _K	7,25	5,58	0,53	-	0,9	1,32	-
	800	0,1	0,1	X _с	4,15	3,12	0,38	1,57	-	2,51	-

Были получены гистограммы распределения для всех указанных вариантов работы станка. Пример приведен в табл. 2.

На основе анализа требований к погрешностям деталей, изготавливаемых на исследуемом станке приняты границы области работоспособности, которые составили (для $X_p = 60\%$, X_k и $X_o = 80\%$) от значения допуска на погрешности деталей соответственно по h_6 и h_7 квалитетам точности.

Основные испытания заключались в определении областей состояний для трех установленных режимов обработки. Испытания показали, что для параметра X_p при работе на режимах n_2, s_2 и n_3, s_3 область состояний находится в течение всего времени работы станка ($T = 8$ час) в пределах области допустимых значений, а для режима n_1, s_1 в течение 2,5 час при требованиях для квалитета h_7 .

По кв. h_6 при работе станка на режиме n_3, s_3 области состояний выходит за область работоспособности через 2 часа после включения станка; на режиме n_2, s_2 выход области состояний за область работоспособности происходит через 1,5 ч; при n_1, s_1 - через 4 ч.

Для параметра X_k во всем диапазоне режимов обработки по кв. h_7 область состояний находится в пределах области работоспособности.

По кв. h_6 выход за область работоспособности произошел на режиме n_3, s_3 через 5 ч; n_2, s_2 - 3 ч; n_1, s_1 - 1 ч.

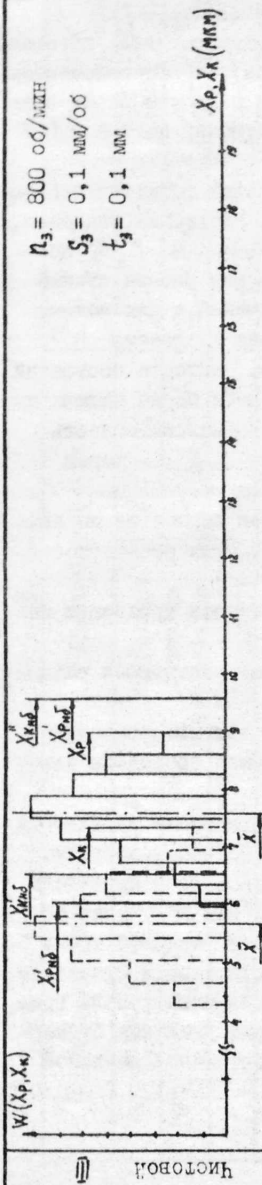
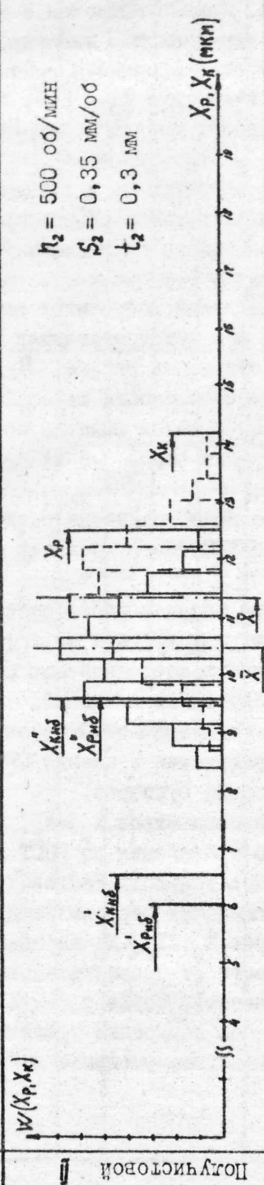
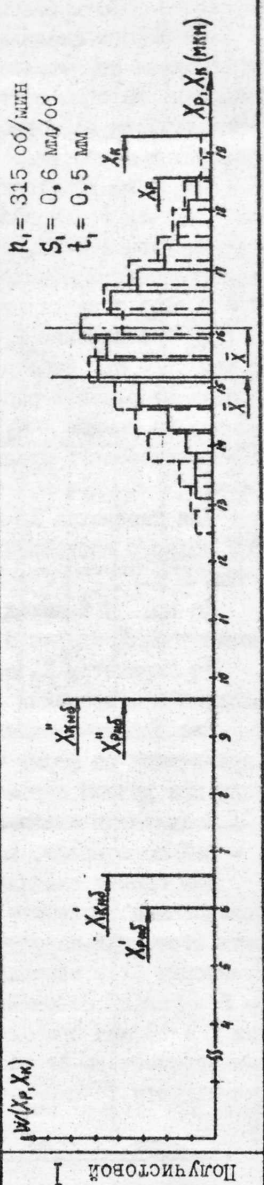
По параметру X_o область состояний при соответствующих режимах находилась в пределах допустимых значений.

Для оценки влияния геометрической неточности изготовления направляющих на форму траектории движения СУ были проведены измерения при ручном перемещении суппорта.

Полученные значения параметров X_p , X_k , X_o и запас надежности $K_H = 2+3$ показывают, что требования по ГОСТ 18097-86 выдержаны.

Для оценки влияния на точность тепловых процессов проведены исследования теплового смещения вершины резца. Для получения области состояний параметров X_p , X_k , X_o определяли тепловой тренд траектории СУ в зависимости от продолжительности работы станка до $T = 8$ ч (одной рабочей смены). Через установленные интервалы времени $T = 60$ мин проводилось измерение траектории движения суппорта и оценивалось ее постепенное смещение до достижения тепловой стабильности.

Изменение распределения параметров X_0 и X_1 в функции режимов обработки



Исследования показали, что влияние на параметры X_p и X_k тепловых смещений зависит от количества тепла выделяемого в основном опорами шпинделя. Интенсивность тепловыделения возрастает с увеличением частоты вращения шпинделя.

Проведенные расчеты тепловых смещений по статистическим характеристикам $\bar{X}$ и σ_i величины их изменения показали существенное влияние температурных деформаций. Распределение тепла вдоль направляющих неравномерно, что приводит к изменению топографии контактирующих поверхностей направляющих и искажению формы траектории движения суппорта.

Анализ тепловых смещений и их влияние на параметр X_k позволил выбрать режимы резания для обработки деталей с заданной точностью.

По результатам испытаний были получены значения параметров траектории X_p , X_k , X_0 при обработке на всех трех типовых режимах резания и получены зависимости для каждого параметра от сил резания $P_1 = 42H$, $P_2 = 192H$, $P_3 = 391H$.

Установлено, что при увеличении силы резания в пределах $P = 40-400H$ значения параметров возрастают и, соответственно, меняются вероятностные характеристики областей состояний $\bar{X}$ и σ_i .

Расчет значений запаса надежности по параметрам X_p ($K_N = I, II$), X_k ($K_N = I, 32$) показал, что обработку прецизионных деталей для обеспечения кв. h_7 допускается производить на получистовом режиме n, s, t_i , который более производителен.

Получение точности обработки деталей по размеру в пределах кв. h_6 , станок данной модели без дополнительных конструкторско-технологических мероприятий не может обеспечить.

Выявлены доминирующие факторы и их доли в суммарном балансе точности для каждого параметра X_i , которые составляют от геометрических факторов 10-20%, от температурных деформаций 25-40%, от упругих отжаты 40-70%. Полученные данные позволяют производить обработку на режимах, обеспечивающих данную точность и одновременно в наибольшей степени использовать станок по критерию производительности.

В пятой главе рассмотрено влияние контактной деформации элементов суппортного узла на точность перемещения суппорта с учетом клиньев и планки и установлена область рациональных натягов регулируемых элементов конструкции из условия обеспечения высокой точности обработки.

Исследован механизм влияния регулировки на выходные параметры точности СУ, разработана схема для определения смещения вершины резца за счет контактных деформаций в направляющих; рассчитаны контактные деформации в каждом отдельном стыке, проведены экспериментальные исследования по оценке зон контакта в регулировочных звеньях и определено влияние усилий затяжки на контактную жесткость.

На основании этих исследований и расчетов определены оптимальные значения сил затяжки, которые составляют: $F_{\text{вс}} = 30\text{H}$, $F_{\text{вс}} = 100\text{H}$, $F_{\text{вс}} = 125\text{H}$.

Проведенные испытания по оценке технического уровня суппортного узла по параметрам X_1 и X_2 в условиях оптимального регулирования подвижных элементов конструкции с учетом стабилизации теплового поля станка, позволили стабильно производить обработку деталей по качеству h_7 на минимальных и средних, получистовых режимах, а на максимальных чистовых режимах по качеству h_6 .

Запас надежности K_H по соответствующему параметру составил: для $X_1 = X_P$ $K_H = 1,1 \dots 1,02$ на получистовых (I, II) режимах кв. h_6 ; $K_H = 1,88 \dots 1,65 \dots 1,08$ на получистовых (I, II) кв. h_7 ; для $X_2 = X_K$ $K_H = 1,56 \dots 1,09$ на получистовых (I, II) режимах кв. h_6 ; $K_H = 2,34 \dots 1,62 \dots 1,65$ на минимальных и средних режимах кв. h_7 .

Применение рациональных методов для регулирования подвижных клинзев и прижимной планки, а также стабилизация теплового поля позволили повысить точность обработки на данном станке на один класс.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработанная частная методика оценки технического уровня суппортной группы токарных станков по результатам программных испытаний позволяет дать полную характеристику ее качества по параметрам точности, оценить основные конструкторско-технологические факторы, влияющие на погрешность обработки, выбирать режимы резания по критерию точности.

2. На примере производственных условий МСПО "Красный пролетарий" получены статистические характеристики входных параметров и их законы распределения в виде гистограмм, отражающие условия эксплуатации станка. Источником информации являются процессы изго-

товления, осуществляемые на станках данного типа, которые отражены в операционных картах. Определена деталь-представитель и характерные режимы обработки.

3. Установлены основные выходные параметры станка, как характеристики траектории движения суппорта, связанные с точностью размера и формы обрабатываемых поверхностей цилиндрических деталей.

4. Для реализации предлагаемого метода испытаний разработан и внедрен испытательно-измерительный комплекс (ИИК), предназначенный для автоматизированных измерений выбранных параметров траектории.

Применение комплекса позволяет автоматизировать испытания, проводить их с учетом вероятностей природы выходных параметров, повышать достоверность оценки показателей качества и параметрической надежности суппортного узла (СУ).

5. Для обеспечения функционирования автоматизированного ИИК и обработки результатов измерений, в заданном диалоговом режиме разработаны специальные прикладные программы: расчета отклонения траектории движения суппорта от прямолинейности; пересчета измерения угловых величин (сек) в линейные (мкм); расчета выходных параметров траекторий X_i ; измерения и фиксации координат положения суппорта по оси Z с равномерным шагом h_i .

6. Проведенные испытания СУ токарного станка мод. I6K20BFI позволили для каждого выходного параметра X_i определить статистические характеристики ($\bar{X}$, σ_i) области состояний данных параметров в функции режимов обработки и теплового состояния станка. По результатам испытаний были определены запас надежности (K_N) и вероятность безотказной работы $P(t)$ для квалитетов h_6 и h_7 и типовых режимов обработки. Установлены режимы, на которых должен работать станок для обеспечения требуемой точности.

7. Установлен удельный вес основных факторов, влияющих на параметры траектории движения суппортного узла, которые по разному влияют на точность обработки в зависимости от требований к размеру и форме обрабатываемой поверхности.

Показано, что для станка мод. I6K20BFI при сравнительной оценке изменения статистических характеристик области состояний в балансе суммарных погрешностей в зависимости от режимов обработки и требований точности геометрическая точность направляющих составляет 10-20%, упругие отжатия - 40-70%, величины температурных деформаций - 25-40% от суммарной погрешности.

8. Разработан метод регулирования подвижных элементов конструк-

струкции СУ клиньев и планки, который позволяет повысить точность обработки на один квалитет.

9. Установлены наиболее эффективные методы для повышения прецизионности станка. Определены рациональные технологические и конструктивные пути повышения точности за счет регулирования подвижных элементов, температурной стабилизации и установления рациональных режимов обработки для обеспечения точности формы и размера по кв. h_6 и h_7 .

10. Данные рекомендации использованы МСПО "Красный пролетарий" при разработке новой конструкции прецизионного станка мод. 17A20П30.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Утенков В.М., Акопджанян А.А. Использование мини-эвм для обработки показания фотоэлектрического автоколлиматора. — Метрология и качество: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. — Ереван, 1984, с. 16-18.
2. Утенков В.М., Акопджанян А.А. Контроль точности металлорежущих станков с помощью фотоэлектрического автоколлиматора в комплексе с микро-эвм. — М: Передовой опыт, 1986, №11, с. 7 - 8.
3. Утенков В.М., Акопджанян А.А. Опыт автоматизации измерения сил резания с помощью микро-эвм. — М: Передовой опыт, 1987, №1, с. 11-12.
4. Пхакадзе С.Д., Акопджанян А.А. Прогнозирование точности прецизионной обработки на металлорежущих станках с ЧПУ. // Новые методы управления качеством изделий машиностроения. / Материалы семинара. — М.: МДНТП, 1990. — с. 36-41.