

Серёгин Андрей Алексеевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИИ «ЭКСПЛУАТАЦИЯ»  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПАТРОНОВ САМОЦЕНТРИРУЮЩИХ  
ТРЕХКУЛАЧКОВЫХ СПИРАЛЬНО-РЕЕЧНЫХ

05. 03. 01 – Технологии и оборудование механической  
и физико-технической обработок



АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Оренбург – 2006

Работа выполнена на Оренбургском локомотиворемонтном заводе – филиале ОАО «Российские железные дороги» и в МГТУ им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент  
Шатилов Альберт Александрович

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор  
Чернянский Пётр Михайлович  
кандидат технических наук, доцент  
Вайс Савелий Давыдович

Ведущая организация – ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении

24. 11. 2006 г. на заседании диссертационного государственного технического совета при МГТУ им. Н.Э. Баумана  
ЦИС У1751361  
Скс Серегин А.А.  
10: Разработка и исследование  
стадии "эксплуатация"  
Ва жизненного цикла патронов  
самоцентрирующих трехкулачков

У 1751361

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ  
обозначенного здесь срока

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

им. Н.Э. Ба

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1751361

Серегин А.А. Разработка и

В.П. Михайлов

Тираж 100 экз.  
1. Н.Э. Баумана

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Самоцентрирующие спирально-реечные трёхкулачковые патроны (далее – патроны) являются распространённой универсальной станочной оснасткой, востребованной в машиностроении. Свёртывание выпуска патронов в Российской Федерации и сравнительная дороговизна импорта ставят в повестку дня такой источник частичного удовлетворения потребности в патронах, как их ремонт эксплуатирующей организацией. Ремонт патронов эксплуатирующей организацией проводят методами единичного и мелкосерийного производств с использованием универсальных средств технологического оснащения, возможности которых ограничены и уступают специализированным средствам технологического оснащения. Поэтому ремонт патронов эксплуатирующей организацией с достижением удовлетворительных показателей превращается в сложную научно-техническую проблему.

Объект исследования: стадия «эксплуатация» жизненного цикла (ЖЦ) патронов.

Цель работы: выявление закономерностей процесса изменения технологических показателей патрона в зависимости от времени и условий эксплуатации, а также разработка руководящего документа по капитальному ремонту патронов для реализации возможности частичного удовлетворения потребности машиностроительных предприятий в патронах за счёт их ремонта эксплуатирующей организацией.

Задачи исследования: 1. Разработать дополнительное предметное содержание этапа «использование по назначению» стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов в части:

1.1 Выявления наиболее распространённых условий использования.

1.2 Установления количественных оценок влияния времени и условий эксплуатации на износ ответственных деталей патрона и на утрату им работоспособности по параметрам безопасной и точной установки заготовки, жёсткости подсистемы «патрон – заготовка» системы металлорежущего станка.

2. Разработать дополнительное предметное содержание этапа «ремонт» стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов в виде системы организационных, технологических и конструкторских мероприятий по ремонту патронов силами эксплуатирующей организации, т.е. с использованием универсальных средств технологического оснащения.

3. Разработать предметное содержание стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов в виде дополнительного этапа «использование по назначению подвергнутых ремонту патронов».

4. Обобщить полученные результаты исследования в виде «Руководства по ремонту патронов со спирально-реечным механизмом для эксплуатирующих организаций».

Методы исследования. Теоретические исследования выполнены с использованием научных положений технологии машиностроения, основ конструирования и расчёта станков, трибологии, метрологии, стандартизации и взаимозаменяемости, основ проектирования приспособлений в машиностроении, реновации объектов машиностроения.

Экспериментальные исследования производили в условиях основного и вспомогательного производств Оренбургского локомотиворемонтного завода. Часть исследований – в п/о Станкостроительный завод им. В.И. Ленина.

Научная новизна работы: 1. Установлены количественные причинно-следственные связи между временем, условиями эксплуатации спирально-реечных трёхкулачковых патронов и снижением их работоспособности по параметру безопасной установки заготовок.

2. Разработана структура ремонтного цикла спирально-реечных патронов, согласованная по времени со структурой ремонтного цикла оснащаемого станка.

Практическая ценность. Доказана возможность продления срока использования патронов по назначению на 18 месяцев двухсменной работы в режиме класса точности «Н».

Реализация работы. Результаты научной работы использованы при разработке руководящего документа по капитальному ремонту патронов со спирально-реечным механизмом эксплуатирующей организацией.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Зависимости между временем, условиями эксплуатации патрона и силой закрепления, точностью центрирования заготовок в патроне, жёсткостью подсистемы «патрон – заготовка» технологической системы металлорежущего станка.
2. Структурная модель стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов.
3. Руководящий документ по ремонту патронов со спирально-реечным механизмом для эксплуатирующих организаций.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на республиканской научно-технической конференции в г. Фрунзе в 1986г., на пятой российской научно-технической конференции проводимой ОГУ в 2002 г., на научном семинаре кафедры «Технологии обработки материалов» МГТУ им. Н.Э. Баумана в 2003 г., 2-ой Всероссийской научно-практической конференции проводимой ОГУ в 2005 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 7 статей, 2 авторских свидетельства СССР на изобретения и 4 доклада на научно-технических конференциях.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, приложения (руководство по ремонту патронов со спирально-реечным механизмом), списка литературы из 93 наименований, содержит 151 страницу машинописного текста, 76 рисунков, 22 таблицы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрена актуальность исследования стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов.

Глава 1. Анализ стадий «проектирование», «изготовление» и «эксплуатация» жизненного цикла патронов. Патроны предназначены для установки заготовок деталей типа тел вращения с целью их дальнейшей обработки на металлорежущих станках. К патронам предъявляют требования по безопасному закреплению и точному центрированию заготовок. Из самоцентрирующих патронов наибольшее распространение получили патроны со спирально-реечным механизмом. Основными стадиями ЖЦ патронов являются: «проектирование», «изготовление», «обращение и реализация», «эксплуатация», «списание» и «утилизация». На стадии «эксплуатация» в современном машиностроении доминируют два этапа: «использование по назначению» и «ремонт». Причём капитальный ремонт патронов, с заменой или восстановлением любой из деталей, включая базовые, в современном машиностроении не производится.

Ремонт станочных приспособлений не входит в объём работ по ремонту металлорежущих станков. Станочная оснастка ремонтируется отдельно от станка. Это увеличивает простой оборудования и недобор продукции, в ряде случаев требует наличия дублирующей технологической оснастки.

Исследованиям точности, жёсткости, надёжности патронов и других станочных приспособлений посвящены работы Ваганова В.М., Ивасыпина Г.С., Иванова В.П., Корсакова В.С., Кузнецова Ю.Н., Микитянского В.В., Самариной Л.А., Солнышкина Н.П. и ряда других российских и зарубежных исследователей. Ремонт патронов рассмотрен в работах Крупенина З.А. и Косовского В.Л.

Глава 2. Исследование этапа «использование по назначению» стадии «эксплуатация» жизненного цикла патронов. Патроны являются универсальной оснасткой многоцелевого назначения. Тем не менее, на основе анализа производственных данных основного и вспомогательного производств, уда-

- лось выделить наиболее распространённые условия эксплуатации патронов:
1. Оснащение преимущественно станков токарной группы.
  2. Установка заготовок валов, винтов, толстостенных колец и втулок, выполненных из термически необработанной стали и чугунов.
  3. Использование в качестве технологических баз наружных поверхностей вращения и торцов.
  4. Использование в условиях единичного и мелкосерийного производств (реже среднесерийного).

Исследование износа деталей патронов производили в распространённых условиях эксплуатации. Измерения величины износа производили у патронов, участвующих в подконтрольных испытаниях. Непрерывные подконтрольные испытания патронов производили в течение 11 лет. Полностью прошли испытания 43 патрона. Время испытаний по 2,5 года при двухсменной работе и пять лет при работе в одну смену. Изучали влияние износа деталей патрона на безопасность закрепления и точность установки заготовок.

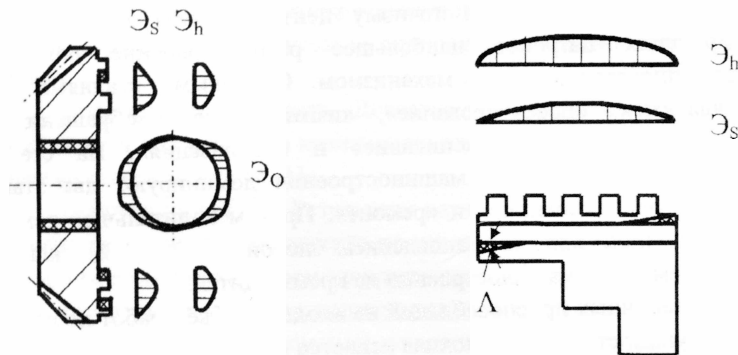


Рис. 1

На рис. 1 представлены наиболее характерные эпюры износа конструктивных элементов спирального диска (слева) и рейки толкателя кулачка (справа). На рис. 1 обозначено:  $\mathcal{E}_h$  – эпюра износа витков (зубьев) по толщине;  $\mathcal{E}_с$  – эпюра износа витков (зубьев) по шагу;  $\mathcal{E}_o$  – эпюра износа отверстия диска;  $\Lambda$  – наклон изношенной поверхности паза зубчатой рейки кулачка.

При использовании патронов наибольшему износу подвержены наружная поверхность зубьев рейки кулачка и вогнутая сторона спирали диска. В меньшей степени изнашиваются направляющие пазы толкателя кулачка, направляющие шипы корпуса, посадочное отверстие диска и ступица корпуса. Выпуклая сторона спирали и внутренняя поверхность зубьев изнашивается только при использовании патронов на установку заготовок

только при использовании патронов на установку заготовок типа «кольцо» и работой кулачками на «разжим». Износ деталей патрона отрицательно влияет на его характеристики, регламентированные ГОСТ 1654 – 86: точность и силу закрепления. Жёсткость патронов ГОСТом не регламентируется, но её влияние на безопасность закрепления заготовок велико вследствие изменения её свойств в зависимости от направления при износе деталей патрона.

Жёсткость патрона уменьшается с увеличением угла  $\Delta$  между касательной к изношенной поверхности направляющих пазов толкателя кулачка и линией её первоначального положения до износа. Третью часть от суммарной потери жёсткости вносит износ сопряжения ступица корпуса – отверстие диска. Эффект проскальзывания оправки, установленной в патроне, при износе его деталей достигает максимума. Например, при испытании на жёсткость патрона модели 7100 – 0009 после 10 тыс. часов эксплуатации, оправка, нагруженная статически силой 100 даН «от кулачка», перемещается без роста силы на расстояние от 10 до 15 мм (до упора во внутреннюю штангу).

Основная причина падения силы закрепления заключается в геометрии износа спирали и зубьев. Увеличение коэффициента трения, уменьшение угла подъёма спирали, а также спиралевидная форма износа рабочей поверхности зубьев изменяют условия контакта витков и зубьев центрирующего механизма. Увеличивается вероятность проворота заготовок в кулачках патрона на величину более  $15^\circ$ , что характеризуется ГОСТ 1654 – 86 как снижение прочности.

Перечисленные явления при износе деталей патронов уменьшают прочность патрона, снижают его точность, увеличивая при этом разброс значений биения контрольных колец и оправок. Это снижает стабильность технологических показателей патрона.

Корреляционное поле и эмпирические линии регрессии жёсткости  $J$  подсистемы «патрон – заготовка», точности  $\Delta$  центрирования и силы закрепления  $F$  заготовок в патроне от времени использования патронов приведены на рис. 2, 4, 6. На рисунках даны зависимости величины основных параметров патрона модели 7100 – 0009 класса точности «Н» от времени его использования. Эти данные сгруппированы по тем условиям эксплуатации, в которых отработали патроны, полностью прошедшие испытания. Тёмными точками и сплошной линией обозначены корреляционное поле и линия регрессии указанных на оси ординат параметров патронов, работавших в условиях мелкосерийного производства на закрепление стальных заготовок типа «вал», «шток», «ось».

На рис. 2 показана зависимость радиального биения  $\Delta$  (мкм) контрольно-измерительных оправок и колец, установленных в патроне, от времени его эксплуатации. Здесь штрих-пунктиром обозначена линия регрессии для патронов, работавших в условиях среднесерийного производства на закрепление чугуновых заготовок для деталей «кольцо». Точность патронов оценивали способом, показанным на рис. 3.

На рис. 4 показана зависимость жёсткости  $J$  (Н/мкм) системы патрон – заготовка от времени эксплуатации  $\tau$  (тыс. часов). Светлыми точками обозначено корреляционное поле, а штрих-пунктирной линией регрессия жёсткости для патронов, работавших в условиях мелкосерийного производства на установку и закрепление чугуновых заготовок типа «фланец», «диск».

Жёсткость патронов измеряли по схеме, показанной на рис. 5.

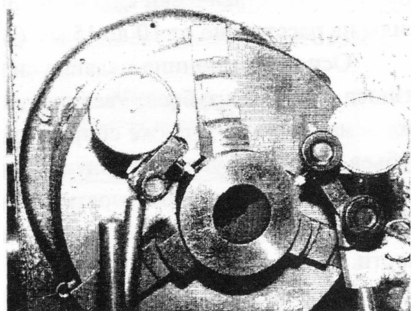
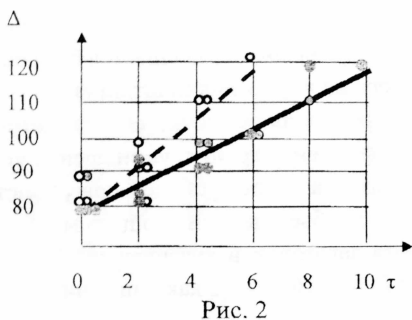


Рис. 3.

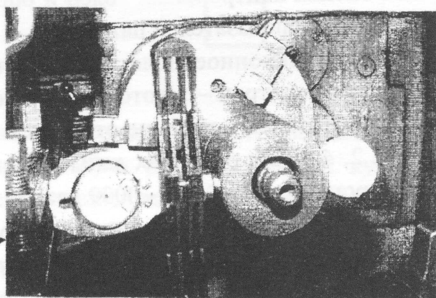
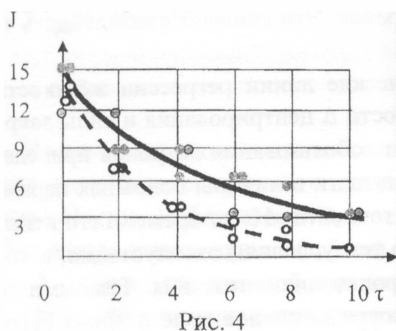


Рис. 5

На рис. 6 показана зависимость силы закрепления  $F$  (даН) заготовок в патроне от времени эксплуатации  $\tau$  (тыс. часов). Светлыми точками обозначено корреляционное поле, а штрих-пунктиром обозначена линия регрессии



силы закрепления заготовок в патронах, работавших в условиях крупносерийного производства на закрепление стальных заготовок для деталей «ходовой винт». После 5 тыс. часов эксплуатации у данных патронов производили расточку кулачков.

Поскольку ГОСТ 1654 – 86 допускает измерение силы зажима от одного кулачка, то силу закрепления измеряли, как это показано на рис. 7. Результат суммирования сил закрепления по всем кулачкам патрона дан на рис. 6.

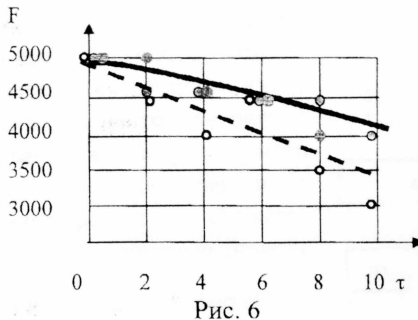


Рис. 6

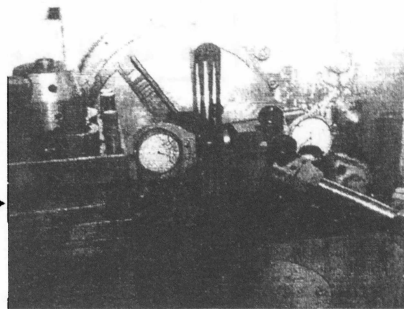


Рис. 7

Анализ зависимостей, показанных на графиках  $J$ ,  $\Delta$ ,  $F$ , показывает, что из-за снижения безопасности закрепления заготовок в патроне после 750 смен (6 тыс. часов) эксплуатации необходимо переводить патрон в ремонт.

Глава 3. Разработка и исследование этапа «ремонт» стадии «эксплуатация» жизненного цикла патронов. Для осуществления планово-предупредительных работ (ППР) патронов разработан специальный алгоритм. Алгоритм содержит основные блоки: эксплуатация в течение назначенного срока, оценка состояния, оценка возможности ремонта, выбор предприятия, ремонт, назначение нового срока эксплуатации.

Производство работ, по данному алгоритму, основывается на региональной базе данных о возможностях предприятий. Организации, эксплуатирующей патроны, необходимо из региональной базы данных выбрать предприятие с минимальными накладными расходами и эксплуатирующее необходимое измерительное и технологическое оборудование. Экономия денежных ресурсов предприятия от ремонта патронов рассчитывается как разница затрат на ремонт и затрат на покупку. Она возрастает с увеличением металлоёмкости патрона. При любом виде маршрута ремонта, восстановление патронов диаметром свыше 315 мм является выгодным, даже если накладные расходы ремонтного предприятия выше 775 %.



Рис. 8

На рис. 8 представлено в сокращённом виде содержание этапа «ремонт» алгоритма реализации ГПП патронов. Как видно, закупка запасных частей, в частности спирального диска и комплекта реек кулачков, не освобождает ремонтную службу от их дальнейшей обработки. Обработке подвергают посадочное отверстие диска и пазы реек кулачков с доведением их размеров до ремонтных размеров соответствующих элементов корпуса.

На рис. 9 представлен граф вариантов капитального ремонта патронов, рациональный по времени. Дадим

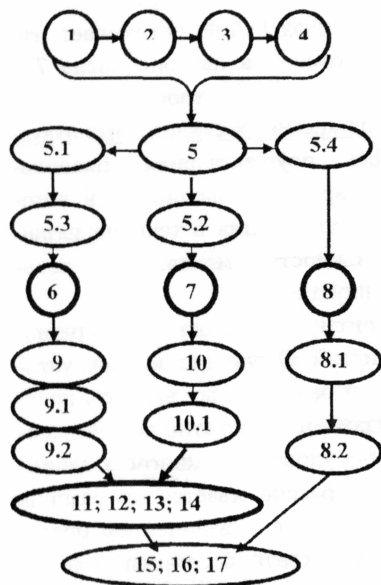


Рис. 9

перечень операций капитального ремонта патронов эксплуатирующей организацией: 1. Дефектация патрона в сборе; 2. Разборка токарного патрона; 3. Промывка деталей; 4. Отбраковка деталей; 5. Контроль геометрии; 5.1 Измерение износа спирали; 5.2 Измерение износа зубьев; 5.3 Измерение износа отверстия диска; 5.4 Измерение износа ступицы корпуса; 6. Осаждение железа на отверстие диска; 7. Осаждение железа на паз толкателя; 8. Обработка ступицы корпуса; 8.1 Шлифование направляющего шипа корпуса; 8.2 Шабрение направляющего шипа корпуса; 9. Восстановление спирали; 9.1 Обработка отверстия диска; 9.2 Балансировка диска; 10. Шлифование паза толкателя; 10.1 Восстановление зубьев; 11. 12. 13. 14. – дополнительные операции; 15. Сборка патрона; 16. Балансировка патрона в сборе; 17. Приёмка токарного патрона.

Ремонт и техническое обслуживание патронов выгодно проводить во время проведения ремонта станков. Пример развёрнутой во времени структурной модели стадии «эксплуатация» ЖЦ металлорежущего станка мод. 1К625ДГ и установленного на нём патрона мод. 7100 – 0009 (класс точности станка и патрона «Н»):

«Станок»: ПН→О→Т→О→Т→О→СР→ИС→О→Т→О→Т→О→КР

«Патрон»: У→ТО→ТО→ТО→СК→ТО→КП→У→ТО→ТО→ТО→СК→ТО→МП

«Время»: 0 1,4 2,8 4,2 5,6 7 8,4 8,6 9,8 11,2 12,6 14 15,4 16,8

Пример структурной модели совместной эксплуатации станка мод. 3А227П и патрона мод. 7100 – 0007 (класс точности станка и патрона «П»):

«Станок»: ПН→О→Т→О→Т→О→СР→ИС→О→Т→О→Т→О→КР

«Патрон»: У→ТО→ТО→ТО→СК→ТО→КЗ→У→ТО→ТО→ТО→СК→ТО→МП(ПР)

«Время»: 0 1,7 3,4 5 6,7 8,4 10,1 10,3 11,8 13,4 15,2 16,8 18,5 20,16

Здесь использованы следующие условные обозначения: «Станок» – структура ремонтного цикла станка (вес до 10 тонн); ПН – пусконаладочные работы; КР – капитальный ремонт станка; СР – средний ремонт станка; ИС – приёмка станка после ремонта; Т – текущий ремонт; О – осмотр. «Патрон» – структура ремонтного цикла патрона; МП – покупка нового патрона; У – установка патрона на станок; КП – капитальный ремонт патрона на универсальном оборудовании; КЗ – капитальный ремонт патрона с приобретением спирального диска и доработкой его посадочного отверстия; СК – средний ремонт патрона, заключающийся в восстановлении зубьев реек кулачков и направляющих пазов толкателя кулачка на универсальном оборудовании; ТО – техническое обслуживание патрона, заключающееся в разборке, промывке и нанесении консистентной смазки, содержащей двусернистый молибден, на сопряжённые поверхности деталей патрона; ПР – перевод изношенных деталей патрона в ремонтный фонд. «Время» – фактически отработанное (оперативное) время в тысячах часов. Время контролируется службой ГПП главного механика завода.

В предлагаемой модели стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов продолжительность ремонтного цикла патронов класса «Н» определяют согласно следующей эмпирической зависимости:

$$T_{Ц} = (8400 \pm V_1) \cdot K_m K_N K_y K_D \text{ (час);}$$

Для патронов класса «П» длительность ремонтного цикла будет равна:

$$T_{Ц} = (10000 \pm V_2) \cdot K_m K_N K_y K_D \text{ (час);}$$

Для патронов класса «П», детали спирально-реечного механизма которого изготовлены из стали 25ХГТ, цементированы на глубину от 0,8 до 1,2 мм и термообработаны до твёрдости 54 ... 60 HRC, длительность ремонтного цикла будет равна:

$$T_{Ц} = (13500 \pm V_3) \cdot K_m K_N K_y K_D \text{ (час);}$$

где в формулах для  $T_{\Pi}$  литерами обозначено:  $K_m$  – коэффициент, учитывающий род обрабатываемого материала ( $K_m = 1$  для углеродистой конструкционной стали;  $K_m = 0,8$  для чугуна);  $K_N$  – коэффициент, учитывающий тип производства ( $K_N = 0,65$ , если станки, с установленными на них патронами, задействованы в технологических операциях массового типа производства;  $K_N = 0,8$  для крупносерийного;  $K_N = 0,9$  для среднесерийного;  $K_N = 1$  для мелкосерийного;  $K_N = 1,15$  для единичного);  $K_y$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации патронов ( $K_y = 0,8$  при работе станков, на которых установлены патроны, абразивами без применения охлаждающих жидкостей, а также при работе в залах запылённых цехов;  $K_y = 1$  при работе станков с патронами в нормальных условиях механического цеха;  $K_y = 1,2$  при работе станков с патронами в отдельном помещении для высокоточного оборудования);  $K_D$  – коэффициент, учитывающий длину заготовок и удалённость торца патрона от зоны резания ( $K_D = 1,2$  при обработке длинномерных деталей типа ходовых винтов;  $K_D = 1$  при обработке валов и червяков;  $K_D = 0,9$  при обработке фланцев, дисков, зубчатых и червячных колёс и т.п.);  $V$  – величина вариации сроков ремонта с сохранением вероятности безотказной работы патрона ( $V_1 = 150$ ;  $V_2 = 280$ ;  $V_3 = 350$ ).

Глава 4. Разработка и исследование методов ремонта спирального диска патронов. Наиболее трудоёмкой операцией при капитальном ремонте патронов эксплуатирующей организацией является восстановление спирали на станке 1K62 и его модификациях. Одним из основных параметров, определяющих ошибки обработки спирали, является точность перемещения резца. Найдём проекцию вектора погрешности перемещения резца  $\Delta S_x$  на направления движения кулачка патрона:

$$\Delta S_x = \Delta r \cdot \cos \Psi + a_0 \theta \cdot \Delta \psi_{\text{пш}} \operatorname{ctg} \Psi - a_0 (\Delta \psi_{\text{ут}} + \Delta \psi_{\text{пш}}) - \Delta r \cdot \theta \cdot \sin \Psi;$$

где  $\Psi$  – угловая полярная координата точки контакта режущей кромки резца и спирали;  $\Delta r = A \cdot \cos \Psi$  – погрешность радиальной координаты вектора перемещения резца;  $A$  – амплитуда отклонения точки контакта витков гайки и винта поперечной подачи станка от номинального положения;  $a_0$  – технологический размер вертикальной настройки режущей кромки инструмента (радиус эволюты);  $\Delta \psi_{\text{ут}}$  – угловое отклонение вектора перемещения резца от горизонтальной плоскости технологической зоны станка;  $\Delta \psi_{\text{пш}}$  – кинематическая погрешность угла поворота шпинделя станка;  $\theta$  – полярный угол вектора перемещения резца.

Погрешность перемещения резца реализуется в виде линейной погрешности по шагу спирали и ошибок углового расположения спирали на плоскости диска. Угловые погрешности профиля спирали реализуются в виде «бие-

ний» поверхности витка относительно посадочного отверстия диска. «Бие-ние» спиралей, восстановленных на станках 1К625ДГ, имеет величину, пре-вышающую чертёжное значение поля допуска на биение.

Разработка конструкторских и технологических мероприятий по обра-ботке спирали диска обусловлена следующими обстоятельствами:

1. Труднодоступность конструктивных элементов спирального диска.
2. Невозможность изменения режимов резания при обработке диска на станке 1К62.
3. Низкие технологические возможности универсального токарного оборудования.

Для решения задач, вызванных указанными техническими причинами, разработана система мероприятий, представляющая собой специальную модернизацию токарного станка. Система мероприятий содержит два основных метода:

1. Метод штрих-инволютной шкалы.
2. Метод обработки спирали с наклонной подачей.

Управляемый параметр в операции механической обработки диска – один – глубина резания. Управление этим параметром при восстановлении изношенных спиральных дисков на токарно-винторезных станках производи-ли с использованием метода штрих-инволютной шкалы. Данный метод по-зволяет производить удаление припуска металла со значениями меньшими, чем это предусмотрено отчетной шкалой лимба станка.

Использование резцов с тонкой головкой вызывает смещение режущей кромки инструмента при врезании. На рис. 10 и 11 дана зависимость снимае-мого припуска от угла поворота фрикционного вала 1К625ДГ. На рис. 10 при обработке трапецевидным резцом. На рис. 11 – более жёстким резцом, с го-ловкой, выполненной по профилю зуба рейки.

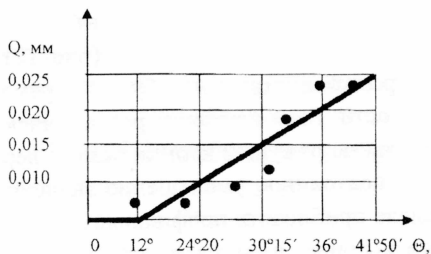


Рис. 10

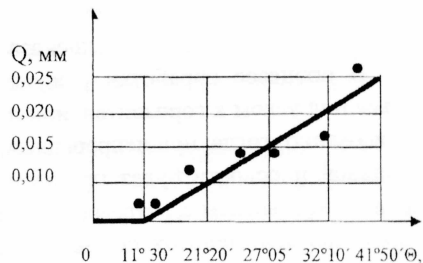
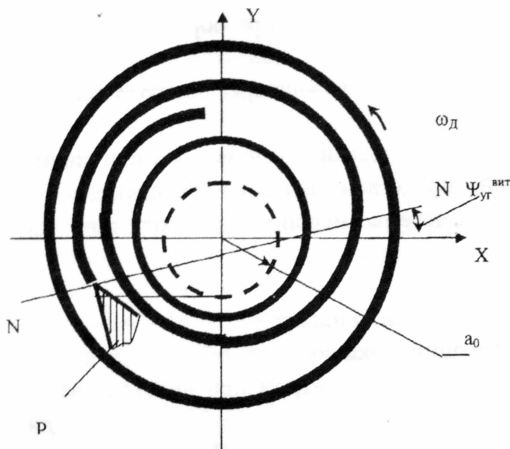


Рис. 11

Точная настройка необходима для устранения поломки инструмента. Поломку инструмента при точении термически обработанных спиральных дисков удалось уменьшить на 30 % при настройке по методу штрих-инволютной шкалы относительно числа поломок инструмента при настройке по лимбу станка.



Для уменьшения влияния накопленной погрешности по шагу винта станка на погрешность шага восстанавливаемой спирали, предлагается метод обработки спирали диска и зубьев рейки кулачков с наклонной подачей инструмента (см. рис. 12).

Обозначения на рисунке 12: Р – резец; N - N – линия траектории движения режущей кромки инструмента;  $\omega_d$  - угловая скорость вращения обрабатываемого диска;  $a_0$  - размер вертикальной настройки резца (радиус эволюты эвольвенты).

Рис. 12

Этот метод основан на принципе формообразования эвольвентных спиральных поверхностей. Если высота смещения инструмента в процессе обработки будет меняться, то будет происходить изменение номинального значения эволюты  $a_0$  и изменение величины шага нарезаемой спирали. Наиболее простой способ изменения высоты расположения инструмента – его перемещение относительно вышеназванной плоскости под углом  $\Psi$  (рис. 12).

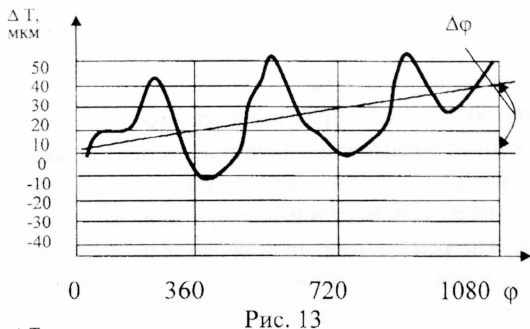
В процессе обработки режущая кромка инструмента будет перемещаться под углом к горизонтальной плоскости. Если движение резца и диска согласованно, тогда, при непрерывном подъеме режущей кромки резца в вертикальной плоскости будет происходить постоянное уменьшение значения эволюты эвольвенты  $a_0$ , стремясь в пределе приблизить профиль эвольвенты к профилю архимедовой спирали. Если у станка имеется накопленная погрешность по шагу винта, то за счёт постоянного уменьшения расстояния от витка к витку винта, будет происходить уменьшение эволюты, которое ком-

пенсирует накопленную погрешность по шагу винта. Угловое отклонение подачи инструмента:

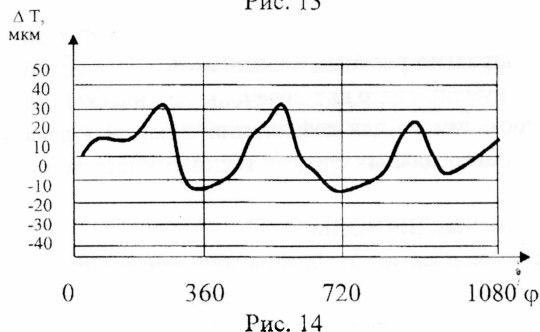
$$\Psi_{\text{уг}}^{\text{винт}} = \Delta S v / a_0 \text{ (радиан);}$$

где  $\Delta S v$  – максимальная накопленная погрешность шага винта, имеющаяся в зоне обработки спирали, мм.

Реально полученный профиль спирали при обработке с компенсацией накопленной погрешности и без неё показан на рис. 13 и рис. 14.



На рис. 13 дан график обработки спирали на станке 1К625ДГ в произвольном порядке. Спираль содержит накопленную погрешность по шагу, которая выражается в угловом отклонении  $\Delta\phi$ . На рис. 14 результаты обработки спирали с наклонной подачей инструмента.



На рис. 13 и 14 обозначено:

$\Delta T$  - амплитуда отклонения профиля спирали от его номинального значения;  $\phi$  - угол развёрнутости спирали на плоскости диска, угловые градусы.

При обработке спиралей на станке с ЧПУ модели 16К30Ф363 может быть достигнута точность по шагу:  $\pm 0,01$  мм; по расположению спирали относительно отверстия диска:  $\pm 0,01$  мм; по накопленной погрешности по шагу:  $\pm 0,02$  мм.

Глава 5. Разработка и исследование подэтапа «использование по назначению подвергнутых ремонту патронов» стадии «эксплуатация» жизненного цикла патронов. В ЖЦ патронов, в современном машиностроении, отсутствует подэтап «использование по назначению подвергнутых ремонту патронов», который включает в себя: испытание патронов, передачу патронов в сферу их безопасной эксплуатации, эксплуатация с чередованием периодов «использование по назначению» и «ремонт» в соответствии с предложенной

структурной моделью совместной эксплуатации станка и патрона. Испытания отремонтированных патронов производили согласно требованию ГОСТ 1654 – 86. После проведения стандартных испытаний была проведена проверка на жёсткость. В испытаниях участвовали патроны модели 7100 - 0005 и 7100 - 0009 (обозначения по ГОСТ 2675 – 80), детали которых подвергли различным методам обработки и конструктивным изменениям. Доказано, что устранение накопленной погрешности спирали повышает стабильность технологических показателей патрона. После проведения испытаний на прочность, точность и силу закрепления были проведены производственные подконтрольные испытания отремонтированных патронов.

Анализ результатов подконтрольной проверки показал, что срок сохранения точности у восстановленных токарных патронов не менее 18 месяцев, что соответствует требованию ГОСТ 1654 – 86. При подконтрольной проверке произведена апробация модели совместной эксплуатации и ремонта станков и патронов. Выявлено, что реализация данной модели позволяет обеспечить непрерывный режим безотказной работы патронов и уменьшить время простоя станков при ремонте станочной оснастки.

Апробация результатов исследований позволила разработать «Руководство по ремонту патронов со спирально-реечным механизмом для эксплуатирующих организаций». Этот документ содержит перечень технической документации и оборудования, необходимого для дефектации и ремонта деталей патронов с использованием универсальных средств технологического оснащения.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено дополнительное предметное содержание этапа «использование по назначению» стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов, а именно:

- объективной и существенной составляющей этапа является механическое и абразивное изнашивание ответственных деталей патронов;
- в зависимости от времени и условий использования определены количественные эпюры износа ответственных деталей патронов;

2. Установлены количественные функции влияния времени использования на снижение работоспособности патронов по параметрам: за 1250 смен работы радиальное биение увеличивается в 1,5 раза; сила закрепления уменьшается в 1,2 ... 1,4 раза; жёсткость подсистемы «патрон – заготовка» уменьшается в 5 ... 15 раз.

3. Разработано дополнительное предметное содержание этапа «ремонт» стадии «эксплуатация» ЖЦ патронов:



- для предприятий с серийным и крупносерийным выпуском продукции разработана система мероприятий, позволяющая совместить ремонт патронов с ремонтом металлорежущего оборудования, снижая время простоя станков из-за ремонта патронов не менее чем на две смены за 1050 смен работы;

- отбор патронов в ремонт по металлоёмкости для предприятий при цеховых накладных расходах более 775 %, т.к. ремонт патронов моделей 7100 – 0005 и 7100 – 0007 становится экономически не выгодным;

- для повышения качества ремонта спиральных дисков патронов на универсальном токарном оборудовании разработаны:

а) метод штрих-инволютной шкалы, обеспечивающий настройку токарного станка с точностью до  $\pm 0,01$  мм;

б) способ отбора резцов известных конструкций обусловленный условиями использования патронов по параметру стабильности диаметральных размеров технологических баз заготовок;

в) метод обработки спиралей дисков с наклонной подачей инструмента, который позволяет устранить негативное влияние накопленной погрешности по шагу винта токарного станка.

4. Для машиностроительных предприятий рекомендуется к внедрению система ППР с созданием ремонтного фонда деталей патронов, которая позволяет:

- своевременно исключать патроны из сферы их использования и переводить в ремонт, что предупреждает преждевременную утилизацию патронов;

- исключить гальваническую, шлифовальную операции и шабрение шипов корпуса патрона при его первом ремонте.

5. Результаты исследования обобщены в документе «Руководство по ремонту патронов со спирально-реечным механизмом для эксплуатирующих организаций», использование которого позволяет продлить срок надёжного использования патронов по назначению в течение 18 месяцев двухсменной работы в режиме класса точности «Н».

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ивасышин Г.С., Серёгин А.А., Казанцев С.Ю. Повышение сопротивления усталости спирально-реечного механизма// Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. – Фрунзе, 1986. – С. 49 –50.

2. А.с. 1288028 СССР, МКИ В 24 В 17/12. Спирально-шлифовальный станок /Г.С. Ивасышин, М.И. Парышкура, А.А. Серёгин (СССР). - № 3949220/25-27; Заяв. 9.09.85 // Открытия и изобретения. – 1987. - № 5. – С. 132.

3. А.с. 1514502 СССР, МКИ В 23 В 31/02. Самоцентрирующий токарный патрон/ А.А. Серёгин (СССР). - № 4318826/31-08; Заяв. 25.08.87 // Открытия и изобретения. - 1989. - № 38. - С. 165.
4. Серёгин А.А. Некоторые вопросы динамики и точности механизмов // Проблемы машиностроения и надёжности машин. - 1990. - № 3. - С.12-15.
5. Серёгин А.А. Определение точности механических систем станков // Станки и инструмент. - 1991. - № 1. - С. 29 - 31.
6. Серёгин А.А., Сердюк А.И. Методы обработки деталей спирально-реечных механизмов токарных патронов // Машиностроитель. - 2002. - № 1. - С. 22 - 25.
7. Серёгин А.А. Восстановление деталей спирально-реечных механизмов токарных патронов // СТИН - 2002. - № 8. - С. 22 - 25.
8. Серёгин А.А. Методы восстановления рабочей поверхности спиралей дисков токарных патронов // Прогрессивные технологии в транспортных системах. Сборник докладов пятой Российской научно-технической конференции. - Оренбург, 2002. Часть 1. - С. 12 - 18.
9. Серёгин А.А. Математическая модель точности автоматизированного токарного модуля // Современные аспекты компьютерной интеграции машиностроительного производства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Оренбург, 2003. - С. 77 - 81.
10. Серёгин А.А. Структурная модель управления эксплуатацией и ремонтом самоцентрирующих патронов // Компьютерная интеграция производства и ИПИ технологии. Материалы 2-ой Всероссийской научно-практической конференции. - Оренбург, 2005. - С. 101 - 103.
11. Серёгин А.А., Шатилов А.А. Износ самоцентрирующих спирально-реечных трёхкулачковых патронов // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2005. - № 11. - С. 33 - 36.
12. Серёгин А.А., Шатилов А.А. Ремонт самоцентрирующих спирально-реечных трёхкулачковых патронов эксплуатирующей организацией // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2005. - № 12. - С. 9 - 14.
13. Серёгин А.А., Шатилов А.А. Согласованный ремонт станка и приспособления // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2006. - № 1. - С. 26 - 28.