

**Международный  
редакционный совет**

**Украина**

Балабуев П.В.  
Богуслав В.А.  
Конюхов С.Н.  
Кривов Г.А.  
Новиков Н.В.

**Россия**

Братухин А.Г.  
Каблов Е.Н.

**Беларусь**

Ушеренко С.М.

**Польша**

Овсик Ян

**ИР Иран**

М. Вазири

**Редакционная коллегия**

Бабак В.П.  
Бабушкин А.И.  
Бобырь Н.И.  
Бычков С.А.  
Гребеников А.Г.  
Жданов А.А.  
Жеманюк П.Д.  
Забашта В.Ф.  
Зворыкин Л.О.  
Качура А.С.  
Кривцов В.С.  
Кудрин А.П.  
Матвиенко В.А.  
Митрахович М.М.  
Мялища А.К.  
Пейчев Г.И.  
Свищ В.М.  
Титов В.А.  
Тодоров П.П.  
Урусский О.С.  
Шмаров В.Н.

**Главный редактор**

Кривов Г.А.

**Ответственный  
секретарь редакционной  
коллегии**

Титов В.А.

**Дизайн обложки**

Ларионов А.П.

**Вёрстка**

Манченко Л.В.

**Издатель**

ЗАО "Компания  
"Индустриальные технологии"

**Печать**

Издательская компания  
"КИТ"  
Генеральный директор  
Воробей В.В.

**Адрес редакции**

04080, Киев-80,  
ул. Фрунзе, 19-21  
Тел.: (044) 4170693  
Т./ф.: (044) 4175046  
E-mail: intech@ukr.net



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

1(12)/2002

Научно-технический журнал  
Журнал выходит четыре раза в год. Основан в октябре 1999 года.

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 3784  
видане Міністерством інформації України 19.04.1999 року.  
Учредитель: ОАО "Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии".

СОДЕРЖАНИЕ

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПОЗДРАВЛЕНИЯ ЧЛЕНАМ МЕЖДУНАРОДНОГО РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Братухин А.Г.**

CALS-технологии НИЦ АСК в разработке,  
подготовке производства, организации серийного  
производства российской авиатехники ..... 5

**Гребеников А.Г., Светличный С.П.**

Исследование с помощью системы ANSYS влияния  
натяга на характеристики локального напряженно-  
деформированного состояния элементов болтового  
соединения ..... 15

### НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Бабак В.П., Филоненко С.Ф., Калита В.М.**

Модели формирования сигналов акустической  
эмиссии при деформировании и разрушении  
материалов ..... 26

**Кошкин М.И., Яковенко А.Г.**

Гидродинамическое проектирование двигательной  
установки малой тяги космического аппарата ..... 35

**Рябов В.Р., Черепивская Е.В.**

Диффузионная сварка композита алюминиевый  
сплав + 20% SiC ..... 40

**Кабанячий В.В., Сотников Д.О.**

Імітація поштовхів на авіаційних тренажерах ..... 47

**Енин А.Н., Бых А.И., Ткаченко В.Н.**

Разработка и внедрение технологий по  
антикоррозионной защите фюзеляжа вертолета —  
эффективный путь увеличения его жизненного  
цикла ..... 50

## СОДЕРЖАНИЕ

**Силич В.П., Полюга В.П., Обод И.И.**  
Методы повышения помехоустойчивости  
радиотехнических систем ближней навигации ... 53

**Попенко А.И., Мозговой В.Ф., Качан А.Я.**  
Оптимизация процесса финишной  
полировально-упрочняющей обработки  
наружных поверхностей тонкостенных валов  
роторов ГТД ..... 57

#### НОВЫЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИ- ЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

**Трофимов В.А.**  
Рабочие жидкости для гидравлических систем  
военных самолетов и вертолетов ..... 65

#### УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ И РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВ

**Лебедь Н.П., Забашта В.Ф.**  
Интеллектуальная собственность и ее оценка ... 68

**Мітрахович М.М., Бурячок В.Л.,  
Луханін М.І.**  
Методика визначення множини критеріїв  
подібності та зіставлення структурних  
властивостей зразків-аналогів із зразком  
(системою) техніки, що обраний за базовий  
при вирішенні задач прогнозування їх  
застосування та розвитку ..... 78

**Ноговіцин О.В.**  
Якість та конкурентоспроможність вітчизняної  
продукції — один з основних напрямків  
Концепції промислової політики України ..... 82

**Зворыкин К.О., Кривова С.Г.**  
Обеспечение эффективности использования  
ресурсов предприятий — компонент стратегии  
промышленной интеграции ..... 85

#### ИНФОРМАЦИЯ

Інформаційний бюлетень з проведених  
робіт в системі галузевої стандартизації  
та метрологічної служби  
Мінпромполітики України ..... 95  
Галузеві рекомендації ..... 110

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ** ..... 117

**К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ ПУБЛИКАЦИЙ** ... 120

**ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ** ..... 121

**УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКЛАМЫ** ..... 122

*За достоверность информации несут ответственность авторы.  
Статьи печатаются на языках оригинала: украинском, русском,  
английском, немецком. Рукописи не возвращаются. При перепечатке  
материалов журнала, ссылка на "Технологические системы" обязательна.*

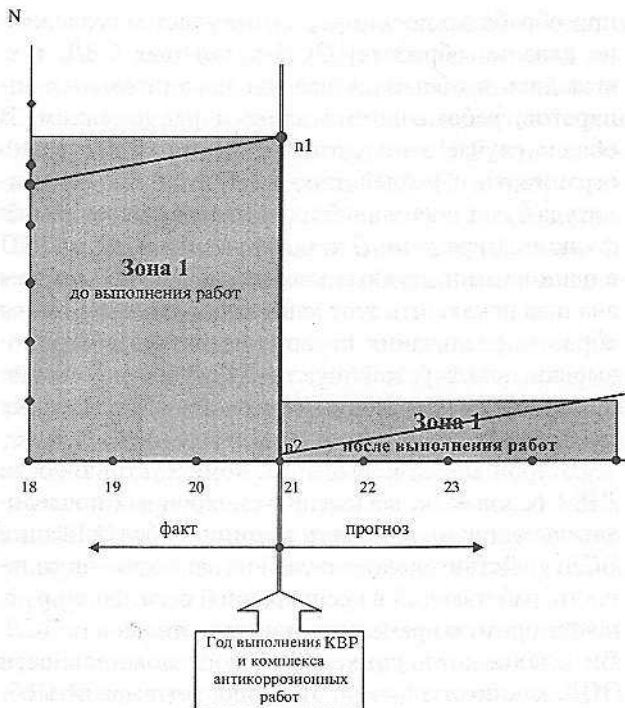


Рис. 5

и развития не сможет существенно влиять на изменение жизненного цикла как отдельных узлов и элементов, так и всего фюзеляжа в целом и, соответственно, не создаст препятствий для дальнейшей безопасной эксплуатации вертолета в случае необходимости увеличения временных показателей эксплуатации.

### Заключение

1. Разработана практическая модель, устанавливающая зависимость количества характерных очагов коррозионных повреждений, их места расположения и интенсивности развития от сроков эксплуатации фюзеляжа.

2. Данная модель позволяет прогнозировать развитие коррозии в прогнозируемой зоне и дает возможность разработки профилактических мероприятий.

3. При условии выполнения в процессе капитального ремонта работ по антикоррозионной обработке планера по разработанным на ГП "АВИАКОН" технологиям значительно расширяются возможности дальнейшего увеличения жизненного цикла фюзеляжа за пределами установленных назначенных показателей.

### Литература

1. Фонтана М., Стейл Р. Достижение науки о коррозии и технологии защиты от нее. — М.: Металлургия, 1980.
2. Звездин О. А., Трогуб В. Д. Контроль качества при производстве противокоррозионных работ. — К.: Будівельник, 1978.
3. Гребеля В. И., Сухопина А. И. Технология борьбы с коррозией. — Ленинград: Химия, 1980.

УДК 621.391.96

Силич В. П., Полюга В. П., Обод И. И.  
ЮЖГИПРОНИИАВИАПРОМ. Украина, г. Харьков

### МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ БЛИЖНЕЙ НАВИГАЦИИ

#### Анотація

Приведена класифікація та дослідження методів підвищення перешкодостійкості радіотехнічних систем ближньої навігації.

#### Abstract

The classification and analysis of the methods of increasing the interference resistance for the range measuring channel of a local dread navigation radar systems are presented.

В системе радионавигационного обеспечения обслуживания воздушного движения гражданского и военного назначения широко применяются радиотехнические системы ближней навигации (РСБН) [1]. Пропускная способность дальномерного радиомаяка (ДРМ) является основным фактором, снижающим эксплуатационные возможности таких систем. Как показано в [2], помехоустойчивость дальномерного канала РСБН крайне низка при наличии в этом канале преднамеренных коррелированных и



некоррелированных помех. Этот недостаток существующих систем обусловлен принципом построения последних, а также заложенным в основу их работы принципом обслуживания заявок. Действительно, ДРМ обслуживает любой (первый), правильно декодированный, запросный сигнал дальности (ЗСД). Это указывает на то, что по принципу построения ДРМ относится к системам массового обслуживания (СМО) с отказами. При такой реализации ДРМ поступающие на его вход преднамеренные коррелированные помехи (ПКП) обслуживаются радиомаяком, что позволяет противоборствующей стороне управлять пропускной способностью ДРМ, а при необходимости — полностью подавлять его. При этом, как показано в [2], основное снижение помехоустойчивости наблюдается при превышении интенсивности суммарного потока ЗСД максимальной загрузки ДРМ.

Рассмотрим возможные варианты повышения помехоустойчивости ДРМ. Исходя из классификации возможных вариантов модернизации ДРМ, приведенной на рис. 1, первые два метода повышения помехоустойчивости ДРМ основаны на изменении алгоритмов обработки ЗСД, а третий метод — на изменении алгоритмов формирования ЗСД, и обработки ответных сигналов дальности (ОСД).

при обработке последних. Этим удается разделить по каналам обработку ЗСД различных СЗД, т. е. выделить в общем случае число летательных аппаратов, работающих с данным радиомаяком. В общем случае этот метод позволяет существенно ограничить и воздействие ПКП, так как ее амплитуда будет постоянной или медленно меняющейся функцией времени. Это позволит направить ПКП в один из амплитудных каналов обработки и путем анализа исключить этот канал из обработки. Таким образом, реализация первого метода позволит повысить помехоустойчивость ДРМ без изменения принципа его построения и принципа обслуживания ЗСД.

Второй метод повышения помехоустойчивости ДРМ основан на выделении синхронных последовательностей и изменяет принцип обслуживания ЗСД. Действительно, каждый из запросчиков дальности, работающий в несинхронной сети, формирует неповторимую временную последовательность ЗСД. Выделение этой синхронной последовательности ЗСД, как показано в [4, 5], позволяет выделить общее число ЗСД и, следовательно, перейти к обслуживанию абонентов, а также исключить из обслуживания ПКП, так как последние не входят в поле статистики ЗСД. Реализация такого метода



Рис. 1

Первый метод повышения помехоустойчивости существующих ДРМ основан на организации амплитудных каналов обработки ЗСД. Действительно, самолетный запросчик дальности (СЗД), как правило, находится на различной дальности от ДРМ, что позволяет учитывать амплитуду этих сигналов

позволяет перейти от СМО с отказами к СМО с ожиданием, что еще более повышает помехоустойчивость ДРМ.

Рассмотренные выше методы повышения помехоустойчивости ДРМ не изменяют принцип организации сети — несинхронный, в котором каждый из

источников работает на формируемой от местного датчика шкале времени (ШВ). Определенный интерес представляет переход к плезиохронной сети. Смысл последней заключается в использовании более стабильных формирователей ШВ, что позволит перейти от запросных РСБН к запросно-беззапросным системам. Плезиохронная сеть позволит существенным образом снизить интенсивность потока ЗСД и, как следствие, обеспечит повышение помехоустойчивости ДРМ.

Проведем сравнительный анализ помехоустойчивости существующих ДРМ и ДРМ, в которых реализован метод выделения амплитудных каналов для обработки массива поступающих ЗСД. Для этого исследуем влияние суммарного массива ЗСД, образованного внутрисистемными потоками ЗСД, потоком ПКП, а также потоком преднамеренных некоррелированных помех на вероятность получения информации от ДРМ.

При поступлении на вход рассматриваемого ДРМ суммарного массива запросных сигналов (СМЗС) и ПКП (хаотические импульсные помехи — ХИП) будет наблюдаться ряд ситуаций, приводящих к исключению ДРМ ОСД. Эти ситуации практически идентичны ситуациям для существующего ДРМ [2], так как принцип построения рассматриваемого ДРМ не изменяется по сравнению с существующим.

Проведем определение вероятности таких событий в предположении, что потоки ЗСД и ХИП действуют на запросные коды данного СЗД независимо друг от друга и что число источников, формирующих общий поток запросных сигналов, достаточно для характеристики потока как пуассоновского. Общее число амплитудных каналов обработки ЗСД равно  $k$ , а закон распределения вероятности попадания сигналов в каждый из амплитудных каналов обработки равномерный.

Пусть на вход ДРМ поступает ХИП интенсивностью  $\lambda_0$  и поток ЗСД интенсивностью  $\lambda_1$ , вызывающий излучение ОСД. При этом предположим также, что длительность импульсов потока ЗСД и ХИП одинакова и равна длительности импульсов полезного сигнала  $\tau_0$ .

Совместное действие ХИП и потока ЗСД приводит к высокочастотному подавлению отдельных импульсов ХИП и ЗСД при неблагоприятных фазовых соотношениях, в результате чего уменьшается интенсивность потока ЗСД.

Вероятность того, что хотя бы один импульс ХИП совпадет по времени с импульсом потока ЗСД и подавит его, может быть определена из следующего соотношения:

$$P_n = \gamma[1 - \exp(-\lambda_0 \tau_0)], \quad (1)$$

где  $\gamma$  — вероятность интерференционного подавления импульса принимаемого сигнала при его совпадении во времени с импульсом помехи. Поток

ЗСД с учетом высокочастотного подавления, вызывающий излучение ОСД, может быть определен как:

$$\lambda_1^1 = \lambda_1(1 - P_n)^n. \quad (2)$$

Вероятность того, что хотя бы один ЗСД попадет в опережающий интервал каждого амплитудного канала обработки и подавит ЗСД данного СЗД за счет времени парализации ДРМ  $t_1$  при излучении ОСД с учетом общего числа каналов обработки, определяется соответственно:

от ХИП:

$$P_1^1 = [1 - \exp(-\lambda_1 t_1 / k)], \quad (3)$$

от СМЗС:

$$P_1^2 = [1 - \exp(-\lambda_1^1 t_1 / k)], \quad (4)$$

где  $\lambda_1$  — среднее число ложных ЗСД, образовавшихся из ХИП и вызывающих излучение ОСД.

Среднее число ложных  $n$ -импульсных кодов, приводящих к излучению ОСД, можно определить как [3]:

$$\lambda_n = n\tau_0^n (\lambda_0^{n-1} / k)(1 - \tau_c / \tau_0), \quad (5)$$

где  $\tau_c$  — заданная величина селекции импульсов по длительности.

Суммарная вероятность подавления ЗСД данного СЗД за счет времени парализации ДРМ при излучении ОСД составляет:

$$P_1 = 1 - \prod_{i=1}^2 (1 - P_i^i). \quad (6)$$

Вероятность подавления ЗСД данного СЗД из-за парализации ДРМ сигналом "ОПОРНЫЙ 36" может быть определена как:

$$P_2 = 1 - \exp(-\lambda_2 t_2), \quad (7)$$

где  $\lambda_2$  — интенсивность потока сигналов "ОПОРНЫЙ 36",

$t_2$  — время парализации при излучении этого сигнала.

Вероятность подавления ЗСД данного СЗД из-за парализации ДРМ сигналом "ОПОРНЫЙ 35" может быть определена как:

$$P_3 = 1 - \exp(-\lambda_3 t_3), \quad (8)$$

где  $\lambda_3$  — интенсивность потока сигналов "ОПОРНЫЙ 35",

$t_3$  — время парализации при излучении этого сигнала.

Вероятность подавления ЗСД данного СЗД из-за парализации ДРМ сигналом "ЗАПРОС ИНДИКАЦИИ" может быть определена как:

$$P_4 = 1 - \exp(-\lambda_4 t_4), \quad (9)$$

где  $\lambda_4$  — интенсивность потока сигналов "ЗАПРОС ИНДИКАЦИИ",

$t_4$  — время парализации при излучении этого сигнала.

Вероятность подавления ЗСД данного СЗД из-за парализации ДРМ сигналом "РЕТРАНСЛЯЦИЯ" может быть определена как:

$$P_5 = 1 - \exp(-\lambda_p t_4), \quad (10)$$

где  $\lambda_p = \lambda_5 + \lambda_{\text{ПКП}}$  — суммарная интенсивность потока сигналов "РЕТРАНСЛЯЦИЯ" ( $\lambda_5$ ) и ПКП по каналу индикации ( $\lambda_{\text{ПКП}}$ ).

Вероятность исключения ЗСД данного СЗД из-за парализации СЗД сигналом "ОТВЕТ ИНДИКАЦИИ" может быть определена как:

$$P_6 = 1 - \exp(-\lambda_6 t_5), \quad (11)$$

где  $\lambda_6$  — интенсивность потока сигналов "ОТВЕТ ИНДИКАЦИИ",

$t_5$  — время парализации при излучении этого сигнала.

Вероятность того, что хотя бы один импульс из потока ЗСД и ХИП наложится на импульс запроса дальности данного СЗД и подавит его, составляет:

$$P_{10} = \gamma[1 - \exp(-\lambda_c \tau_0)], \quad (12)$$

где  $\lambda_c = \lambda_1 + \lambda_0$  — суммарная интенсивность потоков ЗСД.

С учетом  $n$  импульсов запросного сигнала вероятность подавления запросного кода составит:

$$P_7 = 1 - (1 - P_{10})^n. \quad (13)$$

Вероятность подавления ЗСД данного СЗД из-за появления опережающих ложных ЗСД, образующихся в результате взаимодействия первого импульса ЗСД с опережающими импульсами потока ЗСД (вероятность ложной тревоги второго рода) в каждом из каналов обработки и вызывающих излучение ОСД, можно определить из следующего соотношения:

$$P_8 = (1 - P_{01})^n, \quad (14)$$

где  $P_{01} = \exp(-\lambda_c \tau_0 / k)$ .

Вероятность подавления ЗСД вследствие инерционности входных формирователей ДРМ может быть определена следующим образом:

$$P_9 = 1 - (1 - P_f)^n, \quad (15)$$

где  $P_f$  — вероятность подавления одиночного импульса кода из-за инерционности формирователя.

Вероятность того, что хотя бы один импульс помехи попадет в опасный опережающий интервал и подавит импульс полезного сигнала, равна:

$$P_f = 1 - \exp(-\lambda_c \tau_f). \quad (16)$$

Если среднее число запросных кодовых сигналов превышает допустимую величину загрузки ответ-

чика дальности  $\lambda_m$ , то вероятность ответа при работе схемы ограничения загрузки ДРМ равна:

$$P_o = \lambda_m / \lambda_{\text{отв}}. \quad (17)$$

Вероятность излучения ответа на ЗСД данного СЗД будет составлять:

при  $\lambda_{\text{отв}} \langle \lambda_m \rangle$ ,

$$P_o = \prod_{i=1}^9 (1 - P_i), \quad (18)$$

при  $\lambda_{\text{отв}} \lambda_m$ ,

$$P_o = P_{co} \prod_{i=1}^9 (1 - P_i). \quad (19)$$

Расчеты по приведенным выражениям приведены на рис. 2

I —  $\lambda_o = \lambda_p = 0$ ,

II —  $\lambda_o = 20000, \lambda_p = 2000$  и

III —  $\lambda_o = 40000, \lambda_p = 4000$ :

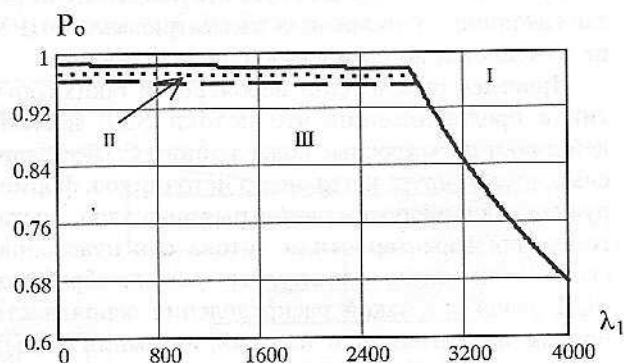


Рис. 2

Представленные зависимости позволяют оценить помехоустойчивость модернизированного радиомаяка. Сравнительный анализ помехоустойчивости существующего [2] и модернизированного радиомаяков показывает возрастание помехоустойчивости последнего. Из приведенных зависимостей следует, что при увеличении потока ЗСД и преднамеренных коррелированных помех резко снижается вероятность ответа ДРМ, что указывает на низкую эффективность существующих РСБН.

Для перехода измерителя дальности на борту летательного аппарата в режим слежения при приеме ОСД необходимо выполнение определенного критерия. Вероятность перехода измерителя дальности в режим слежения можно определить из следующего выражения:



$$P_c = \sum_{i=1}^M C_i^M P_o^i (1 - P_o)^{M-i}, \quad (20)$$

где  $M$  — критерий перехода в режим слежения. Расчеты  $P_c$  представлены на рис. 3.

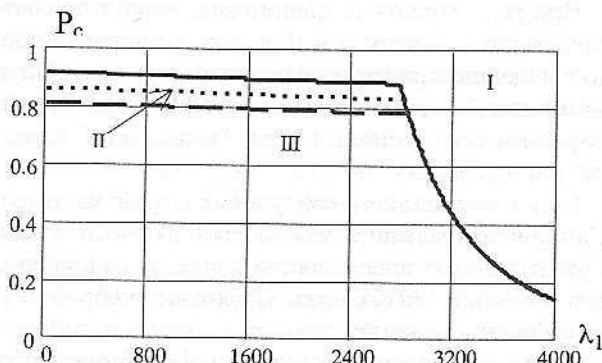


Рис. 3

Таким образом, приведенное исследование помехоустойчивости РСБН позволяет оценить пропускную способность модернизированного ДРМ

и указывает на повышение эффективности его работы по сравнению с существующими радиомаяками [2] при наличии потоков ЗСД, преднамеренных коррелированных и некоррелированных помех.

#### Литература

1. Давыдов П. С., Жаворонков В. П., Кашеев Г. В. Радиолокационные системы летательных аппаратов. — М.: Транспорт, 1977. — 345 с.
2. Винник А. Т., Обод И. И., Полога В. П. Оценка помехоустойчивости дальномерного канала систем ближней навигации // Технологические системы № 2, 2001. — С. 80–82.
3. Обод И. И. Помехоустойчивые системы вторичной радиолокации. — М.: ЦИНТ, 1998. — 118 с.
4. Силич В. П., Полога В. П., Обод И. И. Синтез оптимального обнаружителя сигналов запроса дальности в системах ближней навигации // ЗНП "Авіаційно-космічна техніка і технологія". "ХАІ", 2001, вып. 22. — С. 419–423.
5. Винник А. Т., Полога В. П., Обод И. И. Способ измерения дальности. Патент Украины № 40335А.

УДК 621. 431. 75

Попенко А. И., Мозговой В. Ф., Качан А. Я.  
ОАО "Мотор Сич". Украина, г. Запорожье

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФИНИШНОЙ ПОЛИРОВАЛЬНО-УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОНКОСТЕННЫХ ВАЛОВ РОТОРОВ ГТД

#### Анотація

Наведено результати оптимізації обробки зовнішньої поверхні тонкостінних валів ГТД в псевдозрідженому абразиві за критерієм утомленості.

#### Annotation

There are given results of optimization of GTE thin-walled shafts external surface processing according to the fatigue criteria.

В работе [1] представлены некоторые результаты теоретического и экспериментального исследований нового способа отделочно-упрочняющей обработки тонкостенных ( $\delta = 1,6...4,0$  мм) валов роторов ГТД.

Метод характеризуется незначительными контактными усилиями взаимодействия абразива с обрабатываемыми поверхностями и низкой

теплонпряженностью процесса, что полностью исключает возможность тепловых и механических деформаций нежестких, тонкостенных легкодеформируемых деталей.

Данная работа является дальнейшим развитием работы [1]. Согласно разработанному способу обработку валов производят в псевдооживленном ("кипящем") слое 1 абразива, приводимом во взвешенное состояние за счет подачи под воздухом-распределительную пористую решетку 2 потока  $Q$  воздуха (рис. 1, а, б, в).

Обрабатываемый вал 3, закрепленный на горизонтальном шпинделе 4 рабочей камеры 5 установки с помощью специальной технологической оснастки 6, погружают в "кипящий" слой абразива высотой  $H$  на глубину  $h$  и сообщают ему реверсивное вращение с частотой  $\omega_d$  (с окружной скоростью  $V_d$ ).