

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ

межотраслевой  
производственно-практический

ЖУРНАЛ

# ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

Клод Моне. "Сиреневые цирисы"



<http://www.wikiart.org>

№ 2 (67)

апрель-июнь

2015

# ЗНАКОМТЕСЬ! = «ВЕЛИКИЙ КАМЕНЬ»

(материал из Википедии — свободной энциклопедии)

Великий Камень (до 1 июля 2014 года Китайско-белорусский индустриальный парк) — особая экономическая зона в Белоруссии, созданная согласно межправительственному соглашению между Китайской Народной Республикой и Республикой Беларусь.

Индустриальный парк создаётся на территории Смолевичского района Минской области вблизи Национального аэропорта «Минск».

## Описание

Парк располагается в 25 км от Минска. Под индустриальный парк отводится 8048 гектаров территории Смолевичского района между Петровичским водохранилищем и Национальным аэропортом. На этой территории вводится специальный правовой режим сроком действия на 50 лет.

В парке планируется построить высокотехнологичные и экспортно-ориентированные производства. По заявлению А. Лукашенко, на территории будут сосредоточены высокотехнологичные предприятия со всего мира и производства «завтрашнего дня».

Срок строительства парка — 30 лет, численность работающих — 120 тыс. человек. Приоритетные направления, намечаемые к развитию в парке, — электроника, биомедицина, тонкая химия, машиностроение и новые материалы. Планируемые рынки — страны СНГ и Европейского Союза.

Инфраструктура парка включит в себя промышленные, транспортные объекты, зоны жилой застройки, включая социальные объекты, офисные и торгово-развлекательные комплексы, финансовый и научно-исследовательский центры. На территории планируется создание отдельных субпарков города Харбин и провинции Гуандун.

Китайско-Белорусский индустриальный парк является самым большим индустриальным парком в Европе из числа созданных Китаем. В проекте также планирует принять участие Сингапур.

*Тип: промышленная*

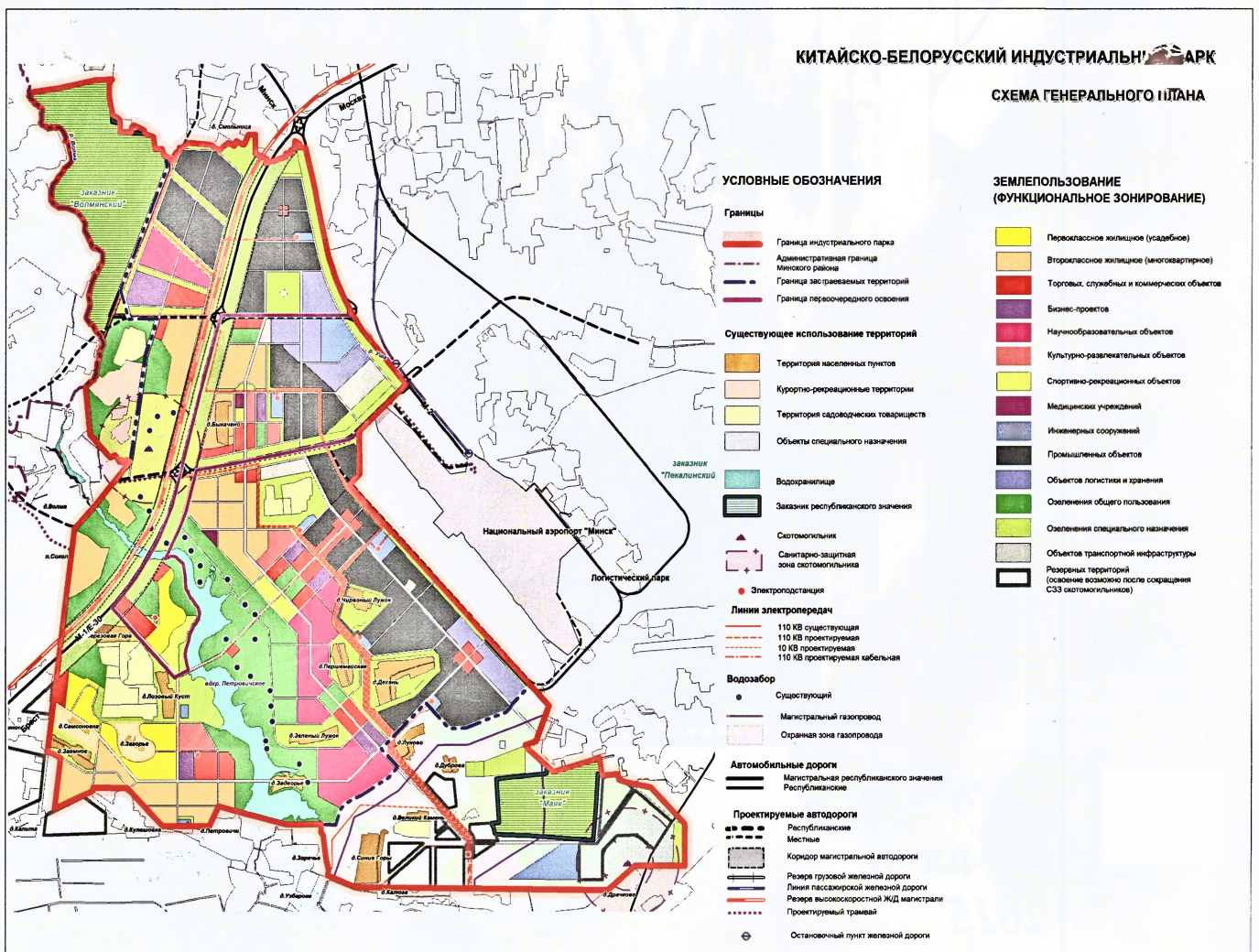
*Местонахождение: Смолевичский район, Беларусь*

*Координаты: 53°51'51" с. ш. 27°58'31" в. д. (G) (O)*

*Площадь: 9150,1 га*

*Создана: 2012*

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Великий\\_Камень](https://ru.wikipedia.org/wiki/Великий_Камень)



# ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 2 (67)  
апрель – июнь  
2015

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал  
Издается с июля 1998 года  
Выходит один раз в три месяца

*Учредитель:* Общественное объединение  
«Белорусское общество инженеров-механиков»  
(ОО «БОИМ»)

*Главный редактор* академик С.А. Астапчик

*Редакционная коллегия:* Андреев М.А., Дашков В.Н.,  
Дубовик Д.А., Дюжев А.А., Захарик А.М.,  
Колпащиков В.Л., Крупец Л.Н., Лягушев Г.С.,  
Мариев П.Л., Медвецкий Е.И., Мелешко М.Г.,  
Чижик С.А.

*Адрес редакции:*

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодин-  
ская, 4)

т.ел./ факс 203-88-80; 226-73-36

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс **00139**

*Компьютерная верстка* Н.В. Райченко

Подписано в печать 24.06.2015.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 200 экз. Заказ № 235.

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ  
«Физико-техническом институте НАН Беларуси».

Лицензия ЛП № 02330/152 от 14.04.2014 г.

220141, г. Минск, ул. Купревича, 10.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Разработки ученых и специалистов

Модернизация штанговых скребковых кон-  
вейеров для транспортировки стружки.....2

### Материалы конференции «Инженерия поверхности и реновация изделий»

- Технологическая наследственность в процессах про-  
изводства и реновации изделий.....8
- Проблематика применения ультразвуковых колебаний  
для повышения эффективности разборки резьбовых сое-  
динений.....14
- Подшипники с антифрикционным твердосмазочным за-  
полнителем.....15
- Свойства и применение углепластиков на основе поли-  
эфирэфиркетона.....17
- Газопорошковое наплавления покрыттів на чавунні деталі  
Підвищення довговічності золотникових і плунжерних  
пар гідравлічних та паливних агрегатів.....18
- Шумовое давление на объектах.....21
- Дефектация и ремонт деталей автотракторной техники.....23
- Восстановление деталей судовых машин и механизмов  
электроконтактным припеканием дискретных покрытий.....25
- Использование для разборки резьбовых соединений ульт-  
развуковых колебаний других типов.....26
- Перспективные технологии шлифования высокоточных  
зубчатых колес тарельчатыми кругами.....28
- Создание защитных покрытий на деталях теплоэнерге-  
тического оборудования.....29
- Порошковая проволока для наплавки и ремонта деталей  
из углеродисто-марганцовистых сталей.....30
- Повышение эксплуатационных характеристик деталей  
плунжерных пар топливных насосов нанесением анти-  
фрикционного покрытия.....31
- Наплавочные станки и установки «РЕММАШ» – эффек-  
тивный инструмент восстановления и упрочнения дета-  
лей.....32
- Упрочнение рабочих поверхностей деталей машин и  
аппаратов перерабатывающей и пищевой промышлен-  
ности.....36
- Способ получения износостойких покрытий.....38
- Совершенствование и исследование неравножестких опор.....40
- Особенности формирования покрытий хром-нитрид  
хрома в среднеуглеродистых низколегированных сталях.....41

### Из истории авиации

Скромное обаяние маленького лайнера.....44

УДК 621.867.1

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ШТАНГОВЫХ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СТРУЖКИ

*В. Ф. Барышников*

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи*

Рассмотрены конструкции штанговых конвейеров с вертикальной и горизонтальной осями подвески скребков. Отмечены их недостатки при транспортировании мелкой металлической стружки. Предложены конструкции механизмов для модернизации данных конвейеров.

## **Введение**

Для повышения эффективности машиностроительного производства немаловажная роль принадлежит механизации транспортных операций в цехах и участках. Сбор и удаление стружки с участка или из цеха — наименее механизированный технологический процесс.

Поэтому разработка новых и совершенствование существующих транспортных средств для перемещения стружки является весьма актуальной.

Для перемещения стружки внутри цеха применяются конвейеры прерывистого действия: винтовые, вибрационные и штанговые.

Однако шнековый конвейер довольно металлоёмкий. Эксплуатация же вибрационных конвейеров приводит к вибрации соседних металлорежущих станков, что отрицательно отражается на качестве изделий

Чаще для перемещения стружки применяют скребковые штанговые конвейеры возвратно-поступательного действия. По расположению оси крепления скребков они делятся на два вида: с вертикальным и горизонтальным расположением. Однако они тоже имеют существенные недостатки.

Началом производства и эксплуатации штанговых конвейеров в отраслях промышленности и с/х производства считается период середины XX в. [1].

Совершенствованию конструкции штангового конвейера посвящено изобретение Вейнла В. Э. и Колде О. Ф. [2].

Авторами изобретений [3...7] для перемещения стружки различной крупности были предложены штанги в желобе с односторонне направленными шипами. Шипы также были установлены на стенках желоба. Скребки имели разную конструкцию.

Следует отметить, что основным недостатком рассмотренных конвейеров [3—7] является то, что они мелкую стружку удаляют не полностью и в большей степени предназначены для уборки сливной (витой) стружки.

Рассмотрим следующую группу конструкций штанговых конвейеров с горизонтальной осью подвески скребков.

Ратинер М.М. и др. разработали штанговый конвейер с желобом, разделённым на два яруса перегородкой с продольными пазами, в которых расположены штыри, соединённые со штангой, снабжённой поворотными скребками. Штыри соединены со штангой шарнирно и связаны посредством рычагов с системой поворота скребков.

Достоинством конструкции является возможность транспортировки с одновременной сортировкой различных видов металлической стружки [8].

Однако недостатком конструкции является её сложность.

Следующим изобретением, осуществлённым Марковым А. И. является штанговый скребковый конвейер для транспортирования мелкой металлической стружки, включающий механизм поворота скребков за счёт каната, планок и рычагов [9].

Недостатком штангового скребкового конвейера является сложность конструкции, неудовлетворительная надёжность его работы, вызванная наличием канатного привода, а также отсутствие

механизмов для устойчивого перемещения штанги и принудительного поджатия скребков к днищу желоба.

Для расширения технологических возможностей конвейера (изменения величины выдаваемой порции материала) авторами Шардин С. И. и др. был разработан скребковый конвейер, в котором механизм принудительного поворота скребков выполнен из копира, смонтированного на желобе, подпружиненного кулачка и двух упоров, причём подпружиненный кулачок шарнирно установлен на оси одного из скребков с возможностью взаимодействия с копиром и упорами, один из которых жёстко закреплён на этой же оси, а другой смонтирован на ней с возможностью поворота и фиксации [10].

Недостатком скребкового конвейера является сложность конструкции.

В целях упрощения конструкции механизма принудительного поворота скребков Беловым Н. К. была предложена подвижная дополнительная штанга, снабжённая двумя поводками, а основная — толкателем, который размещён с зазором между поводками с возможностью взаимодействия с последними [11].

Недостатком конструкции механизма принудительного поворота скребков является необходимость наличия подвижной дополнительной штанги с поводками, что усложняет конструкцию. Также отсутствие двух механизмов, указанных в [9].

Для повышения надёжности работы скребкового конвейера при уборке мелкой металлической стружки для исключения канатного привода коллективом авторов во главе с Берёзовик В. В. был разработан скребковый конвейер с механизмом поворота скребков, снабжённый державкой, на которой закреплён упор, имеющий фиксатор, а штанга установлена в державке с возможностью их взаимного перемещения [12].

Данное усовершенствование упростило конструкцию механизма. Однако в предложенной конструкции также отсутствуют два механизма, отмеченных выше.

С целью обеспечения устойчивого положения штанги в направляющих Тимошинский Г. Н. и Бошков А. Г. предложили направляющие в виде спаренных роликов, прикреплённых к стенкам желоба, а к основной штанге жёстко прикреплена дополнительная штанга, имеющая длину, соизмеримую с ходом штанги, охватывающая вместе с ней спаренные ролики с двух сторон [13].

Недостатком данного конвейера является отсутствие механизма для принудительного поджатия скребка к днищу желоба.

Для повышения надёжности работы, устранения зазоров между желобом и скребками, исключения заклинивания, повышения производительности конвейеров Рязанов Ю. В. и Демьянов А. Г. разработали скребковый конвейер с устройством, включающим упругие элементы, установленные перпендикулярно желобу с возможностью прижатия к нему скребка [14].

Недостатком данного скребкового конвейера (с точки зрения штанговых конвейеров) является то, что направляющие жёстко закреплены на двух тяговых цепях, что значительно усложняет конструкцию.

Поэтому целью настоящей работы является упрощение конструкции, уменьшение металлоёмкости конвейеров, повышение их надёжности и улучшение их эксплуатационных характеристик.

### Штанговых конвейеры с вертикальной осью расположения скребков

Конвейер может быть смонтирован одновременно в двух желобах или в одном. На рис. 1 приведён фрагмент такого конвейера, установленного в одном желобе. Привод конвейера условно не показан. По конструкции он может быть нескольких видов: с реверсивным электродвигателем, шатунно-цепочным, шатунно-кулисным, с коноидальным барабаном, винтовым, речным, дисково-рычажным и с гидropневмоприводом.

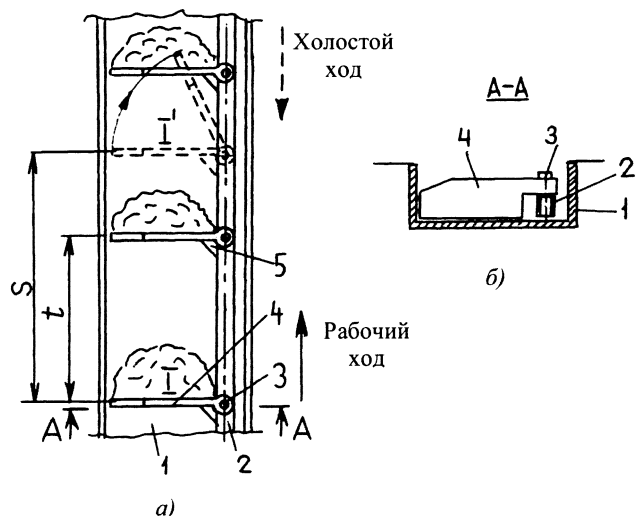


Рис. 1. Фрагмент штангового скребкового конвейера с вертикальной осью крепления скребков:

а — вид сверху; б — поперечный разрез:

1 — желоб; 2 — штанга; 3 — ось скребка; 4 — скребок; 5 — упор скребка

При рабочем ходе скребок 4 занимает перпендикулярное положение к штанге 2 за счёт упора 5, закреплённого на штанге.

При холостом ходе штанги скребок за счёт трения его о дно желоба постепенно разворачивается по определённой траектории, приближаясь к штанге, образуя угол в  $25^\circ$  [1]. Затем вновь, в начале рабочего хода скребок должен занять рабочее положение за счёт трения его о дно желоба. Это явление является существенным недостатком данной конструкции конвейера. Для устранения данного недостатка предлагается следующее устройство. Оно показано на рис. 2 [15].

Устройство содержит штангу 1 с установленной на ней вертикальной осью 2 для размещения скребка 3, выполненного в виде двуплечего ры-

чага, конец второго плеча 4 которого установлен под острым углом по направлению движения ползуна-штанги 5 за счёт ограничителя 6 (при совершении холостого хода). В свою очередь несколько скребков соединены между собой тягой 7 для одновременного принятия рабочего положения при крайнем положении холостого хода. На боковой стенке желоба установлен упор 8, взаимодействующий со свободным концом скребка 3.

Устройство работает следующим образом.

После завершения рабочего хода штанга 1, достигнув крайнего положения, совершает холостой ход. Скребок 3, достигнув упора 8, своим плечом 4 упирается в него и разворачивается вокруг вертикальной оси 2, занимая рабочее по-

ложение. В свою очередь разворачиваются и занимают рабочее положение и оставшиеся скребки за счёт того, что они тягой 7 соединены между собой.

Подобное выполнение устройства позволит значительно уменьшить холостой ход штанги для полного освобождения скребка и возврата штанги в рабочее положение. Таким образом, повышается стабильность технологического процесса уборки стружки.

### Штанговые конвейеры с горизонтальной осью расположения скребков

На рис. 3 приведён фрагмент такого конвейера.

На штанге 1 на осях 4 подвешены скребки 3. Штанга со скребками находится в желобе 7 на направляющих 5. Желоб сверху закрыт крышкой 6. При рабочем ходе штанги (вправо) скребки врезаются в стружку 8 и поворачиваются вокруг своих осей 4 до упора 2 в штанге, занимают вертикальное положение, при котором перемещают тело волочения в желобе на один ход  $S$ . Ход штанги несколько больше шага  $t$  скребков. При холостом ходе скребки поворачиваются в обратную сторону и скользят по поверхности образовавшегося тела волочения, разрушая его.

Чтобы этого не происходило, для улучшения процесса уборки стружки необходим механизм для принудительного подъёма скребков из рабочего положения в холостое и наоборот.

На рис. 4 предлагается следующая схема такого механизма [16].

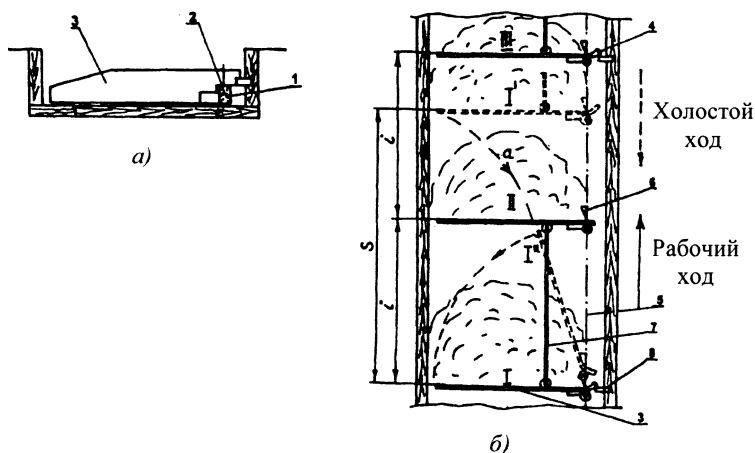


Рис. 2. Фрагмент штангового конвейера с механизмом для принудительной установки скребка из холостого положения в рабочее:

*a* — поперечный разрез транспортера; *b* — вид сверху;

1 — штанга; 2 — ось скребка; 3 — скребок; 4 — плечо скребка; 5 — ползун-штанга; 6 — ограничитель; 7 — тяга; 8 — упор

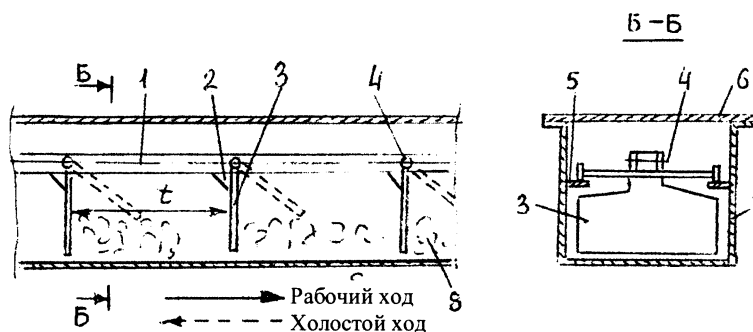


Рис. 3. Фрагмент скребкового штангового конвейера:

1 — штанга; 2 — упор; 3 — скребок; 4 — ось скребка;

5 — направляющая штанги; 6 — крышка желоба; 7 — желоб; 8 — стружка

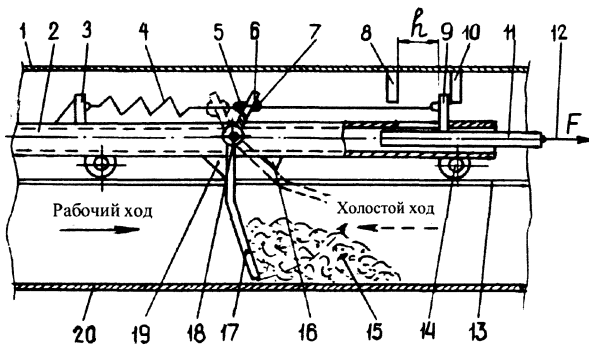


Рис. 4. Фрагмент скребкового конвейера с механизмом принудительного подъема и опускания рабочих органов:

- 1 — крышка; 2 — штанга; 3 — кронштейн пружины; 4 — пружина; 5 — упор задний плеча скребка; 6 — плечо скребка; 7 — упор передний плеча скребка; 8 — задний упор кронштейна ползуна; 9 — кронштейн ползуна; 10 — передний упор кронштейна ползуна; 11 — ползун; 12 — тяговый орган; 13 — направляющая штанги; 14 — ось с роликом; 15 — стружка; 16 — передний упор скребка; 17 — скребок двуплечий; 18 — ось скребка; 19 — задний упор скребка; 20 — желоб

Устройство скребкового транспортера следующее. В желобе 20 по направляющим 13, смонтированных на боковых стенках желоба, на осях 14 с роликами перемещается корабчатая штанга 2. На штанге с определённым шагом на осях 18 подвешены двуплечие скребки 17. В штангу с правого торца установлен ползун 11, на котором закреплён кронштейн 9. К кронштейну крепится тяга с упорами 5 и 7 (для верхнего плеча скребка) и пружина 4, закреплённая на кронштейне 3 штанги. Штанга приводится в движение за счёт тягового органа 12, закреплённого на ползуне 11.

При рабочем ходе (вправо) ползун 11 сдвигается в штанге 2 на величину  $h$ , растягивает пружину 4 и за счёт упоров 5 и 7 переводит скребок 17 из холостого положения в рабочее. Скребок упирается в задний упор скребка 19, занимает вертикальное положение и перемещает тело волочения (стружку) 15 на один ход.

При холостом ходе (влево) ползун за счёт пружины 4 смещается влево от упора 10 до упора 8 на величину  $h$  и переводит скребок 17 из рабочего положения в холостое не нарушая тела волочения.

Недостатком данной конструкции является то, что зазоры между желобом и скребком не устранены и потому при транспортировании стружки

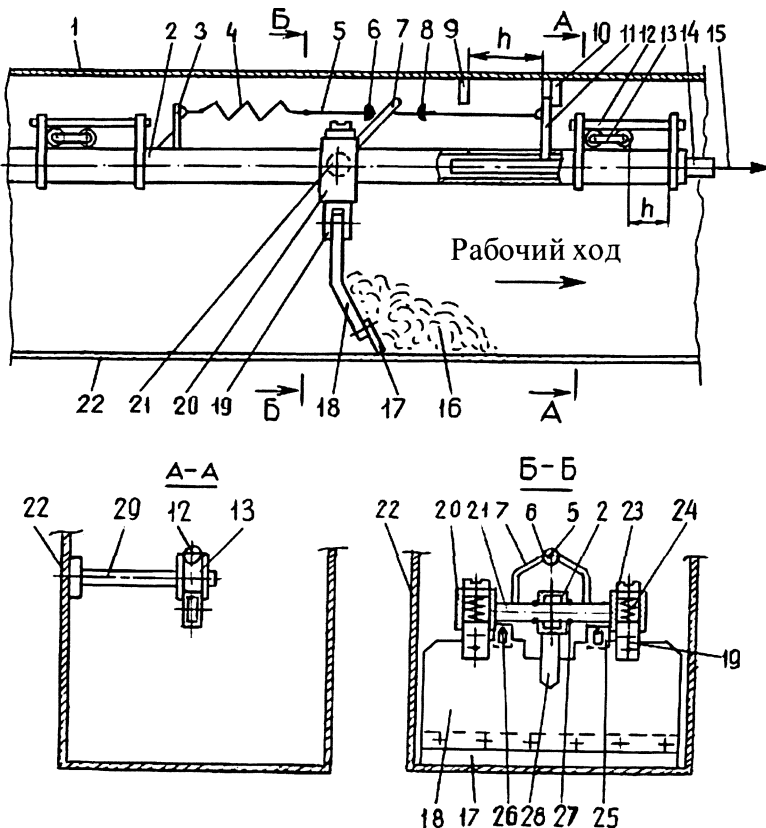


Рис. 5. Схема модернизированного скребкового конвейера:

- 1 — крышка; 2 — штанга; 3 — кронштейн пружины; 4 — пружина; 5 — тяга; 6 — упор задний; 7 — рычаг валика; 8 — упор передний; 9 — задний упор кронштейна ползуна; 10 — передний упор кронштейна ползуна; 11 — кронштейн ползуна; 12 — штанга дополнительная; 13 — ролики спаренные; 14 — ползун; 15 — тяговый орган; 16 — стружка; 17 — лента резинотканевая; 18 — скребок; 19 — сухарь; 20 — стакан; 21 — валик; 22 — желоб; 23 — винт регулировочный; 24 — пружина; 25 — кронштейн стакана; 26 — штифт; 27 — кольцо стопорное; 28 — упор скребка; 29 — консоль роликов

неизбежно заклинивание, что создаёт дополнительное сопротивление транспортированию. Возможен также подъём штанги на направляющих, что не обеспечивает её устойчивое положение. Это не отвечает требованиям надёжности работы конвейера.

Для устранения данных недостатков предлагается конструкция штангового конвейера, схема которой представлена на рис. 5.

В предлагаемой модернизированной конструкции конвейера (рис. 5) также есть механизм подъёма и опускания скребков из рабочего положения в холостое и наоборот.

Отличие предлагаемой схемы состоит в следующем.

Конвейер содержит желоб 22. В направляющих желоба возвратно-поступательно перемещается штанга 2. Для устойчивого положения штанги в направляющих использовано устройство, разработанное Тимошинским Г. Н. и Бошковым. А. Г. Направляющие выполнены в виде спаренных роликов 13, прикреплённых к боковой стенке желоба с помощью консоли 29. К штанге 2 жёстко прикреплена дополнительная штанга 12, имеющая длину, соизмеримую с ходом штанги  $h$ . Это обеспечивает устойчивое положение штанги 2 в направляющих.

На штанге 2 с определённым шагом установлены валики 21, свободно поворачивающиеся в штанге 2 и зафиксированные от поперечного смещения в штанге стопорными кольцами 27. К торцам валиков 21 смонтированы стаканы 20. В ста-

канах установлены пружины 24, которые через сухари 19 воздействуют на скребки 18, прижимая их к днищу желоба, что исключает возможность образования зазора. В случае отклонения от плоскостности в поперечном сечении на некотором участке, стружка, попадая между скребком 18 и днищем желоба, заставляет скребок приподняться за счёт сжатия пружины 24 и пропустить стружку. Усилия поджима пружин 24 регулируются винтами 23.

К стаканам 20 с внутренних боковых сторон приварены кронштейны 25, в которых установлены штифты 26. Штифты входят в продольные вертикальные пазы скребка 18, удерживая его в сухарях 19 стаканов 20.

При рабочем ходе скребки 18 занимают вертикальное положение, упираясь в упоры 28, установленные на штанге 2. На скребках установлена лента из резинотканевого материала 17, чтобы не было металлического скрежета при трении металла о металл и отсутствовал зазор между скребком и днищем желоба.

### Заключение

Предложенные конструкции штанговых скребковых конвейеров позволяют значительно повысить надёжность их работы и улучшить эксплуатационные характеристики за счёт механизма для принудительного перевода рабочих органов из холостого положения в рабочее и наоборот, а также механизма для устойчивого перемещения штанги по спаренным роликам и устранения зазора между скребком и днищем.

### Список использованных источников

1. Арбузов, И. П. Механизация транспортных работ на животноводческих фермах / И. П. Арбузов ; Азово-Черномор. ин-т механизации сел. хозяйства. — Ростов : Ростов. кн. изд-во, 1965.
2. Скребок штангового транспортёра для уборки навоза : а. с. 757414 СССР : В65G25/08, 1977 / В. Э. Вейнла, О. Ф. Колде ; дата публ.: 07.01.1986.
3. Штанговый конвейер : а. с. 861205 СССР : В65G25/10 / Б. И. Шпиндель, А. Я. Призанти, Б. М. Бодров ; дата публ.: 07.09.1981.
4. Конвейер для транспортирования металлической стружки : а. с. 912607 СССР : В6G25/10 / А. И. Марков ; дата публ.: 15.03.1982.
5. Штанговый конвейер для перемещения металлической стружки : а. с. SU1071540A СССР : В65G25/10 / Е. Л. Чусов, Е. Н. Малоземов, А. И. Солодовников, Н. А. Ермилов ; дата публ.: 07.02.1984.
6. Штанговый конвейер для перемещения металлической стружки : а. с. SU1164162A СССР : В65G25/10 / Е. Н. Малоземов, А. И. Солодовников, Н. А. Ермилов, Е. Л. Чусов ; дата публ.: 30.06.1985.
7. Штанговый конвейер для перемещения металлической стружки : а. с. SU1370026A1 СССР : В65G25/10 / А. Н. Летков, В. Н. Морев, Г. М. Мельников ; дата публ.: 30.01.1988.
8. Штанговый конвейер : а. с. 372136 СССР : В65G25/00 / М. М. Рагинер, Ю. А. Маслов, Д. А. Гефан, С. Л. Галенпольский ; дата публ.: 08.10.1973.
9. Штанговый скребковый конвейер : а. с. 569494 СССР : В65G25/10 / А. И. Марков ; дата публ.: 25.08.1977.
10. Скребок конвейер : а. с. 781138 СССР : В65G25/08 / С. И. Шардин, В. П. Ширяев, Б. И. Сахнов ; дата публ.: 23.11.1980.



11. Штанговый скребковый конвейер : а. с. 839904 СССР : В65G25/10 / Н. К. Белов ; дата публ.: 23.06.1981.
12. Скребковый транспортер : а. с. 893744 СССР : В65G25/10 / В. В. Березовик, В. М. Кресов, В. В. Соусь, С. А. Полтаев ; дата публ.: 30.12.1981.
13. Штанговый конвейер для перемещения металлической стружки : а. с. 384757 СССР : В65G25/08 / Г. Н. Тимошинский, А. Г. Бошков ; дата публ.: 29.05.1973.
14. Скребковый конвейер : а. с. 707861 СССР : В65G19/22 / Ю. В. Рязанов, А. Г. Демьянов ; дата публ.: 05.01.1980.
15. Устройство для уборки навоза : предвар. пат. на изобр. 7843 Респ. Казахстан : МПК А01К1/01 (1998) / В. Ф. Барышников, А. А. Приходько ; дата публ.: 16.08.1999.
16. Устройство для уборки стружки : полезная модель 9398 Респ. Беларусь : МПК В65G25/10 / В. Ф. Барышников, Н. М. Федосов ; дата публ.: 02.05.2013.

## ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ И РЕНОВАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ

*1–5 июня 2015 г. на Украине (Одесская обл., Затока) прошла 15-я Международная научно-техническая конференция «Инженерия поверхности и реновация изделий» посвященная 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси П.И. Ящерицына.*

Научные направления конференции

- Научные основы инженерии поверхности:
  - материаловедение
  - физико-химическая механика материалов
  - физикохимия контактного взаимодействия
  - износо- и коррозионная стойкость, прочность поверхностного слоя
  - функциональные покрытия и поверхности
  - технологическое управление качеством деталей машин
  - вопросы трибологии в машиностроении
- Технология ремонта машин, восстановления и упрочнения деталей
- Метрологическое обеспечение ремонтного производства
- Экология ремонтно-восстановительных работ
- Сварка, наплавка и другие реновационные технологии на предприятиях горнометаллургической, машиностроительной промышленности и на транспорте.

Материалы конференции опубликованы в сборнике, с полной версией (печатной и электронной) которого можно ознакомиться в редакции журнала «Инженер-механик». В номере представлены лишь некоторые статьи сборника, которые носят ознакомительный характер. Исключение составляет статья «Технологическая наследственность в процессах производства и реновации изделий». Хейфец М Л. и соавторы предоставили полную версию статьи.

УДК 658.562: 621.01

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ В ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА И РЕНОВАЦИИ ИЗДЕЛИЙ

*Хейфец М.Л., Отделение физико-технических наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

*Васильев А.С., Московский государственный технический университет*

*им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

*Клименко С.А., Институт сверхтвердых материалов*

*им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина*

*Танович Л., Белградский университет, Белград, Сербия*

*Сформированы методы технологического управления наследованием эксплуатационных свойств изделий. Показано, что технологическое наследование свойств целесообразно описывать графом, отражающим передачу и взаимовлияние физико-механических и геометрических параметров качества детали. Предложено при интенсивных воздействиях технологических факторов вторую производную от импульса энергии по глубине поверхностного слоя, рассматривать как технологический барьер.*

### Введение

Определение рациональных путей управления технологическими факторами, режимами структурообразования материала и формообразования поверхности при обработке, а также стабилизацией параметров материала и поверхности при эксплуатации на основе анализа самоорганизации и наследования физико-механических и геометрических структур и свойств при комплексных технологических воздействиях — крупная проблема обеспечения качества машин.

Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевают явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операций и переходов к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин [1, 2]. Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхность детали со всем многообразием описывающих их параметров. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе и при эксплуатации, проходя через различные операции и переходы, испытывая воздействия технологических факторов [3, 4].

В технологической цепочке и на стадии эксплуатации существуют своего рода «барьеры». Некоторые технологические факторы преодолеть эти «барьеры» не могут и в таком случае их влияние на конечные свойства объекта отсутствуют. Другие факторы такие «барьеры» проходят, но при этом значительно теряют свою исходную силу и влияют на конечные свойства очень слабо [1, 3]. Самые существенные «барьеры» проявляются на термических операциях, а также на операциях, сопровождающихся поверхностным деформированием и упрочнением, так как они изменяют микроструктуру обрабатываемого материала, микрогеометрию формируемой поверхности, приводят к короблению детали и искажению ее формы. В ходе этих операций различные пороки поверхности, такие как структурная неоднородность, поры, микротрещины, могут развиваться или «залечиваться». Следовательно, процессом технологического наследования можно управлять, с тем, чтобы свойства, положительно влияющие на качество детали, сохранить в течение всего технологического процесса, а свойства, влияющие отрицательно — ликвидировать в его начале [5, 6].

**1 Определение закономерностей наследования свойств материала и поверхности изделия**

Технологический процесс изготовления и эксплуатации деталей, а также их восстановления может быть представлен в виде графа, выделяющего при изготовлении и восстановлении заготовительные, черновые операции, чистовые и отделочные операции, а так же стадии эксплуатации [2, 7]. Граф, как правило, является ориентированным, а параметры качества взаимосвязаны между собой (рис. 1).

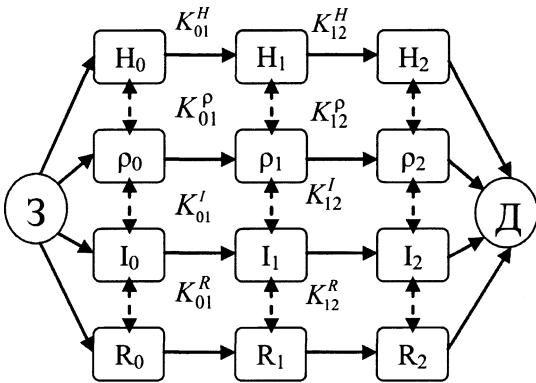


Рис. 1. Развернутый граф технологического наследования, учитывающий комплекс эксплуатационных параметров качества

Начальная вершина графа, при описании технологического процесса и эксплуатации представляет собой заготовку (З). Конечная вершина – готовая деталь (Д) в процессе эксплуатации. Ориентированные ребра графа показывают передачу свойств детали при обработке и в эксплуатации.

Передача ребра описывается коэффициентом наследования  $K$ , показывающим количественное изменение свойства и равным отношению предыдущих  $S_j$  и последующих  $S_{j+1}$  значений свойства [4, 8]:

$$K = S_j/S_{j+1}.$$

Помимо прямой передачи свойств (рис. 1) при технологическом наследовании целесообразно оценивать их взаимовлияние (рис. 2). Общую структуру процессов можно представить как сложную многомерную систему, в виде последовательности изменения основных параметров качества детали [2, 8].

На вход технологической и эксплуатационной системы поступают различные характеристики заготовки  $\{S_{10}, S_{20}, \dots, S_{m0}\}$ , а на её выходе обеспечивается соответствующий набор тех же характеристик для готовой детали  $\{S_{1p}, S_{2p}, \dots, S_{mp}\}$ . Эти изменения определяются действием совокуп-

ности технологических или эксплуатационных  $\{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$  факторов для каждой операции  $\phi$ , рассматриваемого процесса [3, 7].

Так для параметра качества  $S$  после окончательной обработки [2, 6]:

$$S_p = a_p S_{p-1}^{b_p}.$$

Количественные связи наследственности, зависящие от выбора метода обработки, определяются коэффициентами  $b$ , а основные условия обработки внутри этого метода – коэффициентами  $a$ . Выполнив преобразования с уравнениями для предшествующих операций  $\phi_{p-1}, \phi_{p-2}, \dots, \phi_1$  получают общую математическую модель изменения параметра качества для всего процесса:

$$S_p = a_p a_{p-1}^{b_p} a_{p-2}^{(b_p b_{p-1})} \dots a_1^{(b_p b_{p-1} \dots b_2)} S_0^{(b_p b_{p-1} \dots b_1)}.$$

Коэффициент наследственности  $a_i$  описывает влияние факторов  $t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}$  на рассматриваемый параметр качества  $S_j$  для операции  $\phi_i$  и может быть представлен [2, 8]:

$$a_i = k_{i0} k_{i1}^{k_{i1}} t_{i2}^{k_{i2}} \dots t_{in}^{k_{in}},$$

где  $k_{i0}, k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{in}$  — эмпирические коэффициенты влияния технологических или эксплуатационных факторов.

Анализ зависимостей показывает, что весь процесс может быть выражен в виде суммы действия окончательной операции или стадии и некоторой доли влияния предшествующих операций на исходное состояние заготовки  $S_0$ , которые определяются коэффициентами наследственности  $b_1, b_2, \dots, b_p$ . Если на какой-либо операции  $\phi_i$  коэффициент технологической наследственности  $b_i = 0$ , то это означает отсутствие влияния исходного качества состояния заготовки на окончательное состояние после данной операции, что может служить интерпретацией действия на операции  $\phi_i$  непреодолимого «технологического барьера» [2, 3].

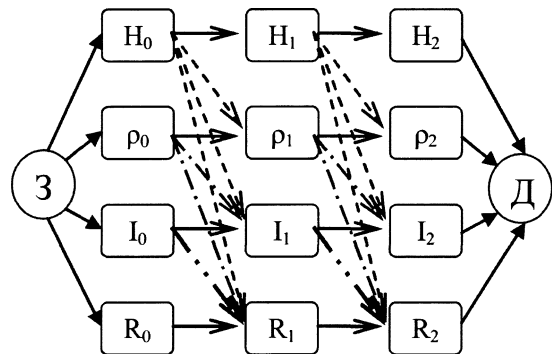


Рис. 2. Граф технологического наследования, отражающий взаимовлияние физико-механических и геометрических параметров качества

## 2 Контроль наследуемых показателей качества материала и поверхности изделия

Для выявления основных наследуемых в эксплуатации показателей качества, посредством контроля которых целесообразно управлять технологическим процессом [9], целесообразно проводить ABC-анализ (рис. 3) изменения в процессе эксплуатации начальных геометрических параметров поверхности и физико-механических характеристик материала [6, 10].

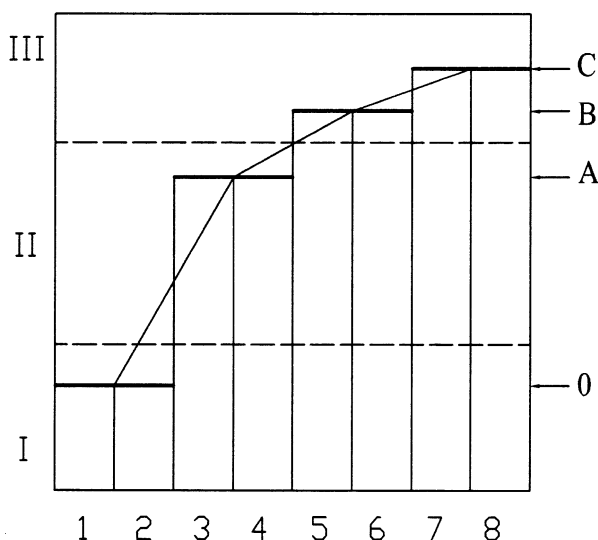


Рис. 3. ABC-анализ изменения в процессе эксплуатации (I – III) начальных показателей качества (1 – 8):

0 – формирование поверхности; A – изменение контактных нагрузок; B – выход детали из строя; C – полное разрушение поверхности; I – приработка; II – нормальное изнашивание; III – катастрофическое изнашивание; 1 – шероховатость поверхности; 2 – структура поверхностного рельефа; 3 – волнистость поверхности; 4 – структура поверхностных слоев; 5 – форма поверхности; 6 – точность размеров; 7 – остаточные напряжения; 8 – структура основного материала

ABC-анализ показывает, что в большинстве случаев, уже в период приработки (I) существенно меняется шероховатость (1) и структура поверхностного рельефа (2). Волнистость (3) и структура поверхностных слоев (4) изменяются при установившемся изнашивании (II). Точность размеров (5) и геометрическая форма поверхности (6) остаются в пределах допустимых значений даже в начале стадии катастрофического изнашивания (III). Только остаточные напряжения

(7) и структура основного материала (8) могут сохраняться до полного разрушения трущихся поверхностей [5, 10].

Поэтому для изучения наследования выбирались наименее трудоемко контролируемые физико-механические и геометрические показатели качества из начальной и конечной групп (0 – C). При этом особое внимание уделялось показателям (5, 6) претерпевающим существенные изменения в начале катастрофического износа (B), связанным как с физико-механическими характеристиками материала (7, 8) так и с геометрическими параметрами рельефа поверхности (1, 3).

## 3 Исследование процессов передачи показателей качества при наследовании свойств материала и поверхности

Изучение и управление технологическим наследованием предложенным методом контроля параметров качества проводилось для деталей, отвечающих за ресурс, в частности для двигателей внутреннего сгорания: гильз блока цилиндров, коленчатых и распределительных валов [11].

Для изучения наследования выбраны оперативно контролируемые физико-механические и геометрические характеристики материала и поверхности деталей.

Рассматривались технологические процессы изготовления и восстановления деталей [12], в том числе использующие последовательность операций комбинированной обработки в ремонтном производстве (табл. 1).

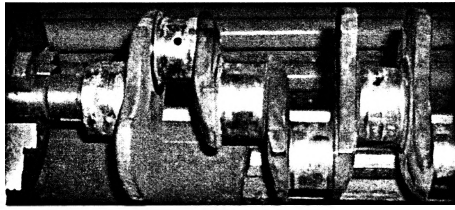
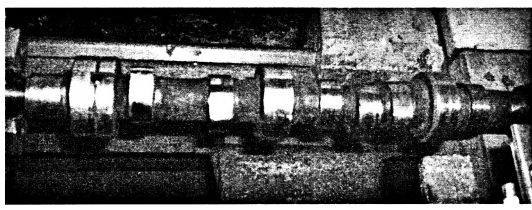
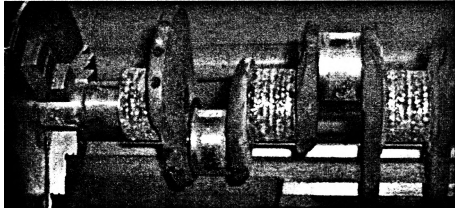
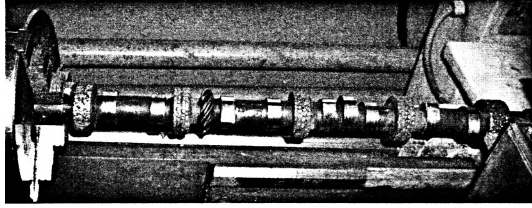
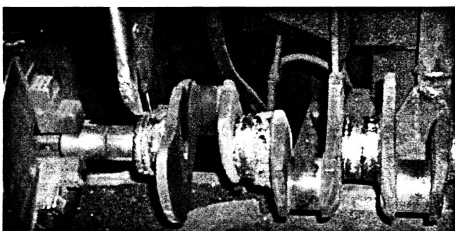
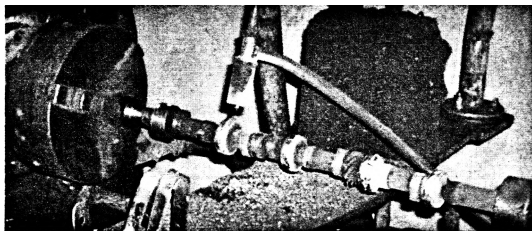
Для описания технологического наследования свойств материала и поверхности гильзы блока цилиндров, коленчатого вала и распределительного вала двигателя рассматривалась совокупность физико-механических и геометрических свойств: твердости (H), отклонений формы (p), точности размеров (I) и рельефа поверхности (R).

Для этого в качестве определяющего свойства рабочих поверхностей деталей принималась физико-механическая характеристика – твердость по Бринеллю (HB) или по Роквеллу (HRC), так как твердость является одним из наиболее распространенных и общедоступных интегральных критериев оценки свойств материалов, позволяющим судить о прочностных и триботехнических характеристиках материала.

В качестве зависимых от твердости параметров последовательно рассматривались отклонения формы поверхностей (биение p), точность размеров (кавалитет IT) и шероховатость поверхности (среднеарифметическое отклонение профиля Ra).

Таблица 1

Технологические операции комбинированного восстановления деталей

Этапы восстановления	Восстанавливаемые детали двигателя	
	коленчатый вал	распределительный вал
Подготовка восстанавливаемых поверхностей		
Нанесение ферромагнитного порошка		
Наплавка углеродистой проволокой	 под слоем флюса	 в среде углекислого газа

Эксплуатационные параметры качества рабочих поверхностей детали (HB/HRC,  $\rho$ ,  $IT$  и  $Ra$ ) измерялись после технологических операций механической обработки: точения, шлифования, полирования и после приработки деталей в двигателе.

Измерения твердости HB/HRC, отклонений формы  $\rho$ , точности размеров  $IT$  и рельефа поверхности  $Ra$  проводились на партии из пятидесяти деталей. При этом партия разбивалась по размерам, в соответствии со степенью износа поверхности на десять групп, а в качестве расчетного значения принималось среднеарифметическое в группе из пяти деталей. На основании расчетных результатов определялись коэффициенты передачи наследования  $K^H$ ,  $K^p$ ,  $K^I$ ,  $K^R$  и коэффициенты взаимовлияния технологического наследования  $K^{Hp}$ ,  $K^{HI}$ ,  $K^{HR}$ ,  $K^{pI}$ ,  $K^{pR}$ ,  $K^{IR}$  для графа на рис. 2.

Для оценки наследования по технологическому маршруту и стадиям эксплуатации рассчитывались результирующие коэффициенты  $K_p$ , равные произведению соответствующих коэффициентов для параметров качества по всей последовательности операций и стадий. Для определения степени влияния наследования на различных тех-

нологических операциях и стадиях эксплуатации рассчитывались коэффициенты сравнения  $K_c$ , равные отношению коэффициентов взаимовлияния на предшествующих и последующих операциях и стадиях.

Анализ технологического наследования при изготовлении и восстановлении рабочих поверхностей деталей двигателя внутреннего сгорания позволил пересмотреть последовательность технологических переходов (устранить операцию правки), регламентировать технологические воздействия (на операциях металлизации, наплавки, закалки, шлифования) и обеспечить качество восстановления (стабильная твердость и точность рабочих поверхностей).

#### 4 Технологические барьеры при формировании показателей качества изделий

Изучение последовательности воздействий концентрированными потоками энергии на операциях комбинированной обработки, а также анализ формируемых параметров качества поверхностей сопровождаются исследованием технологической наследственности образующихся структур (рис. 4).

Исследования тепловых и механических воздействий на поверхностный слой стальной детали показали, что концентрированный нагрев разупрочняет поверхностный слой за счет роста зерна и растворения упрочняющих карбидных и боридных фаз (рис. 4, б). Глубина фазовых превращений определяется границей распространения теплового потока. Инструмент срезает дефектный слой и упрочняет поверхность деформированием, завальцовывая трещины, поры, измельчая зерно. Проникновение механических воздействий также происходит на определенную глубину (рис. 4, а).

С позиций технологической наследственности, импульс энергии передается обрабатываемой поверхности, а скорость и ускорение распространения энергии отражаются на всех участках прохождения импульса.

О скорости распространения импульса можно судить по распределению значений упрочнения по глубине поверхностного слоя (рис. 4, кривые 1). Величина энергии импульса определяется площадью, расположенной под кривой упрочнения, которую можно определить графическим интегрированием (рис. 4, кривые 2). Ускорение при прохождении импульса, т.е. первая производная от скорости или вторая от энергии импульса, определяется графическим дифференцированием кривой упрочнения (рис. 4, кривые 3).

Следовательно, вторую производную от импульса энергии по глубине поверхностного слоя можно рассматривать как барьер, выделяющий условные поверхности раздела слоев с различными структурами [13, 14].

Изучение технологических барьеров показывает, что они достаточно точно описываются нормальным законом распределения с различными величинами дисперсий (рис. 4). При упрочнении и разупрочнении барьеры располагаются по разные стороны от оси координат (рис. 4, кривые 3).

При достаточной близости технологических барьеров в результате нагрева увеличивается пластичность поверхностного слоя и деформации проникают на большую глубину. Увеличение зоны и степени деформации, сопровождающееся усилением поглощения тепла, препятствует прохождению и приближает границу распространения теплового потока к поверхности. В результате совместное действие механических и тепловых потоков приводит к совмещению технологических барьеров и по всей глубине воздействия происходят термомеханические процессы (рис. 4, в).

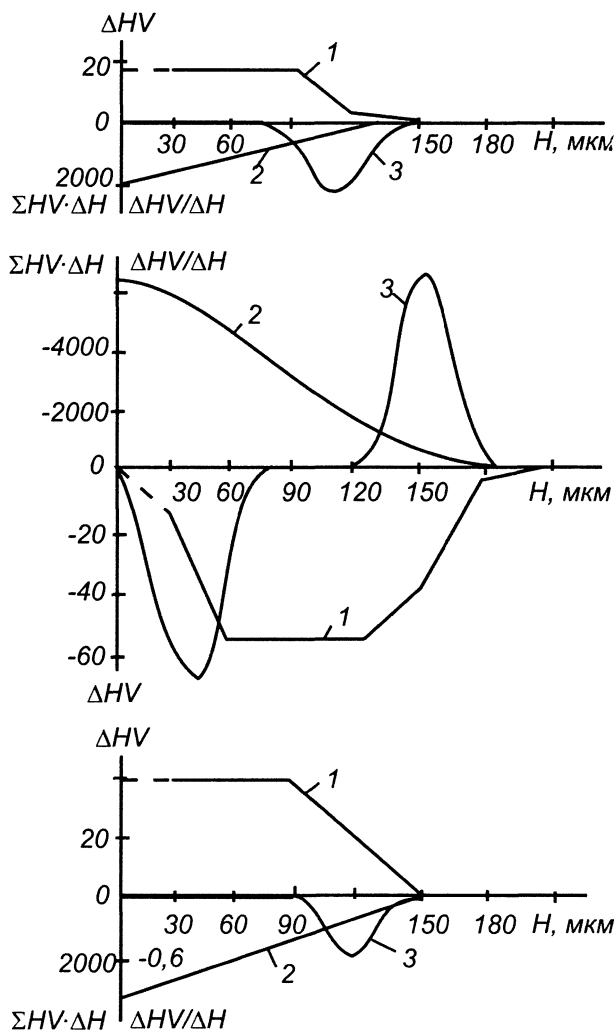


Рис. 4. Зависимости распределения по глубине поверхностного слоя материала: 1- изменения твердости  $\Delta HV$ ; 2 – общего упрочнения  $\Sigma HV \Delta H$ ; 3 – скорости приращения упрочнения  $\Delta HV / \Delta H$ ; после резания с нагревом недостаточной (а), избыточной (б) и рациональной (в) интенсивности

### Заключение

Таким образом, показано, что технологическое наследование свойств при изготовлении, эксплуатации и восстановлении, целесообразно описывать графом, отражающим коэффициенты передачи и взаимовлияния физико-механических и геометрических параметров качества детали.

Установлена последовательность для расчета коэффициентов наследования по степени значимости влияния параметров: твердость материала, отклонение формы, точность размеров и шероховатость рельефа поверхности детали.

Предложено при интенсивных воздействиях технологических факторов вторую производную

от импульса энергии, характеризующую величину и положение силы, тормозящей поток энергии в поверхностном слое, рассматривать как технологический барьер.

В результате сформированы методы технологического управления наследованием эксплуатационных свойств деталей, включающие:

– измерения физико-механических и геометрических параметров материала и поверхности

для наиболее ответственных деталей;

– определение механизмов технологического наследования на основе коэффициентов передачи и взаимовлияния наиболее значимых свойств;

– анализ технологических барьеров при интенсивных воздействиях потоками энергии;

– разработку технологических мероприятий по управлению процессами обработки и эксплуатации.

#### *Список использованных источников*

1. Технологические основы высокоэффективных методов обработки деталей / П.И. Ящерицын [и др.]. – Новополоцк: ПГУ, 1996. – 136 с.
2. Технологические основы управления качеством машин / А.С.Васильев [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
3. Ящерицын, П.И. Технологическая наследственность в машиностроении / П. И. Ящерицын, Э. В. Рыжов, В. И. Аверченков. – Минск.: Наука и техника, 1977. – 256 с.
4. Дальский, А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин / А.М. Дальский. – М.: Машиностроение, 1975. – 223 с.
5. Ящерицын, П.И. Работоспособность узлов трения машин / П. И. Ящерицын, Ю. В. Скорынин. – Минск: Наука и техника, 1984. – 288 с.
6. Технологические и эксплуатационные методы обеспечения качества машин / В.Б. Альгин [и др.]; под общ. ред. П.А. Витязя.– Минск: Беларус. навука, 2010. – 109 с.
7. Анализ свойств отношений технологических решений при проектировании комбинированных методов обработки материалов / П.И. Ящерицын [и др.] // Доклады НАН Беларуси. 2001. Т. 45, № 4. – С.106–109.
8. Технологическое и эксплуатационное наследование показателей качества в жизненном цикле изделий машиностроения / П.И. Ящерицын [и др.] // Доклады НАН Беларуси. 2004. Т. 48, № 4. – С.107–110.
9. Менеджмент качества предприятий машиностроения / В.Н. Корешков [и др.]. – Минск: Экономика и право, 2003.– 224 с.
10. Технологическое и эксплуатационное наследование показателей качества при восстановлении изношенных поверхностей деталей / П.И. Ящерицын [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2007. Т. 51, № 6. – С. 121–126.
11. Управление наследованием показателей качества при восстановлении, обработке, сборке и эксплуатации деталей машин / А.А. Лысов [и др.] // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. – № 4 (105). – С. 30–35.
12. Обработка и упрочнение поверхностей при изготовлении и восстановлении деталей / В.И. Бородавко [и др.]; под общ. ред. М.Л. Хейфеца и С.А. Клименко. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 463 с.
13. Хейфец, М.Л. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей / М.Л. Хейфец, Л.М. Кожуро, Ж.А. Мрочек. – Гомель: ИММС НАНБ, 1999. – 276с.
14. Хейфец, М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки / М.Л. Хейфец.– М.: Машиностроение, 2005. – 272с.

*Баринов С.А., Кудряшов Б.А., Нигметзянов Р.И.  
Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет (МАДИ), Москва, Россия*

## **ПРОБЛЕМАТИКА ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗБОРКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Применение винтовых поверхностей в технике началось ещё в античные времена. Широко известен изобретенный Архимедом винт, применявшийся для перемещения жидкостей и сыпучих тел. Первые крепёжные детали, имеющие резьбы, начали применяться в Древнем Риме в начале н.э. Однако из-за высокой стоимости они использовались только в ювелирных украшениях, медицинских инструментах и других дорогостоящих изделиях. На сегодняшний день ни один механизм не может обойтись без резьбовых креплений.

Соединения являются важными элементами машиностроительных конструкций. Опыт эксплуатации транспортных технических средств показал, что большое количество отказов в их работе связано с неудовлетворительным качеством соединений. Трудоемкость сборочно-разборочных операций составляет от 10 до 12 % и вносит значительную часть в стоимость изготовления и ремонта агрегатов.

В эпоху частых экономических кризисов изучение прочностных свойств крепёжных изделий принимает еще более важное значение: максимальная экономия возможна при производстве крепежа гарантированной прочности и с минимальным расходом дорожающих материалов.

От 60 до 70 % крепёжных резьбовых изделий при грамотном выполнении разборочных операций можно использовать повторно, что обеспечивает значительный экономический эффект.

Крепление в разборных соединениях происходит, в основном за счет сил трения между поверхностями сопрягаемых деталей. Основным фактором, осложняющим монтажно-демонтаж-

ные работы, являются, как правило, силы трения в зазоре, значительно возрастающие в процессе производства из-за технологической наследственности и процессе эксплуатации узлов из-за коррозии, загрязнений, полимеризации смазок, задиров и схватывания сопряженных поверхностей. На основании опыта эксплуатации машин, а также результатов многочисленных испытаний резьбовых соединений на растяжение установлено, что наиболее распространено разрушение двух видов: обрыв стержня шпильки (болта) и разрушение резьбы.

Известно, что огромную роль играет вибрация при создании новых и интенсификации известных методов и средств технологии. Использование вибраций ультразвукового частотного диапазона для разборки деталей – перспективное направление ультразвуковой технологии.

Преимуществами ультразвукового метода являются высокая скорость разборки, причем состояние поверхностей деталей разбираемых соединений не ухудшается, кроме того, технологический процесс ультразвуковой разборки может быть оптимизирован.

Высокая скорость ультразвуковой разборки и ее нейтральность по отношению к состоянию поверхностей связаны с тем, что при наличии высокочастотных колебательных перемещений деталей друг относительно друга изменяется характер сил трения. Сила сухого трения приобретает особенности, характерные для квазивязкого трения.

Исследования ультразвуковых колебаний различной поляризации на процессы монтажа и демонтажа разборных соединений показали, что ко-



лебания любой поляризации – продольные, крутильные, изгибные и радиальные снижают силы трения в соединении.

Проведенные исследования выявили возможности повышения эффективности способа ультразвуковой разборки соединений деталей, не допускающих воздействие на всю поверхность интенсивных динамических нагрузок. Детально изучены физические механизмы процесса ультразвуковой разборки и возможные способы управления ею.

При сборке и разборке нагрузки идут, в основном, на преодоление силы трения между поверхностями сопрягаемых деталей. Уменьшение усилий сопровождается улучшением эксплуатационных свойств посадки, поэтому задача уменьшения коэффициента трения весьма актуальна. Особенно важно, что снижение трения нужно только в момент сборки соединения: поскольку в собранном виде они удерживаются силой трения, а традиционные способы ее снижения (смазка, обработка поверхностей и др.), непригодны как снижающие надежность сборки.

Применение ультразвуковых технологий для разборки соосных соединений показала неоспоримое преимущество перед другими способами. Так ультразвуковой способ разборки позволяет вернуть в повторную эксплуатацию до 90 % прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры

(распылителей, плунжерных пар и т.д.) не повреждая поверхности сопрягаемых деталей.

Ультразвуковая разборка резьбовых соединений пока затруднена спецификой возбуждения колебаний. Применяемые ультразвуковые излучатели возбуждают в основном продольные колебания. Имеется ряд устройств позволяющих получать радиальные и поперечные колебания. А для эффективной разборки винтовых соединений требуются крутильные колебания. Имеющиеся ультразвуковые преобразователи для получения данного вида колебаний либо сложны, либо имеют малый акустический К.П.Д. Вторая проблема это обеспечение плотного акустического контакта с разбираемой частью детали. Третья проблема это массогабаритные характеристики излучающей части ультразвукового устройства (преобразователя), что ограничивает его применение для разборки в труднодоступных местах ремонтируемых узлов и агрегатов. Так же необходимо отметить сложность создания универсального ультразвукового инструмента для различных типоразмеров резьбовых соединений.

Работы авторов этой статьи направлены на поиск новых технологических и конструктивных решений обеспечивающих снижение трудоемкости сборочно-разборочных работ, увеличение срока службы и количества повторно используемых крепежных соединений.

*Бура А.И., Калиниченко С.В.*

*Днепродзержинский государственный технический университет,  
Днепродзержинск, Украина*

## **ПОДШИПНИКИ С АНТИФРИКЦИОННЫМ ТВЕРДОСМАЗОЧНЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ**

Многие машины и механизмы работают с применением подшипников качения. Срок службы шарикоподшипников в значительной мере зависит от соблюдения правил технического обслуживания, связанного с выбором типа и количества смазочного материала, своевременного его обновления и защиты от загрязнения [1].

В подшипниках применяют жидкие, густые пластичные и твердые смазочные материалы. Большинство жидких и пластичных смазочных материалов работают в температурном диапазоне от  $-60$  до  $+150$  °С. При температурах, которые не лежат в данном диапазоне, целесообразно применять подшипники качения с твердыми

антифрикционными заполнителями (АФЗ) [2, 3]. Разработкой таких заполнителей занимаются известные мировые производители подшипников: FAG (Германия), SKF (Швеция), SRO (Швейцария), ZKL (Чехия), NSK и Кооо (Япония), NDH и TORRINGTON (США), HOFMAN R&M (Великобритания), RIV (Италия) [4].

Шарикоподшипники с АФЗ имеют следующие преимущества перед аналогичными с традиционными смазками:

- могут работать при высоких температурах;
- защищают тела качения от пыли и грязи;
- эксплуатируются без проведения обслуживания;
- срок службы в 3–5 раз больше.

Учитывая изложенное выше, нами были разработаны и введены в эксплуатацию подшипники с АФЗ на основе ПТФЭ (табл. 1), которые не

уступают по качеству этим брендам и гораздо дешевле.

На основе проведенных исследований и производственных испытаний (табл. 2) подшипников разработанной конструкции, можно сделать следующие выводы:

- подшипники с защитой на основе ПТФЭ армированные УВ могут выдерживать большие динамические нагрузки в процессе длительной работы при температуре до 270 и кратковременно до 370 °С;
- с увеличением процентного содержания волокна от 10 до 40 масс.%, независимо от его типа, увеличивается время приработки и конечный крутящий момент в подшипнике;
- долговечность экспериментальных подшипников в 1,8–3 раза выше чем у серийных с классической смазкой [5].

Таблица 1 – Влияние содержания углеродного волокна на свойства антифрикционных заполнителей на основе политетрафторэтилена

Содержание УВ, %	Коэффициент трения	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Теплопроводность, Вт/м·К	Теплостойкость по Вика, К
ПТФЭ	0,4	40	26	0,132	303
5	0,25	32	50	0,133	341
10	0,18	26	64	0,125	370
15	0,16	20	76	0,138	396
20	0,17	16	82	0,140	417
25	0,16	13	84	0,146	431
30	0,15	10	83	0,154	439
35	0,14	8	76	0,165	441
40	0,13	7	64	0,182	439

Таблица 2 – Использование подшипников с антифрикционным заполнителем

Номер подшипника	Отрасль	Заказчик
62203-2RS	Сельское хозяйство (дисковый заделывать сеялок KINZE-7600)	АОЗТ “Агро-Союз”
62204-2RS	Сельское хозяйство (дисковый заделывать сеялок MF 543)	АОЗТ “Агро-Союз”
205, 206, 216, 316	Машиностроение	ЧП “ДЕПЛА”
313, 315	Металлургия (спекальные телеги агломерационных цехов)	ООО “Азовмашпром” ЧАО “Азовский машиностроительный завод”
36310	Кондитерская (линии производства конфет)	ЗАО “АВК” г. Луганск

*Буря А.И., Томина А.М.В.*

*Днепродзержинский государственный технический университет,  
Днепродзержинск, Украина*

*Цуй Хун, Фэн Сян-мин,*

*Северо-Западный политехнический университет, Сиань, Китай*

## СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОНА

Класс суперконструкционных полимеров, который в настоящее время очень активно развивается и отличается от других низкими объемами производства и очень высокой стоимостью реализованной продукции. Наиболее крупными производителями суперконструкционных термопластов есть такие иностранные компании, как Solvay Advanced Polymers, BASF, DuPont, PolyOne, LATI, Victrex, Ticona, General Electric Co., GEBA [1].

Суперконструкционные термопласты (super-engineering thermoplasts) – материалы сочетающие высокие теплостойкость и механические характеристиками (не ниже чем у материалов инженерно-технического назначения) [2].

Термопластичные полимеры на основе полиэфирэфиркетона (ПЭЭК), принадлежат к классу суперконструкционных материалов и рекомендуются для изготовления деталей приборов и агрегатов: катушек, клемных колодок, корпусов и узлов приборов и других комплектующих с рабочей температурой от –60 до 150–180 °С, устойчивых к действию топлив и масел [1, 3].

ПЭЭК – это термопласт, с линейной полукристаллической структурой, высокими механическими свойствами, уникальным комплексом эксплуатационных свойств (деформационная тепло-, термо-, огне-, радиостойкость, низкое водопоглощение, диэлектрические и конструкционные свойства) и рабочей температурой до 300 °С. ПЭЭК имеет повышенную стойкость под нагрузкой к действию растворителей и агрессивных сред (стойкость к длительному действию ацетона, трихлорэтилена, бензина и др.) в температурном интервале от 20 до 160 °С [4]. К основным преимуществам ПЭЭК можно отнести то, что он

имеет высокую температуру длительной эксплуатации (от –40 до +260 °С), выдерживает кратковременное нагревание до +350 °С, сохраняя при этом отличные механические свойства [5].

Из-за отменных физико-механических свойств (предел прочности ( $\sigma$ ), модуль упругости ( $E$ ) и относительная деформация при сжатии ( $\epsilon$ )), ПЭЭК широко применяют в промышленности [6].

Для улучшения физико-механических свойств ПЭЭК нами были разработаны композиции на основе ПЭЭК, содержащие 5–20 масс.% УВ. Порошкообразное связующее армировали дискретным углеродным волокном марки «Тогау» (Япония) во вращательном электромагнитном поле ( $B = 0,12$  Тл). Приготовленные смеси таблетировали при комнатной температуре, из полученных таким образом таблеток, методом компрессионного прессования при температуре  $320 \pm 2$  °С изготавливали образцы – в виде цилиндров ( $\varnothing 10$  мм,  $h = 15$  мм), которые испытывали в соответствии с ГОСТами для пластмасс табл. 1).

Таблица 1 – Влияние УВ на физико-механические свойства ПЭЭК

Показатель	Содержание углеродного волокна, масс.%				
	0	5	10	15	20
$T_5^*$	821	823	826	821	819
$T_{10}^*$	833	835	837	833	831
$T_{20}^*$	843	846	850	849	848
$\sigma$ , МПа	200	211	230	243	263
$E$ , МПа	3400	3530	3690	3220	2890
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,312	1,332	1,354	1,376	1,398
$\epsilon$ , %	7,8	9,4	11	13	12

\*температуры 5,10 и 20 % потери массы.

Как следует из табл. 1, плотность, предел текучести и относительная деформация при разрушении во всех исследуемых диапазонах выше чем у исходного материала соответственно на 4–8,4;

0,6–24,6, 2,1–6,7 %, что касается модуля упругости, то он выше на 3,8–8,5 % чем у исходного материала только при содержании волокна 5 и 10 %, в остальных случаях ниже.

*Вакуленик Я.Р., Висоцький В.В., Осипчук І.О.,  
Піскун Я.В., Ночвай В.М., Полонський Л.Г.*

*Житомирський державний технологічний університет, Житомир, Україна*

## ГАЗОПОРОШКОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ЧАВУННІ ДЕТАЛІ

При відновленні і зміцненні сталевих деталей, особливо із вуглецевих сталей, методом газопорошкового наплавлення не спостерігається значних труднощів. Процес нанесення покриттів газопорошковим наплавленням на деталі із чавуну обумовлений рядом особливостей.

По-перше, адгезійна міцність зчеплення покриття з чавуном менша, ніж зі сталлю.

По-друге, суттєва різниця коефіцієнтів лінійного розширення основи (для чавуну  $\alpha = (10-12) \times 10^{-6}$ ) і покриття (для нікелю при температурі  $T = 25-900$  °С  $\alpha = 16,3 \times 10^{-6}$ ) приводить до розтріскування наплавленого шару при охолодженні деталі. Особливо суттєво це проявляється при наплавленні деталей діаметром 100 мм і більше. Експерименти показали, що розтріскування покриття проходить, як в процесі нанесення покриття, так і при охолодженні деталі. Під час наплавлення покриття поява тріщин викликана швидким локальним нагріванням і охолодженням окремих ділянок деталі. Процес охолодження деталі на відкритому повітрі також приводить до формування тріщин. Близька по характеру руйнування картина спостерігається і при наплавленні високовуглецевих сталей.

Проведені дослідження дали можливість розробити технологію газопорошкового наплавлення деталей із чавунів і високовуглецевих сталей.

Перед нанесенням покриття порошкові матеріали просушували при температурі 130–150 °С на протязі 2–3 годин. Після натурального охолодження порошок розділяли на фракції з використанням установки мод. 029 з набором сит.

Підготовка деталі для наплавлення покриття полягає в очищенні від забруднення, миття в водних лужних розчинах з додаванням поверхнево-активних речовин, натурального сушіння, струменевій обробці поверхонь, що підлягають наплавленню, металевим дробом або корундом в герметичній камері при тиску стиснутого повітря 0,5–0,6 МПа і відстані сопла пістолета до оброблюваної поверхні 80–100 мм.

При наплавленні покриттів застосовано палик типу ГН-2, в якості пального газу – ацетилен або пропан-бутан.

До складу технологічних операцій входить обов'язкове попереднє нагрівання деталі перед наплавленням до температури 250–300 °С, яке бажано виконувати в термопечі з метою економії зварювальних паличних газів і скорочення допоміжного часу.

Процес наплавлення необхідно виконувати в спеціальному пристосуванні, яке унеможливує швидке охолодження частин деталі, віддалених від зони наплавлення (рис. 1). Наплавлену деталь кладуть в термопіч, де її витримують на протязі 4 годин при температурі 600 °С з метою зняття внутрішніх напружень. Процес охолодження деталі необхідно виконувати з невеликою швидкістю разом із термопічню або в ящику із теплоізолюючим матеріалом (річковий пісок, порошок вогнетривких матеріалів, азбестова крихта).

В якості матеріалу покриття вибирають марку порошку в залежності від технологічних і експлуатаційних властивостей деталі, відновлюють або зміцнюють. Наприклад, для наплавлення де-

талей запірної арматури (тарілки, ущільнюючі кільця, сідла) доцільно застосовувати порошок ПГ-10Н-01. Твердість покриття становить 55–62 HRC. Відновлені по такій технології деталі із чавуна мають покриття високої якості.

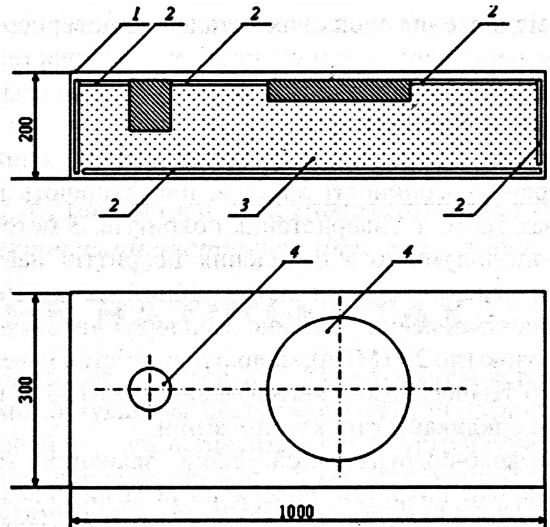


Рисунок 1 – Схема термостата для наплавлення чавунних деталей:  
1 – корпус; 2 – теплоізоляція (асбест); 3 – річковий пісок; 4 – деталі

Варюхно В.В., Євсюков Є.Ю., Готун О.В., Статніков Ю.Я.  
Національний авіаційний університет, Київ, Україна

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗОЛОТНИКОВИХ І ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ГІДРАВЛІЧНИХ ТА ПАЛИВНИХ АГРЕГАТІВ

Паливні і гідравлічні агрегати сучасних повітряних суден мають велику кількість різних за конструкцією та призначенням золотникових та плунжерних пар (рис. 1), які використовуються для автоматичного регулювання подачі палива і масла в двигуни, для підтримання або змінення за заданою програмою тиску в паливних та гідравлічних системах, для регулювання виробності насосів тощо.

Необхідною умовою надійної роботи золотникових і плунжерних пар, а отже і відповідних паливних та гідравлічних агрегатів, є їх висока зносостійкість. Найбільш розповсюдженою причиною підвищення тертя, що викликає заклинювання і зруйнування деталей прецизійних пар є скріплювання поверхонь що контактують та фретінг-корозія, яка представляє собою корозійно-абразивний процес зруйнування поверхонь деталей.

Зношення плунжерних пар призводить до падіння тиску палива на виході з насоса та зменшення виробності насоса, що відображається на стійкості роботи двигуна, а заклинювання та зруйнування плунжерів призводить до припинення подачі палива.

Підвищене зношення призводить до достро-

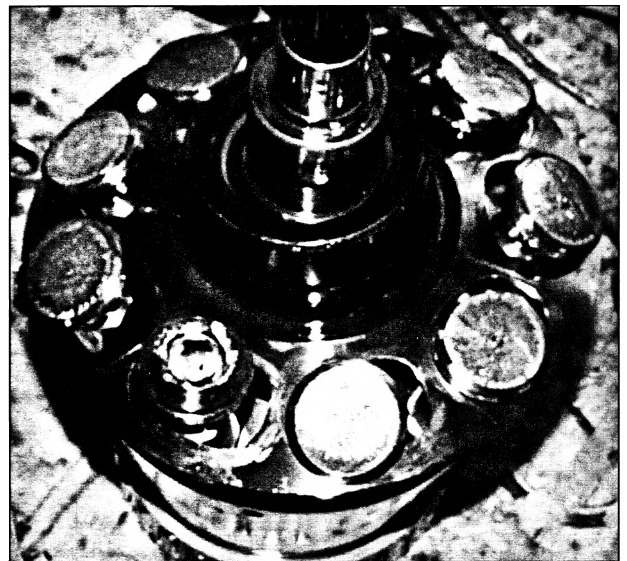


Рисунок 1 – Зношення втулки плунжера в зоні тертя та зруйнування плунжера в результаті скріплювання (насос НР-30ЮТ двигуна Д-30КП літака Іл-76)

кового зняття з експлуатації відповідальних агрегатів. В умовах різкого дорожчання запасних час-

тин відновлення зношених деталей та повернення їм необхідних експлуатаційних властивостей є важливою виробничою задачею сучасного авіа-ремонтного виробництва.

Одним з перспективних методів підвищення ресурсу та надійності виробів, що працюють в умовах тертя, є використання покриттів. З методів газополум'яного напилення покриттів найбільш перспективним є детонаційний метод. Це пояснюється великою силою зчеплення покриття з основою (до 200 МПа), малою пористістю, невеликою температурою нагріву деталі (до 150 °С), що не викликає її структурної зміни.

Науково-обґрунтований вибір захисних та зміцнюючих покриттів поверхонь деталей дозволяє значно збільшити довговічність та працездатність деталей та конструкцій при економії енергоресурсів усіх видів, що дозволяє скоротити розхід запасних частин та зекономити гостро дефіцитні матеріали.

В авіаційній промисловості при зміцненні та відновленні поверхонь тертя зазвичай використовують матеріали на основі Ni – Cr – Co – Al – Y з різними домішками інших металів або сполук. Досить добре також зарекомендував себе матеріал типу ВКНА (КХН, ЭИ). Але, такі матеріали достатньо дорогі і їх доцільно використовувати при виробництві та відновленні деталей, що працюють в екстремальних умовах експлуатації [1, 2]. Пріоритетним є напрямок розвитку композиційних покриттів на основі Fe «металоподібні з'єднання металевих зв'язок», недорогих і практичних в умовах експлуатації.

Проведено дослідження детонаційних покриттів на основі Fe з добавкою різних легуючих елементів (нітридів, боридів, карбідів бору, кремнію та інших матеріалів) на зношування. Для порівняння досліджувались деякі сталі та матеріали з покриттям твердосплавної суміші ВК-20 [2, 3].

Випробування проводились на машині, розробленої в Національному авіаційному університеті, на парі зразків з цими покриттями з попереднім шліфуванням покриття до шорсткості поверхні  $R = 1-1,25$  мкм (з імітацією реальних умов експлуатації: амплітуди вібраційних переміщень 0,1 та 1,0 мм, частоти 30 Гц, температурі 25 °С та при підвищених температурах 120–150 °С, базі випробувань 20 та 510 циклів, у вигляді залежності вагового та лінійного зносу від часу випробувань).

Під час випробувань ставилось завдання встановити залежності зміни коефіцієнту тертя та інтенсивності зношування існуючих матеріалів та запропонованого матеріалу на основі Fe від питомого навантаження (рис. 2).

Як видно з наведених залежностей матеріал покриття на основі Fe має дещо більший коефіцієнт тертя та швидкість зношування при однакових швидкостях ковзання та питомому навантаженні ніж покриття зі сплаву ВК-20. Однак при менших швидкостях та навантаженнях їх показники практично однакові. Тобто, можна зробити висновок, що для великої номенклатури виробів, що працюють при невеликих переміщеннях та швидкостях, таких як плунжери гідравлічних та паливних агрегатів, золотникові пари виконавчих механізмів, лабіринтні ущільнення тощо, використання дешевого матеріалу покриття на основі Fe для зміцнення та відновлення є економічно вигідним.

Наукові дослідження в цьому напрямку проводяться з метою вдосконалення процесу детонаційного напилення та розробки нових композиційних матеріалів на основі Fe з метою підвищення ресурсу деталей авіаційної техніки. Запропоновані матеріали та технології можуть бути використані при відновленні та зміцненні поверхонь пар тертя не тільки в авіаційній промисловості, а також авторемонтному виробництві та верстатобудівній промисловості.

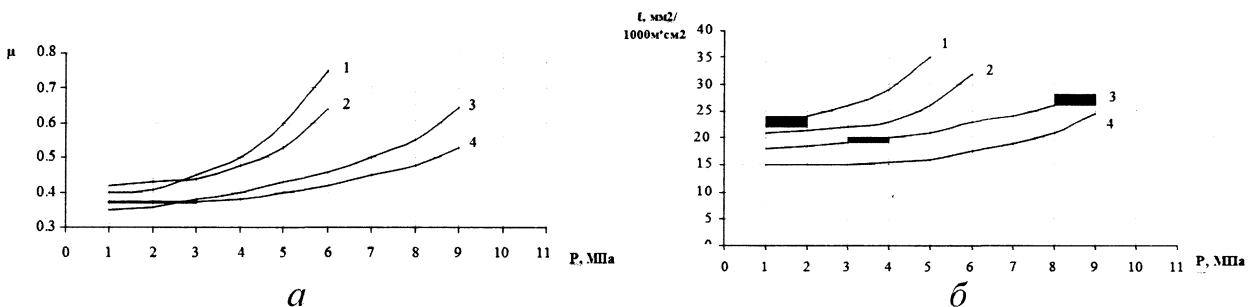


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта тертя (а) та інтенсивності зношування (б) від питомого навантаження (при швидкості ковзання 0,1 м/с):

1 – сталь У12А; 2 – X18H9T; 3 – Fe-C-Cr-Al-B; 4 – ВК-20

*Домуладжанов И.Х., Бояринова В.Г., Домуладжанова Ш.И.  
Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан*

## ШУМОВОЕ ДАВЛЕНИЕ НА ОБЪЕКТАХ

Под шумом с позиций гигиены принято понимать совокупность звуков, неблагоприятно действующих на человека. По физической природе шум представляет собой механическое колебательное движение. Основными физическими параметрами шума являются: звуковое давление, сила звука, частотная характеристика звука.

Шум представляет собой хаотическое сочетание различных по частоте и силе звуков. Шумом можно также назвать всякий нежелательный для человека звук. Звук – колебания частью воздушной среды, которые в направлении распространения воспринимаются человека посредством органов слуха.

Шум – беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры; Шум – комплекс звуков, вызывающий неприятное ощущение или разрушающий орган слуха, практически любые звуки, выходящие за рамки звукового комфорта. Одна из форм физического (волнового) загрязнения среды жизни. Физиолого-биохимическая адаптация к шуму невозможна. Особенно тяжело переносятся внезапные резкие звуки высокой частоты. Шум более 90 дБ вызывает постепенное ослабление слуха, болезни нервно-психического стресса (сильное угнетение нервной системы или, наоборот, ее возбуждение), язвенную болезнь, гипертонию, повышает агрессивность и т.д. Очень сильный шум (свыше 110 дБ) ведет к так называемому шумовому опьянению (нередко агрессивному, возбужденному состоянию), а затем к разрушению тканей тела, прежде всего слухового аппарата. Шкала силы звука строится на логарифмах отношений данной величины звука к порогу слышимости. Женщины менее устойчивы к сильному шуму, у них в условиях шумового дискомфорта быстрее возникают признаки невращения. Сильный шум – физический наркотик.

Шум бытовой – возникающий в жилых помещениях от работы радиоаппаратуры, бытовых

приборов и поведения людей. Устраняется помимо культуры поведения хорошей звукоизоляцией и звукопоглолительными устройствами, в том числе бесшумной бытовой техникой, допустимый уровень шума от которой порядка 40 дБ. Общий уровень шума в жилых помещениях не должен превышать 40 дБ днем и 30 дБ ночью.

Шум производственный – создаваемый в производственных помещениях работающими механизмами и машинами. Подавляется звукопоглолительными устройствами (стенами, потолками) или созданием «противошума» (шума той же интенсивности и с той же волной, но в противофазе; наложение шума и «противошума» приводит к гашению звуковой волны).

Шум промышленный – источником, которого служит промышленное предприятие. Для снижения его воздействия на жителей населенных мест устраивают противошумовые разрывы и лесные защитные полосы.

Шум транспортный – создаваемый моторами, колесами, тормозами и аэродинамическими особенностями транспортных средств. Подавляется глушителями выхлопов, кожухами, увеличением обтекаемости кузовов, улучшение покрытий дорог (дорожных одежд), установкой экранов.

Шум широкополосный – шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

Органы слуха человека воспринимают как слышимые колебания примерно от 20 до 2000 Гц. Неслышимые акустические колебания с частотой ниже 20 Гц называются инфразвуками, а свыше 20000 Гц – ультразвуками.

Основными физическими характеристиками звука являются интенсивность (сила) и звуковое давление.

Интенсивностью или силой звука называется количество энергии, переносимое звуковой волной за 1 секунду, через площадку в  $1 \text{ см}^2$  или  $1 \text{ м}^2$ , направленную перпендикулярно движению волны (измеряется в  $\text{эрг/с}\cdot\text{см}^2$  или  $\text{Вт/м}^2$ ). Звуковое давление (Па) представляет собой дополнитель-

ное давление воздуха, которое возникает при прохождении через него звуковой волны.

Органы слуха ощущают звуковые колебания в некотором диапазоне интенсивности, ограниченном верхним и нижним порогами (рис. 1).

Порог слышимости – наивысшее звуковое давление, ощущаемое органами слуха.

Порог болевого ощущения – наибольшее звуковое давление, при котором органы слуха перестают слышать и ощущают только боль.

Область звуковых колебаний, лежащая между пороговыми значениями, называется областью слышимости.

Пороговые значения интенсивности зависят от частоты. Для частоты 1000 Гц порог слышимости  $J_0 = 10^{-2}$  Вт/м<sup>2</sup>, а порог болевого ощущение  $J = 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>.

При расчетах и нормировании допустимого уровня шума пользуются не абсолютными единицами, а логарифмическими величинами, называемыми уровнями интенсивности (звукового давления). За единицу уровня интенсивности принимается боль.

Уровень интенсивности звука определяется по формуле

$$L_J = \lg (J / J_0), \text{ Б}$$

$J_0$  – интенсивность звука; соответствующая порогу слышимости, Вт/м<sup>2</sup>;  $J$  – интенсивность звука в точке измерения, Вт/м<sup>2</sup>.

Так как ухо человека способно различать прирост звука в 0,1 Б, то на практике для измерения звука пользуются децибелами (дБ). В этом случае уровень интенсивности звука определяется как

$$L_J = 10 \cdot \lg (J / J_0), \text{ дБ}$$

При изменении интенсивности звука в  $n$  раз звуковое давление изменяется в  $\sqrt{n}$  раз, поэтому уровень звукового давления определяется по формуле:

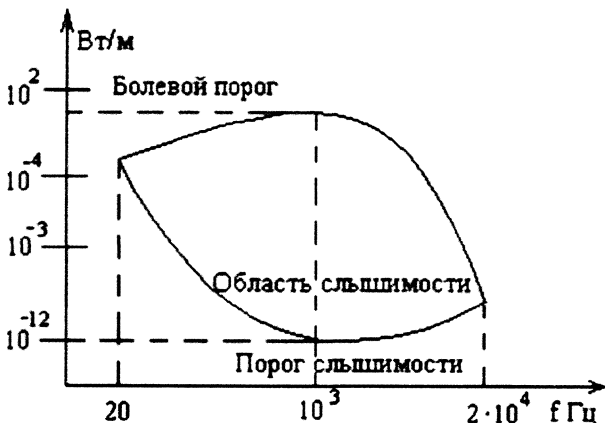


Рисунок 1 – Область слышимости

$$L_J = 20 \lg (P / P_0), \text{ дБ};$$

где  $P_0$  – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости, Па;  $P$  – звуковое давление в точке измерения, Па.

При наличии нескольких одинаковых источников шума уровень интенсивности звука в точке равноудаленной от них определяется по формуле:

$$L_J = L_1 + \lg N, \text{ дБ}$$

где  $L_1$  – уровень интенсивность шума одного источника, дБ;  $N$  – число источников шума.

Звуковое поле в помещении. Звуковые волны в помещении многократно отражаются от стен, потолка и различных предметов. За счет отражений уровень интенсивности шума на рабочем месте увеличивается на 10–12 дБ, по сравнению с шумам того же источника на открытом воздухе.

Интенсивность шума на рабочем месте (рис. 2) складывается из интенсивности прямого звука и интенсивности отраженного звука.

Нормируемой шумовой характеристикой при постоянном давлении шума являются уровни звукового давления в дБ в восьми октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Допустимый уровень шума устанавливают с учетом частоты и характера производственной деятельности. В зависимости от частоты органами человека по-разному реагирует на шум одинаковой интенсивности. Хуже всего человек переносит воющие и прерывистые высокочастотные шумы.

Основные меры снижения шумом являются:

1. Уменьшение шума в источнике;
2. Правильная планировка предприятий и цехов;
3. Установка звукоизолирующих перегородок на пути распространения шума;
4. Применение кожухов и экранов;
5. Применение звукопоглощающих облицовок и объемных поглотителей;

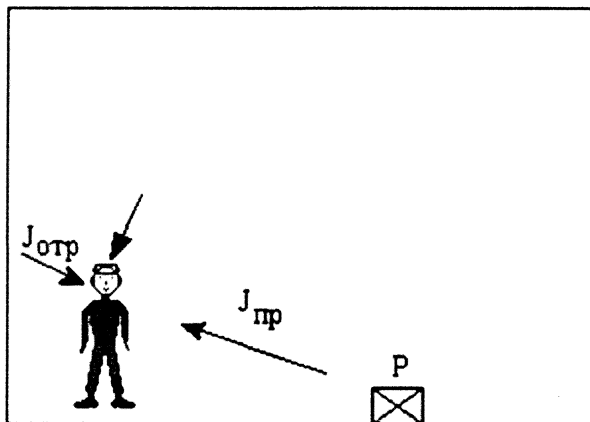


Рисунок 2 – Звуковое поле в помещении



6. Применение глушителей аэродинамического шума;

7. Индивидуальные средства защиты.

Шумозащита – мероприятия по снижению шума на производстве, транспорте, при гражданском и промышленном строительстве, на дорогах, улицах. Осуществляется с помощью архитектурно-строительных методов: применение звукопоглощающих материалов, рациональное расположение и размеры строительных объектов, создание противошумовых разрывов – отнесение жилых строений в глубь кварталов, вынос шумовых производств в сторону от населенного пункта, конструирование противошумовых оконных клапанов и др., специальных экранов (вдоль дорог и улиц, в виде земляных валов, стенок различных конструкций, шумоотражающих,

как правило, нежилые строения – магазины, гаражи, склады и т.д.), создание полос зеленых насаждений (эффективны полосы в 50 м и более шириной, главным образом летом), сооружение на балконах и лоджиях массивных или гофрированных ограждений, «взятие» рельсовых дорог в туннели и т.п.

Источниками шума на проектируемом объекте являются машины, механизмы и вентиляционные камеры.

Все помещения снабжены приточно-вытяжной системой вентиляции, которая имеет воздуховоды вдоль стен с фрамугами. Вентиляционные системы установлены в вентиляционной камере, где предусмотрен мощный фундамент под оборудование, а стены поглощают шум, тем самым, создавая условия для работы.

*Ивашко В.С., Кептюха Е.В., Ситникова А.А.*

*Беларусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

## ДЕФЕКТАЦИЯ И РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Эксплуатационные дефекты деталей — это дефекты, которые возникают в результате изнашивания, усталости, коррозии деталей, а также неправильной эксплуатации.

При дефектации выявляют: износы рабочих поверхностей в виде изменений размеров и геометрической формы детали; наличие выкрошиваний, трещин, сколов, пробоин, царапин, рисок, задигов и т. п.; остаточные деформации в виде изгиба, скручивания, коробления; изменение физико-механических свойств в результате воздействия теплоты или среды.

Способы выявления дефектов:

1. Внешний осмотр. Позволяет определить значительную часть дефектов: пробоины, вмятины, явные трещины, сколы, значительные изгибы и скручивания, сорванные резьбы, нарушение сварных, паяных и клеевых соединений, выкрошивания в подшипниках и зубчатых колесах, коррозию и др.

2. Проверка на ощупь. Определяется износ и смятие резьбы на деталях, легкость проворота подшипников качения и цапф вала в подшипни-

ках скольжения, легкость перемещения шестерен по шлицам вала, наличие и относительная величина зазоров сопряженных деталей, плотность неподвижных соединений.

3. Простукивание. Деталь легко остукивают мягким молотком или рукояткой молотка с целью обнаружения трещин, о наличии которых свидетельствует дребезжащий звук.

4. Керосиновая проба. Проводится с целью обнаружения трещины и ее концов. Деталь либо погружают на 15-20 мин в керосин, либо предполагаемое дефектное место смазывают керосином. Затем тщательно протирают и покрывают мелом. Выступающий из трещины керосин увлажнит мел и четко проявит границы трещины.

5. Измерение. С помощью измерительных инструментов и средств определяется величина износа и зазора в сопряженных деталях, отклонение от заданного размера, погрешности формы и расположения поверхностей.

6. Проверка твердости. По результатам замера твердости поверхности детали обнаруживаются

изменения, произошедшие в материале детали в процессе ее эксплуатации.

7. Гидравлическое (пневматическое) испытание. Служит для обнаружения трещин и раковин в корпусных деталях. С этой целью в корпусе заглушают все отверстия, кроме одного, через которое нагнетают жидкость под давлением 0,2–6,3 МПа. Течь или запотевание стенок укажет на наличие трещины. Возможно также нагнетание воздуха в корпус, погруженный в воду. Наличие пузырьков воздуха укажет на имеющуюся неплотность.

8. Магнитный способ. Основан на изменении величины и направления магнитного потока, проходящего через деталь, в местах с дефектами. Это изменение регистрируется нанесением на испытываемую деталь ферромагнитного порошка в сухом или взвешенном в керосине (трансформаторном масле) виде: порошок оседает по кромкам трещины. Способ используется для обнаружения скрытых трещин и раковин в стальных и чугунных деталях. Применяются стационарные и переносные (для крупных деталей) магнитные дефектоскопы.

9. Ультразвуковой способ. Основан на свойстве ультразвуковых волн отражаться от границы двух сред (металла и пустоты в виде трещины, раковины, непровара). Импульс, отраженный от дефектной полости, регистрируется на экране установки, определяя место дефекта и его размеры. Применяется ряд моделей ультразвуковых дефектоскопов.

10. Люминесцентный способ. Основан на свойстве некоторых веществ светиться в ультрафиолетовых лучах. На поверхность детали кисточкой или погружением в ванну наносят флюоресцирующий раствор. Через 10–15 мин поверхность протирают, просушивают сжатым воздухом и наносят на нее тонкий слой порошка (углекислого магния, талька, силикагеля), впитывающего жидкость из трещин или пор. После этого деталь

осматривают в затемненном помещении в ультрафиолетовых лучах. Свечение люминофора укажет расположение трещины. Используются стационарные и переносные дефектоскопы. Способ применяется в основном для деталей из цветных металлов и неметаллических материалов, так как их контроль магнитным способом невозможен.

По результатам дефектоскопии, детали сортируют на три группы: годные, требующие ремонта и негодные. После сортировки детали маркируют по группам, например, краской разного цвета.

Отнесение деталей к той или иной группе определяется величиной износа, технологическими и экономическими соображениями.

Результаты дефектации деталей заносят в ведомость дефектов, являющуюся основным документом для определения объема ремонтно-восстановительных работ и потребности в новых деталях, запасных частях, материалах. Таким образом определяется стоимость ремонта машины. На основании проведенной дефектации принимается решение о методах восстановления изношенных деталей. Например, блока и головки блока: заварка трещин, замена направляющих втулок и клапанов, правка седёл клапанов, чистка, промывка и продувка масляных каналов блока цилиндров и головки блока, замена повреждённой направляющей втулки, проверка, регулировка и при необходимости замена или ремонт других деталей клапанного механизма. Изношенные резьбовые отверстия рассверливают и нарезают резьбу для последующей установки резьбовых спиральных вставок. Устранение более сложных дефектов, таких, как износ поверхности под венец, износ отверстия под подшипник и фланец коленчатого вала, износ отверстия под установочные штифты и болты крепления, требуют знания специальных технологических приемов, соблюдения требований к качеству материала, точности обработки и других технических условий для детали и сборочной единицы в целом.

*Ляшенко Б.А., Лопата Л.А.*

*Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины, Киев*

*Волков Ю.В.*

*Одесская национальная морская академия, Одесса,*

*Соловых Е.К.*

*Кировоградский национальный технический университет, Кировоград, Украина*

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СУДОВЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ ПРИПЕКАНИЕМ ДИСКРЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Развитие современного морского транспорта неразрывно связано с проблемой повышения долговечности деталей судового машиностроения. Ежегодно судоремонтные предприятия расходуют более 40 % всего потребляемого металла на изготовление запасных деталей различных узлов, в шихту сдается до 300 тыс. деталей при износе сопрягаемых поверхностей 0,5–2,0 мм и потере массы 3,5 %. Повышение ресурса и снижение затрат на изготовление и ремонт деталей узлов судовых машин и механизмов – одна из важнейших задач. Одной из сложных проблем ремонтного производства является восстановление и упрочнение деталей низкой жесткости типа «вал». Способы повышения ресурса валов, как наиболее дорогостоящих деталей, достаточно изучены, отработаны и продолжают совершенствоваться. Одним из эффективных средств решения этой проблемы является применение износостойких покрытий. Внедрение технологий нанесения покрытий в судостроении начало развиваться быстрыми темпами в конце 80-х прошлого столетия. Однако в 90-е годы, в связи с изменением экономического положения в стране, внедрение технологий нанесения покрытий при изготовлении деталей практически прекратилось. Внедрение методов повышения ресурса деталей судового машиностроения требовало больших затрат из-за высокой стоимости оборудования и применения дорогостоящих материалов. Отсутствие достаточного научно-технологического обеспечения и квалифицированных кадров привело практи-

чески к остановке работ по покрытиям. В настоящее время отсутствует необходимая и в достаточном количестве справочная литература по эксплуатационным свойствам и технологиям нанесения покрытий. В связи с этим внедрение технологий нанесения покрытий для повышения ресурса и восстановления деталей с целью обеспечения сменно-запасными частями судоремонтных предприятий остается проблематичным. Восстановление деталей является важным резервом развития ремонтного производства, повышения его эффективности. Использование восстановленных деталей позволяет снизить затраты судоремонтных предприятий на запасные части, сохранить большое количество металла. Поэтому создание технологических процессов упрочнения и восстановления с применением прогрессивного оборудования является весьма актуальной задачей и помогает сделать ремонтное производство рентабельным. В настоящее время разработан целый ряд прогрессивных способов ремонта и упрочнения изношенных деталей, которые позволяют не только восстановить, но и повысить износостойкость их рабочих поверхностей.

При восстановлении деталей типа «вал» целесообразно применять те методы нанесения покрытий, которые имеют незначительное влияние на металл основы для предотвращения коробления детали. Из широкого спектра современных методов инженерии поверхностей этому условию наиболее полно отвечают электроконтакт-

ные методы нанесения покрытий в твердой фазе, в частности метод электроконтактной наварки и электроконтактного припекания порошковых материалов (ЭКПП). Однако широкое применение метода ЭКПП в ремонтном производстве в настоящее время ограничивается неравномерностью нагрева порошкового материала по сечению, что приводит к ухудшению эксплуатационных свойств восстановленных деталей. Предложено устранить краевой эффект и, как следствие, получить восстановленные поверхности с равномерными свойствами путем нанесения дискретных покрытий электроконтактным припеканием.

Дискретные покрытия (ДП), представляют собой упрочненные отдельные участки, расположенные на рабочих поверхностях с определенной сплошностью. ДП увеличивают износостойкость поверхностей трения, особенно при трибофатических нагрузках за счет эффективного использования явления структурно-энергетической приспособляемости материалов при трении, путем создания архитектуры поверхности трения, сохраняющей фрагменты разрушения вторичных структур. Наличие в поверхностном слое дискретных участков повышенной твердости, оптимальной сплошности, геометрии и глубины внедрения в поверхность устраняет концентрацию напряжений от контактных нагрузок и прерывает процесс трещинообразования, пластического деформирования, а также снижает склон-

ность к схватыванию деталей, что существенно повышают прочность и эксплуатационную надежность пар трения. Технологии упрочнения и восстановления путем нанесения покрытий несплошной дискретной структуры занимает особое место среди известных упрочняющих технологий. Их отличительной особенностью является возможность обеспечивать необходимые эксплуатационные свойства деталей путем формирования состава, структуры и физико-механических свойств приповерхностного слоя, что позволяет управлять в широком диапазоне параметрами как внешних, так и внутренних поверхностей металлических изделий. Основным преимуществом ДП являются возможность путем изменения сплошности и размеров дискретных участков на поверхности основы, а так же подбором гаммы материалов по физико-механическим характеристикам, создавать условия регулирования температурного режима, достижения наименьшего коэффициента трения и износа, управлять и минимизировать напряженно-деформированное состояние поверхности. Новый принцип дискретной структуры позволяет многократно повысить предельное состояние покрытия: контактные нагрузки – в несколько раз, критические деформации растяжения основы – до 2 порядков, долговечность – в несколько раз по сравнению со сплошным покрытием той же толщины, состава и твердости.

*Неверов А.Н.*

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет,  
Москва, Россия*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ РАЗБОРКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ДРУГИХ ТИПОВ**

Для разборки резьбовых соединений пригодны колебания любой поляризации – продольные, крутильные и даже изгибные и радиальные, поскольку все они в той или иной мере снижают силы трения в резьбовой паре и на торцевой поверхности головки болта [1, 2].

Применение крутильных колебаний при разборке резьбовых соединений, по-видимому, наиболее эффективно [3]. Это подтверждает фрагмент многоугольника сил в резьбовом соединении при воздействии продольных и крутильных ультразвуковых колебаний (рис 1). Здесь  $F_0$  – уси-

лие, необходимое для разборки в отсутствии колебаний,  $F_{уз}$  – оно же при наличии колебаний,  $F_{мкр}$  и  $F_{мпр}$  – соответствующие силе  $F_{уз}$  амплитуды крутильных и продольных колебаний (показаны двойными стрелками),  $\psi$  – угол подъема витков резьбы.

Видно, что необходимая амплитуда крутильных колебаний существенно меньше:  $F_{мкр}/F_{мпр} = \text{tg}\psi \ll 1$ .

Однако преобразование продольных колебаний в крутильные всегда связано с потерями энергии и различными техническими трудностями. Необходимо также отметить, что разборка соединений при наличии задиrow и схватывания довольно проблематична, поэтому они должны быть предварительно устранены. Для этой цели подходят ультразвуковые колебания повышенной амплитуды. Лучше всего, по-видимому, применять изгибные колебания, хотя и при колебаниях другой поляризации может быть достигнут технологический эффект.

Источником упругих колебаний был магнито-стрикционный преобразователь, который питался от ультразвукового генератора, работавшего в режиме независимого возбуждения от задающего генератора. Амплитуды продольных колебаний на выходе преобразователя, а также продольных, крутильных и изгибных колебаний в различных точках системы контролировались по сигналу предварительно градуированного электродинамического датчика. Градуировка датчика осу-

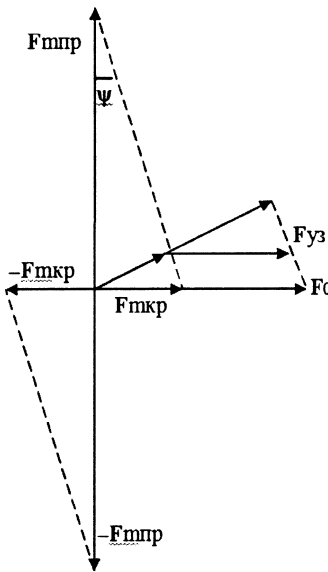


Рисунок 1 – Силы в резьбовом соединении при воздействии продольных и крутильных ультразвуковых колебаний

ществлялась при помощи ультразвукового бесконтактного виброметра.

Колебательная система, применявшаяся для ультразвуковой разборки, представляла собой два соединенных под углом  $90^\circ$  однородных стержня с собственной частотой продольных колебаний  $25 \text{ кГц} \pm 10\%$  диаметром 20 мм.

При различных размещениях резьбового соединения можно было исследовать влияние крутильных, либо продольно-изгибных колебаний [4].

Резьбовое соединение представляло собой болт  $M4 \times 0,5$ . Экспериментальные результаты приведены на рис. 2 и 3.

Видно, что амплитуды как крутильных, так и изгибных колебаний были невелики, однако даже при таких колебаниях момент раскручивания существенно сни-

жался.

Максимум крутильных колебаний наблюдался на частоте  $25 \pm 0,3 \text{ кГц}$  (в зависимости от уровня возбуждения). Момент раскручивания резьбового соединения при амплитуде колебаний 1 мкм снижался приблизительно в два раза.

Исследование влияния продольно-изгибных колебаний проводилось на частоте  $20 \pm 0,3 \text{ кГц}$ , соотношение амплитуд изгибных и продольных колебаний было 1:1,2. Скорее всего, момент раскручивания снижался благодаря продольным колебаниям, эффект изгибных колебаний должен проявиться при разборке соединений с задирами и пятнами схватывания.

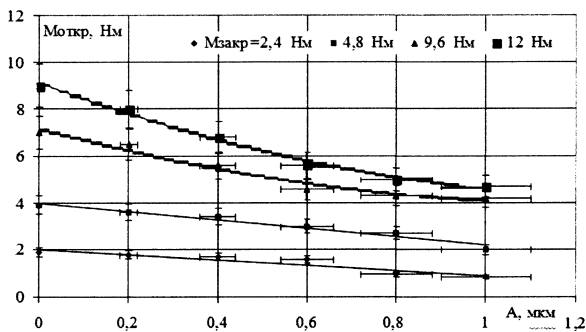


Рисунок 2 – Зависимость момента откручивания резьбового соединения от амплитуды крутильных колебаний

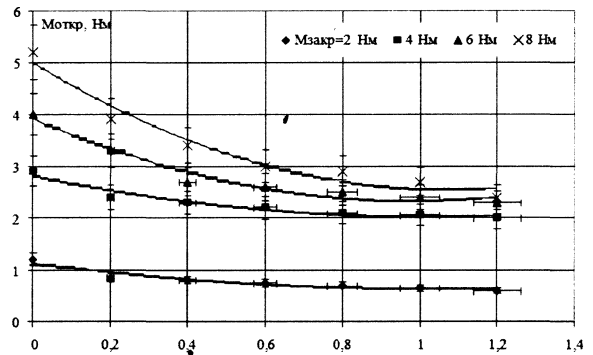


Рисунок 3 – Зависимость момента откручивания резьбового соединения от амплитуды изгибных колебаний

*Рябченко С.В.*

*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины,*

*Середа Г.В.*

*ДП «Бест-Бизнес», Киев, Украина*

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШЛИФОВАНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТАРЕЛЬЧАТЫМИ КРУГАМИ

Одним из перспективных направлений зубошлифования является обработка зубчатых колес тарельчатыми кругами из хромистого электрокорунда (А89).

Проведенные исследования показали, что в некоторых случаях можно использовать при шлифовании высокоточных зубчатых колес тарельчатые круги из электрокорунда хромистого. В последнее время европейские фирмы по производству абразивных шлифовальных кругов начали выпуск шлифовальных кругов из новых типов абразивных материалов. Это рубин-корунд (А98), желтый электрокорунд (А91) и золь-геливый корунд (92SG). Совместно с Чешским абразивным холдингом «BEST-BUSINESS a.s.» и его Украинским отделением ДП «БЕСТ-БИЗНЕС» проведен комплекс работ по отработке технологии шлифования высокоточных зубчатых колес тарельчатыми кругами из специальных хромистых электрокорундов на станках «МААГ».

Опытно-промышленные испытания тарельчатых шлифовальных кругов производили на предприятии АО «АЗОВМАШ» при шлифовании зубчатых колес на зубошлифовальном станке фирмы «МААГ» SD-32X. Шлифовались зубчатые валы: модуль  $m = 5$  мм, число зубьев  $z = 15$  и зубчатые колеса: модуль  $m = 6$ , число зубьев  $z = 16$ . Испытывались шлифовальные круги из белого электрокорунда 24А 16СМ2 6К5 и хромистого электрокорунда А89 60К 8V.

Было проведено шлифование четырех зубчатых колес одним комплектом шлифовальных кругов (2 штуки). Результаты испытаний, показали, что при шлифовании зубчатых колес тарельчатые круги из хромистого электрокорунда диаметром 280 мм производительность обработки повыша-

ется в 1,2 раза по сравнению с кругами из белого электрокорунда, при сохранении необходимой точности и качества обработки.

Аналогичные испытания были проведены в условиях ГП ЗМКБ «Ивченко-Прогресс» (г. Запорожье). Шлифовались зубчатые колеса из закаленной стали ДИ-3А: модуль  $m = 1,5-6,0$  мм, число зубьев  $z$  от 24 до 80, ширина венца  $B = 15-100$  мм. Шлифование зубчатых колес производилось на зубошлифовальном станке фирмы «МААГ» HSS-30. Испытывались шлифовальные круги диаметром 280 мм из хромистого электрокорунда А89 60К 8V и рубин-корунда А98 60К 8V.

Результаты испытаний, показали, что производительность обработки при шлифовании зубчатых колес тарельчатыми кругами из рубин-корунда повышается в 1,2 раза по сравнению с кругами из хромистого электрокорунда, при сохранении необходимой точности и качества обработанной поверхности эвольвентного профиля зуба.

Опробование технологии зубошлифования было проведено на ПАО «Мотор-Сич» (г. Запорожье) при шлифовании высокоточных зубчатых колес из закаленной стали 12Х2Н4А: модуль  $m = 3$  мм, число зубьев  $z = 31$ , ширина венца  $B = 45$  мм. При шлифовании использовались тарельчатые круги диаметром 225 мм из рубин-корунда А98 46L. Результаты испытаний показали, что производительность обработки зубчатых колес тарельчатыми кругами из рубин-корунда повышается в 1,3 раза по сравнению с кругами из белого электрокорунда, применяемого в данный момент на предприятии. При этом сохраняется необходимая точность эвольвентного профиля зуба и качество обработанной поверхности.

*Саранцев В.В., Пантелеенко Ф.И., Ивашко В.С., Азаренко Е.Л.  
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь  
Беляков А.В.*

*ОАО «Всероссийский теплотехнический институт», Москва, Россия*

## СОЗДАНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Основными факторами, определяющими ресурс и надежность элементов оборудования тепловых электростанций (ТЭС), являются эрозия, абразивный износ, коррозия материалов элементов проточной части паровых турбин. Это в равной степени относится как к паровым турбинам старых конструкций, так и паровым турбинам нового поколения, в том числе и к турбинам парогазовых установок, как уже использующихся для выработки электроэнергии, так и перспективных проектируемых. Наиболее чаще подвержены повреждениям и износу рабочие и направляющие лопатки, ленточный бандаж и шипы рабочих лопаток (РЛ) турбин. Из общего числа поврежденных рабочих лопаток больше половины приходится на долю лопаток последних трех ступеней. Практически все отечественные заводы и зарубежные фирмы последние 40 лет ведут экспериментальные и теоретические исследования стойкости от износа различных металлов и ищут новые методы восстановления работоспособности и защиты рабочих лопаток.

В результате проведения совместных исследований ОАО «ВТИ» и БНТУ были получены положительные результаты по формированию покрытий на рабочих кромках лопаток турбин с применением технологии электроискрового легирования (ЭИЛ) [1–2]. Для проведения ЭИЛ было разработано и изготовлено современное оборудование для проведения работ по нанесению эрозионно-стойких покрытий в производственных условиях.

Для разработки новых материалов покрытий было предложено использование порошковых смесей способных к самораспространяющемуся высокотемпературному синтезу (СВС) [3]. Порошковые реагенты наносили на поверхность детали в виде суспензии. Затем прово-

дили ЭИЛ обработку. Были проведены исследования состава, структуры и физико-механических свойств композиционных покрытий с использованием порошковых смесей: а) Cr+2В; б) 2(Ti+2В)+Cr+2В; в) 3(Ti+C)+Cr+2В; г) Ti+В.

Структурные особенности полученных композиционных электроискровых покрытий были исследованы с помощью электронной микроскопии с элементным анализом (рис. 1). При проведении ЭИЛ по порошковому слою формируется композиционное покрытие (КП). В результате за один проход можно получить слой КП толщиной до 0,3 мм.

Микроструктурные исследования позволили установить, что формируется плотное беспористое мелкозернистое покрытие. Макроструктура покрытия по всей толщине однородна, а в легированной матрице присутствуют дисперсные частицы карбидов и боридов титана и хрома в металлической матрице.

Испытания на износ проводились при возвратно-поступательном движении образца со скоростью 5 мм/с относительно алмазного индентора с радиусом закругления острия 200 мкм. Нормальная нагрузка составляла 1,0 Н. Общая длина пути индентора по образцу составляла 50 м. Таким образом, за время проведения испытания индентор совершал 2500 проходов по образцу. В результате при испытаниях записывался график зависимости коэффициента трения от длины пути и исследовали поверхность образцов с композиционными покрытиями после исследований (рис. 2).

В результате созданное оборудование, технология, сочетающая СВС и ЭИЛ, успешно используется для проведения упрочняющих и восстановительных работ на деталях теплоэнергетического оборудования.

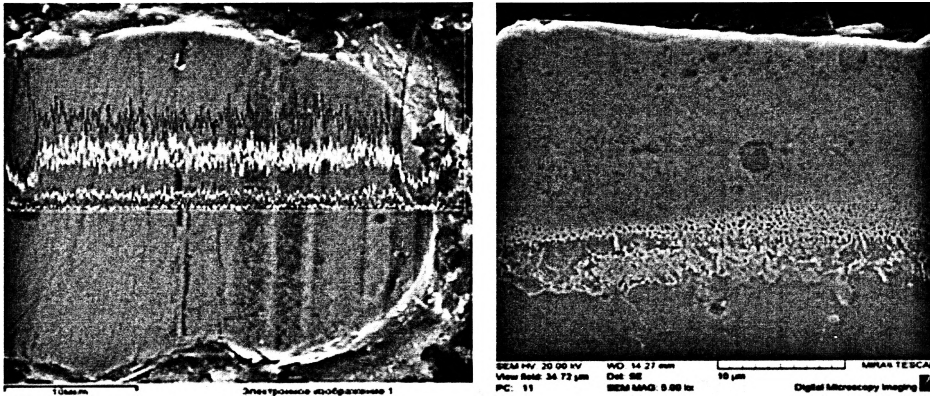


Рисунок 1 – Поперечные структуры композиционного покрытия с распределением элементов в поперечном направлении

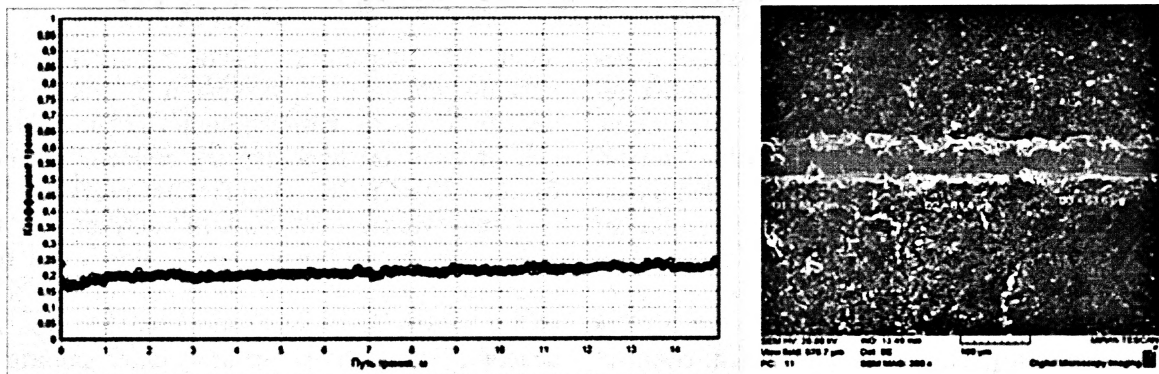


Рисунок 2 – Результаты испытаний на износ

Соловей Н.А.

ООО «НПФ «Элна»», Киев, Украина

## ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ НАПЛАВКИ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТО-МАРГАНЦОВИСТЫХ СТАЛЕЙ

Увеличение срока службы быстроизнашивающихся деталей – важнейшая проблема современного машиностроения. Из-за износа деталей и остановок оборудования, связанных с его ремонтом, ежегодные убытки в промышленности всех стран мира составляют многие миллиарды долларов. Одной из важнейших отраслей, где происходит постоянный и интенсивный износ деталей, является железнодорожный транспорт.

Использование электродуговой наплавки для восстановления рельсов, крестовин, острижков и других элементов пути, значительно увеличивает время эксплуатации железной дороги, дает весомую экономию за счет снижения расходов на замену элементов.

Для ремонта и наплавки элементов железнодорожных путей часто применяются самозащитные порошковые проволоки, которые обладают боль-



шими преимуществами. Порошковые проволоки дают возможность резко сократить разбрызгивание металла; улучшить формирование наплавленного металла, снизить вероятность образования дефектов и несоответствий наплавленного металла. Применение именно самозащитных порошковых проволок открывает большие перспективы перед применением данного вида материала для ремонта на месте рельсовых путей, поскольку они не требуют дополнительной защиты зоны сварки (наплавки) и снимают вопросы, связанные с доставкой материалов для дополнительной защиты зоны наплавки (защитный газ или флюс).

Главные требования, предъявляемые к рельсам и другим элементам железнодорожных путей – прочность и износостойкость. Чаще всего используются трудносвариваемые углеродистые и углеродисто-марганцовистые стали.

В связи с появлением запросов на наплавочную порошковую проволоку для восстановления и наплавки деталей из углеродисто-марганцовистых сталей, работающих на износ, сочетающийся с высокими контактными нагрузками на ООО «НПФ «Элна»» была разработана такая проволока марки ПП-Нп-15.

Разработанная самозащитная порошковая проволока обладает превосходными сварочно-технологическими свойствами: стабильным горением дуги, незначительным разбрызгиванием, отличным формированием валика наплавки и отделимостью шлака. Металл, наплавленный разработанной порошковой проволокой, хорошо обрабатывается при механической обработке, обладает хорошей стойкостью к трению металла о металл и к ударным нагрузкам. Также она может применяться для наплавки буферных и промежуточных слоев под наплавку твердых слоев. Будучи самозащитной, она является превосходным решением для восстановительной наплавки изношенных рабочих поверхностей углеродисто-марганцовистых железнодорожных рельсов и элементов пути.

Поставленные потребителям опытные, опытно-промышленные, а потом и промышленные партии порошковой проволоки марки ПП-Нп-15 получили высокую оценку. Данная марка порошковой проволоки может успешно применяться при ремонте и наплавке рельсов и элементов железнодорожных путей и успешно конкурировать с лучшими зарубежными аналогами.

*Тимофеев С.С., Ленив Я.Г.*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,  
Харьков, Украина*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ НАНЕСЕНИЕМ АНТИФРИКЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ**

Одним из путей повышения уровня эксплуатационной надёжности дизельной топливной аппаратуры, особенно вероятности её безотказной работы, является повышение качества её ремонта. В результате многочисленных исследований установлено, что в процессе эксплуатации транспортных дизелей плунжерные пары топливных насосов подвергаются, главным образом, абразивному изнашиванию. При восстановлении ра-

ботоспособности деталей триботехнических соединений, перспективным является применение способов позволяющих получать антифрикционные износостойкие покрытия, с заданными эксплуатационными свойствами на рабочей поверхности таких деталей.

Материалы покрытий, обладающих повышенными антифрикционными свойствами должны отличаться низкой микротвёрдостью и высокой

пластичностью. Этими свойствами в достаточной степени обладают такие материалы как медь, латунь, а также сульфиды металлов, в частности, дисульфид молибдена  $\text{MoS}_2$  [1].

Покрытия, содержащие сульфиды молибдена, отличаются наиболее высокими антифрикционными свойствами [2]. В настоящее время такие покрытия наносятся на поверхность деталей пар либо механическим трением, либо детонационным способом. Покрытия, получаемые этими способами, очень тонки и легко изнашиваются.

Опыт нанесения покрытий из сульфидов молибдена методами вакуум-плазменной технологии отсутствует как в отечественной, так и в зарубежной литературе [3]. Это объясняется тем, что сульфиды молибдена представляют сыпучий материал с низкой диэлектрической проводимостью, что не позволяет применять его для изготовления торцевых катодов.

Попытки вакуум-плазменного нанесения покрытий, содержащих дисульфид молибдена, предпринятые рядом авторов [3] не привели к положительному результату. Несмотря на то, что в теоретическом плане плазмо-химический синтез молекулы  $\text{MoS}_2$  из молибденового испарителя в среде сероводорода не вызывает трудностей практической его реализации с надёжностью, необходимой для промышленного внедрения осуществить не удаётся. В полученном таким образом конденсате содержатся S;  $\text{MoS}$ ;  $\text{Mo}$ ;  $\text{MoO}_2$ ;  $\text{FeS}$  и очень незначительные включения  $\text{MoS}_2$ . Кроме того, применяемый при этом сероводород

токсичен и крайне неудобен с точки зрения вакуумной гигиены.

Был разработан технологический подход в нанесении покрытий из  $\text{MoS}_2$ , главное отличие которого от ранее существовавших, состоит в отказе от плазмохимического синтеза. В этом способе в плазмообразующую среду непосредственно с эродируемого катода вносятся уже сформированные молекулы данного вещества.

Практически реализовать этот процесс можно, применив катод, металлическая основа которого в значительной степени насыщена молекулами серы и молибдена. При проведении исследований использовался катод из меди, содержащей 50 % включения дисульфида молибдена ( $\text{MoS}_2$ ), изготовленный прессованием из порошковой смеси с последующим прогревом до температуры плавления меди.

Применение покрытий, содержащих сульфид молибдена, в 2–3 раза сокращает время стабилизации моментов трения и значительно повышает предельную нагрузку схватывания. Триботехнические свойства покрытия малочувствительны к материалам основы. Следует отметить, что покрытия, содержащие  $\text{MoS}_2$ , значительно снижают энергонапряжённость контакта трения.

Результаты исследований дают основание полагать, что разработанный технологический подход вакуум-плазменного нанесения покрытий из дисульфида молибдена позволит увеличить ресурс деталей плунжерных пар топливных насосов в несколько раз, при одновременном улучшении их эксплуатационных характеристик.

*Титаренко В.И., Лантух В.Н.*

*ООО «НПП РЕММАШ», Днепропетровск,*

*Лендел Ю.Ю., Пилипко В.И, Мудранинец И.Ф.*

*ПАО «ИЗМСО», с. Ильница, Украина*

## **НАПЛАВОЧНЫЕ СТАНКИ И УСТАНОВКИ «РЕММАШ» – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

Вопрос сокращения текущих расходов на предприятиях всегда актуален для решения вопроса повышения рентабельности любого производства. Особенно он актуален в кризисной си-

туации, когда снижение текущих затрат является одним из основных направлений для выживания как отдельных предприятий, так и целых отраслей промышленности.

Одной из основных расходных статей для поддержания жизнедеятельности любого производства являются затраты связанные с ремонтом машин и агрегатов, обеспечение их запасными деталями и узлами.

В вопросе значительного уменьшения этой статьи расходов большую помощь оказывает технология восстановительной и упрочняющей наплавки. Наплавленный металл образует одно целое с основным металлом и связан с ним металлическими связями прочно и надежно. Поэтому наплавка находит широкое применение, как при изготовлении новых деталей, так и при ремонте вышедших из строя. При изготовлении с применением наплавки на рабочую поверхность детали, изготовленной из углеродистой стали, можно нанести сплав, обладающий необходимым для этой детали комплексом свойств – износостойкостью, жаропрочностью, термостойкостью, коррозионно-стойкостью и др. Наплавка при ремонте позволяет многократно восстанавливать первоначальные размеры вышедших из строя деталей, при этом, правильно выбрав наплавочный материал и технологию можно не только обеспечивать эксплуатационные характеристики на уровне новых деталей, но и даже их превзойти. Так как масса наплавленного металла обычно не превышает нескольких процентов от массы наплавляемой детали, используя восстановительную наплавку, можно многократно восстанавливая изношенные детали, экономить большие средства на их приобретении или металл и затраты на их изготовлении. Используя упрочняющую наплавку при изготовлении деталей можно значительно уменьшить расход дорогостоящих высоко-легированных сталей и сплавов.

Кроме этого, увеличивая упрочняющей наплавкой срок службы деталей, узлов и механизмов, от которых зависит работа высокопроизводительного оборудования, мы сокращаем время и количество ремонтных простоев и тем самым повышаем производительность агрегатов и уменьшаем затраты на ремонты. Этим обусловлена большая экономическая и техническая эффективность наплавки в металлургии, горнодобывающей промышленности, на транспорте и в других отраслях промышленности, где большое количество деталей работают в тяжелых условиях, быстро выходя из строя, требуя замены.

Средне данные эффективности наплавки показывают, что наплавочные технологии, оборудование и материалы позволяют:

- восстановительной наплавкой одного кило-

грамма наплавочного материала заменить приобретение 20–25 кг новых деталей;

- упрочняющей наплавкой одного килограмма наплавочного материала заменить приобретение 60–75 кг новых деталей;

- при упрочнении наплавкой увеличить срок службы деталей в 2–5 раз;

- одной гривной, вложенной в наплавку, получить от 5 до 10 гривен экономии.

Кроме этого наплавка имеет природоохранное и ресурсосберегающее значение, позволяя одним килограммом наплавленного материала экономить:

70–100 кг агломерата

20–30 кг кокса

4–5 кВт электроэнергии

6–8 м<sup>3</sup> природного газа [1].

Предприятие ООО «НПП РЕММАШ», организованное в 2002 г. на базе лаборатории наплавки и конструкторского отдела НИИ «Черметмеханизация», с первых же шагов своей деятельности выбрало основным направлением работы разработку и изготовление наплавочного оборудования, и в частности станков и установок. Так как общее направление деятельности ООО «НПП РЕММАШ» в области наплавки было продолжением деятельности созданных ранее ЧП «РЕММАШ» (сварочно-наплавочные технологии) и ЧНПКФ «РЕММАШ» (наплавочные материалы), накопленный опыт разработки наплавочных технологий и материалов, а также опыт разработки в рамках НИИ «Черметмеханизация» наплавочного оборудования, стал базой для разработки и изготовления новых наплавочных установок. Наплавочные станки и установки были выбраны, потому что парк подобного оборудования на заводах Украины к 2000 году значительно устарел и изнашивался, а нового подобного оборудования никто не производил, хотя в Украине работало несколько заводов, обеспечивающих комплектацию наплавочного оборудования сварочным и механическим сварочным оборудованием («КЗЭСО» г. Каховка, «СЭЛМА» г. Симферополь, «ИЗМСО» с. Ильница и др.).

В течение первых лет деятельности разработка и изготовление оборудования производились на арендуемой в г. Днепропетровске производственной базе. При этом заказываемое для установок, изготавливаемых в течение первых 3–4 лет деятельности, комплектующее оборудование в основе своей было серийное, но с индивидуальными характеристиками под требования заказчика, оно приобреталось в базовом варианте, а затем производилась его переделка в соответствии

с разработанными под заказчика техническими характеристиками. По такой схеме изготовления были разработаны и изготовлены установки РМ-УСВФ1, РМ-УСВФ2, РМ УН-5, а также выполнена для металлургических заводов модернизация нескольких установок. При такой схеме изготовления терялось много времени и средств. Это послужило толчком к более тесному контакту при изготовлении установок между ООО «НПП РЕММАШ» и ПАО «Ильницкий завод МСО», учитывая, что 50–60 % наплавочных установок – это механическое оборудование. В дальнейшем более тесные творческие контакты были также установлены с другими крупными поставщиками комплектующих для наплавочных установок.

Так впервые в 2005 году ООО «НПП РЕММАШ» объединил свои усилия с ПАО «ИЗМСО» при создании установки РМ-10 для наплавки правильных роликов прокатных станков. При этом за РЕММАШ, кроме его торговой марки, была закреплена разработка вместе с заказчиком ТЗ на установку, эскизного и рабочего проекта установки, финансирование изготовления и комплектация покупными изделиями, контроль и при необходимости корректировка на всех стадиях изготовления, испытания, пробная эксплуатация, а за ПАО «ИЗМСО» изготовление основной части механического оборудования, при необходимости его доработка, сборка и монтаж. Такое сотрудничество продолжается уже 10 лет. За это время совместными усилиями было разработано и изготовлено 14 типов установок, некоторые в нескольких экземплярах, а также накоплен большой опыт в организации, разработке и изготовлении сварочно-наплавочного оборудования и определены основные принципы и подходы, которые могут представлять интерес [2]. Они включают в себя следующие основные элементы:

- глубокий анализ аналогов разрабатываемого оборудования;

- использование блочного принципа конструирования, при котором, исходя из технологической задачи, которую должна решать конкретная установка, ее общая конструкция складывается из отдельных блоков («кубиков»), сконструированных ранее. Это позволяет оперативно предложить заказчику эскиз установки, соответствующий его техническому заданию, а затем в сжатые сроки реализовать его в готовую конструкцию;

- максимальное привлечение соразработчиков и соизготовителей, разрабатывающих и изготавливающих отдельные, полностью готовые узлы, из которых складывается установка, что позво-

ляет максимально сократить сроки производства при высоком качестве отдельных узлов, изготавливаемых специализирующимся на изготовлении этих узлов предприятиями, и как результат – всей установки в целом;

- придание любой специальной установке функций универсальности, что увеличивает загрузку установок и получаемую от них отдачу;

- максимально возможное оснащение каждой установки технологической оснасткой, что позволяет повысить качество, стабильность, производительность и безопасность при работе на них;

- на базе ранее разработанных типовых установок конкретизация каждой установки под определенного заказчика, что позволяет не приспосабливать установку под номенклатуру заказчика, а сразу, сведя к минимуму время на внедрение, приступать к работе на ней;

- авторский надзор как минимум в течение первого года эксплуатации установок и при необходимости доработка и переделка тех узлов, которые у заказчика вызывают вопросы при эксплуатации;

- проработка и передача заказчику варианта технологии и материалов для износостойкой наплавки для опробования и внедрения на новой установке наряду с принятыми у заказчика технологией и материалами.

Расшифровывая эти основные принципы и идеологии разрабатываемых и изготавливаемых установок можно сказать следующее:

Анализ аналогов мы стараемся выполнять не только литературный, но и с ознакомлением с работающими установками, изучением их положительных и отрицательных сторон, при этом стараемся привлечь к этой работе потенциальных заказчиков. Для этого мы поддерживаем деловые отношения с десятками промышленных предприятий Украины.

Использование блочного принципа конструирования мы производим как на базе разработанных и используемых ранее блоков, так и с использованием таких блоков от других разработчиков и изготовителей. Для этого определившись с общей конструкцией установки, мы запрашиваем у всех изготовителей, не хватающих нам кубиков блоков и путем выбора лучшего варианта определяем нужных поставщиков.

Привлекать соразработчиков и соизготовителей мы стараемся с активным и осознанным участием их в наших проектах, максимально раскрывая и информируя их, ставя задачу, которую они должны выполнить. При этом мы просим их

дать практическую оценку и максимально прислушиваемся к замечаниям и встречным предложениям. Наиболее активными участниками наших проектов являются ПАО «КЗЭСО», ЭМЗ «Фирма «СЭЛМА», ООО «САММИТ» и др. При этом мы всегда в наших информациях отдаем должное вкладу в наш проект всех участников.

Придавать любой установке принцип универсальности, мы начинаем с изучения номенклатуры наплавляемых деталей заказчика, в том числе не только сегодняшней, но и перспективной. Так, к примеру, предложив и оборудовав установки РМ-15, РМ УН-15, РМ УН-5 столами для наплавки плоских деталей, мы позволили включить в номенклатуру наплавляемых на них деталей кроме цилиндрических еще и детали с наплавляемыми плоскими поверхностями, а комплектация этих установок специальными мундштуками для наплавочных автоматов позволили включить в номенклатуру наплавку внутренней поверхности цилиндрических деталей. Обычно такая дополнительная комплектация установок увеличивает их стоимость на 1–2 %, увеличивая загрузку на 10–20 %, т.е. в целом повышает их эффективность и ускоряет окупаемость.

Оснащение установок РЕММАШ, особенно специальных, технологической оснасткой, предназначенной для относительно узкой номенклатуры деталей позволяет предприятиям, использующим такие установки значительно экономить вспомогательное время, максимально повысить производительность наплавки и сварки, ее стабильность и качество, а также безопасность сварочно-наплавочных работ. Наиболее яркие примеры – это комплектация технологической оснасткой установок РМ-УСВФ1 и РМ-УСВФ2 для сварки воздушных фурм доменных печей, установки РМ-10 для наплавки правильных роликов прокатных станов.

Конкретизация каждой нашей типовой установки под конкретного заказчика может производиться по нескольким причинам. Одной из них может быть такой вариант, когда установка предназначена для одного и того же наименования изделий, но при этом группа этих изделий состоит из нескольких разновидностей, значительно отличающихся конструкцией и размерами. Например установка РМ-9 предназначена для наплавки железнодорожных колесных пар. Даже в базовом варианте, изготовленном для ПАО «Никопольский завод ферросплавов» она была универсальной, рассчитанной на наплавку колесных пар грузовых вагонов и шлаковозов, с буксами и без. Однако

очередной заказчик ОАО «Стойленский ГОК» попросил нас расширить возможности установки, с тем, чтобы на ней можно было наплавлять еще колесные пары мотовозов и автотрис в сборе не только с буксами, но и с редукторами, что потребовало значительной доработки установки РМ-9 под ОАО «Стойленский ГОК». Другими вариантами изменения какого-то конкретного типа установки является изменение их возможностей по габаритам наплавляемых деталей и их массе, а также изменение их комплектации и др.

Это позволяет не только экономить средства покупателям, заказывая и оплачивая только то, что необходимо для выполнения их задач, но и получив установку под свою номенклатуру, максимально быстро ее освоить.

Авторский надзор за изготовленными и работающими у покупателей установками помогает покупателю в быстрейшем их освоении. Кроме этого в течение особенно первого года эксплуатации возникают пожелания по возможным их переделкам с целью более эффективного использования.

Это связано с тем, что довольно часто идя в разрез с классической технологией наплавки какой-то группы деталей, которая заложена в идеологию установки, в процессе ее освоения возникают нестандартные пожелания и предложения по дооснащению либо небольшой переделке установки с целью повышения ее эффективности. И хотя это бывает очень непросто реализовать на предприятия покупателя, мы, если видим действительные преимущества, по возможности идем на это. Так как в результате выиграет и покупатель, повысив эффективность и мы, так как найденное и реализованное новое решение позволит нам в дальнейшем при необходимости его использовать. Такую переделку, например, мы выполнили на установке РМ-9 уже при ее эксплуатации на Стойленском ГОКе, когда по просьбе заказчиков к существующей классической схеме уборки флюса из-под детали с подачей его после просева в флюсобункер для повторного использования добавили систему уборки не расплавленного флюса с поверхности наплавляемой детали, чаще применяемую при сварке.

Разработка новой технологии наплавки – это то, с чего начинается и заканчивается работа над новой установкой. Начиная работу над установкой мы закладываем в ее идеологию и технические характеристики базовую технологию, реализовать которую мы должны с помощью комплекса всего оборудования, входящего в ком-

плектацию установки. Заканчивая изготовление мы испытываем ее путем наплавки нескольких деталей по базовой заложенной нами вместе с заказчиком технологии с использованием базовых наплавочных материалов. Но при этом мы стараемся раскрыть перед покупателем перспективу использования более современных износостойких наплавочных материалов. Так, к примеру, ОАО «СГОК» заказывая у нас новые установки РМ УН-5 и РМ УН-15 был нацелен на их использование для восстановительной наплавки низколегированными проволоками сплошного сечения. Однако на приемочных испытаниях мы продемонстрировали дополнительно и наплавку упрочняющими порошковыми проволоками. Это стало началом постоянного использования

таких материалов. На фото (см. обложку) приведены несколько типовых наплавочных установок, разработанных и изготовленных ООО «НПП РЕММАШ» и ПАО «ИЗМСО».

### **Выводы**

Используя изложенные в материалах принципы и подходы к разработке и изготовлению наплавочных установок разработчикам и изготовителям удалось:

- сократить максимум до 6 месяцев время на разработку и изготовление нового типа наплавочной установки, от выдачи заказчиком технического задания на установку до окончания ее изготовления;
- разработать и изготовить за 10 лет 14 новых моделей наплавочных установок.

*Черновол М.И., Ворона Т.В.*

*Кировоградский национальный технический университет, Кировоград*

*Башта А.В.*

*Национальный университет пищевых технологий*

*Николайчук В.Я.*

*Винницкий национальный аграрный университет*

*Лопата Л.А.*

*Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины, Киев, Украина*

## **УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И АПАРАТОВ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В Украине агропромышленному комплексу требуется современный машинный парк для переработки сельскохозяйственной продукции с дальнейшим ее использованием в кормовом и пищевом производстве. Условия эксплуатации пищевого оборудования характеризуются сочетанием высоких механических нагрузок, температур и агрессивных рабочих сред, что приводит к ускоренному фреттинг-коррозионному и последующему фреттинг-усталостному разрушению его деталей. Механизм фреттинга неоднозначен и всегда сопровождается как механическими разрушениями в субмикроскопических

и макроскопических объемах материала в зоне контакта, так и химическими, когда в зоне контакта образуются окислы поврежденных частиц металлов сопряженных деталей. Учитывая это, а также некоторые сложившиеся в последнее время особенности использования дорогостоящих легированных металлов и сплавов для их производства [1], радикальным методом повышения эксплуатационного ресурса и качества машин и агрегатов указанных производств, является применение современных технологий поверхностного упрочнения и упрочняющих защитных покрытий. Их использование в настоящее время

является наиболее актуальным и позволяет существенно повысить износостойкость и прочность малоресурсных деталей пищевого оборудования. Основопологающими признаками решения задачи являются: 1) использование в качестве материала деталей нелегированных сталей, выбор которых обусловлен конструкционной прочностью; 2) создание внешнего износостойкого слоя рабочих поверхностей деталей, который должен соединяться с ней достаточно широкой диффузионной зоной твердого раствора.

Сопrotивление поверхности малоресурсных деталей воздействию агрессивных сред или механическому износу обеспечивается специально формируемым периферийным слоем. Изменение свойств по высоте сечения такой композиционной системы происходит монотонно, непрерывно, что обуславливает длительную и надежную работу при циклическом нагружении. Отсутствие же такой (покрытие – основа) переходной зоны в условиях действия знакопеременных нагрузок неизбежно приводит к усталостному разрушению, наступающему часто в течение непродолжительного срока службы. Проанализированные случаи отслоения покрытия от основы показали, что зависимость прочности адгезионной связи от деформации основы и толщины покрытия является линейной и свидетельствует об эквивалентности нагружения адгезионной связи. Материал внешнего слоя должен удовлетворять требованиям по физико-механическим свойствам, ответственным за износостойкость, а его стоимость и доступность должны быть близкими стоимости и доступности углеродистой стали. Анализ результатов исследований показал, что этим требованиям удовлетворяют современные покрытия, полученные методами вакуум-плазменной обработки, ионного азотирования; электроконтактного припекания порошковых материалов (ЭКПП). Износостойкость, полученных таким образом упрочняющих покрытий, в несколько раз выше износостойкости традиционных сплошных покрытий идентичного материала равной толщины. Полученные методом ЭКПП [2] упрочняющие покрытия характеризуются толщинами от менее одного до трех и более миллиметра при хорошей адгезионной связи. Общеизвестно, что с ростом толщины покрытия повышаются остаточные напряжения, что в свою очередь приводит к отслоению его от основы. В отличие от большинства упрочняющих покрытий, покрытия, полученные методом электроконтактного припекания порошковых материалов, характеризуются хорошей ад-

гезионной связью с основой при толщинах упрочняющего слоя в три и более миллиметра. Так, по мнению автора работы [2], в условиях растяжения основы и использования понятия эффективных напряжений как суммы остаточных напряжений в основе и эксплуатационных напряжений в покрытии, можно оценить уровень остаточных напряжений в упрочняющем покрытии и показать, что рост его толщины приводит к снижению среднего значения остаточных напряжений вплоть до асимптотического минимального значения (рис. 1).

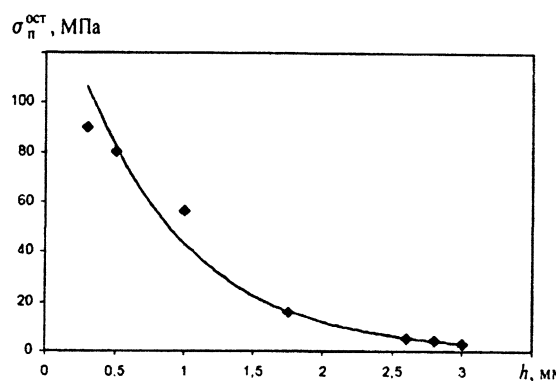


Рисунок 1 – Зависимость остаточных напряжений от толщины покрытия из самофлюсующегося порошкового сплава на основе никеля (ПГ-СР4), полученного методом ЭКПП

Снижение остаточных напряжений с ростом толщины упрочняющего покрытия позволяет наносить его с увеличенной толщиной при одновременном повышении величины возможной критической деформации основы. Необходимо также отметить, что в покрытиях, полученных методом ЭКПП, с ростом их толщины происходит, как говорилось выше, снижение остаточных напряжений в переходной зоне при одновременном повышении возможностей критической деформации основы [2]. Тем самым увеличивается нагрузочная способность системы основа – покрытие без риска отслоения покрытия. В результате электроконтактной обработки возможно получение беспористой структуры поверхностного слоя.

Т.о., использование указанных методов получения покрытий позволит довести кратность повышения срока службы малоресурсных деталей пищевого оборудования (рис. 2, 3) до уровня, соответствующего основной группе равнопрочности других ее узлов. Замена же, например, деталей из дорогостоящих материалов на дешевые материалы с покрытиями позволяет повысить их износостойкость в 1,5–1,8 раза и в 2,5 при снижении стоимости.



Рисунок 2 – Поршень тестодетителя

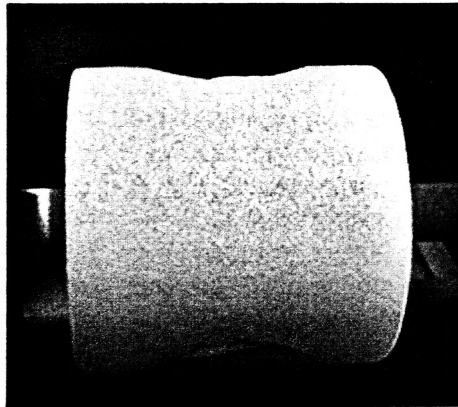


Рисунок 3 – Цилиндр тестоместильной машины

Механическая обработка детали с упрочненной поверхностью обычно предусматривает чистовое точение на специальном оборудовании и шлифование с использованием современных сверхтвердых материалов. Поэтому прочность адгезионной связи должна иметь запас, величина которого определяется решениями и условиями чистовой обработки. Расчет несущей способности конструктивных элементов с упрочняющим покрытием на стадии производства и восстанов-

ления изношенности деталей показывает необходимость учитывать требование применения поверхностного пластического деформирования в качестве финишной операции, которая позволяет достичь необходимых размеров покрытия. Контроль качества износостойкого покрытия осуществляется металлографическим, лазерно-радиационным и другими современными методами. Контроль за эксплуатацией оборудования с упрочненными деталями показывает, что массовое их применение в производстве позволит существенно сократить длительность и трудоемкость ремонтных работ и увеличить продолжительность срока службы самого оборудования, а это в свою очередь значительно повысит эффективность и рентабельность самого производства.

*Черновол М.И., Ворона Т.В.*

*Кировоградский национальный технический университет, Кировоград*

*Микосянчик О.А.*

*Национальный авиационный университет*

*Лопата Л.А.*

*Институт проблем прочности им. Г.С.Писаренко НАН Украины, Киев, Украина*

*Жорник В.И.*

*ГНУ «ОИМ НАН Беларуси», Беларусь*

## **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ**

Предложен способ получения износостойких покрытий методами электродугового (ЭДН)/газопламенного (ГПН) напыления проволочных стале 40X13/Св-08 и соответствующие ему технологические схемы:

- напыления с последующей электроконтактной обработкой (ЭКО);
- напыления с поверхностным модифицирова-

нием покрытий, которое заключается в заполнении поверхностных пор углеродосодержащими модификаторами с последующей ЭКО (рис. 1, табл. 1).

Схема получения износостойкого покрытия (рис. 1) представлена в виде технологической цепочки методов их нанесения и обработки с указанием значений основных технологических параметров этих методов (табл. 1).



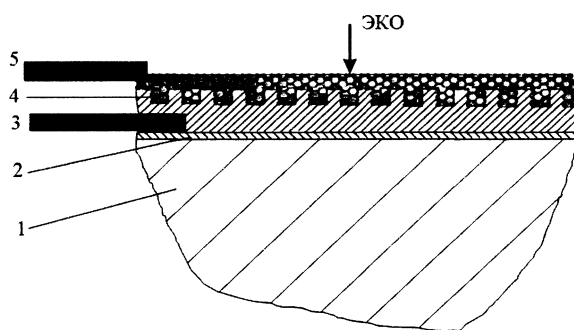


Рисунок 1 – Схема износостойкого покрытия:

1 – основа (сталь Ст. 3); 2 – подслоя (сталь X20H80); 3 – пористое ГПН/ЭДН покрытие (40X13/Св08); 4 – поры в поверхностном слое напыленного покрытия 3; 5 – углеродсодержащая обмазка

Результаты исследования показали, что режимы электроконтактной обработки покрытий из сталей мартенситного и ферритного классов значительно отличаются. Покрытия, полученные газопламенным и электродуговым напылением сталей ферритного класса (Св-08) допускают более «жесткую» электроконтактную обработку. Покрытия, полученные газопламенным и электродуговым напылением сталей мартенситного класса (40X13) требуют более «мягких» режимов электроконтактной обработки. В результате исследований установлена взаимосвязь физико-механических свойств стальных покрытий со структурно-фазовыми превращениями в них и показано, что уровень этих свойств, контролируемый степенью насыщения мартенситной фазы

углеродом, повышается с увеличением содержания углерода и карбидных включений в сталях, а также при насыщении покрытия углеродсодержащими модификаторами (коллоидным графитом, ультрадисперсным алмазграфитовым порошком УДАГ). Показано, что ЭКО стальных покрытий снижает их пористость, увеличивает содержание оксидов в поверхностном слое, уменьшает концентрацию остаточного аустенита (вследствие разогрева поверхности до 1200 °С) в результате  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращений и позволяет осуществлять модифицирование.

Таким образом, в работе предлагается новый подход к получению газотермических стальных покрытий на низколегированных сталях с повышенной износостойкостью, в основе которого лежит управление структурно-фазовыми  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращениями в сталях мартенситного и ферритного классов путем температурно-силового воздействия электроконтактной обработкой (ЭКО) в сочетании с углеродсодержащими модификаторами. Представляет интерес исследование процессов нанесения комбинированных покрытий методами ГТН и ЭКО, обеспечивающих деформационные структурно-фазовые превращения, а также наноструктурировании поверхности износа. При этом достигается эффект трибомеханического модифицирования (Жорник В.И), когда в процессе трения со смазкой, модифицированной ультрадисперсными алмазами, в поверхностном слое формируется наноразмерная ячеистая субструктура, вызывающая эффективное поглощение энергии фрикционного взаимодействия.

Таблица 1 – Методы и режимы формирования износостойких покрытий

Метод	Режимы			
	тип покрытия	горючая смесь	расстояние, мм	толщина слоя, мм
Газотермическое напыление (нанесение покрытия)	40X13	Ацетилен + кислород	150,0	1,0–1,2
	состав электролита	температура электролита, °С	плотность тока J, А/см <sup>2</sup>	время, мин
Электрохимическая полировка (вскрытие пор)	НЗРО4 (760 г) + CrO3 (100 г)	40–50	0,5	10,0
	тип модификатора	частота колебания, Гц	Время, мин	среда обработки
Ультразвуковая обработка	порошок УДАГ 0,5 % об	44,0	7,0–8,0	спирт этиловый С2Н5ОН
	ток нагрева, I, кА	давление, P, МПа	время нагрева, Tн, с	время импульсов-пауз, t, с
Электроконтактная обработка (как с углеродными модификаторами, так и без них)	3,5	20,0	8–10	0,02–0,04

Щенятский А.В., Рудин Р.А., Горбунова К.А., Пушкарева А.А.  
Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОЖЕСТКИХ ОПОР

В современных поточных линиях, например, в бумагоделательных машинах применяется большое число подшипниковых узлов, которые требуют своевременного обслуживания во время эксплуатации. Несмотря на существующие планы технического осмотра и ремонта встречаются ситуации, когда подшипниковые узлы выходят из строя, при этом повреждаются как подшипники, так и посадочные места на валах и в корпусах конструкций. Восстановление поверхностей деталей в некоторых случаях приводит к возникновению остаточных напряжений или изменению жесткости конструкции узла.

Одной из причин снижения срока эксплуатации подшипника качения (ПК) является неравномерность распределения нагрузки между телами качения и влияние остаточного напряженно-деформированного состояния (НДС), которое после процесса релаксации [1] вызывает нежелательные деформации восстановленных поверхностей, что приводит к еще большей неравномерности распределения нагрузки. Например, максимальная нагрузка на самом нагруженном теле качения может достигать половины от всей внешней радиальной нагрузки на ПК, а на соседний – в несколько раз меньше [2].

Для снижения неравномерности распределения контактного давления по телам качения было предложено изготовление неравножесткой опоры. Это обеспечит, на наш взгляд, увеличение долговечности подшипникового узла (ПУ) за счет оптимального распределения нагрузки между телами качения от рабочей нагрузки.

В работе [3] предложен один из способов обеспечения неравножесткости опоры подшипника (рис. 1) путем установки кольца, имеющего локальную зону переменной жесткости и установленного с зазором по отношению к наружному кольцу подшипника и натягом с корпусом.

Стенд позволяет обеспечить совпадение плоскости минимальной жесткости с вектором (6) реакции опоры подшипника качения. Размеры и форма локальной зоны (4) задают нужный закон распределения нагрузки между телами качения (5). В работе распределение нагрузки между телами качения определялся с помощью метода конечных элементов (МКЭ).

Проведенные предварительные испытания показали, что направление реакции опоры может изменяться в зависимости от режимов нагружения, точности изготовления корпуса, его жесткости, условий смазки и состояния самого подшипника. Для определения угла отклонения реакции в опоре и оценки влияния неравножесткости опоры на долговечность работы подшипника на кафедре «Мехатронные системы» ФГБОУ ВПО ИжГТУ имени М.Т. Калашникова изготавливается автоматизированный испытательный стенд. Для определения направления реакции опоры была разработана математическая модель интегрированного датчика направления силы (ИДНС).

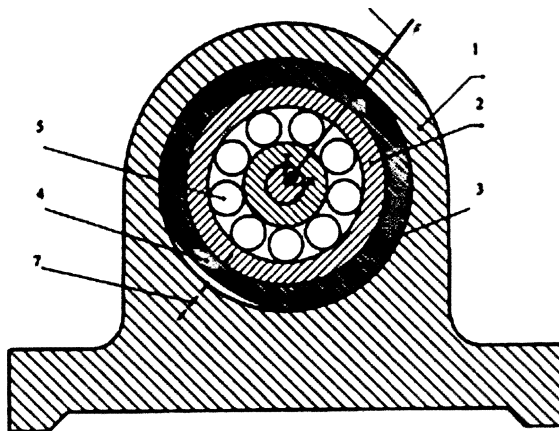


Рисунок 1 – Конструкция подшипниковой опоры с переменной жесткостью

ИДНС (рис. 2) представляет собой металлическую пластину-3 с посадочным местом для ПУ-1 с тензодатчиками-2 расположенными определенным образом. Используя МКЭ, была получена зависимость направления силы реакции опоры от показаний тензодатчиков.

Зная направление реакции опоры, остаточное НДС составных частей можно определить оптимальное положение плоскости минимальной жесткости и проектировать ПУ с увеличенным сроком службы.

Благодаря правильному расположению плоскости минимальной жесткости упругая деформация обеспечивает более равномерное контактное давление на тела качения, находящиеся в зоне нагружения.

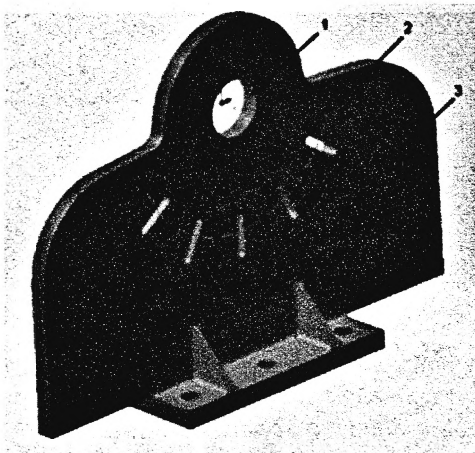


Рисунок 2 – Модель ИДНС

Лойко В.А., Сёмин Е.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ ХРОМ – НИТРИД ХРОМА В СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЯХ

Постоянно обостряющийся дефицит материалов на основе вольфрама и его соединений диктует необходимость поиска альтернативных материалов и технологий нанесения покрытий. Нанесение вакуумно-плазменных покрытий из нитридов переходных металлов, особенно TiN и CrN, в значительной мере позволяют решать поставленные задачи, однако возможности повышения твердости поверхностного слоя при их нанесении ограничены. Поэтому более перспективными являются сложнелегированные конденсаты.

Твердость покрытий повышается за счет дисперсной структуры, характерной для композиционных пленок. Однако необходимо принимать во внимание, что измельченная структура может вызвать изменение термодинамических характеристик и привести к сдвигу фазовых полей на диаграммах состояния.

Высокая температура плавления многих нитридов, их своеобразные физико-механические свойства (большая твердость, абразивная способность, тугоплавкость, пластичность при высоких температурах и др.) обуславливают широкий интерес к материалам на их основе.

Важным отличием тугоплавких соединений, построенных по типу фаз внедрения, является способность образовывать дефектные структуры с недостатком атомов неметалла в решетке. Дефектность структуры в большой степени влияет на их свойства. Идеальная стехиометрия в этих фазах обычно не наблюдается, для них более характерны отклонения от стехиометрии. При образовании таких дефектных структур до определенного содержания неметалла структура остается неизменной, меняется лишь параметр соответствующей кристаллической решетки, а также физические свойства.

Наиболее важным свойством нитридов является твердость. Это свойство имеет особое значение при использовании таких соединений в качестве спеченных и литых твердых сплавов, для изготовления износостойких деталей, получения износостойких покрытий и т.д. Прежде всего, твердость – это характеристика, отражающая энергию связи и симметрию структуры. С другой стороны, это и деформационная характеристика, коррелирующая с некоторыми механическими свойствами. Твердость соединений связана с типом и характером распределения в них связей возрастает с ростом энергии решетки, теплоты образования и энергии атомизации, причём большей величине энергии межатомного взаимодействия соответствует большая твердость. Для соединений с большими значениями модуля упругости характерна и большая твердость, вследствие пропорциональности между напряжениями, необходимыми для движения дислокаций и модулем упругости. Твердость материала, обуславливаемая особенностями электронного строения, коррелирует с плотностью состояний на уровне Ферми: ниже плотность – выше твердость [3].

Покрытие было нанесено методом низкотемпературной вакуумно-плазменной конденсации при помощи установки «Булат-3Т». Перед нанесением образцы были подготовлены по технологии, включающую механическую обработку, полировку и очистку в ОЗУ-025. Процесс формирования покрытия протекал в две стадии. На первом этапе к образцу было приложено напряжение порядка 1,3 кВ при давлении в вакуумной камере порядка 10-3 Па. В результате ионной бомбардировки происходила очистка, активация и разогрев поверхности инструмента до температуры 150–180 °С. На втором этапе в камеру поступал реактивный газ азот, напряжение было снижено до 100–200 В, процесс осаждения покрытия осуществлялся за счет протекания плазмохимических реакций на поверхности образца.

Из рассмотрения сканограмм стадий формирования плазменно-вакуумного покрытия CrN на среднеуглеродистой низколегированной стали в зависимости от времени осаждения следует, что вследствие высокой скорости кристаллизации, на активных центрах поверхности возникают и растут зерна покрытия, в то время как

остальные (неактивные) участки практически не реагируют, а заметны лишь отдельные точки, где прошла реакция осаждения. Изолированные зародыши новой фазы постепенно растут, образуют законченные цепочки, а затем формируют сплошной слой [2]. Сканограмма уже сформированного покрытия CrN показывает наличие частиц расплавленного металла, образовавшихся в процессе напыления (рис. 1).

Однако, при адсорбции активной молекулы на поверхности твердого тела диффузия по поверхности зависит от размера зёрен. На мелкозернистой поверхности адсорбция происходит преимущественно по границам зёрен, независимо от их ориентировки. В случае крупнозернистой структуры играет роль ориентировка зерна.

Присутствие атомов легкого элемента (N) в процессе образования покрытия CrN активирует и направляет процесс, т.е. приводит систему к энергетически более стабильному состоянию [1].

Формирующаяся структура на начальной стадии – мелкозернистая, плотная, кристаллографическая структура отсутствует до толщины покрытия 2–4 мкм.

В последующем, когда компоненты поверхностного слоя не принимают участие в реакциях восстановления и образования покрытия, процесс осаждения постепенно изменяется в сторону образования столбчатых структур (рис. 2). Проведенный рентгенофазовый анализ пленок CrN выявил различные фазовые составы; фор-

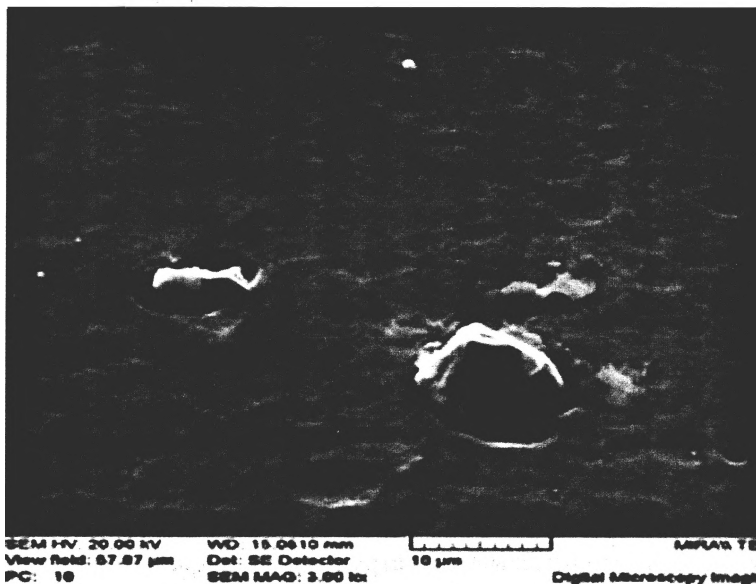


Рисунок 1 – Сканограмма нитридного покрытия CrN, SEM MAG, WD: 150610 мм

мирующиеся при разных давлениях азота: при низких давлениях образовывалась фаза  $\text{Cr}_2\text{N}$ , при дальнейшем увеличении давления обнаружена двухфазная структура  $\text{Cr}_2\text{N}+\text{CrN}$ . И, наконец, при максимальных давлениях образовывалась однородная структура  $\text{CrN}$ . Электронный микроскопический анализ пленок выявил неоднородность структуры и образование микрокапельной металлической фазы при низких давлениях азота (рис. 2). Как следствие образование капельной фазы и, вероятно, заметный рост пористости при низком давлении газа покрытия приводили к низкому модулю упругости.

Дефекты структуры изменяют химический потенциал поверхности, по этой причине зародышеобразование происходит избирательно. Образование зародыша вызывает искажение фазы, которое способствует образованию и росту новых зародышей. С течением времени скорость реакции возрастает за счёт увеличения реакционной поверхности вследствие роста зародышей, которые реализуются в сплошное покрытие. Тем не менее, даже в конечном варианте покрытия, ему присуще

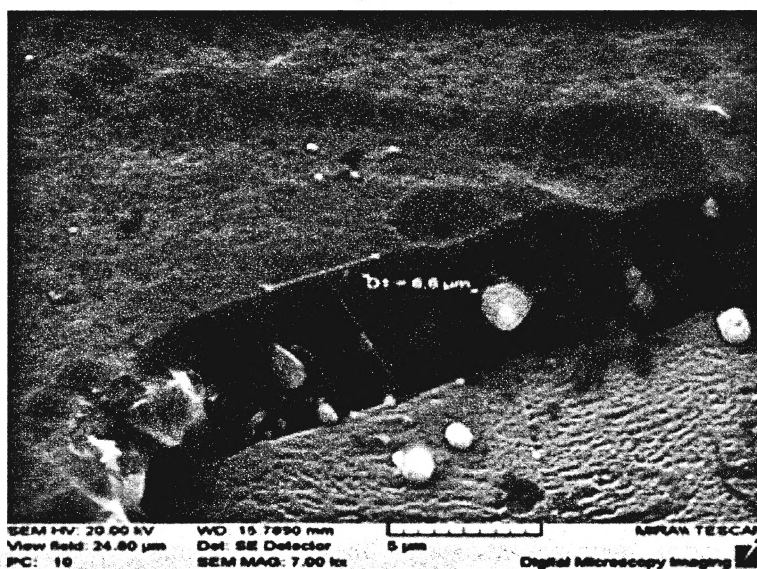


Рисунок 2 – Образование столбчатой структуры на покрытии  $\text{CrN}$ , SEM MAG, WD: 157890 мм

наличие подобного рода дефектов.

Высокие физико-механические характеристики вакуумно-плазменного покрытия  $\text{CrN}$  расширяют сферу его применения. Изученные дефекты, характерные для данного покрытия, не влияют значительно на его свойства.

## СКРОМНОЕ ОБАЯНИЕ МАЛЕНЬКОГО ЛАЙНЕРА

(Продолжение)

*Клеванец Ю.В.*

Между прочим, во время сертификационной эпопеи пришлось-таки переоснастить Яки, пошедшие в Италию и в ФРГ, приборным оборудованием западных фирм.

Таким образом, главный положительный итог попыток продажи самолётов Як-40 авиакомпаниям капиталистических стран — это получение сертификатов соответствия стандартам Германии и Италии. В остальном, несмотря на интерес, проявленный к самолёту авиаперевозчиками Западной Европы и обеих Америк, до реальных контрактов дело так и не дошло. Между тем с 1970 г. детище КБ Яковлева покупали авиакомпании стран, которые назывались тогда «государствами народной демократии» и «социалистической ориентации». Это Ангола, Афганистан, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Замбия, Камбоджа, Куба, Лаос, Мальгашская Республика, Польша, Сирия, ЧССР, Экваториальная Гвинея, Эфиопия, Югославия. Всего было продано за рубеж 125 самолётов (вместе с Италией и Зап. Германией). Значительная часть из них попала в правительственные авиаотряды. При этом Чехословакия закупила 26 машин, из них только 8 были построены в обычном пассажирском варианте на 32 места и достались коммерческой компании ЧСА, остальные — это разного специального назначения (в Интернете сообщают, что чешский правительственный авиаотряд эксплуатировал Як ещё совсем недавно). В Польшу улетели 19 самолётов, на Кубу 17.

Соответственно, на Минском авиаремонтном заводе головном предприятии, ремонтирующем этот тип самолётов, была сформирована бригада полевого ремонта Як-40, которая по необходимости отправлялась не только во все города Советского Союза, где базировались эти самолёты, но и в дальние страны.

### Варианты исполнения

Вернёмся в СССР. Саратовский авиационный завод с октября 1968 г. по октябрь 1969 г. выпустил

первую серию машин (рис. 1). Это был самолёт взлётной массой 13,7 т, рассчитанный на перевозку 24 пассажиров (то есть 8 рядов кресел по 3 в ряду). На самолёте первой серии отсутствовал механизм реверса. Самолёты первой серии — это как раз те, что летали «на показ» по разным странам, их также использовали для лидерской эксплуатации.

Вторая серия самолёта начала строиться с октября 1969 г., самолёты теперь рассчитывались на взлётную массу в 14,7 т. Пассажирский салон был увеличен за счёт уменьшения багажного отделения. Теперь Як мог перевозить 27 человек (9×3). Машина оснащалась створками реверса. Отличительная внешняя особенность Як-40 первой и второй серии — конусообразный обтекатель сверху кия.

Изначально кессон-бак под топливо занимал на самолёте пространство между лонжеронами не на всю длину размаха крыла. В 1972 г. внешние стенки кессон-бака были разнесены, бак получился более объёмным и вмещал 6 т горючего. Взлётная масса выросла до 16,1 т. С 1973 г. в серию пошли самолёты с пассажирской кабиной на 32 кресла (8×4). Вместе с тем было повышено давление избыточное давление воздуха в кабине во время полёта с 0,03 до 0,04 МПа, что позволило увеличить высоту полёта с 6000 м до 8100 м. Увеличение пассажирской вместимости, дальности и высоты полёта заметно улучшило экономичность Як-40, что позволило этой машине по-прежнему оставаться привлекательной в глазах потенциальных покупателей в 70-е гг.

С 1975 г. началось производство грузового и грузопассажирского вариантов самолёта с индексом Як-40К (конвертируемый). Для Як-40К была разработана багажная створка в левом борту, открывающаяся вверх. Размеры проёма 1270×1525 мм. Для усиления борта под грузовой люк в конструкцию введены два дополнительных шпангоута. Масса коммерческого груза на Як-40К увеличилась до 3,2 т. При этом пассажирское отделение находил-

ся позади грузового и отделено от него легкосъёмной стенкой. По необходимости Як-40К может перевозить 10, 14, 18 пассажиров и груз от 1150 до 2150 кг, либо 3,2 т, но без пассажиров.

В погоне за экономичностью взлётная масса вариантов для пассажирских перевозок в конце 1980-х гг. была доведена до 16,8 т при 36 пассажирских креслах (9×4).

В то же время, то есть во второй половине 70-х и в 80-е гг. прошлого века были разработаны и выпускались серийно транспортно-десантный (Як-40ТДС) и административный вариант самолёта. Первый был рассчитан на перевозку грузов, раненных, а также десантников с возможностью десантирования как после посадки на аэродром, так и в воздухе.

Административные самолёты выпускались изначально первого и второго классов, то есть для перевозки 11 и 20 пассажиров. По желанию заказчиков появился и некий «промежуточный класс» на 16 пассажиров. Салон 1 класса делился перегородкой на 2 отделения. В носовом устанавливался 4-местный мягкий диван, 2 поворотных кожаных кресла, между ними письменный стол. Второе отделение оборудовано обычными спаренными и одинарными креслами. В самолёте 2 туалета, 2 багажных отделения, 2 гардероба (в носу — для ВИПов, в хвосте — для всех остальных) и кухня.

«Промежуточный» класс отличается от первого тем, что вместо кухни оборудован буфетом, что позволяет установить дополнительные кресла обслуживающего персонала.

В 20-местном варианте административного самолёта 2 класса убраны багажные отделения, вместо них установлены полки, как на обычном рейсовом самолёте, за счёт чего увеличено количество кресел в хвостовом пассажирском отделении до 16.

По желанию заказчика административные самолёты оснащались дополнительными каналами связи, спутниковой навигацией, бытовыми радио- и музыкальными приборами. Изначально было построено 32 самолета с салонами 1 класса, большинство из них продавалось за границу и 51 самолёт с салоном 2 класса.

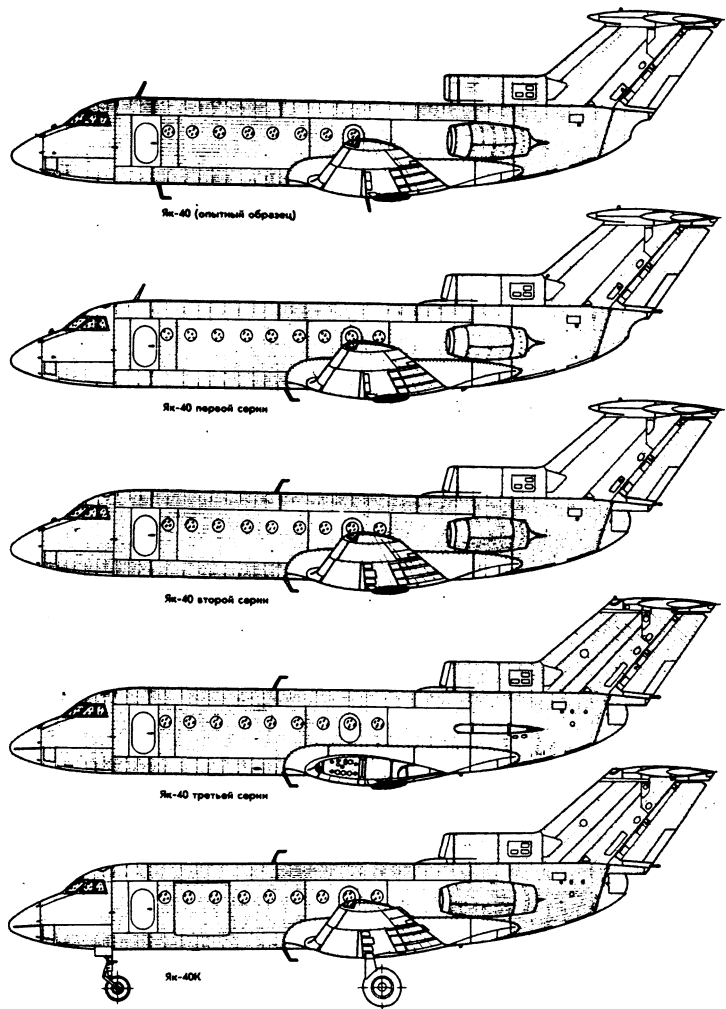


Рис. 1. Внешний вид серийных вариантов самолёта Як-40

Кроме перечисленных вариантов Як-40, выпускавшихся серийно, строились и спецсамолёты в единичном исполнении: самолёт для испытания турбовинтовых двигателей (в Чехословацкой ССР), самолёт для калибровки радиомаяков (для Венгерской Народной Республики), самолёты «Аква», «Лирос», «Метео», «Фобос», «Шторм» для нужд метеорологии (рис. 2). При этом самолёт «Фобос» применялся и для испытаний аппаратуры дальних автоматических космических станций (заказчик НПО им. Лавочкина). Были изготовлены варианты машин для испытаний различной радиоаппаратуры Як-40-25 и Як-40РЭО. Был разработан «летающий командный пункт», частично бронированный самолёт, работающий в связке с самолётами дальнего радиолокационного обнаружения. Значительная работа по переоборудованию серийных Яков в спецварианты была проделана на Минском авиаремонтном заводе.

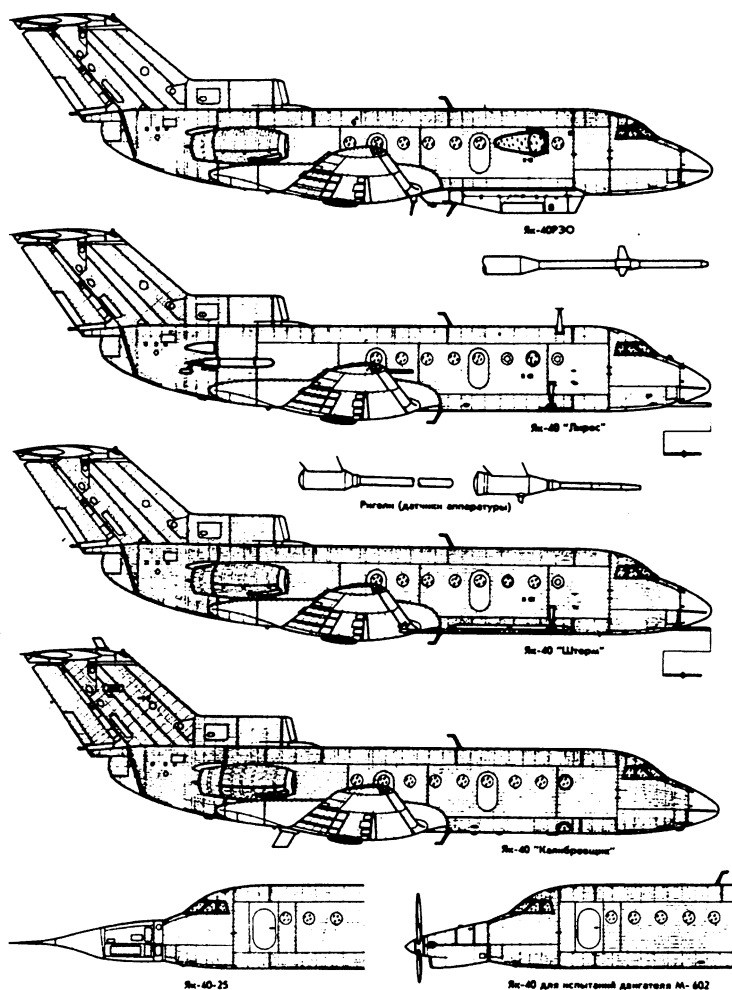


Рис.2. Внешний вид несерийных вариантов самолёта Як-40

В начале 90-х гг. распад Советского Союза повлёк за собой и распад крупнейшей в мире авиакомпании «Аэрофлот» на почти четыре сотни независимых фирм. В связи с этим повысился интерес к переоборудованию парка самолётов Як-40 из пассажирских в административные варианты. Эту работу выполнял Минский авиаремонтный завод. Устанавливалась дополнительная аппаратура связи и навигации, переделывалась пассажирская кабина с установкой мягких кресел, диванов, столиков, телевизоров, магнитол и так далее. Была внедрена технология окраски более яркими, полиуретановыми эмалью вместо прежних акриловых. С 1992 г. разработчик разрешил проводить Смоленскому авиационному заводу и Минскому авиаремонтному заводу доработки разных вариантов Як-40 под 6-тонную заправку. В целом самолёт и в 90-х гг. остался довольно привлекательным в качестве административной машины, не рассчитанной на зарабатывание денег,

но очень дешёвой в связи со значительной амортизацией и сохранившей свои лучшие качества: надёжность, простоту обслуживания и эксплуатации.

К тому же рубежу, то есть к началу 90-х гг. прошлого века, КБ установило следующие ресурсные показатели: 30 тысяч лётных часов, 25 тысяч посадок, или 25 лет службы. Исходя из этих цифр, со второй половины тех же 90-х гг. начался постепенный вывод самолётов Як-40 из эксплуатации.

В последующем было принято решение о том, что межремонтный ресурс на летающих машинах типа Як-40 устанавливается в 18 тысяч лётных часов, но эти самолёты должны проходить ежегодное техобслуживание на Минском авиаремонтном заводе, где по результатам работ совместно с представителями КБ принимается решение о продлении ресурса на год до следующего ТО.

На весну 2015 г. в эксплуатации всё ещё находится 31 Як-40. Из 1011 выпущенных до конца 2014 г. потеряны в авариях, катастрофах и в результате боевых действий 117 машин. Остальные списаны.

Конструкторами-разработчиками, конструкторами завода-изготовителя и даже ремонтного предприятия предлагались варианты «продления жизни» самолёту с применением более мощных и экономичных двигателей и более современной системы навигации. Однако все они остались на бумаге.

### Механизм перестановки стабилизатора

А теперь, как положено в приличном курсовом проекте, рассмотрим подробнее один из агрегатов самолёта Як-40. Пусть это будет механизм перестановки стабилизатора.

Механизм перестановки стабилизатора облегчает работу лётчиков на режимах взлёта – посадки, позволяет несколько расширить диапазон допустимых центровок. В СССР механизмы такого назначения начали впервые применяться в конце 20-х гг. прошлого века на самолётах Туполева типа ТБ. На Як-40 стабилизатор можно переставлять в полёте на угол от  $-3$  град. до  $-6$  град.

Механизм перестановки стабилизатора самолёта Як-40 имеет гидравлический привод, включает в себя пару скольжения винт – гайка с сам-



тормозящейся резьбой и планетарный редуктор (рис. 3, поз. 32). Механизм крепится на шарнирах к лонжерону киля с одной стороны и лонжерону стабилизатора с другой.

Крепление к килу организовано в виде карданного подвеса через оси поз. 38, поз. 39 и крестовину поз. 37 (сечение Б-Б, рис. 4). При этом ось поз. 39 устанавливается при помощи подшипников поз. 46 в проушины крышки редуктора поз. 19. Ось поз. 39 устанавливается в подшипниках в проушины кронштейна поз. 42 силового каркаса киля.

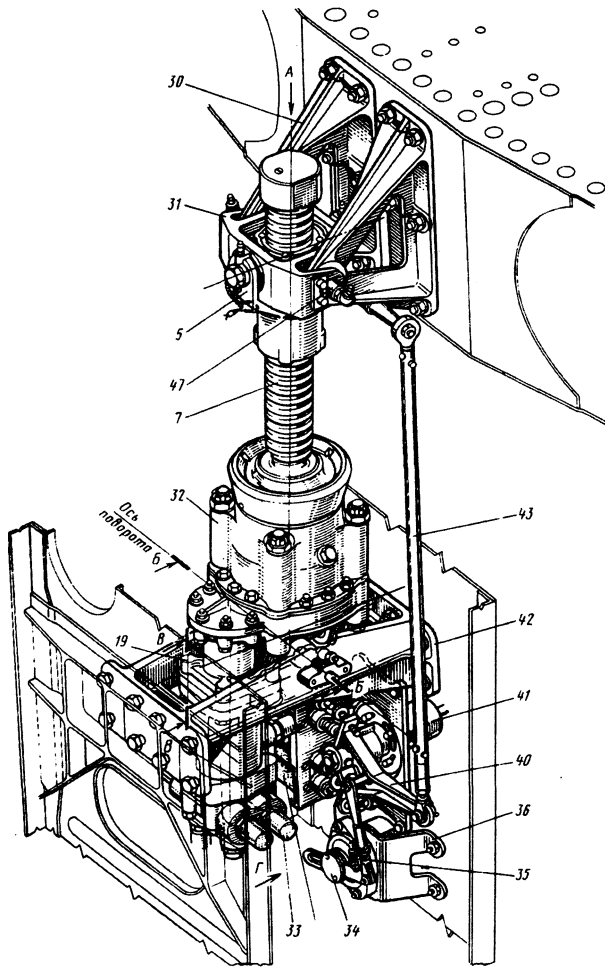


Рис. 3. Механизм перестановки стабилизатора (общий вид)

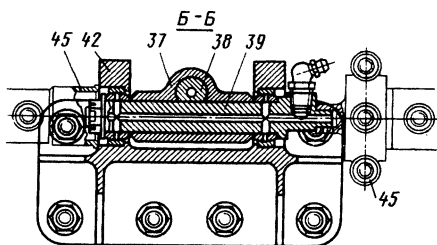


Рис. 4. Механизм перестановки стабилизатора, сечение по линии Б-Б

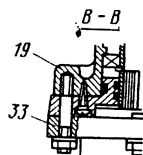


Рис. 6. Механизм перестановки стабилизатора, сечение по линии В-В

Крепление механизма к стабилизатору осуществляется также в карданном подвесе (рис. 5). Оно состоит из гайки винтовой пары поз. 5, переходного звена поз. 31, оси поз. 3. Соединение механизма с кронштейнами поз. 30, установленными на лонжерон стабилизатора, производится через две оси поз. 47. В проушины кронштейнов поз. 30 эти оси устанавливаются при помощи шаровых подшипников поз. 46.

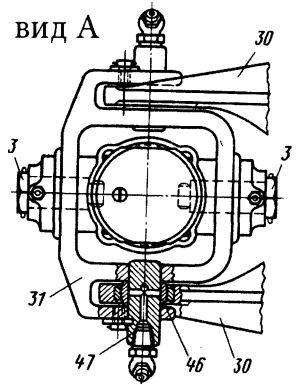


Рис. 5. Механизм перестановки стабилизатора

Осевые нагрузки от винта поз. 7 передаются на лонжерон киля через двухрядный упорный подшипник поз. 11, корпус редуктора поз. 10, нижний карданный подвес и кронштейн поз. 42. Вращение на винт передаётся через редуктор от гидромотора поз. 33, рис. 6. Управление механизмом перестановки стабилизатора осуществляется пилотом при помощи тумблера и трёхпозиционного гидрокрана, установленных на приборной панели. Применение гидросистемы для привода механизма перестановки стабилизатора призвано содействовать его фиксации в любом положении. Крайние положения стабилизатора ограничиваются концевыми выключателями (вид Г, рис. 7). Для этого применяются четыре регулировочных винта поз. 44, установленных на качалку поз. 40. На кронштейне поз. 42 крепятся соответственно четыре концевых выключателя. Блок концевых выключателей дублирован для большей надёжности всего механизма.

На одной оси с качалкой поз. 40 установлен электромеханический датчик ДС-10 указателя положения стабилизатора поз. 41. Движение качалки поз. 40 задаётся тягой поз. 43, соединённой с качалкой, установленной на кронштейне, прикреплённом к лонжерону стабилизатора поз. 30. Качалка блока концевых выключателей поз. 40 при помощи отдельной тяги поз. 35 связана со штоком привода датчика обратной связи поз. 34.

К статье «НАПЛАВОЧНЫЕ СТАНКИ И УСТАНОВКИ «РЕММАШ» – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ»



Установка РМ УН-15 для наплавки крупногабаритных деталей (до 15 т)

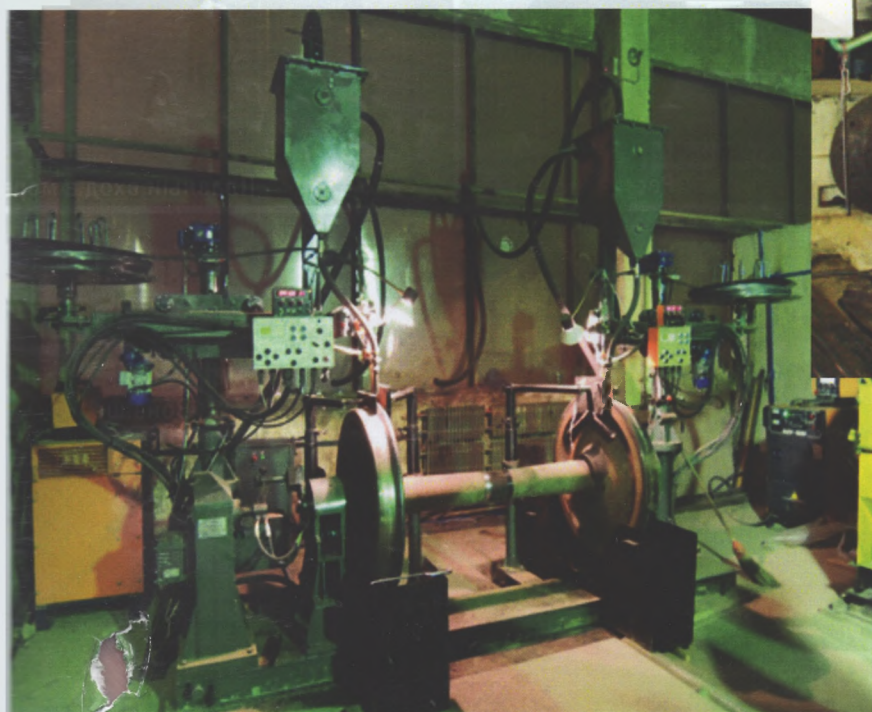


Установка ИЗРМ-5

для наплавки малогабаритных деталей



Комплекс наплавочного оборудования РМ-12 для наплавки прокатных валков на базе токарного станка



Установка РМ-9 для наплавки гребней железнодорожных колесных пар



Аквепарк отеля

БЕСПЛАТНО



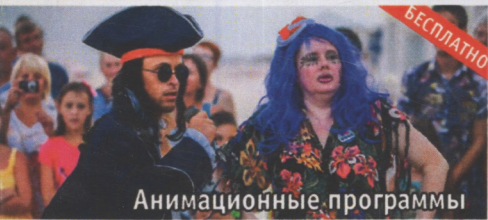
Детская горка, батут

БЕСПЛАТНО



Клубные танцы (анимация)

БЕСПЛАТНО



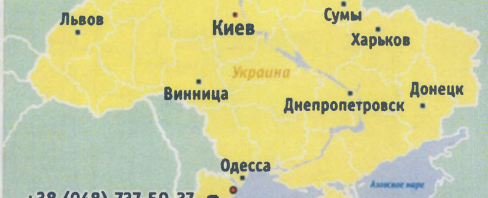
Анимационные программы

БЕСПЛАТНО



Незабываемые экскурсии

+38 (098) 733-00-00



+38 (048) 737-50-37  
+38 (044) 581-67-60  
**Затока**  
Украина, курорт Затока (Одесса), ул. Приморская, 114

**В стоимость номера включено пользование:**

с 1 мая по 1 октября: Аквепарк, детский батут, детская и взрослая анимация, доставка багажа и еды в номер;  
с 1 апреля по 15 октября: настольный теннис и бильярд, беседки с мангалами, Wi-Fi в номерах и на территории.

**Инфраструктура отеля**

- Охраняемая автостоянка
- Мини-рынок
- Массажный кабинет
- Салон красоты
- Банкомат, терминал
- Медпункт
- Спасательный пункт
- Экскурсионное бюро
- Трансфер
- Обменный пункт

**Конференц-сервис**

Залы на 80 и 200 человек (флипчарт, проектор wi-fi, звук)



info@ruta-zatoka.com



+38 (098) 733-00-00



Отель расположен на 1й линии от моря. Территория утопает в зелени, украшена фонтанами и беседками.



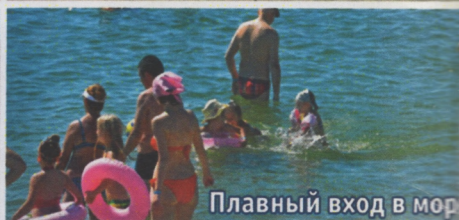
Ресторан-лаунж



Пляж отеля



Ресторан "Рута"



Плавный вход в море



Стандарт + кондиционер



Полулюкс



Обеденный зал



Зона шезлонгов



Коттедж



Люкс 2 комн.



Кафе "Лидия"



Банкетный зал на 250 персон



Бесконечные пляжи Затока