

# ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК

Читайте в номере:



Новые технологии получения защитных покрытий



Состояние производства научных исследований композиционным материалом и порошковой металлургии в Республике Беларусь



№  
январь - март  
2009

# ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 1 (42)  
январь – март  
2009

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

Учредитель — Белорусское общество инженеров-механиков

Главный редактор академик С.А. Астапчик

Редакционная коллегия: М.С. Высоцкий, М.А. Андреев, В.А. Ганжа, В.Н. Дашков, А.М. Захарик, А.Б. Зуев, В.Л. Колпащиков, Л.Н. Крупец, Д.И. Корольков, Г.С. Лягушев, Е.И. Медвецкий, М.Г. Мелешко, Чижик С.А.

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодинская, 4)

тел./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, дизайн Л.П. Ходарина, набор Е.А. Маковец.

Подписано в печать 15.04.2009.

Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 5. Уч.-изд. л. Тираж 475 экз. Заказ 97. Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»  
Лицензия ЛП № 02330/0133131 от 30.04.2004 г.  
220141, г. Минск, ул. Купревича, 10

## СОДЕРЖАНИЕ

### Разработки ученых и специалистов

Нанотехнологии: этапы развития . . . . .	2
Наноматериалы и нанодиагностика . . . . .	5
Полимеры и керамика, модифицированные фуллеренами . . . . .	10
Структура и триботехнические характеристики интенсивно деформированного сплава Zr-Nb, модифицированного ионами азота . . . . .	13
Чистовая обработка лепестковыми кругами . . . . .	17
Полирование хромированных поверхностей алмазной головкой . . . . .	20
Состояние производства и научных исследований по композиционным материалам и порошковой металлургии в Республике Беларусь . . . . .	22
Новые технологии получения защитных покрытий . . . . .	25
Остаточный ресурс грузоподъемных кранов с истекшим сроком службы как часть нормативного . . . . .	28

### Атомная энергетика

Перспективы развития атомной энергетики в Республике Беларусь . . . . .	33
---	----

### Что такое инновации

Что такое инновации и инновационная деятельность? . . . . .	35
---	----

### Патентуем сами

Патентуем сами . . . . .	36
--------------------------	----

### День Победы

Под крылом — Сталинград . . . . .	41
-----------------------------------	----

### Из истории авиации

Противостояние летающих монстров . . . . .	43
--	----

ОО «БОИМ» предлагает . . . . .	48
--------------------------------	----

# НАНОТЕХНОЛОГИИ: ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ

*В. Борисенко, проректор БГУИР, зав. кафедрой микро- и наноэлектроники,  
доктор физико-математических наук, профессор*  
*Н. Толочко, профессор кафедры технологии металлов БГАТУ,  
доктор физико-математических наук, профессор*

Интенсивные исследования в области нанотехнологий, активизировавшиеся на рубеже XX–XXI вв., стали двигателем происходящих ныне кардинальных изменений в промышленном производстве, привели к качественному скачку в развитии методов и средств обработки информации, получения электрической энергии, синтеза новых материалов на основе передовых научных подходов к познанию материи. Еще до наступления «нанозэры» люди сталкивались с наноразмерными объектами и протекающими на атомно-молекулярном уровне процессами, использовали их на практике. Например, на наноуровне происходят биохимические реакции между макромолекулами, из которых состоит все живое, катализ в химическом производстве, брожение, идущее при изготовлении вина, сыра, хлеба. Однако так называемая «интуитивная нанотехнология», которая первоначально развивалась стихийно, без надлежащего понимания природы происходящего, не могла быть надежным фундаментом в будущем. Поэтому все большую актуальность приобретают научные изыскания, расширяющие горизонты наномира и направленные на создание принципиально новых продуктов и ноу-хау.

Системные исследования наноразмерных объектов берут свое начало в XIX в., когда в 1856–1857 гг. английский физик Майкл Фарадей впервые изучил свойства коллоидных растворов нанодисперсного золота и тонких пленок на его основе. Интересно отметить пример своеобразного предвидения, сделанного в 1881 г. писателем Николаем Лесковым в повествовании о тульском мастере Левше, сумевшем подковать «аглицкую» блоху «наногвоздями», которые можно было разглядеть только в «мелкоскоп» с увеличением в 5 млн раз, что соответствует возможностям современной высокоразрешающей микроскопии (на это первым обратил внимание российский ученый, специалист в области наноматериаловедения Ростислав Андриевский).

В первой половине XX в. зародилась и получила развитие техника исследования нанообъектов. В 1928 г. предложена схема устройства оптического микроскопа ближнего поля. В 1932 г. впервые создан просвечивающий электронный, а в

1938 г. — сканирующий электронный микроскоп. Во второй половине XX в. начала формироваться принципиальная научная и технологическая база для получения и применения наноструктур и наноструктурированных материалов.

В 1959 г. американский физик, нобелевский лауреат Ричард Фейнман прочитал ставшую впоследствии знаменитой лекцию под названием «Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики», в которой впервые была рассмотрена возможность создания наноразмерных деталей и устройств совершенно новым способом — путем поштучной «атомарной» сборки. Ученый заявил: «Пока мы вынуждены пользоваться атомарными структурами, которые предлагает нам природа». И далее добавил: «Но в принципе физик мог бы синтезировать любое вещество по заданной химической формуле».

В 1972 г. создан оптический микроскоп ближнего поля. В 1981 г. ученые Герд Бинниг и Генрих Рорер, работавшие в то время в филиале IBM в Цюрихе, предложили конструкцию сканирующего туннельного микроскопа. Позже, в 1986 г., за работы по сканирующей туннельной микроскопии они были удостоены Нобелевской премии по физике. В этом же 1986 г. ими был разработан атомно-силовой микроскоп.

В 1974 г. японский ученый Норио Танигучи при обсуждении проблем обработки веществ ввел термин «нанотехнология». В 1981 г. американский ученый Г. Глейтер впервые использовал определение «нанокристаллический». Позже для характеристики материалов стали употреблять такие слова, как «наноструктурированный», «нанофазный», «нанокomпозиционный» и т.п.

В 1975 г. были теоретически рассмотрены принципиальные возможности существования особых видов наноразмерных объектов — квантовых точек и квантовых проволок.

В 1986 г. американский физик Эрик Дрекслер в своей книге «Машины созидания: пришествие эры нанотехнологии», основываясь на биологических моделях, ввел понятие о молекулярных роботах, а также развил предложенные Фейнманом идеи нанотехнологической стратегии «снизу вверх».

Мощным стимулом для активизации направления стало создание принципиально новых углеродных наноматериалов. Долгое время считалось, что существуют две единственные полиморфные модификации углерода — графит и алмаз. Однако, как оказалось, пределы полиморфных превращений данного элемента этим не ограничиваются, свидетельством чему являются весьма необычные по своей структуре и свойствам фуллерены и углеродные нанотрубки.

Впервые возможность существования фуллеренов была предсказана японскими учеными Эйджи Осавой и Зеншо Йошидой в 1970 г. Чуть позже, в 1973 г., российские исследователи Дмитрий Бочвар и Елена Гальперн сделали первые теоретические квантово-химические расчеты такой молекулы и доказали ее стабильность. В 1980-е гг. были получены результаты астрофизических исследований спектров некоторых звезд, указывающие на существование подобных комплексов. В 1985 г. фуллерены были впервые синтезированы. Это удалось сделать английскому ученому Гарольду Крото и американским Роберту Керлу и Ричарду Смолли, за что в 1996 г. они были удостоены Нобелевской премии. В ходе изучения масс-спектров паров графита, полученных в результате лазерного воздействия, ими были выявлены крупные агрегаты  $C_{60}$  и  $C_{70}$ , состоящие соответственно из 60 и 70 атомов углерода. В 1990 г. в Германии ученые В. Кретчмер и К. Фостирополус разработали технологию, позволившую получать фуллерены в достаточном количестве. Как выяснилось позже, такие комплексы существуют и в природе. Они были обнаружены в 1992 г. в природном углеродном минерале — шунгите (от названия поселка Шуньга в Карелии). Углеродные нанотрубки открыл в 1991 г. японский ученый Сумио Иджима. Фуллерены и углеродные нанотрубки с момента их обнаружения привлекли внимание многих исследователей необычностью своей структуры и свойств. В ходе последующих изысканий были выявлены различные производные этих образований, которые получались в результате взаимодействия фуллеренов и углеродных нанотрубок с другими веществами. Было также установлено, что структуры, подобные им, могут быть образованы атомами не только углерода, но и других элементов. В частности, в 1992 г. обнаружены фуллереноподобные наночастицы  $Ti_8C_{12}$ . В том же году были впервые синтезированы неуглеродные нанотрубки на основе  $MoS_2$  и  $WS_2$ .

О наличии глубоких корней, лежащих в основе нынешних нанотехнологических исследований,

свидетельствует история формирования одной из самых молодых областей химии — супрамолекулярной, открывающей широкие возможности для создания различных видов молекулярных наноструктур.

Термин «супрамолекулярная химия» введен французским химиком Жаном Мари Леном в 1978 г. Несколько ранее, в 1973 г., в его трудах появилось слово «супермолекула», которое было известно еще в середине 1930-х гг. и употреблялось для описания более высокого уровня организации, возникающего при образовании ряда сложных молекулярных соединений. Супермолекулы состоят из компонент, которые связываются друг с другом благодаря механизму молекулярного распознавания, предполагающему наличие между ними определенной комплементарности. На возможность его существования еще в 1906 г. указывал немецкий биохимик Пауль Эрлих, подчеркивая, что молекулы реагируют друг с другом строго селективно. Таких же взглядов придерживался немецкий химик-органик Эмиль Фишер, который в 1894 г. сформулировал принцип «ключ — замок», предполагающий, что в основе молекулярного распознавания лежит геометрическая комплементарность компонент, образующих супрамолекулярный ассоциат. Вещества, которые в настоящее время рассматривают как соединения включения, ранее наблюдали разные ученые: Аксель Кронстедт в 1756 г., Джозеф Пристли в 1778 г., Б. Пелетье и В. Карстен в 1785–1786 гг., Гемфри Дэви в 1823 г. Термин «клатрат» в его современном толковании введен Г. Пауэллом в 1947 г. Важный этап в становлении супрамолекулярной химии связан с открытием американским ученым Чарльзом Педерсеном в 1962 г. краун-эфиров — молекул плоской формы, обладающих полостью, способной включать в себя молекулы другого сорта. В 1967 г. Жан Мари Лен осуществил синтез аналогичных молекул с трехмерной полостью, названных криптандами. В начале 1980-х гг. американский ученый Дональд Крам сконструировал «молекулы-контейнеры» с предварительно организованной структурой — сферанды и кавитанды. За сравнительно короткий период нанотехнологии получили широкое распространение в самых различных областях человеческой деятельности. Примером тому является история развития биотехнологии. Этот термин был предложен в 1917 г. венгерским инженером Карлом Эреки для описания процесса выращивания свиней с использованием в качестве корма сахарной свеклы. Под биотехнологией он пони-

мал «все виды работ, при которых из сырьевых материалов с помощью живых организмов производятся те или иные продукты».

Хронология дальнейшего развития биотехнологии выглядит следующим образом: в 1943 г. освоен промышленный выпуск пенициллина; в 1944 г. обнаружен генетический материал — дезоксирибонуклеиновая кислота — ДНК, а в 1953-м — двойная спираль ДНК; 1966 г. — расшифрован генетический код; 1970 г. — выделена первая рестриктаза — фермент, способный расщеплять ДНК; в 1973 г. синтезирован полноразмерный ген т-РНК — транспортной рибонуклеиновой кислоты; в 1975 г. разработана технология рекомбинантных ДНК, а в 1976 г. — методы определения нуклеотидной последовательности ДНК. Последующие годы ознаменовались развертыванием широкого фронта исследований в области генной инженерии, которые привели в 1990 г. к началу работ над проектом «Геном человека». В 1997 г. из дифференцированной соматической клетки было впервые клонировано млекопитающее. Все это — яркий пример возможностей нанотехнологий применительно к биологическим объектам.

Другим примером приложения нанотехнологий, но уже к «неживым» предметам, является история разработки идеи квантовых компьютеров. В 1985 г. профессор Оксфордского университета Дэвид Дойч предложил математическую модель квантово-механического варианта машины Тьюринга. В 1994 г. П. Шор (фирма AT&T Bell) показал, что такая машина может получить практическое воплощение. В частности, она оказалась эффективной в решении задач о разложении на множители больших чисел. В настоящее время алгоритм, предложенный Шором, широко применяется при создании различных типов квантовых компьютеров. В 1998 г. М. Такэути (фирма «Мицубиси Дэнки») провел принципиальные эксперименты по квантовым вычислительным системам с использованием фотонов. В 1999 г. Н. Накамура (фирма NEC) успешно изучил возможности практической работы квантового компьютера.

Нынешний период в развитии нанотехнологий характеризуется активизацией исследований и разработок в данной области, вложением в них существенных инвестиций. Особенно ярко эти тенденции проявляются в ведущих промышленных странах мира. США в данном направлении занимают лидирующие позиции. В 2001 г. была утверждена Национальная нанотехнологическая инициатива (НИИ), основная идея которой была сформулирована следующим образом: «Нацио-

нальная нанотехнологическая инициатива определяет стратегию взаимодействия различных федеральных ведомств США с целью обеспечения приоритетного развития нанотехнологий, которая должна стать основой экономики и национальной безопасности США в первой половине XXI в.».

В 1996-1998 гг., до принятия НИИ, специальный комитет американского Центра оценки мирового состояния технологий осуществлял мониторинг и анализ развития нанотехнологии во всех странах и выпускал для научных, технических и административных специалистов США обзорные информационные бюллетени об основных тенденциях и достижениях. В 1999 г. состоялось заседание Межотраслевой группы по нанонауке, нанотехнике и нанотехнологиям (IWGN), результатом которого стала разработка прогноза исследований на ближайшие 10 лет. В том же году выводы и рекомендации IWGN были поддержаны Национальным советом по науке и технике при президенте США, после чего в 2000 г. было официально объявлено о принятии НИИ.

В преамбуле к документу тогдашний президент США Билл Клинтон заявил: «Я выделяю 500 млн долл. в текущем финансовом году на государственную нанотехнологическую инициативу, которая позволит нам в будущем создавать новые материалы (превосходящие по характеристикам существующие в тысячи раз), записать всю информацию Библиотеки Конгресса на крошечном устройстве, диагностировать раковые заболевания при появлении нескольких пораженных клеток и добиться других поразительных результатов. Предлагаемая инициатива рассчитана по крайней мере на 20 лет и обещает привести к важным практическим результатам».

Япония, как и США, уделяет нанотехнологиям большое внимание. В 2000 г. японская экономическая ассоциация «Кэйданрэн» организовала специальный отдел по нанотехнологиям при промышленно-техническом комитете, а в 2001 г. был разработан общий план развития нанотехнологических исследований. Его основные положения сводились к следующему: определить в качестве основных направлений «прорыва» в нанонауке информационные технологии, биотехнологии, энергетику, экологию и материаловедение; обеспечить приток крупных капиталовложений в отрасли производства, основанные на нанотехнологиях; энергично развивать исследования в указанных направлениях и внедрять их результаты в производство таким образом, чтобы они стали «флагманами» грядущей нанотехнологической революции;

разработать национальную стратегию развития нанотехнологии, организовать эффективное сотрудничество промышленных, государственных и научных ведомств и организаций в данной сфере.

Страны Западной Европы начали проводить работы в области нанотехнологии в рамках соответствующих национальных программ. В ФРГ нанотехнологические изыскания поддерживаются в основном Министерством образования, науки, исследований и технологий. В Англии руководство этим направлением осуществляет Совет по физико-техническим исследованиям, а также Национальная физическая лаборатория. Во Франции стратегию развития нанотехнологии определяет Национальный центр научных исследований.

Все больше внимания нанотехнологиям уделяется в Китае, Южной Корее, ряде других государств. Нанотехнологические изыскания начали осуществляться и в странах СНГ, в частности в России и Украине, как правило, в ходе проведения государственных научных программ. В Беларуси подобные работы идут в рамках ГКПНИ «Наноматериалы и нанотехнологии», принятой на 2006–2010 гг. Она является продолжением предыдущей государственной программы ориентированных фундаментальных исследований с таким же названием, которая выполнялась в 2003–2005 гг.

Сегодня трудно предвидеть все социальные последствия внедрения нанотехнологии, так же как в середине XX в. трудно было предсказать, что повлекут за собой разработки в области электроники и информатики. Предполагается, что в ближайшие годы бюджетные ассигнования ведущих индустриальных стран на изыскания в области нанотехнологии существенно возрастут. При этом намеченные исследования будут нацелены на решение ряда конкретных задач: создание сверхминиатюрных запоминающих устройств с мультитерабитовым объемом памяти; повышение быстродействия компьютеров в миллион раз;

создание сверхпрочных материалов и на их основе — новых транспортных средств; выпуск генетических и медицинских препаратов для диагностики и лечения раковых заболеваний, СПИДа; разработка новых материалов и процессов для защиты окружающей среды и др.

О большом внимании, которое уделяет мировая научная общественность проблемам развития нанотехнологии, свидетельствует присуждение в 2007 г. Нобелевской премии по физике за открытие и исследование одного из необычных явлений наномира — эффекта гигантского магнетосопротивления (ГМС). Премии удостоены француз Альберт Ферт и немец Петер Грюнберг, независимо друг от друга открывшие эффект ГМС в 1988 г. Магнетосопротивление — это изменение электрического сопротивления проводника, вызванное действием внешнего магнитного поля. ГМС, в отличие от классического магнетосопротивления, проявляется в существенно более резком возрастании электросопротивления во внешнем магнитном поле (на десятки процентов). Физический механизм ГМС базируется на зонной теории твердого тела, в частности на спинзависимых транспортных явлениях. Эффект наблюдается в магнитных нанопленках и нанопроволоках, которые благодаря ему можно использовать для создания высокочувствительных датчиков магнитного поля, способных реагировать на ничтожно малое его изменение. Их применение существенно изменяет промышленное производство устройств магнитной записи на жесткие диски и другие магнитные носители информации.

Приведенные факты свидетельствуют, что человечество вступило в эру активного освоения нанотехнологии. Уже достигнутые результаты впечатляют, а впереди еще более интригующие перспективы.

*Ж-л «Наука и инновации» №12 (70) 2008*

## **НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОДИАГНОСТИКА. Некоторые результаты исследований в 2008 году**

**С.А. Чижик**

*Президиум Национальной академии наук Беларуси*

Разработки в области нанотехнологий, возможно, определяют развитие человечества уже на ближайшее будущее. Высокоразвитыми странами осознана ключевая роль нанотехнологий в разви-

тии экономики, что привело к разработке широкомасштабных программ с государственной поддержкой. Исследования в области нанотехнологий носят междисциплинарный научный характер

и используют знания, накопленные в физике, химии, биологии. Результаты, полученные при разработке нанотехнологий, являются универсальными и могут быть применены в различных отраслях науки и техники: машиностроение, материаловедение, электроника, оптика медицина, оборона и др. Разработки в области нанотехнологий способствуют повышению общего технологического уровня промышленности.

В Республике Беларусь исследования в области наноматериалов проводятся в рамках Государственной программы фундаментальных исследований «Наноматериалы и нанотехнологий» (2003–2010 гг.). В выполнении заданий программы участвуют десятки научных учреждений Национальной академии наук Беларуси (НАН Беларуси).

### **Наноструктурные материалы**

Основными исследованиями в области наноструктурных материалов являются: исследования и диагностика материалов, сред и систем с низкомерным структурированием; синтез, изучение структуры, физико-химических, электрофизических и магнитных свойств наноструктурированных материалов различного назначения; развитие методов и технологических основ создания и разработки новых углеродных, сверхтвердых, тугоплавких, магнитных, композиционных наноматериалов в виде керамических, полимерных, слоистых и пленочных структур и изделий на их основе, создание новых адсорбентов, катализаторов, ионо-обменников, эмульсий, имплантатов, фильтров, мембран, сенсоров; разработка и исследование устройств и систем нанoeлектроники на основе наноструктурированных кремния и оксида алюминия, а также органических и неорганических молекул (Институт физики твердого тела и полупроводников, Институт физико-органической химии, Институт механики металлополимерных систем).

Важными задачами для институтов материаловедческой направленности являются исследования фундаментальных закономерностей формирования наночастиц и нанотрубок, фуллеренов и процессов структурообразования пленочных, слоистых, объемных наноматериалов различного класса в условиях высокоэнергетических воздействий — дугового разряда, лазерного излучения, высоких динамических и статических давлений, механического легирования, а также полученных путем электрохимического осаждения, плазмохимического и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза; закономерностей работы наноприборов и систем, созданных на основе наноструктурирован-

ных кремния и оксида алюминия, а также органических и неорганических молекул.

Исследования в области наноструктурных материалов на базе нанопорошков проводятся в Институте порошковой металлургии ПАН Беларуси. Разработки Института включают:

- получение нанопорошков для композиционных материалов золь-гель технологией, высокоэнергетическим диспергированием,

- самораспространяющимся высокотемпературным синтезом с механоактивацией;

- консолидация и спекание композиционных наноматериалов в условиях импульсного воздействия, самораспространяющимся высокотемпературным синтезом;

- получение композиционных наноматериалов с анизотропной структурой, в т. ч. керамических многослойных мембран для стерилизации и ультрафиолетовой очистки биологических сред, растворов медпрепаратов, катализаторов;

- изучение и сертификация свойств нанопорошков (грансостав, удельная поверхность, пикнометрическая плотность и т. п.), структуры и свойств композиционных наноматериалов;

- разработка процессов напыления нанопорошков;

- изучение свойств и технологии получения трехмерных фотонных кристаллов на основе монодисперсных керамических порошков.

Разработаны и успешно внедряются: технология получения наноструктурированного порошка гидроксида алюминия, используемого для изготовления корундовой керамики и нанокристаллической композиционной фольги, технология изготовления нейтрализатора отработавших газов, технология структурирования материалов введением наночастиц при ударно-волновом нагружении, технология изготовления ячеистых катализаторов, технология восстановления деталей газотермическим напылением с использованием ультрадисперсных алмазов, технологии компактирования нанопорошков статическим прессованием, в том числе при высокой температуре (1300-1500 °С) и давлении (4 ГПа), импульсным (гидродинамическим) прессованием, динамическим прессованием.

Проведенные институтом исследования стали основой для изготовления опытных изделий из нанопорошков керамических фильтрующих материалов с градиентной иерархической макро-, микро- нанопористой структурой, трехмерных нанопористых периодических структур (фотонные кристаллы), керамических мембранных фильтров

с прямолинейными поровыми каналами для обессоливания воды и ультрафильтрации жидкостей.

Большой объем исследований проводится по разработке методов и оборудования для получения углеродных нанотрубок, в том числе в промышленных объемах (Институт тепло- и массообмена НАН Беларуси, НМТИ). Ведется активный поиск путей их использования в новых и традиционных материалах (резины, краски, бетоны и др.), создания на базе единичных нанотрубок зондовых манипуляторов для атомно-силовых микроскопов.

#### Мономолекулярные пленки

В Институте химии новых материалов НАН Беларуси разрабатываются методы и устройства для формирования тонкопленочных покрытий с начальными мономолекулярными толщинами от 1 нм и выше. В частности, разработан метод модификации поверхности ультратонкими пленками за счет горизонтального осаждения монослоев органических и металлорганических соединений с водной поверхности на твердую подложку. Совместно с учеными Института тепло- и массообмена НАН Беларуси и специалистами ОДО «Микротестмашины» создана полностью автоматизированная экспериментальная установка, по существу — нанофабрика (рис. 1), которая позволяет формировать мультимолекулярные слои и пленки управляя процессами самоорганизации вещества, совмещая перенос его на подложку как из раствора, и так и по технологии Ленгмюр-Блоджетт (ЛБ). Установка (ЛБ ванна) позволяет формировать пленки традиционным вертикальным методом ЛБ и методом горизонтального осаждения (ГО).

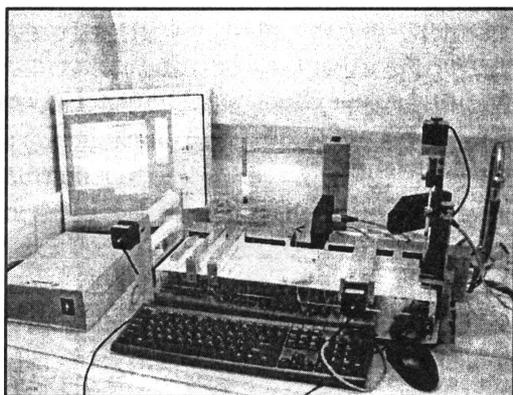


Рис. 1. Экспериментальный комплекс для модификации поверхности на нанометровом уровне за счет процессов самоорганизации вещества из раствора и по технологии Ленгмюр-Блоджетт

Экспериментальный комплекс для формирования на твердой поверхности моно- и мультимолекулярных композиционных покрытий различного

функционального назначения позволяет модифицировать поверхность изменяя ее свойства (степень гидрофильности, оптические, электрические и т.д.), создавать изолирующие и проводящие ультратонкие пленки, туннельные диэлектрики, пассивирующие и защитные покрытия, элементы молекулярной электроники как на твердой поверхности, так и на гибкой полимерной основе. Комплекс построен по модульному принципу и помимо ванны ЛБ, оснащенной датчиками поверхностного натяжения и дозаторами, содержит модуль послойного осаждения. В автоматическом режиме возможно погружение на заданное время (и извлечение) подложки с заданной скоростью и выбором любой из 20 рабочих емкостей с различными веществами в жидком состоянии. Реализовано объединение методов выделения, когда после обработки подложки в растворе, возможно последующее выделение пленки методом ЛБ с различным чередованием слоев. Модуль ванны ЛБ вращающимся барьером и лентопротяжным механизмом, что позволяет выделять слои амфифильных полимеров и блоксополимеров на гибкую полимерную основу.

В представленной установке реализованы основные способы формирования мономолекулярных покрытий, используя поверхностно-активные вещества, полиэлектролиты на основе водорастворимых полимеров, бифункциональные тиолы и т.д. В том числе возможно проведение работ, связанных с иммобилизацией биомолекул на твердой поверхности, разработка подходов формирования композиционных структур с заданными свойствами (износоустойчивость, проводимость, намагниченность) и функциями (запись информации, магнитная сепарация и т.д.) для применения в медицине (биосенсоры, биомаркеры, микрокапсулы), трибологии (защитные покрытия). На базе представленного экспериментального комплекса (рис. 1) можно выполнять молекулярную печать на гибкой полимерной подложке большой протяженности. Накопленный опыт и разработанные установки можно использовать при создании новых нанослоистых покрытий и устройств — нанобиосенсоров, биомаркеров, тонкопористых материалов, биосовместимых покрытий, биокапсул и т.д.

#### Методы нанодиагностики на основе сканирующих зондовых микроскопов

Диагностика (нанодиагностика) структур и физико-механических свойств объектов, создаваемых с помощью нанотехнологий, является обязательным условием для их успешного развития.

Проектирование микро- и наноэлектромеханических систем (МЭМС и НЭМС), создание материаловедческих наноструктур требует оценки локальных механических свойств тонких пленок и материалов в нанобъемах. Поведение материалов в сверхмалых объемах (наноразмерные кластеры, тонкие нанопокрyтия, нонокомпозиты) существенно отличается от привычного поведения конструкционных материалов в макрообъемах. Значительными возможностями в области нанодиагностики обладает метод сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Возможности метода СЗМ, сочетают визуализацию топографии и структуры, а также манипуляции нанообъектами с помощью механического микрозонда с приложением слабых и сильных разрушающих воздействий, и до конца еще не исчерпаны.

В Институте тепло- и массообмена НАН Беларуси предложены новые решения в области оборудования и новые методологические подходы СЗМ анализа наноструктурных материалов и биологических объектов (клетки, ткани). Наряду с первичными для СЗМ изображениями топографии практически все модели современных сканирующих зондовых микроскопов позволяют получить дополнительно изображения контрастов на том же исследуемом участке. В зависимости от используемого режима сканирования это различные карты поверхности. Например, изображение латеральных сил для контактного режима, изображение сдвига фазы для полуконтактного динамического режима, изображение магнитных сил в магнито-силовом микроскопе и др. Оцифровка изображений, отражающих микромеханическую неоднородность поверхности возможна с помощью дополнительных измерений, которые позволяют выполнить количественные оценки в областях с различными свойствами.

Традиционно в Республике Беларусь активно развиваются методики зондовой микроскопии, направленные на характеризацию локальных упругих, адгезионных и фрикционных свойств наноструктурированных материалов. Такими являются измерения зависимости силы взаимодействия острия зонда с поверхностью образца от расстояния между ними (статическая силовая микроскопия) с последующей оценкой. Следующим этапом оценок является теоретическая интерпретация полученных изменений силы от расстояния и последующий расчет модуля упругости.

Важными являются исследования, реализующие разрушающие воздействия на образец в процессе сканирования. Разрушающие воздействия

острием зонда АСМ могут быть использованы при оценке твердости и износостойкости материалов в поверхностных слоях. В этих случаях твердых материалов обычно используется алмазное острие. При испытаниях на износостойкость оценивается толщина снимаемого материала при сканировании образца в зависимости от приложенной к зонду разрушающей нагрузки (рис. 2 а). Процесс наносверления заключается во вращательном движении наноиндентора с одновременной регистрацией латеральной силы действующей на острие. Радиус вращения можно регулировать, уменьшая вплоть до десятков нанометров с приближением площади перекрытия площадки контакта индентора и зоны трения на образце к полной. Метод позволяет изучать явления локального изменения материала в результате трибохимических реакций на пятнах контакта. На примере (рис. 2б) показан эффект локального окисления кремния под органическим мономолекулярным слоем при вращении острия по радиусу 100 нм.

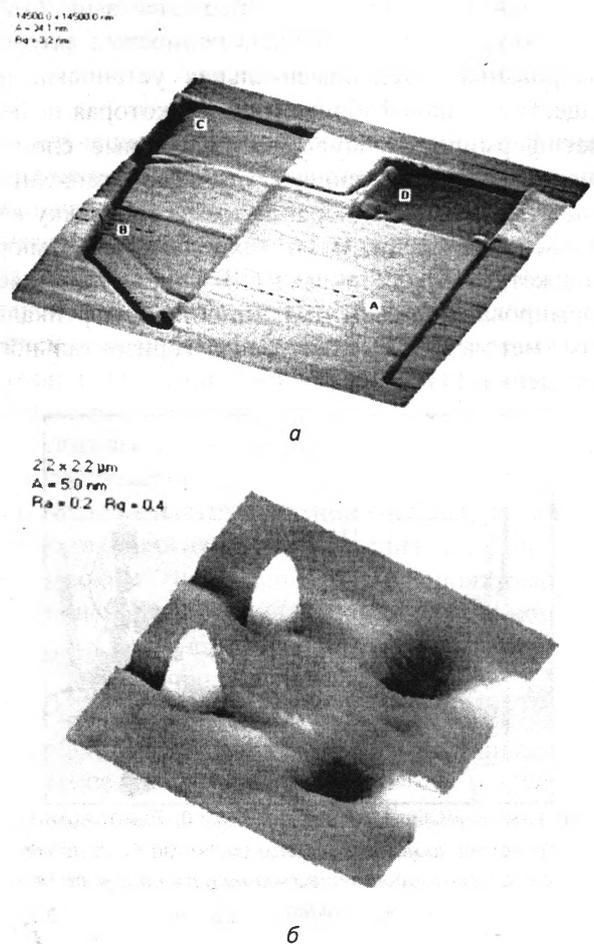


Рис. 2. Результаты АСМ испытаний материалов с помощью процедур наносверления (а) и наносверления (б)

Современные тенденции к совершенствованию методов контроля в нанометровом масштабе требуют адаптации СЗМ оборудования в зависимости от

ских АСМ зондов единичной нанотрубкой (рис. 3), включая моделирование их процессов их контактирования с образцом численными методами

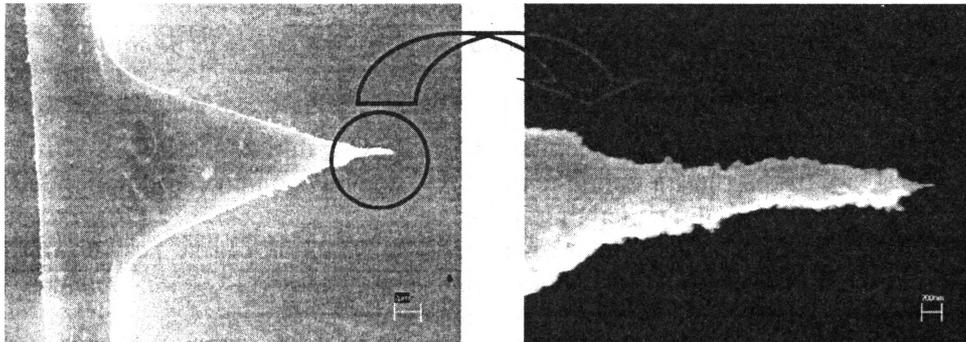


Рис. 3. Зонд АСМ модифицированный единичной углеродной нанотрубкой

от областей приложения. НПО «Планар» совместно с ИТМО НАН Беларуси разрабатывается диагностический комплекс, совмещающий самые передовые методики оптической микроскопии и функции сканирующей зондовой микроскопии для потребностей субмикронной электронной электроники. Комплекс позволит работать с кремниевыми пластинами диаметром 200 мм и будет включать их автоматический загрузчик.

Для работы с биологическими объектами ИТМО НАН Беларуси совместно с НПРУП «ЛЭМТ» и ОДО «Микротестмашины» путем модифицирования АСМ НТ-206 был создан экспериментальный комплекс с функциями сканирующей зондовой и оптической микроскопии. Входящая в его комплектацию специализированная оптическая система дает возможность визуализировать биологические клетки, осуществлять их выбор для анализа и позиционирование зонда в микромасштабе (увеличение более  $\times 500$ ), включая работу в жидкостной ячейке.

В кооперации ИФ и ИТМО НАН Беларуси разрабатывается первый отечественный сканирующий ближнеполевой оптический микроскоп. В процессе разработки была создана модификация АСМ НТ-206, реализующая режим «shear force» сканирования, обеспечивающая достаточно высокое пространственное разрешение и упрощающая конструкцию.

Совершенствование СЗМ зондов включает модифицирование кремниевых острий коммерче-

молекулярной динамики. Кроме того, проводятся работы по созданию острых зондов на базе природных и синтетических алмазов. Работы по созданию зондов АСМ с использованием планарных технологий успешно проводятся в кооперации НПО «Интеграл» и БГУИР.

Использование СЗМ в процедурах контроля промышленных изделий, например в субмикронной электронике, требуют разработки стандартов нанометрологии. В настоящее время в БелГИМ выполняется задание на эту тему в ГНТП «Эталоны и научные приборы».

#### Заключение

Современные задачи по инновационному развитию страны требуют более активного перехода от стадии фундаментальных исследований к научно-техническим разработкам по созданию нанотехнологий, новых наноструктурированных материалов приборов и оборудования для нанодиагностики и nanoиндустрии, практического их использования и освоения новых материалов и изделий в производстве. В 2009 году стартует первая из научно-технических программ в области нанотехнологий, планируемых в рамках Союзного государства Беларуси и России. Она будет направлена на разработку нанотехнологий и наноматериалов для совершенствования космической техники. Одним из основных требований по включению проектов в программу будет освоение результатов в производстве.

# ПОЛИМЕРЫ И КЕРАМИКА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФУЛЛЕРЕНАМИ

Э.М. Шпилевский

Институт тепло- и массообмена им. А.А. Лыкова НАН Беларуси

## Введение

Фуллерены являются уникальными углеродными наночастицами. С их открытием в конце прошлого века материаловеды получили принципиально новые инструменты для конструирования материалов и структур и управления их свойствами. За короткое время появились тысячи публикаций как по методам синтеза фуллеренов, так и их использованию в разработке новых материалов [1, 2].

Фуллерены получали на разработанном с участием автора технологическом комплексе, базирующемся на использовании в качестве сырья спектрально чистого графита и принципе электродугового разряда [3]. Изготавливались и исследовались структуры: фуллерита  $C_{60}$ ,  $Al_2O_3-C_{60}$ , полиэтилен высокого давления (ПЭВД)- $C_{60}$ . Пленки с различной концентрацией фуллеренов, осажденные в вакууме (или высаженные из раствора) на подложку из монокристаллического или окисленного кремния, стекла, титана, поваренной соли, исследовались методами рентгенографии, растровой электронной и атомно-силовой микроскопии, а так же механических и триботехнических испытаний.

## Фуллерены и фуллериты

Большое число разнообразных соединений углерода обусловлено способностью атомов углерода изменять состояния своих внешних электронов. Четыре внешних электрона углерода не одинаковы — они соответствуют различным орбиталям; два электрона не спарены. В связанном (валентном) состоянии один из электронов  $2s$  переходит на  $p$ -орбиталь (для этого понадобится около 96 ккал/моль) так, что состояние атома может быть выражено:  $1s^2 2s^1 2p^3$ . В результате получим атом с тремя  $2p$  и одним  $2s$ -электронами. Возможны несколько типов гибридизации:  $sp$ ,  $sp^2$  и  $sp^3$ . При гибридизации типа  $sp$  смешиваются атомные орбитали  $s$  и  $p$ .

Тип гибридизации внешних электронов определяет структурную форму аллотропного соединения углерода. Для получения той или другой аллотропной формы углерода важно создать соответствующие состояния валентных электронов.

Известны [1] несколько типов фуллеренов  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{80}$ ,  $C_{84}$ , при конденсации которых формируются полупроводниковые кристаллы с разными кристаллографическими решетками. Представленные в данной статье результаты получены на пленках фуллерита  $C_{60}$  или пленках веществ, содержащих фуллерены  $C_{60}$ .

Установлена способность фуллерита  $C_{60}$  полимеризоваться при повышенных температурах и давлениях, а также при воздействии излучений. Показано, что механические свойства фуллерита  $C_{60}$  нелинейно зависят от температуры, нанотвердость фуллеритовой пленки, осажденной на неподогреваемую подложку из окисленного кремния, составляет 0,8 ГПа.

Полученные в вакууме пленки фуллерита  $C_{60}$  имели поликристаллическую структуру с характерным размером зёрен 80–100 нм. На рис. 1 приведена структура поверхности пленки фуллерита  $C_{60}$ , сформированной на кремнии при 160 °С.

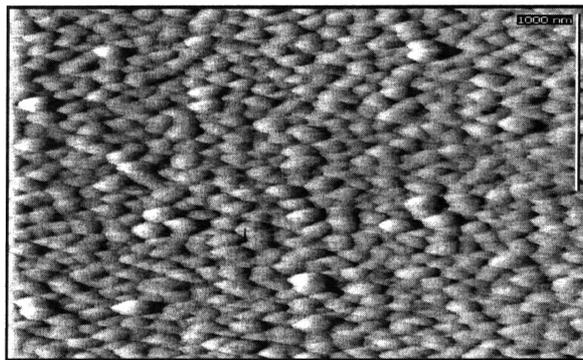


Рис. 1. АСМ-изображение поверхности пленки фуллерита  $C_{60}$ , сформированной на кремнии при 160 °С

## Фуллерены в полимерах

Полученные в последние годы фуллеренсодержащие полимеры можно разделить условно на четыре типа: звёздообразные (у таких полимеров молекула фуллерена выполняет роль ядра, к которому присоединены линейные цепочки матрицы); «жемчужное ожерелье» (такие полимеры содержат молекулы фуллерена в основной цепи); «браслет с подвесками» (такие полимеры содержат молекулы фуллерена в боковых заместителях и являются, разновидностью гребнеобразных полимеров); «нерегулярная сетка» (в таких полиме-

рах содержащие молекулы фуллера цепочки замкнуты). Физико-механические свойства композитов, сформированных из растворов, определяли на разрывной машине «Инстрон» при скорости движения подвижных захватов 60 мм/мин. Деформационно-прочностные характеристики наполненных полимеров приведены в табл. 1 и 2.

Изменением состава композиционного мате-

способность сами структурироваться в полимерной матрице.

**Фуллерены в керамиках.** Модифицирование керамик фуллеренами приводит к увеличению износостойкости и снижению коэффициента трения. Кроме того, происходит коренное изменение характера изнашивания: увеличивается несущая способность более чем в четыре раза, износ по-

Таблица 1

Физико-механические свойства композита ПЭВД+С<sub>60</sub>

Массовая доля С <sub>60</sub> , %	Предел упругости при растяжении, $\sigma_v$ , МПа	Прочность при разрыве, $\sigma_p$ , МПа	Относительное удлинение при пределе упругости, $\epsilon_v$ , %	Модуль упругости, Е, МПа
0,0	5,2	8,8	4,1	131
0,01	7,4	10,1	5,0	147
0,05	6,6	10,6	4,1	166
0,1	5,2	9,0	3,6	147
0,25	6,0	9,4	5,6	113

Таблица 2

Значения коэффициентов трения ПЭВД, модифицированного различными методами (нагрузка — 13 кПа, путь трения — 120–130 м)

Метод модифицирования и наполнитель	Время процесса, ч	Коэффициент трения	
		без отжига	с отжигом
Исходный ПЭВД	-	0,66	0,55
Пропитка (Ф)	0,5	0,55	0,44
	1	0,42	0,40
	24	0,57	0,44
Электролитическое осаждение (УНТ)	0,25	0,59	0,53

риала на основе полимера и углеродных наночастиц можно управлять его свойствами. При этом все получаемые материалы имеют низкую плотность и повышенную температурную устойчивость. Допирование полимерного материала фуллеренами и фуллереноподобными частицами приводит к значительному повышению прочности материала, снижению коэффициента трения, изменению упругих характеристик и других свойств материала. Свойства полимеров в большой степени зависят от долевого содержания фуллеренов. В области невысоких концентраций взаимодействие поверхности фуллеренов с полимерными молекулами происходит повышение эффективной плотности полимера. Связи макромолекул с поверхностью частиц можно рассматривать как дополнительные узлы пространственной структуры.

Наполнитель влияет на условия надмолекулярного структурообразования матрицы, изменяя состояние полимера на поверхности наполнителя. Кроме того, фуллереновые кластеры проявляют

крытий уменьшается многократно [4].

В настоящей работе исследовались триботехнические характеристики оксидокерамики Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с различной массовой долей введенных в поверхностный слой фуллеренов С<sub>60</sub>. На рис. 2 приведены зависимости износа стали 65 Г от пути трения по оксидокерамике с различной концентрацией в ней фуллеренов.

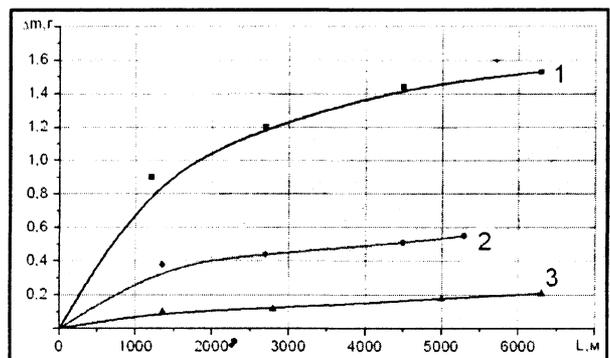


Рис. 2. Зависимость износа стали 65 Г от пути трения по оксидокерамике с различной концентрацией в ней фуллеренов: 1 — без наполнения фуллереном С<sub>60</sub>, 2 — 0,45 мг/см<sup>2</sup>, 3 — 0,15 мг/см<sup>2</sup>

В нашем случае введение фуллеренов в керамику с концентрацией  $0,15 \text{ мг/см}^2$  сопровождается уменьшением коэффициента трения в 1,5 раза, износа стали — в 8 раз и существенной интенсификацией стадии приработки.

Повышение концентрации фуллеренов до  $0,45 \text{ мг/см}^2$  приводит к дальнейшему снижению коэффициента трения (до 2 раз), более интенсивному выглаживанию контактирующих поверхностей. При этом менее выражен эффект повышения износостойкости стали (в 3 раза).

Рисунок 3 иллюстрирует виды микроструктуры поверхностей пар трения покрытие–сталь для немодифицированных и модифицированных  $C_{60}$  оксидокерамических покрытий.

включающих  $C_{60}$ , объясняется формированием на поверхности покрытия тонкой плёнки с дисперсной структурой, которая предотвращает перенос материала контртела на испытываемую поверхность [5].

Таким образом, полученные данные показывают, что фуллерены  $C_{60}$ , включенные в керамику, приводят к значительному повышению ее триботехнических характеристик. При этом воздействие этих углеродных наночастиц на коэффициент трения трибопары и изнашивание определяется концентрацией фуллеренов в керамической матрице.

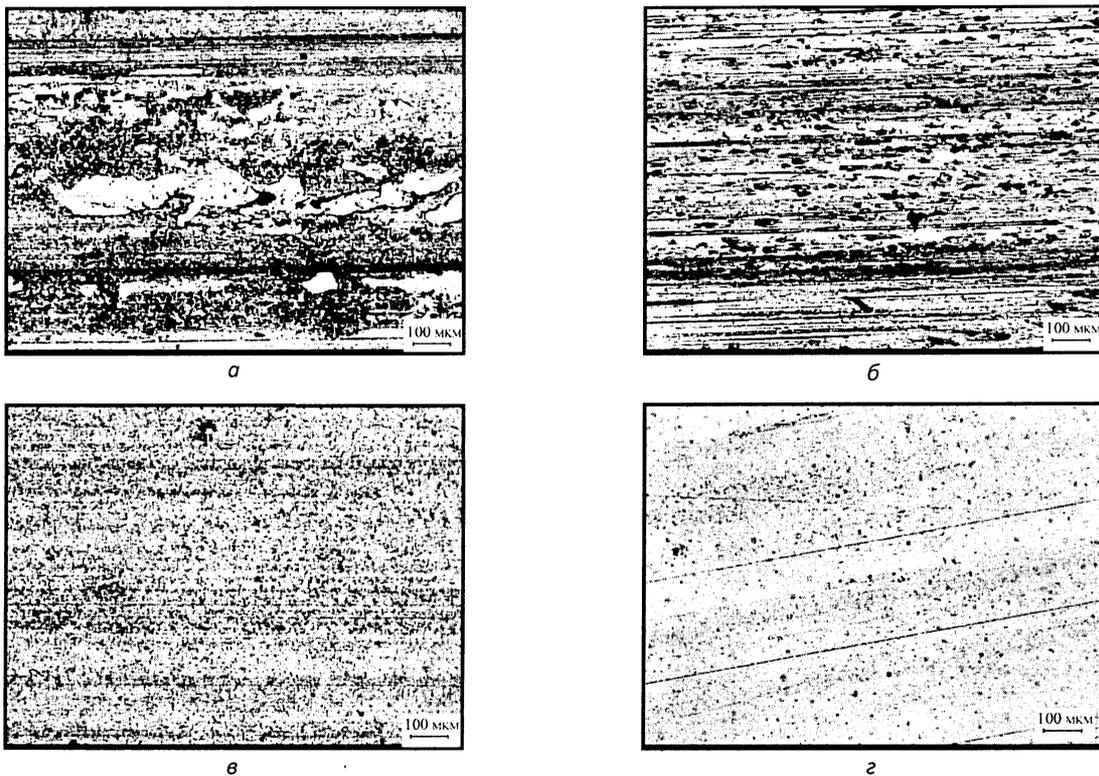


Рис. 3. Микроструктура поверхностей пар трения покрытие–сталь: а — немодифицированное покрытие; в — покрытие, модифицированное  $C_{60}$ ; б, г — контртела из стали

При включении в оксидокерамику фуллеренов наблюдается значительное снижение износа стали (примерно в 8 раз при концентрации  $C_{60}$   $0,15 \text{ мг/см}^2$  и в 3 раза — для  $0,45 \text{ мг/см}^2$ ). При этом среднее значение интенсивности изнашивания на установившейся стадии в первом случае составляет  $I=2,0 \cdot 10^{-5}$ , во втором —  $3,7 \cdot 10^{-5} \text{ мг/м}$ . Следует при этом заметить, что при исследованных режимах испытаний износ оксидокерамики не зарегистрирован.

Улучшение триботехнических свойств керамик,

### Заключение

Фуллерены при их введении в матрицы различных веществ вызывают их существенные изменения структуры и свойств. Во многих случаях фуллерены выступают не только как компоненты композиционных материалов, но и как реагенты химических реакций в получении новых веществ. Спектр применения фуллеренсодержащих материалов широк — это уникальные покрытия, оптоэлектронные устройства, биомедицинские изделия (эндопротезы, контейнеры для адресной дос-

тавки лекарственных препаратов в организме, молекулярные фильтры, мембраны, лекарственные препараты). Однако массового применения фуллеренов и материалов на их основе в изделиях новой техники пока не наблюдается. Промышленность не готова к внедрению изделий, содержащих УНЧ, так как эти материалы дороги, не сертифицированы а отсутствие спроса со стороны промышленности сдерживает разработки про-

мышленных методов производства. К настоящему времени всё же определился ряд направлений, в которых содержащие фуллерены материалы уже сегодня могут выдерживать конкуренцию не только по качеству, а и по стоимости. Это активные элементы сенсоров, устройства нанoeлектроники, нано- и микромеханики (и электромеханики), покрытия (в том числе, биомедицинского назначения).

#### Литература

1. Трефилов В. И., Щур Д. В., Тарасов Б. П. и др. Фуллерены — основа материалов будущего. Киев: АДЕФ, 2001. — 148 с.
2. Сидоров Л.Н., Юровская М.А. Фуллерены. М.: МГУ, 2004. — 688 с.
3. Дрозд А.С., Матюшков В.Е., Стельмах В.Ф., Шпилевский Э.М. Дуговая установка для производства фуллереносодержащего продукта // Фуллерены и фуллереносодержащие материалы: Сб. науч. тр.— Минск: УП «Технопринт», 2001. — С. 143–149.
4. Углеродные наноструктуры. Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси. 2006. 381 с
5. Витязь П.А., Шпилевский Э.М., Комарова В.И., Комаров А.И., Жорник В.И. Структура и трибологические свойства модифицированной фуллеренами оксидокерамики. // Фуллерены и фуллереноподобные структуры. Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2005. — С 15–21.

## СТРУКТУРА И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕНСИВНО ДЕФОРМИРОВАННОГО СПЛАВА Zr-Nb, МОДИФИЦИРОВАННОГО ИОНАМИ АЗОТА

Белый А.В.<sup>1</sup>, Кононов А.Г.<sup>2</sup>, Кукареко В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Физико-технический институт НАН Беларуси

<sup>2</sup> Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

#### Введение

В настоящее время благодаря высокой коррозионной стойкости и биосовместимости с тканями живых организмов сплавы на основе циркония рассматриваются в качестве перспективных материалов для медицинских имплантатов. Тем не менее, проблема повышения прочностных и триботехнических свойств циркониевых сплавов при сохранении ими биологической инертности и коррозионной стойкости весьма актуальна. Эффективным способом повышения прочностных характеристик металлических материалов является их интенсивное пластическое деформирование методом равноканального углового прессования (РКУП) [1, 2]. Одной из перспективных технологий повышения триботехнических и антикоррозионных характеристик металлических материалов является ионно-лучевое азотирование [3].

Целью данной работы являлось изучение струк-

турно-фазового состояния и триботехнических свойств сплава Zr-Nb, подвергнутого комбинированной обработке, включающей пластическое деформирование методом РКУП и ионно-лучевому азотированию при различных режимах.

#### Методика эксперимента

В качестве материала для исследования выбран сплав Zr-2,5%Nb (Zr-97,25; Nb-2,7; Fe-0,05 вес). Интенсивное пластическое деформирование проводилось методом РКУП по технологии, разработанной в Физико-техническом институте НАН Беларуси. Число проходов РКУП деформации равнялось 4. Степень накопленной логарифмической деформации сплава Zr-Nb после РКУП составляла  $e=2,1$ .

Ионно-лучевая обработка азотом проводилась в ФТИ НАН Беларуси на установке УВН-2М, оснащенной источником с замкнутым дрейфом электронов [4]. Имплантация проводилась при

энергии ионов 3 кэВ и плотности ионного тока 2 мА/см<sup>2</sup> в течение трех часов при температурах 670–870 К.

Микротвердость измерялась на приборе ПМТ–3 при нагрузке 0,49 Н. Относительная погрешность измерений микротвердости не превышала 10%.

Исследование фазового состава исследуемого материала после различных режимов обработки осуществлялось на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2.0 в монохроматизированном СоК<sub>α</sub> излучении.

Металлографическое исследование материала осуществлялось на микроскопе МИМ-8М, а травление образцов — в реактиве, содержащем 20 мл HF, 10 мл HCl, 60 мл H<sub>2</sub>O.

Триботехнические испытания проводились в режиме трения без смазки на автоматизированном трибометре АТВП [5], работающим по схеме возвратно-поступательного перемещения образца (8×4,7×3 мм) по контртелу. В качестве контртела использовалась пластина, изготовленная из закаленной углеродистой стали У8 с твердостью HRC 62. Средняя скорость перемещения образца относительно контртела в процессе трибоиспытаний составляла 0,1 м/с, а номинальное контактное давление — 1 МПа. Испытания проводились на пути трения 250 м. Измерение величины износа образцов осуществлялось по потере веса при испытаниях. Погрешность измерения массы образца не превышала 0,05 мг.

### Результаты и обсуждения

В исходном недеформированном состоянии сплав Zr–Nb имеет двухфазную структуру твердых растворов ниобия в низкотемпературном α-Zr (P<sub>63</sub>mnc,  $a=0,3232$  нм,  $c=0,515$  нм,  $c/a=1,5935$ ) и высокотемпературном β-Zr (Im3m,  $a=0,3532$  нм). Величина физического уширения дифракционных линий 002 и 004 α-Zr невелика и составляет соответственно  $2,1 \times 10^{-3}$  рад и  $2,95 \times 10^{-3}$  рад, что свидетельствует о малой плотности содержащихся в сплаве дислокаций. При этом величина отношения  $\beta_{004}/\beta_{002}=1,4$  приблизительно равная отношению секансов углов дифракции, указывает на то, что уширение дифракционных линий преимущественно обусловлено высокой дисперсностью кристаллитов α-Zr в исследуемом материале. Твердость недеформированного сплава составляет  $HV=1650$  МПа ( $H_{0,19}=1700$  МПа).

Пластическое деформирование сплава приводит к существенному изменению его структурного состояния и твердости. В частности, твердость сплава после РКУП существенно возрастает и дос-

тигает  $HV=2650$  МПа. Данные рентгеноструктурных исследований свидетельствуют о протекании в процессе деформирования фазового превращения β-Zr→α-Zr, в результате чего сплав приобретает однофазную структуру твердого раствора ниобия в α-Zr. При этом параметры решетки α-фазы уменьшаются до значений  $a=0,3232$  нм;  $c=0,5145$  нм ( $c/a=1,592$ ). Уменьшение параметра  $c$  кристаллической решетки α-Zr связано с ее легированием атомами Nb, имеющими меньший радиус. Физическое уширение дифракционных линий матричной α-фазы возрастает в примерно 3,2 раза ( $\beta_{004}=9,5 \cdot 10^{-3}$  рад), что свидетельствует о формировании большого количества дислокаций и дислокационных субструктур в процессе РКУП. Соотношение  $\beta_{004}/\beta_{002}$  в деформированном сплаве при этом пропорционально  $\text{tg}\theta_{004}/\text{tg}\theta_{002}$  и указывает на преимущественно хаотическое некоррелированное расположение линейных дефектов в кристаллической решетке α-фазы сплава [6]. Вместе с тем для дифракционных линий, полученных от плоскостей системы {100}, соотношение  $\beta_{200}/\beta_{100}$  составляет 2,1 и находится между отношениями значений тангенсов ( $\text{tg}\theta_{200}/\text{tg}\theta_{100}=2,46$ ) и секансов ( $\text{sec}\theta_{200}/\text{sec}\theta_{100}=1,23$ ) соответствующих углов дифракции. Указанный факт свидетельствует о формировании в плоскостях системы {100} переходной дислокационной субструктуры, являющейся промежуточным структурным образованием между хаотическим и коррелированным распределением дислокаций [6].

Ионно-лучевая обработка деформированного сплава Zr–Nb оказывает существенное влияние на его структурно-фазовое состояние и триботехнические свойства. На рис. 1 приведены зависимости микротвердости азотированного слоя и глубинных слоев исследуемого материала. Видно, что с увеличением температуры ионной имплантации микротвердость поверхностного слоя растет, а микротвердость объема материала снижается. Обработка ионами азота сплава Zr–Nb при 670–770 К приводит к формированию на его поверхности модифицированного слоя глубиной 5–10 мкм (рис. 2 а), содержащего твердый раствор внедрения азота в ГПУ решетке α-Zr. Кроме того, в результате активации диффузионных процессов при ионной имплантации в модифицированном азотом слое и в объеме материала происходит выделение наноразмерных частиц ниобия из пересыщенного α-твердого раствора (рис. 3 а). В результате твердорастворного и дисперсионного упрочнения микротвердость поверхностного слоя сплава возрастает до  $H_{0,19}=3000$  МПа. Повышение

температуры ионного азотирования до 840–870 К приводит к увеличению глубины проникновения ионов азота в поверхностные слои материала до 20–25 мкм (рис. 2 б). При этом микротвердость поверхностного слоя возрастает до  $H_{0,19}=3000\text{--}3500$  МПа. Структура поверхностного слоя существенно изменяется по сравнению со случаем низкотемпературной ионной имплантации (рис. 3 б). В частности, параметры кристаллической решетки  $\alpha\text{-Zr}$  вследствие легирования азотом возрастают до  $a=0,3233$  нм и  $c=0,5154$  нм. Отношение  $c/a$  увеличивается до 1,594. Следует отметить, что на дифрактограммах образцов, прошедших ионное азотирование при температурах 840–870 К, не регистрируется частиц ниобия. Кроме того, в результате ионной обработки при 840 К регистрируется образование упруго-деформированной метастабильной фазы  $\beta'$  с ОЦК решеткой, имеющей по сравнению с решеткой высокотемпературного  $\beta\text{-Zr}$  меньший параметр (0,3517 нм) (рис. 3 в). Это свидетельствует о том, что  $\beta'$ -фаза находится в сжатом состоянии. Микротвердость поверхности возрастает до 3000 МПа. В результате ионно-лучевой обработки сплава Zr–Nb при 870 К метастабильная  $\beta'$  фаза трансформируется в стабильную модификацию  $\beta\text{-Zr}$  (рис. 3 з) с параметром 0,3535 нм. Вместе с тем, повышение температуры ионной имплантации приводит к интенсификации процессов рекристаллизации подложки и снижению ее микротвердости до уровня  $H_{0,19}=2000$  МПа.

На рис. 4 а приведены зависимости величины накопленного весового износа от пути трения для образцов сплава Zr–Nb после деформации и ионно-лучевого азотирования при различных температурах. В исходном состоянии деформированный циркониевый сплав характеризуется низкой износостойкостью и интенсивность изнашивания составляет 52,7 мкг/м. Коэффициент трения при этом находится на уровне 0,7. Модифицированный азотом при 670–770 К Zr–Nb сплав на начальных стадиях испытаний имеет пониженные значения интенсивности изнашивания и коэффициента трения (рис. 4 б). По мере истирания модифицированного слоя интенсивность изнашивания и коэффициент трения возрастают до значений, характерных для неимплантированного образца. С ростом температуры ионной обработки интенсивность изнашивания образцов существенно уменьшается и достигает своего минимального значения 23,4 мкг/м после азотирования при 840 К.

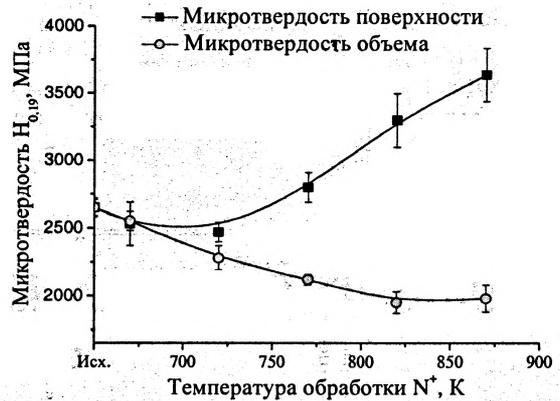


Рис. 1. Зависимость микротвердости ионно-азотированного поверхностного слоя и глубинных слоев сплава Zr–Nb от температуры обработки

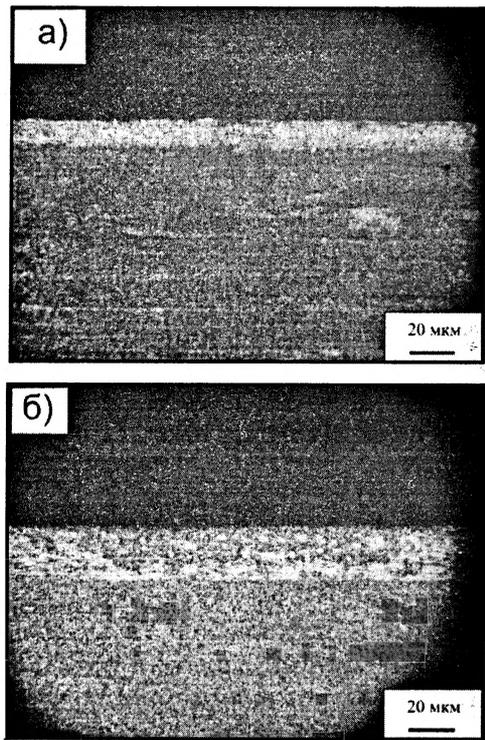


Рис. 2. Микроструктура сплава Zr–Nb, подвергнутого ионно-лучевой обработке азотом при  $T=770$  К (а) и  $T=840$  К (б)

Ионно-лучевое модифицирование сплава Zr–Nb при 870 К приводит к увеличению интенсивности изнашивания до 35,5 мкг/м (рис. 4 а). Снижение интенсивности изнашивания и коэффициента трения при насыщении азотом поверхностного слоя сплава Zr–Nb связано с образованием твердого раствора азота в ГПУ решетке  $\alpha\text{-Zr}$  [7]. Наиболее высокая износостойкость регистрируется при образовании в поверхностном слое метастабильной  $\beta'$ -фазы с упруго-деформированной решеткой.

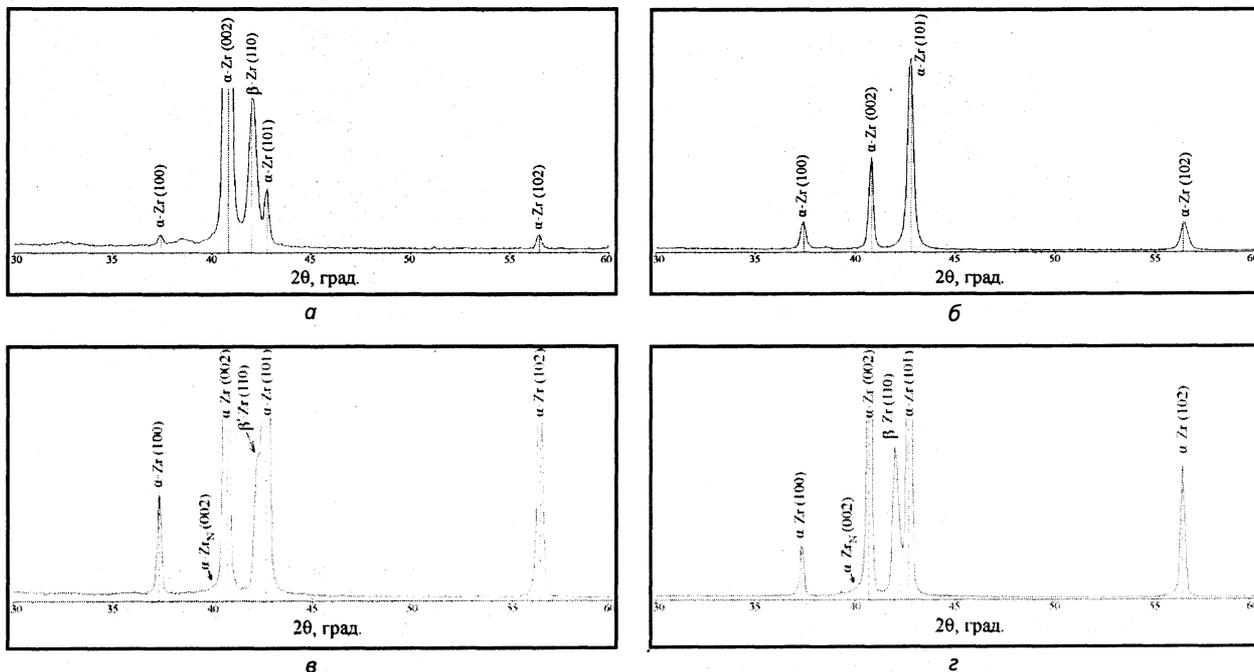


Рис. 3. Фрагменты рентгеновских диффрактограмм ( $\text{CoK}_\alpha$ ) от поверхностных слоев сплава Zr–Nb, обработанного по различным режимам: а — исходное состояние; б — РКУП; в — имплантация при 840 К; г — имплантация при 870 К

**Заключение**

Показано, что КРУП сплава Zr–2,5%Nb приводит к формированию дислокационных субструктур и фазовому превращению  $\beta\text{-Zr} \rightarrow \alpha\text{-Zr}$ . Твердость сплава при деформации увеличивается примерно на 60% и достигает 2650 МПа.

При низкотемпературном ионно-лучевом азотировании ( $T=670\text{--}770\text{ К}$ ) сплава Zr–Nb на его поверхности формируется модифицированный слой глубиной 5–10 мкм, состоящий из твердого раствора азота в ГПУ решетке  $\alpha\text{-Zr}$  и включений наноразмерных частиц ниобия. Увеличение температуры ионно-лучевого азотирования до 820 К приводит к образованию насыщенного азотом твердого раствора на основе  $\alpha\text{-Zr}$  и появлению переходной метастабильной  $\beta'$ -фазы, имеющей ОЦК решетку с параметром  $a=0,3517\text{ нм}$ . Ионная

имплантация при 870 К приводит к образованию в поверхностном слое твердых растворов азота в  $\alpha$ - и  $\beta$ -Zr.

Низкотемпературное ионно-лучевое азотирование сплава приводит к увеличению микротвердости поверхностного слоя до 3000 МПа. При этом износостойкость сплава возрастает примерно в 1,5 раза, а коэффициент трения снижается 40%. Максимальная износостойкость сплава достигается после обработки при 840 К, приводящей к образованию метастабильной  $\beta'$ -фазы. Обработки при 870 К приводит к росту микротвердость поверхности до 3650 МПа, однако интенсивность изнашивания при этом несколько возрастает.

Авторы выражают признательность в.н.с., к.т.н. Копылову В.И. за помощь в проведении КРУП исследованных образцов.

*Литература*

1. Сегал В.М., Резников В.М., Копылов В.И. и др. Процессы пластического структурообразования металлов. Минск: Новые технологии, (1994), 232 с.
2. Грабовецкая Г.П., Колобов Ю.Р., Гирсова Н.В. Влияние холодной пластической деформации на структуру и деформационное поведение субмикроструктурного титана, полученного методом равноканального углового прессования // Физика металлов и металловедение, 98, (2004), №6, 90–97.
3. Белый А.В., Кукареко В.А., Лободаева О.В., Таран И.И., Ших С.К. Ионно-лучевая обработка металлов, сплавов и керамических материалов. – Минск: Физико-технический институт, (1998). – 220 с.
4. Белый А.В. Высокоинтенсивная низкоэнергетическая имплантация ионов азота // Физическая мезомеханика, 5, (2002), №1, 95–102.
5. Караваев М.Г., Кукареко В.А. Автоматизированный трибометр с возвратно-поступательным движением // Материалы международной научно-технической конференции «Надежность машин и технических систем». –

Минск, 16–17 окт. (2001), Т.1. – С. 37–39.

6. Кривоглаз М.А. Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах. Киев: Наукова думка, (1983), 408.
7. Белый А.В., Кукарко В.А., Кононов А.Г., Копылов В.И., Шаркеев Ю.П. Структура и триботехнические свойства субмикроструктурного титана, модифицированного ионами азота // Трение и износ. – 2008. – Т. 29. – № 6. – С. 571–577.

УДК621.923.6.

## ЧИСТОВАЯ ОБРАБОТКА ЛЕПЕСТКОВЫМИ КРУГАМИ

П.А. Гриценко, П.А. Козлович

Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина

Шлифование и полирование — это чистовая обработка поверхностей деталей абразивными материалами и инструментами при шлифовании поверхность получается ровной и гладкой, при полировании — зеркальной. Ясно, что четкой границы между этими двумя операциями нет.

При шлифовании сначала используют грубые, а далее все более мелкие абразивы. Осуществляют этот процесс с помощью специальных станков, шлифую закрепленными (абразивные камни, бруски, наждачная бумага) и свободными (какое-либо приспособление-носитель абразивных частиц, не связанных жестко с носителем) абразивами. При полировании используют только свободные абразивные круги, щетки и полировщики. Лепестковые круги для полировальных и зачистных операций появились в промышленности недавно. Рабочие органы таких кругов — абразивные лепестки, вырубаемые из шлифовальной шкурки. Ценным качеством лепестковых кругов является то, что они удачно сочетают сравнительно жесткие крепления абразива и высокую эластичность в радиальном и тангенциальном направлениях.

В настоящее время в Российской Федерации налажено серийное производство и реализация широкого диапазона лепестковых кругов различного назначения (ОАО «Лужский абразивный завод»; ОАО «Клингспор» и др. см. рис. 1–3).

**Круги КЛТ-1** работают под углом 0–15° к поверхности. Качество обрабатываемой поверхности лучше при использовании круга КЛТ-1, т.к. возможны рабочие углы 0°. Меньшие углы работы кругом требуют больших усилий прижима, что приводит к преждевременному износу инструмента. Поэтому, круги данного типа целесообразно применять для обычного и тонкого шлифования.

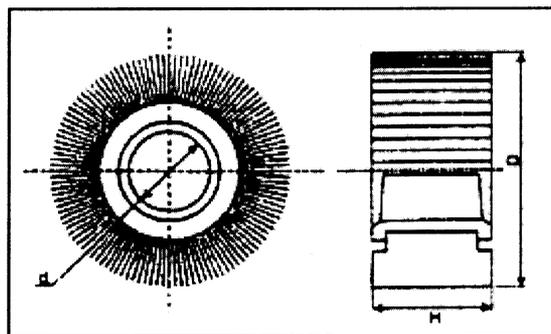


Рис. 1. Круги лепестковые радиальные КЛ (без оправки)

D, мм	H, мм	d, мм
60	10/20/30	8/12
80	20/30/50	8/12
90	25/30/50	12
120	25/30/50	12/22/32
130	25/30	32
140	40	32
150	25/30/50	32
200	50	32
350	50/100/140	44,5/127
400	100	44,5/127
600	50	305

**Круги КЛТ-2** работают под углом 15–25° к поверхности, поэтому их целесообразно применять для обычной и грубой обработки.

**Круги КЛТ-4** — это новые возможности при обработке изделий из металлов. Новая структура расположения лепестков увеличивает гибкость круга, что позволяет производить обработку контурных поверхностей. Зона взаимодействия рабочей части круга и изделия на 40% больше, чем при использовании кругов КЛТ-1 или КЛТ-2. Круг КЛТ-4 производит качественную обработку быстрее, чем фибровый диск. Дополнительным преимуществом этих кругов является увеличен-

ный срок службы. Новый вид лепестковых кругов отпускается по цене серийных КЛТ.

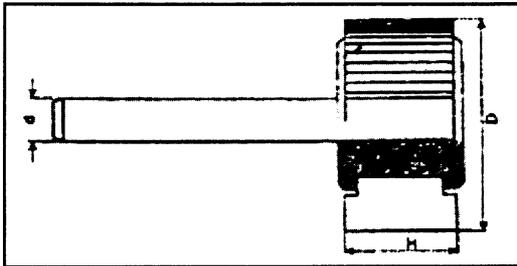


Рис. 2. Круги лепестковые радиальные КЛО (с оправкой)

D, мм	H, мм	d, мм
25	10/15/20/30	6
30	10/15/20/30	6
40	10/20/30	6
50	20/30	6
60	10/20/30/50	6
80	20/30/50	6

Все типы лепестковых кругов изготавливаются из шлифовальной шкурки, имеющей следующие марки абразивного материала:

- **14А** (нормальный электрокорунд) — для обработки дерева, цветных металлов, обычных сталей;
- **38А** (особо прочный импортный циркониевый электрокорунд) — для обработки любых марок сталей и чугунов, прочных цветных металлов; допускаются высокие подачи, обеспечивающие высокую производительность;

- **54С** (карбид кремния) — для обработки камня, стекла, пластика, пластмассы, а также для снятия лаков и красок. В зависимости от того, какое качество обрабатываемой поверхности необходимо получить, Вы можете применять следующие зернистости шлифовальной шкурки:

- **63-40** (P30–P40) — грубая обработка;
- **25, 20, 16** (P60, P80, P100) — обычное шлифование;
- **12-6** (P120–P220) — для особо тонкой обработки поверхности (отделочное шлифование);
- **M63–M40** (P280–P500) — полирование.

Финишная обработка лепестковыми кругами позволяет значительно повысить производительность, снизить затраты на инструмент и улучшить качество деталей. При полировании ими деталей из стали, чугуна достигается параметр шероховатости  $Ra=0,63-0,04$  мкм. Применяются в основном две формы кругов: лепестковые радиальные круги (К1, К10) и лепестковые торцевые (КЛТ). Однако эти инструменты обладают некоторыми особенностями, без знания которых нельзя добиться высокой эффективности применения их в производстве. Внедрение процессов финишной обработки связано с необходимостью в каждом конкретном случае определять оптимальные условия процесса (конструкция инструмента, характеристика шлифовальной шкурки, режимы обработки).

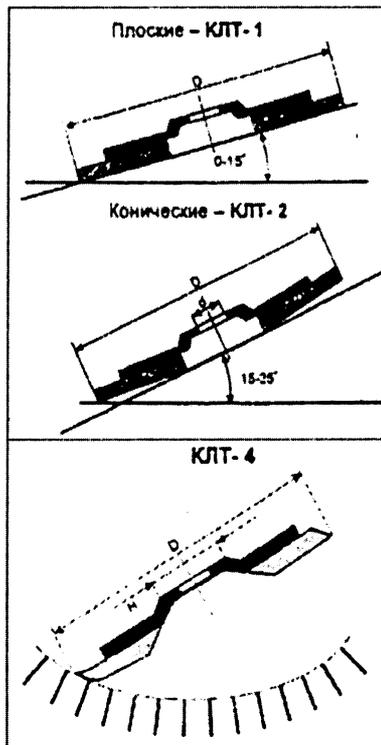


Рис. 3. Круги лепестковые торцевые

D, мм	d, мм	Макс. допускаемая частота вращения, об/мин.
102	16	15200
115	22,2	13200
125	22,2	12200
150	22,2	10100
180	22,2	8480

D, мм	d, мм	Макс. допускаемая частота вращения, об/мин.
115	22	13200
125	22	12200

Использование лепестковых кругов эффективно от единичного до массового производства и применяют при шлифовке и полировке коленчатых валов тракторов и автомобилей, валов, штоков и гильз пневмо-гидроцилиндров, втулок, шестерен, шаровых пальцев, обработки плоских поверхностей и др. деталей машиностроения, а в деревообработке широко используют для шлифования плоских и фасонных поверхностей.

Использование технологии полирования лепестковыми кругами дает определенный эффект по качеству обработки и ее стабильности, гарантирует полное отсутствие прижогов и их удаление, если они получены на предыдущих операциях, при высокой производительности процесса и стойкости полировальных кругов. Эти круги не засаливаются и не требуют правки. Они безопасны в работе. На операциях полирования не требуется высокая квалификация оператора. Для осуществления процесса может быть использовано потерявшее технологическую точность оборудование. Для финишной обработки лепестковыми кругами используют универсальные и специальные круглошлифовальные, торцокруглошлифовальные, бесцентрошлифовальные, внутришлифовальные, плоскошлифовальные, сферошлифовальные станки, а также на токарных станках, оснащенных полировальными головками.

К примеру, на рис. 4 показан общий вид установки для наружного полирования деталей типа вал к токарно-винторезному станку 1М63.

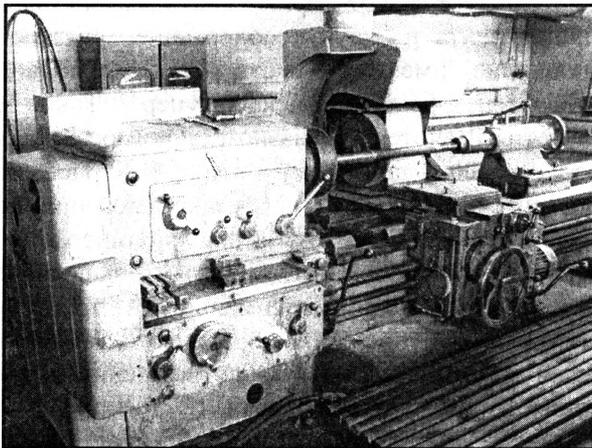


Рис. 4. Общий вид установки для полирования валов

Вместо суппорта токарного станка на плите устанавливается привод полировального круга (электродвигатель  $N=2,2$  кВт,  $n=1425$  об/мин) обеспечивающий окружную скорость круга 25–35 м/с. Сзади полировального круга монтируется система вытяжки отработанных пылевидных частиц круга и металла.

Деформация круга (величина прижима круга к обрабатываемой поверхности) составляет 1–2 мм, и не должна превышать 2 мм. Большие значения деформации применяют при большой исходной шероховатости. Направление вращения круга — строго по направлению стрелки, указанной на этикетке. Скорость вращения подбирается от конкретных условий обработки в пределах 20–25 м/с, но не должна превышать 35 м/с. Зернистость круга подбирается исходя из конкретных условий обработки.

Круги лепестковые из шлифовальной шкурки всех типов не допускается использовать с водой или эмульсиями. Перед закреплением необходимо визуально осмотреть их на отсутствие трещин и других дефектов. Не менее 1 минуты следует вращать круг, не прикасаясь к обрабатываемой поверхности.

Практика обработки деталей лепестковыми кругами показывает, что чем меньше зернистость, тем тщательнее должна подготавливаться исходная поверхность. Так для получения поверхности с шероховатостью  $Ra\ 20-2,5$ , а для получения поверхности с шероховатостью  $Ra\ 0,32$  кругами зернистостью № 4 необходима исходная шероховатость не ниже  $Ra\ 1,25$ . Припуск под полирование может быть ограничен высотой микронеровностей. Высокая эластичность лепестковых кругов не учитывать при назначении припуска исходные погрешности базирования и т.д. Следует отметить, что ввиду эластичности круга на этих операциях не исправляются геометрические погрешности поверхностей, биение и т.д. Единственное, что удастся исправить — это огранку. Ее значение удастся значительно уменьшить. В связи с этим все вопросы точности формы должны решаться на предыдущих операциях. В практике используются значения припусков: при исходной шероховатости  $Ra\ 20-2,5$  припуск (0,2–0,04) мм.

Так, например, при исходном параметре поверхности вала после шлифования  $Ra\ 0,8$  мкм и точности 0,015 мм после полирования с деформацией круга  $\delta=1,8...2$  мм достигается  $Ra=0,2$  мкм при точности 0,02 мм. Припуск на полирование 0,01 мм на диаметр. Зернистость шкурки 14A8, 14A4 последовательно.

В результате лепесткового полирования обеспечивается точность 7–8 квалитетов. Для этого точность должна обеспечиваться на предыдущей операции — шлифовании.

Рекомендации по выбору условий полирования лепестковыми кругами для обеспечения заданной точности приводятся в таблице.

Таблица

Заданный допуск, мм	$R_{a \text{ иск.}}$ , мкм	$R_{a \text{ зад.}}$ мкм	Условия обеспечения заданного допуска	
			припуск на полирование на диаметр, мм	допуск на предшествующей операции, мм
0,02	1,25–2,5	0,32–0,63	0,02	0,015
		0,16–0,32	0,025	
		0,08–0,16	0,025	
0,02	0,63–1,25	0,32–0,63	0,01	0,015
		0,16–0,32	0,01	
		0,08–0,16	0,015	
0,03	1,25–2,5	0,32–0,63	0,02	0,025
		0,16–0,32	0,025	
		0,08–0,16	0,025	
0,03	0,63–1,25	0,32–0,63	0,01	0,025
		0,16–0,32	0,01	
		0,08–0,16	0,015	
0,05	1,25–2,5	0,32–0,63	0,02	0,04
		0,16–0,32	0,025	
		0,08–0,16	0,025	
0,05	0,63–1,25	0,32–0,63	0	0,04
		0,16–0,32		0,04
		0,08–0,16		0,035

УДК 621.923.7

## ПОЛИРОВАНИЕ ХРОМИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ АЛМАЗНОЙ ГОЛОВКОЙ

П.А. Гриценко, П.А. Козлович

*Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина*

Кафедрой основ машиностроения УО «Мозырский государственный педагогический университет имени И.П. Шамякина» разработан и внедрен процесс полирования хромированных поверхностей штоков компрессоров алмазной эластичной головкой. Полировальная головка устанавливается на любой токарный станок, даже потерявший технологическую точность. Полировальная головка устанавливается на резцедержателе суппорта станка, с учетом что центр полировальной головки находится ориентировочно на уровне продольной оси штока.

Полировальная головка состоит из стального основания 1 (рис. 1), шарнирно закрепленного в державке 4 осью 2 со шплинтом 3. Основание 1 имеет возможность поворота в вертикальной и горизонтальной плоскостях для возможности самоустанавливаться полировальной головке по поверхности штока. На основание 1 крепится с помощью 4-х резиновых выступов и отбортовки сменная накладка 5 из мягкой маслостойкой резины марки А. К накладке 5 с помощью клея

№ 88 по дуге в  $120^\circ$  приклеена алмазная эластичная лента на каучукосодержащей связке. В основании 1 имеются 3-и отверстия для подвода СОЖ в зону обработки через штуцер 7. Такие же отверстия имеются в алмазном слое и резиновом подслое. Благодаря тому, что СОЖ является практически несжимаемой жидкостью, она подобно клину, затягивается в зону полирования с замыканием ее объема и тем самым подается непосредственно в зону максимальных температур. Смазочное действие СОЖ проявляется в уменьшении работы трения и предотвращении затупления и износа алмазных зерен.

Моющее действие СОЖ препятствует взаимодействию продуктов полирования с поверхностью алмазной ленты, способствует ее очистке и сохранению работоспособности. В качестве СОЖ используется 5% раствор эмульсола в воде.

Полирование алмазными эластичными головками обеспечивает шероховатость поверхности штоков 0,16–0,08 мкм. Высокое качество обработки достигается благодаря тому, что в алмазо-

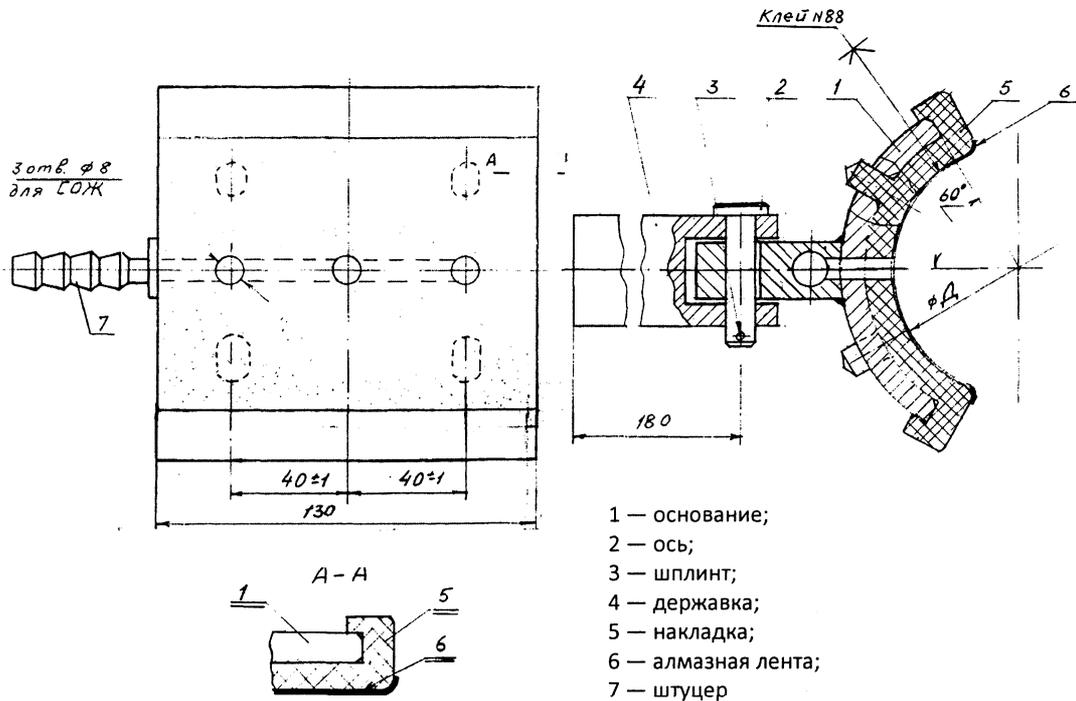


Рис. 1. Головка полировальная

носном слое зерна располагаются на упругоэластичном основании. Это приводит к их нивелированию под нагрузкой, чем сохраняется постоянство глубины внедрения алмазных зерен в обрабатываемую поверхность. Инструмент обеспечивает хорошее прилегание алмазного слоя к обрабатываемой поверхности благодаря шарнирному креплению головки к корпусу и деформации эластичного подслоя.

Серией экспериментов было установлено, что шероховатость поверхности снижается при увеличении скорости вращения детали. Поэтому бабка изделия станка была модернизирована, благодаря чему частота вращения детали доведена до  $800 \text{ мин}^{-1}$ . Скорость возвратно-поступательного движения стола в диапазоне 0,5–5 м/мин практически не оказывает влияния на процесс. Важна продолжительность полирования.

Изучалось влияние толщины эластичного подслоя и контактного давления. Установлено, что толщина эластичного подслоя в диапазоне 2–5 мм не оказывает практического влияния на шероховатость поверхности штоков, но производительность полирования с увеличением толщины заметно снижается. Так, если исходная шероховатость поверхности после шлифования составляла 0,36 мкм, а для достижения шероховатости 0,11–0,09 мкм при толщине 5 мм требовалось 3,5 мин, то при толщине 3 мм — только 2 мин.

Контактное давление при исследованиях изменялось в диапазоне  $(3-18) \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Установлено, что при давлении  $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$  высота микронеровностей практически снижается. В интервале значений  $(6-12) \cdot 10^5 \text{ Па}$  шероховатость поверхности изменяется мало и находится в пределах 0,14–0,09 мкм; производительность обработки с ростом контактного давления увеличивается. Таким образом, в качестве оптимального может быть принято контактное давление  $(10-12) \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

Практически установить требуемое контактное давление  $p$  можно следующим образом. С некоторым приближением нагружение шлифуемого штока можно представить схемой (рис. 2). Под действием распределенной нагрузки шток прогнется на величину  $h$ , которая может быть определена из уравнения упругой линии:

$$h = \frac{pFl^3}{48TJ} \left[ 8 \frac{d}{l} \left( \frac{x}{l} - \frac{x^3}{l^3} \right) - \frac{x}{l} \left( 8 \frac{d^3}{l^3} - 2 \frac{ac^2}{l^3} - 2 \frac{c^2}{l^2} - \frac{c^3}{l^3} \right) + 2 \frac{x^4 - a^4}{al^3} \right]$$

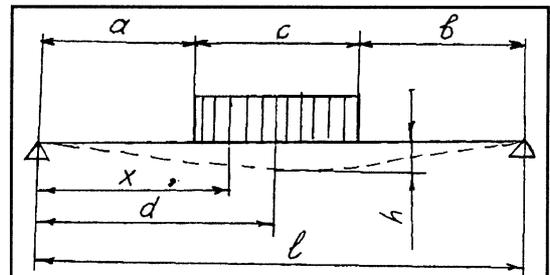


Рис. 2. Схема нагружения штока

Если в этом уравнении значение  $x$  принять равным  $d$ , то прогиб  $h$  будет соответствовать положению полировальной головки в центре штока. Зная модуль упругости  $E$ , момент инерции  $J$ , требуемое значение  $p$  и площадь рабочей поверхности полировальной головки  $F$ , нетрудно определить значение  $h$ . Практически установить значение  $h$  на станке можно, нагружая шток полировальной головки и контролируя величину прогиба штока индикатором. Осуществляется это на

первой детали. Все остальные детали из партии обрабатываются при фиксированном положении винта поперечной подачи, а отвод и подвод полировальной головки осуществляется от механизма быстрого перемещения шлифовальной бабки.

Внедрение процесса полирования штоков алмазными эластичными головками способствовало улучшению качества обработки и уменьшению числа случаев разгерметизации.

## СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛАМ И ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ильющенко А.Ф., Петюшик Е.Е.

*ГНПО порошковой металлургии НАН Беларуси*

Развитие технологии новых современных материалов и функциональных защитных покрытий и пленок — порошковая металлургия, плазменное и газотермическое напыление, припекание и наплавка ТВЧ, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), химические технологии гетерогенных (ионно-, газо-, жидко- и твердофазных) взаимодействий и др. — благодаря своему интенсивному и непрерывному развитию предлагают все более эффективные решения в части использования в узлах различных машин и механизмов, немалую долю которых занимают сельхозмашины и другие агрегаты и аппараты агропромышленного комплекса.

Порошковая металлургия занимает особое место среди других технологий производства изделий. Методами порошковой металлургии производят материалы и изделия, которые либо невозможно получить традиционными металлургическими методами, либо их изготовление обходится дешевле, чем традиционным способом [1].

К изделиям первой группы относятся: тугоплавкие материалы и твердые сплавы; композиционные многокомпонентные материалы триботехнического, электротехнического назначения; пористые материалы и изделия из них. Изделия этой группы, как правило, имеют ресурс работы в 1,5–10 раз выше, чем аналогичные изделия, полученные традиционными технологиями.

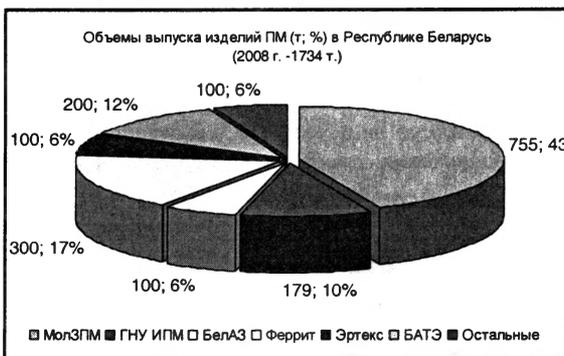
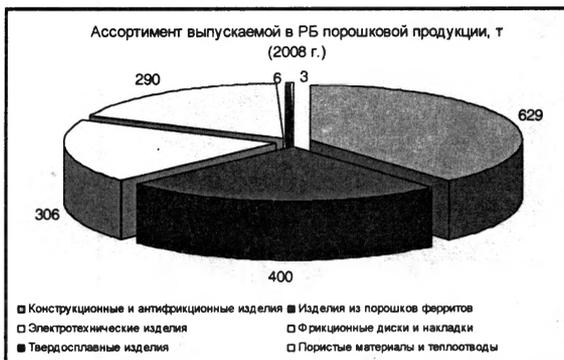
К изделиям второй группы относятся, в основ-

ном, конструкционные детали: (шестерни, храповики, диски, кольца и др.). При этом по сравнению с механической обработкой в 1,5–2,0 раза повышается коэффициент использования материала, снижается трудоемкость изготовления, обеспечивается возможность совмещения химико-термической упрочняющей обработки и спекания.

Надо отметить, что высокая эффективность порошковой металлургии проявляется, главным образом, не в области производства, а в области потребления: за счет получения уникально высоких технических характеристик материалов и изделий из них путем использования несовместимых в иных технологиях компонентов, ультра- или нанодисперсных размеров частиц исходной шихты, других специфических технологических приемов. В Беларуси выпускается значительное количество машиностроительной продукции, в которой немалое количество порошковые детали, покрытия или пластины обрабатывающего инструмента определяют, по большому счету, эксплуатационные характеристики дорогостоящих машин и оборудования [2–4]. Продукцию порошковой металлургии потребляют предприятия Минпрома, Белорусской железной дороги, Минсельхозпрода, Белнефтехима, Минздрава, Минстройархитектуры и др.

В Республике Беларусь реализуется Государственная программа Развития порошковой металлургии и сварки в Беларуси на 2006–2010 годы, одобренная Постановлением Совета Министров

Республики Беларусь от 08.08.2002 №1073 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 13.12.2005 №1439) [5]. Государственный заказчик программы — Национальная академия наук Беларуси. Головная организация-исполнитель — Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии. В выполнении программы принимают участие 16 отечественных предприятий и организаций. Это ПРУП «МолЗПМ», ГНУ «ИПМ», РУП «Белорусский автомобильный завод», ОАО «БАТЭ», ПО «Минсктракторозапчасть»; НПП «Феррит»; ОАО «МПЗ», ООО «Элком»; ООО «Эртекс»; СП «Букар», РУП «МЗШ», НП ООО «Эртекс», ПРУП «Минский завод колесных тягачей», ГНУ «ФТИ НАНБ», ПО «Белорусский металлургический завод», НП ЗАО «Синта».



Для удовлетворения потребностей организаций республики в порошковой продукции, повышения ее конкурентоспособности и экспорта в рамках программы решаются следующие основные задачи:

- дальнейшее развитие фундаментальных и прикладных исследований в области порошковой металлургии с целью более глубокого понимания сущности явлений, лежащих в основе этих процессов;
- разработка и освоение в производстве новых и перспективных материалов, технологий и изделий;
- организация выпуска специальных порошков, сварочных электродов с использованием отечест-

венной сырьевой базы и вторичных ресурсов; В 2008 г. завершен 1-й этап выполнения программы, предусматривающий активное использование в производстве результаты завершенных заданий Государственных программ научных исследований по повышению функциональных свойств порошковых композиционных материалов триботехнического (подшипники скольжения, фрикционные диски и накладки), конструкционного (ответственные высокопрочные детали сложной формы машин и механизмов, производимых промышленностью Беларуси), электротехнического (постоянные магниты и ферритовые сердечники для переменных электромагнитных полей, контакты прерывателей звуковых сигналов и других электрических устройств, щетки и коллектора электродвигателей постоянного тока), инструментального (отрезные диски, сверла, бруски и т.п. из сверхтвердых материалов для обработки камня, стройматериалов, дорожных покрытий, металлов и т.п.) назначения, пористые порошковые материалы для использования в фильтрах очистки газов и жидкостей (в том числе напитков, медпрепаратов, питьевой воды, расплавов полимеров и металлов), медицинских имплантатов, глушителей шума пневмоприводов, тепловых труб для охлаждения ответственных теплонагруженных коммутационных и управляющих устройств.

При этом созданы ресурсосберегающие и высокие технологии получения из новых порошковых материалов деталей и комплектующих для поставки организациям Беларуси и на экспорт (Россия, Украина, Молдавия, Польша, страны Прибалтики и др.). Благодаря этому существенно расширен выпуск на ПРУП «МолЗПМ» и в ГНУ «ИПМ» фрикционных изделий для автотракторной и дорожно-строительной техники (рис. 1), расширена номенклатура и увеличены объемы выпуска порошковых деталей автомобильных амортизаторов (рис. 2) и других комплектующих деталей, выпускаемых Гродненским и Барановичским автоагрегатными заводами, разработаны новые типы высокоэффективных тепловых мини-труб и труб большой мощности (рис. 3), организовано их производство в ГНУ «ИПМ».

Координацию работ по программе и научно обоснованное определение приоритетных направлений развития порошковой металлургии в республике осуществляет Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии. Основной концептуальной задачей объединения является эффективное развитие прикладных исследований на базе фундаменталь-

ной науки с максимальным выходом в промышленное производство. Первая часть решается научными подразделениями Института порошковой металлургии и его опытно-экспериментальными производствами. Вторая — промышленным производством на Молодечненском заводе порошковой металлургии по прямым контрактам с промышленными предприятиями.

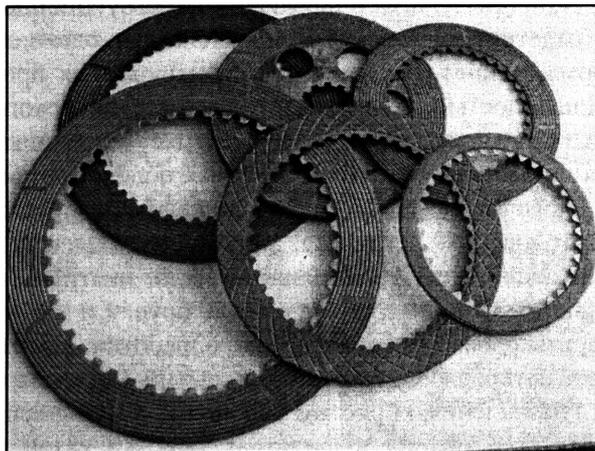


Рис. 1. Вид фрикционных изделий для автотракторной и дорожно-строительной техники

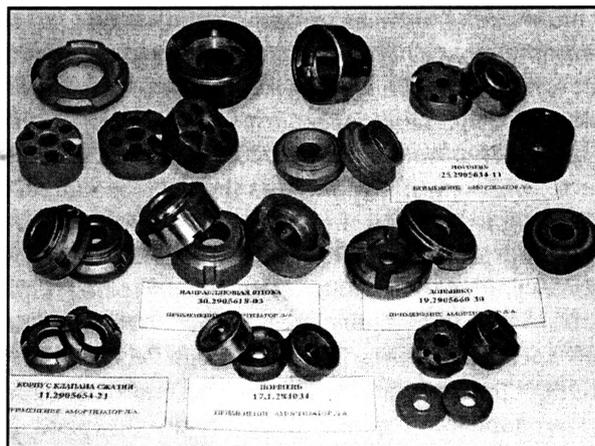


Рис. 2. Вид деталей автомобильных амортизаторов

За последнее время специалистами ГНУ ИПМ разработан ряд новых материалов для различных отраслей техники, среди них:

- состав термитной смеси для сварки трамвайных рельсов (КУП Минсктранс).
- композиционный порошок NCC-NCT 70/30 для нанесения защитных покрытий на стенки бойлеров тепловых станций (пат. РБ 10781, 10752).
- низколегированная сталь с активирующей добавкой для применения в узлах синхронизации коробки передач трактора «Беларус» (полож. решение по заявке № а20070613) (рис. 4).

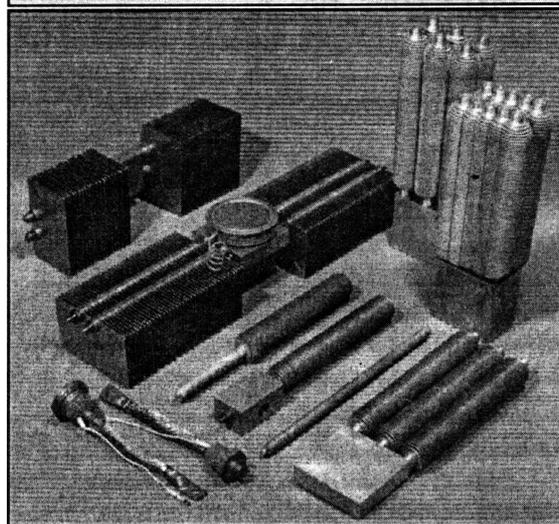
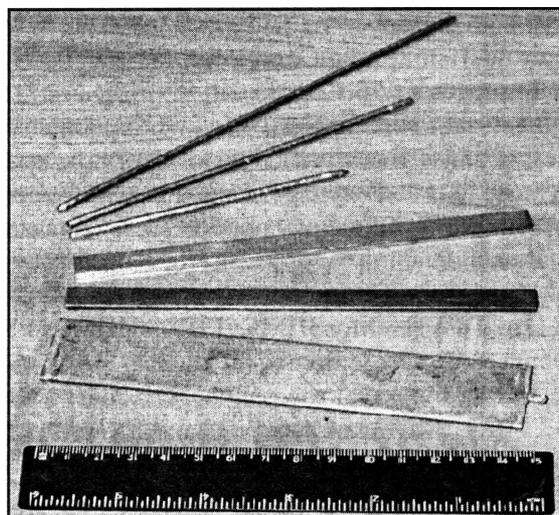


Рис. 3. Вид Тепловых мини-труб и тепловых труб и теплопроводов на их основе для охлаждения силовых полупроводниковых приборов с токовой нагрузкой 320–2000 А

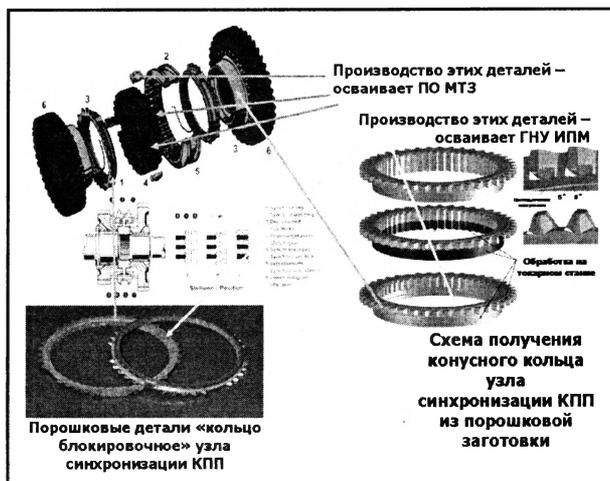


Рис. 4. Совместный проект ПО МТЗ и ГНУ ИПМ по организации производства узла синхронизации КПП трактора «Беларус»

# НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Андреев М.А., Манойло Е.Д., Шевцов А.И., Чигринова Н.М.  
Институт сварки и защитных покрытий

Сегодня существует множество широко распространенных методов и технологий формирования защитных покрытий, которые с той или иной степенью успешности применяются в отраслях машиностроения и инструментальной промышленности, обеспечивая конкурентоспособность машин и механизмов, работающих в различных условиях эксплуатации.

Когда мы говорим о «новых технологиях», мы подразумеваем использование нового или модернизированного оборудования, новых перспективных материалов, или же применение комбинации известных физических процессов и технологических приемов, с помощью которых мы получаем на поверхности изделия покрытия с качественно новым комплексом необходимых эксплуатационных характеристик.

В ОХП «Институт сварки и защитных покрытий» развиваются различные направления нанесения покрытий, с помощью которых наши специалисты способны решать практически весь комплекс задач по нанесению защитных покрытий различного функционального назначения.

Каждое направление развивается в рамках соответствующих лабораторий института. Это — лаборатории:

- газопламенного напыления;
- плазменного напыления;
- микроплазмохимических и электрофизических процессов;
- вакуумных покрытий.

Толщина формируемых всеми подразделениями покрытий охватывает достаточно широкий диапазон величин — от долей микрон до нескольких сантиметров.

Сегодня, наряду с технологиями формирования износостойких, упрочняющих, коррозионностойких и других функциональных покрытий на новых изделиях все более востребованными становятся технологии восстановления деталей машин и механизмов.

## Газопламенные покрытия

В 2008 году Институт приобрел для лаборатории газопламенных покрытий комплекс оборудования (дробеструйная установка и вращатель), позволяющие обрабатывать длинномерные изде-

лия — до 6-ти метров длиной (*иллюстрации к статье см. на второй странице обложки*).

Кроме того, что спрос на такое оборудование есть в странах СНГ (Российская Федерация, Украина, Казахстан) и мы уже продали несколько комплектов оборудования за рубеж, наличие этого комплекса в Институте сразу привлекло дополнительных заказчиков, нуждающихся в восстановлении длинномерных изделий. Среди наших заказчиков ОАО «Нафтан», предприятия Минпрома, предприятия Минсктранса и др.

При разработке новых технологических процессов лаборатория газопламенных покрытий использует широкий класс порошковых и шнуровых материалов для восстановления деталей из различных марок конструкционных сталей и чугуна.

## Плазменные покрытия

Примером применения комбинированных технологий обработки изделий является технология, разработанная лабораторией плазменных покрытий Института совместно с сотрудниками Института физики им. Степанова НАН Беларуси.

Разработана технология нанесения плазменных покрытий, предназначенных для восстановления и упрочнения деталей машин, эксплуатирующихся при неблагоприятных условиях трения (граничная смазка или отсутствие смазочного материала, повышенные контактные нагрузки и температуры трибосопряжений).

Суть технологии заключается в том, что покрытия, сформированные плазменными методами, обрабатывают высококонцентрированными потоками энергии (импульса плазмы, луча лазера) с дополнительным регулированием структурообразования при введении в состав покрытия (на стадии синтеза исходного композиционного материала) элементов переходных металлов, например, Mo, Ti и др.

При обработке покрытий высококонцентрированными потоками энергии имеет место локальный нагрев и сверхбыстрое охлаждение тонких оплавленных слоев покрытия, создаются предпосылки эффективного измельчения зеренной структуры, формируются неравновесные аморфные фазы.

В настоящее время в лаборатории плазменных

покрытий разрабатываются технологии и осваивается оборудование для детонационного нанесения покрытий на изделия, работающие в условиях интенсивного коррозионно-эрозионного износа.

Развитию этого направления способствует эффективная работа в ГНУ «Институт порошковой металлургии» лаборатории новых материалов и технологий, разрабатывающей методом СВС перспективные порошковые материалы для различных методов газотермического напыления.

В лаборатории плазменного напыления успешно работает оборудование для нанесения на изделия из металла антикоррозионных полимерных покрытий с различными наполнителями.

Среди наших заказчиков Минский Метрополитен и ряд предприятий, заинтересованных в защите своих изделий от коррозии в сочетании с декоративными характеристиками изделий, поскольку полимерные покрытия имеют очень широкую цветовую гамму.

#### **Микроплазмоискровые методы формирования покрытий**

В Институте существуют и успешно развиваются методы формирования защитных покрытий, пригодные как для обработки новых, так и для восстановления изношенных поверхностей без существенного возрастания трудоемкости подготовки восстановленного изделия к эксплуатации.

Указанные требования успешно реализуются при обработке материала микроплазмоискровыми методами — микроплазмоискровым легированием с ультразвуковым модифицированием (МПИЛ+УЗМ), а также анодным микродуговым оксидированием (АМДО).

Обе технологии основаны на взаимодействии анода и катода в электрическом поле в результате дискретного действия пробойных низковольтных напряжений при возникновении искры. Отличие состоит в составе среды: **газовая** при МПИЛ+УЗМ обработке, **жидкая** — при АМДО.

Одной из определяющих задач при микроплазмоискровой обработке является подбор материала электродов и рецептуры электролитов, ответственных за формирование покрытий прогнозируемых составов и свойств.

Эффективность таких методов по назначению:

а) сохранять геометрию и размеры объекта в пределах допусковых ограничений;

б) не разупрочнять материал подложки и не вносить в него дополнительных напряжений;

*Область применения технологий:*

- для нанесения теплостойких оксидокерамических покрытий на детали цилиндрическо-

невой группы, на комплектующие антиблокировочных систем для большегрузных автомобилей;

- в металлургической промышленности — ролики для натяжения металлокорда;
- в инструментальной промышленности: создание износостойкого оксидокерамического покрытия на штамповой оснастке для изготовления корпусных деталей телевизионных приемников; алюминиевые абразивно-доводочные диски для чистовой обработки жестко-допусковых изделий, алюминиевые притиры с АМДО-покрытием для суперфинишной обработки;
- в ремонтном производстве — уплотнительные элементы для гидронасосов, уплотнительные кольца и пр.;
- в химической промышленности и пожаротушении — ролики для натяжения стекловолокна, оксидокерамические покрытия для сопел и т.д.;
- в пищевой промышленности замена специальных чистящих агрегатов в производстве корнеплодоочистных машин для общественного питания, изготавливаемых ранее из нержавеющей стали, на дюралевые с АМДО-покрытием, алюминиевая посуда, и т.д.;
- в производстве пластических масс — повышение износо- и коррозионной стойкости алюминиевых цилиндров для экструдеров;
- в полиграфической промышленности — композиционное покрытие «керамика-полимер» для повышения износостойкости валов для множительной техники;
- для текстильной промышленности — треки для протягивания пряжи, всевозможные ролики и т.п.;
- в производстве товаров народного потребления — формирование композиционного керамико-полимерного покрытия на подошвах электроутюгов, в медицине для формирования защитно-декоративных покрытий на корпусах и комплектующих для медтехники, титановые ортопротезы, дентальные протезы с АМДО-покрытиями — биологически активными и биопассивными и т.д.

#### **Вакуумные покрытия**

В настоящее время в республике, да и во всем постсоветском пространстве сложилась ситуация, когда парк действующего оборудования оказался устаревшим не только физически, но и морально

Одним из наиболее дешевых путей дальнейшего развития и совершенствования вакуумных технологий при сегодняшнем состоянии вакуумной техники мы видим в модернизации существующего вакуумного оборудования, которая направлена на:

– расширение его технологических возможностей (расширение номенклатуры обрабатываемых изделий);

– повышение эксплуатационных характеристик изделий с покрытиями;

– повышение качества формируемых покрытий (повышение адгезии, уменьшение пористости);

– возможность применения новых композиционных материалов для создания покрытий различного функционального назначения.

Для этих целей нами применяются новые источники генерации плазменных потоков, которые мы дополнительно встраиваем в вакуумные камеры установок и, таким образом, получаем возможность значительно повышать эффективность процессов нанесения вакуумных покрытий.

Использование фланцевого варианта автономного ионного источника типа «Аида» позволило независимо регулировать энергию и плотность тока ионов, поступающих на обрабатываемое изделие. При обработке изделий ионным потоком нейтрального газа (Ar) происходит их очистка, а также активация поверхностного слоя. Эта операция во многих случаях позволяет исключить стадию нагрева изделия металлической плазмой или значительно сократить ее по времени.

Таким образом, появляется возможность снизить температуру процесса формирования износостойкого покрытия, а, следовательно, и температуру обрабатываемого изделия не ухудшая адгезионных характеристик сформированных покрытий.

Хорошие результаты по повышению адгезионных характеристик вакуумных покрытий достигаются и при использовании технологии нанесения покрытий методом электродугового испарения с «ионным ассистированием», когда ионный источник работает во время процесса формирования покрытия.

Следующим шагом в направлении повышения эксплуатационных характеристик режущего инструмента является применение комбинированной технологии упрочнения.

На протяжении ряда лет в Институте проводятся исследования по разработке процессов создания износостойких покрытий с применением технологий электродугового испарения и ионного азотирования, причем комбинации этих процессов используются на различных стадиях формирования износостойких слоев.

Преимуществом такой комбинированной формирования износостойких покрытий является достижение высоких эксплуатационных характеристик сформированных покрытий в комплексе

с высокой адгезией.

Применение комбинированных технологий для формирования износостойких покрытий, с одной стороны, приводят к увеличению толщины нитридного слоя в изделиях, что определяет повышение износостойкости по сравнению с традиционными технологиями поверхностного упрочнения, а с другой стороны, структура комбинированного покрытия представляет собой достаточно плавный переход от прочного износостойкого нитридного покрытия на поверхности к более пластичным фазам в объеме изделия.

В плане создания новых методов формирования функциональных покрытий в настоящее время в Институте проводятся исследования по разработке технологий нанесения вакуумных покрытий методом ионно-лучевого распыления.

Для реализации процесса ионно-вакуумного нанесения композиционного покрытия был использован ионный источник, разработанный на базе торцевого холловского ускорителя осесимметричной конструкции с разрядом в скрещенных электрическом и магнитном полях, который может формировать два независимых ионных пучка кольцевой геометрии. Один из них используется для распыления мишени, другой — для предварительной обработки (ионной очистки и активации) поверхности подложки перед нанесением покрытия. В качестве рабочего газа использовали аргон.

Композиционные мишени для распыления представляли собой диски Ø 80 мм и толщиной 10 мм, состоящие из спрессованных смесей порошков металла или сплава с добавками нанодисперсных алмазов, нанодисперсных оксидов, дисульфида молибдена

Это технология, с помощью которой, распыляя мишени из композиционных материалов, мы получаем на изделиях покрытия, полностью повторяющие материал мишени, как по химическому составу, так и по стехиометрии.

Перспективность этого метода мы видим при создании износостойких покрытий, обладающих высокими антикоррозионными характеристиками. Не менее важными работами с использованием метода ионно-лучевого распыления мы считаем работы по созданию твердосмазочных покрытий, способных работать в различных условиях эксплуатации, особенно, когда применение жидких смазочных материалов недопустимо.

Несмотря на многообразие технологических приемов, используемых при формировании функциональных покрытий, не существует универсальных методов, способных решать все зада-

чи, стоящие перед разработчиками, как в машиностроении, так и в инструментальной промышленности и решение каждой задачи требует своего индивидуального подхода, своего метода, своего материала.

Решению этих проблем и посвящена сегодня научная и производственная деятельность коллектива лабораторий институт в рамках многочисленных заданий государственных программ, как фундаментальных, так и прикладных исследований.

## ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ КРАНОВ С ИСТЁКШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ КАК ЧАСТЬ НОРМАТИВНОГО

А.Н. Наталевич, к.т.н., Н.Л. Нестеренко к.т.н.

Нормативные сроки службы (ресурс) кранов отражают реальный срок службы ориентировочно, т.к. назначаются при изготовлении, исходя из усредненных характеристик нагружения и гарантированных механических характеристик металла.

Календарные сроки службы неинтенсивно используемых кранов (при прочих равных условиях), как правило, выше нормативно установленных, указываемых в паспорте крана наряду с режимом работы. По истечении нормативного срока службы такие краны должны пройти техническую экспертизу, в результате проведения которой необходимо установить остаточный ресурс. После проведения восстановительных работ, необходимость которых устанавливает экспертиза, многие краны могут использоваться и в дальнейшем. Эксплуатация грузоподъемных кранов по окончании нормативного срока службы может быть продолжена при условии достаточной остаточной прочности металлоконструкции, т.е. наличии остаточного ресурса. В случае исчерпания нормативного срока службы (отсутствии остаточного ресурса) кран должен быть выведен из эксплуатации и списан.

Первым этапом при определении остаточного ресурса является определение фактических групп классификации (режима) ввиду соответствия по стандарту ИСО 4301 групп классификаций (режимов) кранов определенному значению параметров нагружения.

Определение групп классификации (режимов) кранов предусмотрено методикой [1], где оценка групп классификации кранов производится по значениям параметров нагруженности — числу  $C$  циклов нагружения и коэффициенту  $K_p$  распределения нагрузки.

В работе [2], предусмотрена базовая методика оценки остаточного ресурса кранов мостового типа по типу и числу дефектов главных балок. Здесь же на примере оценки остаточного ресурса мостового крана (Приложение 57) при определении групп классификации использован обобщенный параметр  $s$ , равный произведению числа циклов  $C$  и коэффициента  $K_p$  распределения нагрузки.

Определение остаточного ресурса кранов расчетным путем является достаточно трудоемкой задачей ввиду сложной степенной зависимости ресурса от ряда факторов: нагрузки, вида распределения нагрузки, частоты повторяемости нагрузок, числа циклов нагружения, коэффициента асимметрии циклов, концентрации напряжений и т.д.

В то же время использование методики определения групп классификации кранов, приведенной в работах [3, 4] позволяет повысить качество оценки остаточного ресурса кранов с истекшим сроком службы за счет использования обобщенного параметра  $s$ , учитывающего нагруженность и длительность действия нагрузки. Данная методика предусматривает определение групп классификации кранов по значению параметра (модуля)  $s = C \cdot K_p$  (здесь  $C$  — число циклов нагружения,  $K_p$  — коэффициент распределения нагрузки).

Величину  $s$  следует считать приведенным числом циклов нагружения, которое соответствует определенному значению нагрузки, эквивалентному по повреждающему действию всему спектру реальных нагрузок.

Величина (модуль)  $s$ , учитывающая длительность, величину и распределение нагрузки, постоянна для каждой группы режима и регламентирована по группам (табл.1). Использование мо-

дуля  $c$  — количественного показателя, соответствующего приведённому числу циклов, позволяет уточнить режим нагружения, а также (что важно) установить степень истощения ресурса крана по мере приближения с ростом числа циклов модуля  $c$  к его нормативному значению, предусмотренному для каждой группы режима (табл. 1).

Определение группы режима кранов по [1] и [3, 4] неоднозначно. В качестве примера рассмотрим определение групп режима 6 мостовых кранов ОАО «Гомсельмаш», параметры нагружения которых представлены в табл. 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Результаты расчёта фактических групп режима по [1] и [3, 4] представлены в табл. 8, 9, 10, 11, 12, 13. Из сравнения полученных по [1] и [3, 4] групп режимов кранов (табл. 8–13) можно видеть, что при расчёте согласно [3, 4] имеются существенные отличия (на 1–2 группы) в сторону более лёгких режимов нагружения.

То есть, применение методики с использованием обобщённого параметра  $c$  позволяет объективно оценить режим нагружения.

Как указано выше по величине параметра  $c$  можно установить степень истощения ресурса кранов по мере приближения фактической величины  $c$  к его нормативному значению с ростом наработки.

Оценку остаточного ресурса кранов следует проводить по величине коэффициента  $K_{рез}$  резерва ресурса:

$$K_{рез} = \frac{c_n - c_{ф}}{c_n}, \quad (1)$$

где  $c_n$  и  $c_{ф}$  — нормативный и фактический модуль. Значение нормативного модуля  $c_n$  для всех 6 кранов равно  $12,5 \cdot 10^4$  ввиду того, что согласно паспортным данным режим работы кранов — средний.

Значения фактического модуля  $c_{ф}$  найдены как произведение фактического числа циклов  $c_{ф}$  нагружения кранов на коэффициент  $K_p$  нагрузки (табл. 8–13). Найденные по (1) значения коэффициента  $K_{рез}$  резерва ресурса приведены в табл. 14.

Из (1) видно, что чем ближе величина  $K_{рез}$  к единице, тем больше резервов ресурса, т.е. остаточный ресурс. При  $K_{рез}=0$  следует считать ресурс истощённым.

Из рассмотрения найденных значений коэффициента  $K_{рез}$  (табл. 14) видно, что кран № 2814 подлежит списанию ( $K_{рез}=0$ ), а кран № 4161 близок к списанию (величина  $K_{рез}=0,06$  сопоставима с погрешностью расчётов).

Выводы:

1. Определение групп классификации кранов с помощью обобщённого параметра  $c$  позволяет реально оценить режим нагружения кранов.

2. Оценка остаточного ресурса кранов с истёкшим сроком службы может быть проведена при использовании метода определения групп классификации кранов представленного в [3,4] когда в качестве критерия оценки ресурса используется обобщённый параметр  $c$ .

Таблица 1

Нормативные модули групп режимов работы кранов

Группа ИСО 4301/1	-	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	-
Группа ГОСТ 25546-82	1Ka	1K	2K	3K	4K	5K	6K	7K	8K	8Ka
Модуль $10^{4*}$	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25,0	50,0	100,0	200,0

Таблица 2

Параметры нагружения крана инв. № 7702, г/п 3 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	$P_{max}$	3,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{см}$	2,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{дн}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{ц}$	30
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% $P_{max}$ , %	$C_{0,25}$	30
- 25–50% $P_{max}$ , %	$C_{0,5}$	30
- 50–75% $P_{max}$ , %	$C_{0,75}$	35
- 75–100% $P_{max}$ , %	$C_{1,0}$	5
Фактический срок службы крана, лет	$t_k$	27

Таблица 3

Параметры нагружения крана инв. № 10791, г/п 5 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	$P_{\max}$	5,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	254
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	180
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% $P_{\max}$ , %	$C_{0,25}$	99,0
- 25–50% $P_{\max}$ , %	$C_{0,5}$	1,0
- 50–75% $P_{\max}$ , %	$C_{0,75}$	-
- 75–100% $P_{\max}$ , %	$C_{1,0}$	-
Фактический срок службы крана, лет	$t_k$	25

Таблица 4

Параметры нагружения крана инв. № 2813, г/п 2 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	$P_{\max}$	2,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	10
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% $P_{\max}$ , %	$C_{0,25}$	40
- 25–50% $P_{\max}$ , %	$C_{0,5}$	50
- 50–75% $P_{\max}$ , %	$C_{0,75}$	6
- 75–100% $P_{\max}$ , %	$C_{1,0}$	4
Фактический срок службы крана, лет	$t_k$	45

Таблица 5

Параметры нагружения крана инв. № 2814, г/п 2 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	$P_{\max}$	2,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	60
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% $P_{\max}$ , %	$C_{0,25}$	30
- 25–50% $P_{\max}$ , %	$C_{0,5}$	60
- 50–75% $P_{\max}$ , %	$C_{0,75}$	8
- 75–100% $P_{\max}$ , %	$C_{1,0}$	2
Фактический срок службы крана, лет	$t_k$	45

Таблица 6

Параметры нагружения крана инв. № 4161, г/п 3 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	$P_{\max}$	3,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	250
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	65
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% $P_{\max}$ , %	$C_{0,25}$	60
- 25–50% $P_{\max}$ , %	$C_{0,5}$	30
- 50–75% $P_{\max}$ , %	$C_{0,75}$	7
- 75–100% $P_{\max}$ , %	$C_{1,0}$	3
Фактический срок службы крана, лет	$t_k$	37

Таблица 7

Параметры нагружения крана инв. № 4161, г/п 3 т.

Показатель	Обозначение	Значение
Максимальная масса поднимаемых грузов, т	$P_{\max}$	5,0
Среднее количество смен работы крана за сутки	$n_{\text{см}}$	1,0
Среднее количество рабочих дней в году	$n_{\text{дн}}$	210
Среднее количество циклов в сутки	$n_{\text{ц}}$	60
Доля циклов подъема грузов массой:		
- менее 25% $P_{\max}$ , %	$C_{0,25}$	60
- 25–50% $P_{\max}$ , %	$C_{0,5}$	30
- 50–75% $P_{\max}$ , %	$C_{0,75}$	8
- 75–100% $P_{\max}$ , %	$C_{1,0}$	2
Фактический срок службы крана, лет	$t_k$	37

Таблица 8

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 7702, г/п 3 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$4,05 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	$U_5$
3.	Коэффициент распределения нагрузок $K_p$	0,245
4.	Модуль групп режима	$9,9 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A5
-	по [3; 4]	A5, 5K

Таблица 9

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 10791, г/п 5 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$4,05 \cdot 10^6$
2.	Класс использования крана	$U_7$
3.	Коэффициент распределения нагрузок $K_p$	0,0166
4.	Модуль групп режима	$1,9 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A6
-	по [3; 4]	A3, 3K

Таблица 10

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 2813, г/п 2 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$2,25 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	$U_4$
3.	Коэффициент распределения нагрузок $K_p$	0,13
4.	Модуль групп режима	$2,9 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A4
-	по [3; 4]	A3, 3K

Таблица 11

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 2814, г/п 2 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$6,75 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	$U_6$
3.	Коэффициент распределения нагрузок $K_p$	0,185
4.	Модуль групп режима	$12,5 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A6
-	по [3; 4]	A5, 5K

Таблица 12

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 4161, г/п 3 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$1,06 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	$U_6$
3.	Коэффициент распределения нагрузок $K_p$	0,11
4.	Модуль групп режима	$11,7 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A6
-	по [3; 4]	A5, 5K

Таблица 13

Результаты расчета фактической группы режима работы крана инв. № 4499, г/п 5 т.

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Расчетное число циклов нагружения за срок службы крана	$4,7 \cdot 10^5$
2.	Класс использования крана	$U_5$
3.	Коэффициент распределения нагрузок $K_p$	0,1
4.	Модуль групп режима	$4,7 \cdot 10^4$
5.	Действительная группа режима работы крана:	
-	по [1]	A4
-	по [3; 4]	A4, 4K

Таблица 14

Значения коэффициента  $K_{рез}$  резерва ресурса

№ п/п	Инв. №	Группы режимов кранов		Модуль нормат. $10^4 \times C_n$	Модуль фактич. $10^4 \times c_{ф}$	Коеф. резерва, $K_{рез}$
		по 1-й метод.	по 2-й метод.			
1	7702	A5 (C)	A5 (C)	12,5	9,9	0,21
2	10792	A6 (T)	A3 (Л)	12,5	1,9	0,85
3	2813	A4 (C)	A3 (Л)	12,5	2,9	0,77
4	2814	A6 (T)	A5 (C)	12,5	12,5	0
5	4161	A6 (T)	A5 (C)	12,5	11,7	0,06
6	4469	A4 (C)	A4 (C)	12,5	4,7	0,62

*Литература*

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Минск, УП «Дизкос», 2008.–226 с.
2. Методические рекомендации по проведению технического диагностирования грузоподъемных кранов с истекшим сроком службы. Под ред. Н.Л. Нестеренко. Минск, «БОИМ», 2006.
3. РД 10-112-2-02 Дополнения к методическим указаниям по экспертному обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы, 2002.
4. РД 10.112-5Р Руководящий документ по оценке остаточного ресурса кранов мостового типа. М., 2002. – ОАО «ВНИИПТМАШ».

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В Минске с 10 по 13 марта 2009 г. в павильоне Национального выставочного центра «Белэкспо» проводились выставка и конференция «АТОМЭКСПО-БЕЛАРУСЬ-2009».

С инициативой о проведении этой специализированной выставки и конференции, посвященных атомной энергетике, выступило Минэнерго Беларуси. Участие в организации приняли также министерства образования, информации, природных ресурсов и охраны окружающей среды, архитектуры и строительства, НАН Беларуси, Департамент по атомной энергетике Министерства энергетики, МГЭУ им. А.Д. Сахарова, БНТУ, а с российской стороны — ОАО «Атомэкспо» (официальный выставочный оператор Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом») и организации атомной отрасли России.

Основными целями выставки и конференции «Атомэкспо-Беларусь» является представление новейших технологий проектирования, строительства, эксплуатации и обеспечения безопасности АЭС, привлечение инвесторов для финансирования строительства атомной станции. Ожидается, что работа форума будет способствовать формированию общественного мнения в поддержку строительства в Беларуси собственной АЭС, проведению в республике научно-исследовательских работ в области атомной энергетике, развитию системы подготовки кадров для этой сферы.

На выставке продемонстрированы продукция атомного машиностроения, приборы и оборудование для сооружения и эксплуатации АЭС, современные системы ядерной, эксплуатационной и радиационной безопасности, оборудование и технологии переработки, транспортировки и хранения отходов, средства защиты.

На конференции эксперты уделили внимание вопросам подготовки кадров для атомной энергетике, охране окружающей среды и стратегическим вопросам государственной политики по развитию атомной энергетике и обеспечению энергетической безопасности страны. Работа была разбита по секциям: «Проектирование и строительство АЭС», «Атомное машиностроение. Приборы и оборудование для сооружения АЭС», «Безопасная эксплуатация АЭС», «Ядерный топливный цикл, от добычи урана до обращения с ОЯТ и РАО». В секционных заседаниях приняли участие ученые и специалисты научно-исследовательских и учебных учреждений, компаний-поставщиков технологий и оборудования, органов государственного управления, участвующих в развитии атомной энергетике в стране. Кроме того, было проведено два «круглых стола», посвященных подготовке кадров для атомной энергетике и правовым вопросам атомной энергетике, а также системам информирования общественности.

Технический устроитель выставки — выставочная компания ЗАО «Техника и коммуникации».

*Предлагаем Вашему вниманию один из представленных на выставке проектов АЭС — базовый проект реакторной установки для АЭС ВВЭР-1000 (ОАО «ОКБ Гидропресс», Россия).*

## ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-1000

### Особенности реактора ВВЭР-1000

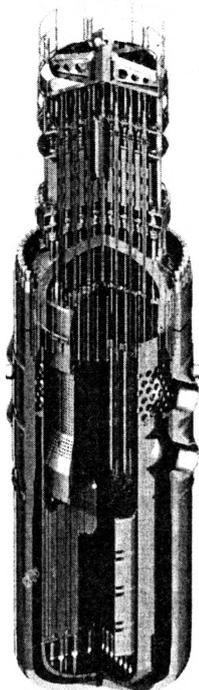
Реактор ВВЭР-1000 по своему конструктивному исполнению является продуктом эволюционного развития реакторов ВВЭР. Его особенности состоят в следующем:

- увеличен на 45 мм внутренний диаметр корпуса реактора в районе активной зоны с целью уменьшения потока нейтронов на корпус реактора;
- реализовано увеличенное количество органов СУЗ (до 121 шт.);
- предусмотрена новая программа образцов-

свидетелей (размещение облучаемых образцов-свидетелей непосредственно на стенке корпуса реактора);

*Особенности активной зоны и топливного цикла реактора ВВЭР-1000:*

- конструкция активной зоны обеспечивает работу в гибких топливных циклах длительностью от 12-ти до 24-х месяцев;
- активная зона предусматривает возможность продления топливного цикла за счет использования температурного и мощностного эффектов



реактивности на срок до 60-ти суток;

- активная зона предусматривает повышенный уровень выгорания топлива на уровне 70 МВт.сут/кг урана в среднем по максимально выгоревшей ТВС

- увеличение массы загружаемого в реактор топлива за счет усовершенствования конструкции твэлов;

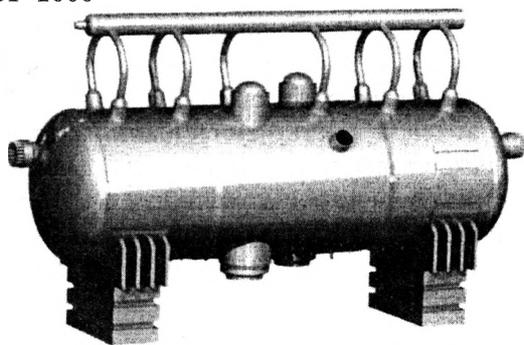
- конструкция ТВС является ремонтпригодной и обеспечивает возможность дистанционного извлечения и замены дефектного твэла с помощью простых ремонтных приспособлений;

- используется урановое топливо  $UO_2$ , возможно применение уран-гадолиниевого топли-

ва  $UO_2-Gd_2O_3$ ;

- температура повторной критичности — менее 100 °С.

#### Особенности парогенератора в проекте РУ ВВЭР-1000



С целью повышения надежности парогенераторов в процессе их эксплуатации применяется модернизированная конструкция парогенератора со следующими основными конструктивными отличиями:

- применена разреженная коридорная компоновка труб в теплообменном пучке;

- уплотнение всех разъемов первого и второго контуров обеспечивается прокладками из расширенного графита;

- предусмотрена установка смывных устройств, что позволяет обеспечить чистоту пространства «кармана» за счет периодических промывок в ППР;

- конструкция ПГ максимально адаптирована для применения автоматизированных средств контроля и обслуживания как со стороны первого, так и второго контура;

- увеличено пространство под трубным пучком для облегчения удаления шлама.

*Применение разреженной коридорной компоновки труб в теплообменном пучке позволяет:*

- увеличить интенсивность циркуляции в трубном пучке, что ведет к снижению скорости роста отложений на теплообменных трубах;

- повысить технологичность ремонта (глушения) ТОТ;

- повысить технологичность и качество сборки трубного пучка;

- уменьшить возможность забивания межтрубного пространства отслоившимся шламом;

- облегчить доступ в межтрубное пространство для инспекции теплообменных труб и их очистки при необходимости;

- увеличить запас воды в парогенераторе;

- улучшить напряженное состояние коллектора теплоносителя.

#### Особенности ГЦНА в проекте РУ ВВЭР-1000

В качестве главного циркуляционного насоса применяется ГЦНА-1391, который имеет следующие особенности:

- применен торсион с пластинчатой муфтой вместо зубчатой муфты;

- использован главный радиально-осевой подшипник с водяной смазкой;

- в режиме стоянки теплоотвод от нижнего радиального подшипника осуществляется естественной циркуляцией;

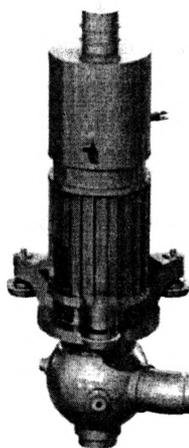
- применена сферическая форма штампо-сварного корпуса.

*Двигатель имеет следующие преимущества:*

- индивидуальная система смазки;

- пуск двигателя осуществляется вначале до 750 об/мин, а затем производится переход на номинальную скорость вращения 1000 об/мин;

- планируется водяная смазка подшипников электродвигателя для исключения масляной системы в целях исключения пожароопасности.



# ЧТО ТАКОЕ ИННОВАЦИИ И ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ?

О.Г. Дьяченко,

директор Центра трансфера технологий МГУ имени М.В. Ломоносова

В законодательстве отсутствует определение «инновация» и «инновационная деятельность»!

• «инновация (нововведение)» — конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности;

• «инновационная деятельность» — процесс, направленный на реализацию результатов законченных научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений в новый или усовершенствованный продукт, реализуемый на рынке, в новый или усовершенствованный технологический процесс, используемый в практической деятельности, а также связанные с этим дополнительные научные исследования и разработки;

• «инновационная инфраструктура» — организации, способствующие осуществлению инновационной деятельности (инновационно-технологические центры, технологические инкубаторы, технопарки, учебно-деловые центры и другие специализированные организации).

## А попроще?

• **Инновационная деятельность** — деятельность в сфере разработки и практического использования (коммерциализации) результатов научных исследований, технических, технологических и организационно-экономических нововведений;

• **Инновации** — результат внедрения новшества с целью получения экономического, социального, экологического или иного вида эффектов.

• **Новшество** — оформленный результат исследований и разработок в какой-либо сфере деятельности. В качестве видов оформления можно рассматривать (патенты, товарные знаки, ноу-хау, открытия и т.д.).

## Инновационная инфраструктура Основные элементы инновационной инфраструктуры:

- Федеральные (Минобрнауки, ФАНИ, Федеральное агентство по образованию, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам) и региональные органы исполнительной власти
- Патентные агентства
- Венчурные фонды
- Научные парки, технопарки, технополисы
- Центры научно-технической информации
- Центры трансфера технологий
- Инновационные фонды
- Бизнес инкубаторы
- Кадровые, учебные и информационные центры
- Инновационно-технологические центры
- Наукограды
- Особые экономические зоны

## Участники инновационной деятельности:

- ученые,
- научные центры (университеты, институты),
- малые инновационные компании,
- финансовые структуры (венчурные фонды, банки, бизнес-ангелы),
- ИТЦ, научные и технопарки, бизнес-инкубаторы, ЦТТ и т.д.,
- промышленные предприятия и корпорации,
- государство

## Выбор пути

### Что следует учитывать:

- стадия научной разработки (технологии)
- основные участники и их интересы (возможный конфликт интересов)
- ваша роль в каждом случае
- кому будет принадлежать интеллектуальная собственность
- возможные риски
- источники финансирования и т.д.

# ПАТЕНТУЕМ САМИ

(Продолжение. Начало см. №№1–3, 2008 г.)

А.Э. Павлович

Ранее в качестве примера были составлены описание, фигуры, формула и реферат патентуемого устройства, которые вместе с заявлением о выдаче патента на полезную модель принимаются для рассмотрения Национальным центром интеллектуальной собственности Республики Беларусь (НЦИС).

## Заявление о выдаче патента на полезную модель

Заявление имеет 12 заполняемых разделов:

**1** — Этот раздел заполняется экспертом НЦИС в процессе рассмотрения заявочных материалов (упрощенно «заявки»). Им проставляется дата фактического поступления заявки по почте или через пункт приема в НЦИС.

Если иностранный заявитель спрашивает так называемый «конвенционный приоритет» по дате подачи тождественной заявки в своей стране — участнице Парижской конвенции по охране промышленной собственности, причем, в течение года после такой подачи, то в графе «дата подачи» проставляется не дата фактического поступления заявки в НЦИС, а упомянутая более ранняя дата подачи тождественной заявки. В противном случае, и это касается преимущественно заявок отечественных заявителей, графы «дата поступления» и «дата подачи» совпадают по своему заполнению.

Записывается также входящий номер поступления и присваивается номер заявочных материалов (упрощенно — «заявки»), например, «и 20090107», для ведения делопроизводства. Здесь «и» — принятое обозначение от начальной буквы понятия «utility model» — «полезная модель», «2009» — год и «0107» — порядковый номер заявки на полезную модель в этом году. Также уточняется и указывается раздел, класс, подкласс, рубрика и подрубрика Международной патентной классификации (МПК), относительно области применения заявляемой полезной модели.

Графа «см. приложение» может помечаться и самим заявителем если, например, заявление имеет продолжение на дополнительном листе.

**2** — Здесь заявитель (ли) указывает полностью свое юридическое название – фамилию, имя отчество если заявитель является физическим лицом, или название организации, согласно ее записанному юридическому наименованию в учредительных документах. Также указываются данные о месте жительства или местонахождении заявителя (лей), кроме случая, когда заявитель является автором заявляемой полезной модели. Тогда нужно это указать в разделе 11 заявления.

**3** — В данном разделе проставляется двухбуквенный код страны заявителя. Для Республики Беларусь - это «BY».

**4** — Здесь указываются другие даты и сведения отличные от даты поступления заявки. Если материалы подаваемой заявки выделяются из ранее поданной заявки, то они относятся к так называемой «выделенной заявке» и в этом разделе это отмечается с указанием даты подачи и номера ранее поданной заявки.

В этом разделе также указывается спрашивание даты упомянутого конвенционного приоритета или присвоение более ранней даты подачи заявки, чем фактическая дата ее поступления, для соответствующей отметки экспертом в указанном разделе 1 заявления.

- 5 — В этом разделе указывается название полезной модели, которое характеризует ее назначение. Название должно быть кратким, лаконичным (предпочтительно не более 10 слов) и не содержать вымышленных наименований. Для рассмотренного ранее примера — «Устройство для тренировки».
- 6 — Здесь нужно указать реквизиты, по которым будет вестись переписка и переговоры эксперта, ведущего дело по заявке с заявителем.
- 7 — В случае представительства заявителя другим лицом указываются соответствующие сведения или о патентном поверенном или об общем представителе (когда заявителей несколько).

стр. 1 заявления

стр. 2 заявления

Заполняется НЦИС

Дата поступления	Входящий №	№ заявки
Дата подачи	1 МПК	<input type="checkbox"/> см. приложение
<b>ЗАЯВЛЕНИЕ</b> о выдаче патента Республики Беларусь на полезную модель		В Национальный центр интеллектуальной собственности Комитета по науке и технологиям при Совете Министров Республики Беларусь 220034, Минск, ул. Козлова, 20
Представляя указанные ниже документы, прошу (просим) выдать патент Республики Беларусь на имя заявителя(ей). Заявитель(и):		Код страны местожительства или местонахождения по стандарту ВОИС ST.3
(указывается полное имя или наименование заявителя(ей) и его(их) местожительство или местонахождение. Данные о местожительстве авторов-заявителей приводятся на второй странице заявления)		
<input type="checkbox"/> Заявка подается как выделенная	Дата подачи первоначальной заявки	4
	Номер первоначальной заявки	
Прощу установить приоритет по дате:		
<input type="checkbox"/> подачи первой заявки в стране - участнице Парижской конвенции <input type="checkbox"/> подачи более ранней заявки в Национальный центр интеллектуальной собственности <input type="checkbox"/> поступления дополнительных материалов к ранее поданной заявке (заполняется только при испрашивании приоритета более раннего, чем дата подачи заявки в НЦИС)		
№ первой, более ранней, первоначальной заявки	Дата испрашиваемого приоритета	Код страны подачи по ST.3 (при испрашивании конвенционного приоритета)
1.		
2.		
3.		
<b>Название полезной модели</b> 5		
Адрес для переписки с указанием наименования или имени адресата (заявителя, патентного поверенного или общего представителя (из числа заявителей))		
Телефон:	6 Факс	E-mail:
<b>Представитель заявителя</b> (полное имя, наименование, регистрационный номер для патентного поверенного)		
является(ются): <input type="checkbox"/> патентным(и) поверенным(и); 7 <input type="checkbox"/> общим представителем (из числа заявителей)		

Нужное отметить знаком X

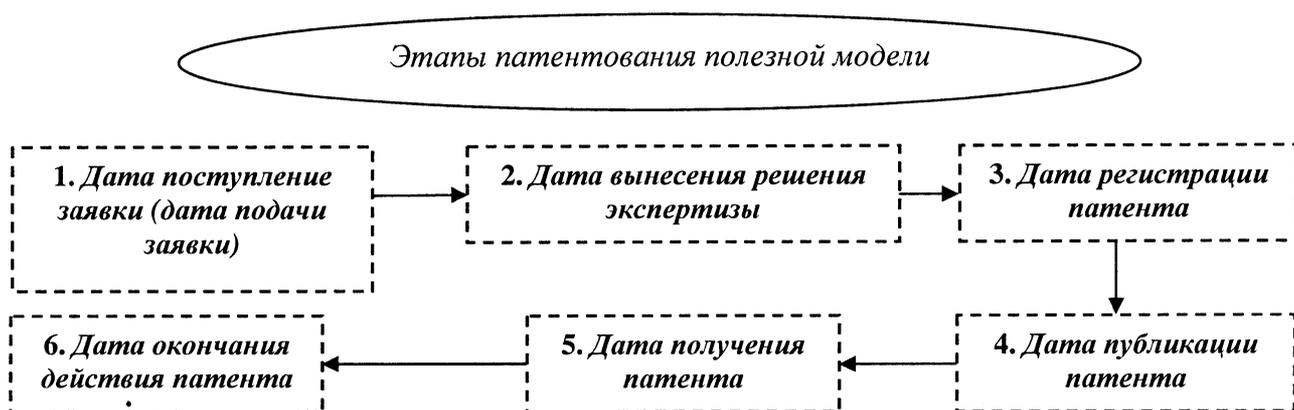
Перечень прилагаемых документов	Количество листов в одном экземпляре	Количество экземпляров	Основание для возникновения права на подачу заявки (без представления документа):
<input checked="" type="checkbox"/> описание 8			9 1. <input type="checkbox"/> заявитель является автором 2. <input type="checkbox"/> заявитель является наименователем автора 3. <input type="checkbox"/> заявителем является иное лицо (при условии его согласия), указанное автором 4. <input type="checkbox"/> заявитель является правопреемником автора 5. <input type="checkbox"/> заявитель является правопреемником наименователя
<input checked="" type="checkbox"/> формула (независимые пункты )			
<input checked="" type="checkbox"/> чертеж(и) и иные материалы (8 фиг.)			
<input checked="" type="checkbox"/> реферат			
<input type="checkbox"/> документ об уплате пошлины			
документ, подтверждающий наличие оснований для:			
<input type="checkbox"/> освобождения от уплаты пошлины			
<input type="checkbox"/> уменьшения размера пошлины			
<input type="checkbox"/> копия(и) первой(ых) заявки(ок) (при испрашивании конвенционного приоритета)			
<input type="checkbox"/> перевод заявки на русский или белорусский язык			
<input type="checkbox"/> доверенность, удостоверяющая полномочия патентного поверенного			
<input type="checkbox"/> Другие материалы			
Фигура № 10 чертежей (если имеются) предлагается для публикации			
<b>Автор(ы)</b> Фамилия, имя, отчество (если оно используется)		Адрес местожительства, включая код страны по стандарту ВОИС ST.3	
11			
<b>Подпись(и) заявителя(ей) или его патентного поверенного</b> (с указанием должности, фамилии и инициалов); дата 12 (при подписании от имени юридического лица подпись руководителя скрепляется печатью)			

- 8 — Указывается перечень прикладываемых материалов к заявке, перечисленных в данном разделе. Для приема заявки экспертизой достаточно приложить (помеченные квадраты) описание, графические материалы, формулу и реферат заявляемой полезной модели с указанием количества листов и их экземпляров (по правилам — два экз.).

Обязательные документ об уплате пошлины (1 базовая величина) и доверенность на представителя заявителя должны быть отправлены в НЦИС в течение 2-х месяцев с даты поступления заявки. Порядок уплаты и размеры пошлин определены нормативным правовым актом [1].

- 9 — В данном разделе делается отметка о правовом статусе заявителя.
- 10 — Если фигур больше одной, то пишется номер фигуры, которая будет опубликована.
- 11 — Указываются данные об авторе (авторах).
- 12 — Ставится с расшифровкой подпись заявителя и печать при необходимости или подпись его представителя, а также указывается дата совершения таких отметок.

Заявка оформляется согласно установленных Правил [3] и подается в отдел делопроизводства и контроля при НЦИС. Далее, согласно Закона [3], правовая процедура прохождения заявки осуществляется по нижеприведенной схеме:



Данные даты этапов патентования важны для будущего владельца патента, так как определяют некоторые правовые особенности действия такого охранного документа.

Дата первого этапа определяет начало ведения делопроизводства по заявке, которое обязано завершиться в течение 4-х месяцев от данной даты вынесением решения экспертизы. Если на этой стадии эксперт затребует разъяснения или дополнительные материалы, дав для ответа заявителю два месяца с даты такого запроса, то данный интервал между первым и вторым этапами увеличится.

Кроме того, на первом этапе также определяется дата подачи заявки (ее отличие от даты поступления см. выше в разъяснении раздела 1 заявления). От даты подачи заявки исчисляется срок действия патента (этап 6 по схеме). Этот срок равен 5 годам с правом продления по ходатайству патентообладателя на три года.

После даты вынесения положительного решения экспертизы о патентовании (этап 2) необходимо в течение 2 месяцев оплатить государственную пошлину (1 базовая величина) за регистрацию и публикацию патента.

После оплаты пошлины регистрация патента (этап 3) происходит практически в несколько дней, а публикация позже — в зависимости от выхода в свет официального бюллетеня НЦИС (в настоящее время это происходит шесть раз в год).

Дата публикации патента (этап 4) важна тем, что после нее владелец патента вправе предъявлять претензии к нарушителям его исключительного права.

Дата получения патента (этап 5) определяет реальность предъявления этих претензий, так как для идентификации своих прав, например, в Судебной коллегии по делам интеллектуальной собственности Верховного Суда Республики Беларусь или в Апелляционном совете НЦИС, патентообладатель должен предъявить такой охранный документ.

Если по каким либо причинам он не может получить его, то НЦИС высылает патент по почте на адрес, указанный в графе раздела «Адрес для переписки» рассмотренного выше заявления. Возможна также выдача дубликата патента в случае утери его оригинала.

С даты подачи заявки (этап 1) необходимо вносить пошлины за каждый год действия патента (от 0,4 до 1 базовой величины). Если по каким либо причинам это не сделано, то действие патента прекращается на период неуплаты. Возобновление действия патента производится после подачи ходатайства и уплаты соответствующей пошлины и пошлины за очередной год его действия.

В следующем номере будет рассмотрено отличие процедур оформления и экспертизы заявок на патентование изобретения и промышленного образца от рассмотренных примеров по патентованию полезной модели.

*Для закрепления материала* предлагается читателям самостоятельно определить: нарушается ли согласно Закону [2] патент Республики Беларусь № 199 U на полезную модель «Календарь Молодцова» (дата подачи заявки 05.04.2000 г.) [4] нашей публикацией аналогичного календаря в этом выпуске журнала «И-М» (см. стр. 40)?

Ниже приводится независимый пункт формулы полезной модели запатентованного календаря [4]:

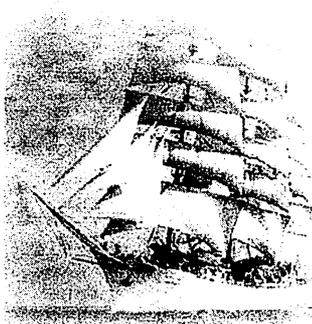
*«Календарь, содержащий лист информации с календарными определителями и текстовой пояснительной частью, отличающийся тем, что информационный лист снабжен таблицей столетий с восьмью вертикальными и семью горизонтальными колонками, таблицей суточного расхождения между годами по «старому» и «новому» стилям летоисчисления, а также таблицей о датах религиозных праздников, при этом календарные определители выполнены в виде недельных календарей, сгруппированных по семь штук для високосных и не високосных годов, причем в первой вертикальной колонке таблицы столетий расположено пять столбцов с наименованиями дней недели, приходящихся на Первое января по «старому» и «новому» стилям летоисчисления, а в каждой последующих вертикальных колонках таблицы столетий расположены четыре столбца с цифрами, соответствующими обозначению годов столетий, кроме того каждая из горизонтальных колонок таблицы столетий снабжена четырьмя строками, одна из которых предназначена для обозначения високосных годов, а текстовая пояснительная часть при помощи обозначения стрелок связана с таблицей столетий, таблицей суточного расхождения между годами по «старому» и «новому» стилям летоисчисления, и с календарными блоками».*

Также предлагается составить формулу заявки на патентование нашего календаря в качестве полезной модели, взяв за прототип упомянутый календарь [4].

Фамилии читателей, приславших решения, и сами решения будут опубликованы, а их авторы — поощрены оригинальными призами от редакции журнала.

*Источники информации:*

1. Указ президента Республики Беларусь «О патентных пошлинах» № 513 от 24.08.2006
2. Закон республики Беларусь « О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы» № 160-316 от 16.12.2002 г.
3. Правила составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на полезную модель. Утверждены Постановлением № 17 Комитета по науке и технологиям при Совете Министров Республики Беларусь от 16.06.2003.
4. Патент ВУ № 199U, МПК G09D3/00, дата поступления 05.04.2000, дата публикации 30.12.2000 г.



Пусть ветры удач  
сопутствуют Вам все годы

**XXI ВЕК**

СМЕНА ГОДА ГОД И НОМЕР КАЛЕНДАРЬ

СМЕНА ГОДА	1901	1913	1925	1937	1949	1961	1973	1985	1997
БЫК	1*	2*	8	9	5	6	1	2	3
ТЯГЛ	1902	1914	1926	1938	1950	1962	1974	1986	1998
КОРОВИК	1903	1915	1927	1939	1951	1963	1975	1987	1999
ДРАКОН	1904	1916	1928	1940	1952	1964	1976	1988	2000
ЗМЕЯ	1905	1917	1929	1941	1953	1965	1977	1989	
ЛОШАДЬ	1906	1918	1930	1942	1954	1966	1978	1990	
КОЗА	1907	1919	1931	1943	1955	1967	1979	1991	
ОБЕЗЬЯНА	1908	1920	1932	1944	1956	1968	1980	1992	
ПЕТУХ	1909	1921	1933	1945	1957	1969	1981	1993	
СОБАКА	1910	1922	1934	1946	1958	1970	1982	1994	
СВИНЬЯ	1911	1923	1935	1947	1959	1971	1983	1995	
КРЫСА	1912	1924	1936	1948	1960	1972	1984	1996	

**XXII ВЕК**

СМЕНА ГОДА ГОД И НОМЕР КАЛЕНДАРЬ

СМЕНА ГОДА	2001	2013	2025	2037	2049	2061	2073	2085	2097
ЗМЕЯ	1	2	3	8	9	5	6	1	2
ЛОШАДЬ	2002	2014	2026	2038	2050	2062	2074	2086	2098
КОЗА	2003	2015	2027	2039	2051	2063	2075	2087	2099
ОБЕЗЬЯНА	2004	2016	2028	2040	2052	2064	2076	2088	2100
ПЕТУХ	2005	2017	2029	2041	2053	2065	2077	2089	
СОБАКА	2006	2018	2030	2042	2054	2066	2078	2090	
СВИНЬЯ	2007	2019	2031	2043	2055	2067	2079	2091	
КРЫСА	2008	2020	2032	2044	2056	2068	2080	2092	
БЫК	2009	2021	2033	2045	2057	2069	2081	2093	
ТЯГЛ	2010	2022	2034	2046	2058	2070	2082	2094	
КОРОВИК	2011	2023	2035	2047	2059	2071	2083	2095	
ДРАКОН	2012	2024	2036	2048	2060	2072	2084	2096	

**КАЛЕНДАРЬ №1 Годы: 1923, 1934, 1945, 1951, 1962, 1973, 1979, 1990, 2001, 2007, 2018, 2029, 2035, 2046, 2050, 2063, 2074, 2085, 2091**

ЯНУАРИЙ	ФЕВРАЛЬ	МАРТ	АПРЕЛЬ	Пн
Пн 1 8 15 22 29	5 12 19 26	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Пн
Вт 2 9 16 23 30	6 13 20 27	6 13 20 27	3 10 17 24	Вт
Ср 3 10 17 24 31	7 14 21 28	7 14 21 28	4 11 18 25	Ср
Чт 4 11 18 25	8 15 22 29	8 15 22 29	5 12 19 26	Чт
Пт 5 12 19 26	2 9 16 23	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Пт
Сб 6 13 20 27	3 10 17 24 31	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Сб
Вс 7 14 21 28	4 11 18 25	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Вс

МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГУСТ	Пн
Пн 7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Пн
Вт 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Вт
Ср 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Ср
Чт 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Чт
Пт 11 18 25	8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24 31	Пт
Сб 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	Сб
Вс 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Вс

СЕНТЯБРЬ	ОКТАБРЬ	НОЯБРЬ	ДЕКАБРЬ	Пн
Пн 3 10 17 24	1 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	Пн
Вт 4 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25	Вт
Ср 5 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	Ср
Чт 6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	Чт
Пт 7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	Пт
Сб 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	Сб
Вс 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	Вс

**КАЛЕНДАРЬ №2 Годы: 1929, 1935, 1946, 1957, 1963, 1974, 1985, 1991, 2002, 2013, 2019, 2030, 2041, 2047, 2058, 2069, 2075, 2086, 2097, 2103**

ЯНУАРИЙ	ФЕВРАЛЬ	МАРТ	АПРЕЛЬ	Пн
Пн 7 14 21 28	4 11 18 25	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Пн
Вт 8 15 22 29	5 12 19 26	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Вт
Ср 9 16 23 30	6 13 20 27	6 13 20 27	3 10 17 24	Ср
Чт 10 17 24 31	7 14 21 28	7 14 21 28	4 11 18 25	Чт
Пт 11 18 25	1 8 15 22	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Пт
Сб 12 19 26	2 9 16 23	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Сб
Вс 13 20 27	3 10 17 24	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Вс

МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГУСТ	Пн
Пн 6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Пн
Вт 7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Вт
Ср 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Ср
Чт 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Чт
Пт 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Пт
Сб 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24 31	Сб
Вс 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	Вс

СЕНТЯБРЬ	ОКТАБРЬ	НОЯБРЬ	ДЕКАБРЬ	Пн
Пн 2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	Пн
Вт 3 10 17 24	8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	Вт
Ср 4 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25	Ср
Чт 5 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	Чт
Пт 6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	Пт
Сб 7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	Сб
Вс 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	Вс

**КАЛЕНДАРЬ №3 Годы: 1919, 1930, 1941, 1947, 1958, 1969, 1975, 1986, 1997, 2003, 2014, 2025, 2031, 2042, 2053, 2059, 2070, 2081, 2087, 2098**

ЯНУАРИЙ	ФЕВРАЛЬ	МАРТ	АПРЕЛЬ	Пн
Пн 6 13 20 27	3 10 17 24	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Пн
Вт 7 14 21 28	4 11 18 25	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Вт
Ср 8 15 22 29	5 12 19 26	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Ср
Чт 9 16 23 30	6 13 20 27	6 13 20 27	3 10 17 24	Чт
Пт 10 17 24 31	7 14 21 28	7 14 21 28	4 11 18 25	Пт
Сб 11 18 25	1 8 15 22	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Сб
Вс 12 19 26	2 9 16 23	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Вс

МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГУСТ	Пн
Пн 5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	Пн
Вт 6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Вт
Ср 7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Ср
Чт 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Чт
Пт 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Пт
Сб 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Сб
Вс 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24 31	Вс

СЕНТЯБРЬ	ОКТАБРЬ	НОЯБРЬ	ДЕКАБРЬ	Пн
Пн 1 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	Пн
Вт 2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	Вт
Ср 3 10 17 24	8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	Ср
Чт 4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	4 11 18 25	Чт
Пт 5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	5 12 19 26	Пт
Сб 6 13 20 27	3 10 17 24 31	8 15 22 29	6 13 20 27	Сб
Вс 7 14 21 28	4 11 18 25	1 8 15 22 29	7 14 21 28	Вс

**КАЛЕНДАРЬ №4 Годы високосные: 1904 (старый стиль), 1920, 1948, 1976, 2004, 2032, 2060, 2088**

ЯНУАРИЙ	ФЕВРАЛЬ	МАРТ	АПРЕЛЬ	Пн
Пн 5 12 19 26	2 9 16 23	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Пн
Вт 6 13 20 27	3 10 17 24	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Вт
Ср 7 14 21 28	4 11 18 25	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Ср
Чт 8 15 22 29	5 12 19 26	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Чт
Пт 9 16 23 30	6 13 20 27	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Пт
Сб 10 17 24 31	7 14 21 28	6 13 20 27	3 10 17 24 31	Сб
Вс 11 18 25	1 8 15 22 29	7 14 21 28	4 11 18 25	Вс

МАЙ	ИЮНЬ	ИЮЛЬ	АВГУСТ	Пн
Пн 3 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	Пн
Вт 4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24 31	Вт
Ср 5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	Ср
Чт 6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Чт
Пт 7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Пт
Сб 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Сб
Вс 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29	Вс

СЕНТЯБРЬ	ОКТАБРЬ	НОЯБРЬ	ДЕКАБРЬ	Пн
Пн 6 13 20 27	4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27	Пн
Вт 7 14 21 28	5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28	Вт
Ср 8 15 22 29	6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29	Ср
Чт 9 16 23 30	7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30	Чт
Пт 10 17 24	1 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24 31	Пт
Сб 11 18 25	2 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25	Сб
Вс 12 19 26	3 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26	Вс

**КАЛЕНДАРЬ №5 Годы: 1921, 1927, 1938, 1949, 1955, 1966, 1977, 1983, 1994, 2005, 2011, 2022, 2033, 2039, 2050, 2061, 2067, 2078, 2089, 2095**

ЯНУАРИЙ	ФЕВРАЛЬ	МАРТ	АПРЕЛЬ	Пн
Пн 3 10 17 24 31	7 14 21 28	7 14 21 28	4 11 18 25	Пн
Вт 4 11 18 25	1 8 15 22	1 8 15 22 29	5 12 19 26	Вт
Ср 5 12 19 26	2 9 16 23	2 9 16 23 30	6 13 20 27	Ср
Чт 6 13 20 27	3 10 17 24	3 10 17 24 31	7 14 21 28	Чт
Пт 7 14 21 28	4 11			

## ПОД КРЫЛОМ — СТАЛИНГРАД

*У каждого участника Сталинградской битвы — свой Сталинград.*

*ПЕХОТИНЕЦ видел его из окопа или подвала, генерал — через окуляры стереотрубы. А Иван ПСТЫГО, получивший после войны маршальские погоны, видел город сверху. Он был лётчиком штурмовой авиации.*

— 16 июля 1942г. наш 504-й штурмовой авиаполк в составе 21 новенького штурмовика Ил-2 прилетел из Борисоглебска на аэродром Песковатка на левом берегу Дона. На следующий день был образован Сталинградский фронт. Так для меня началась Сталинградская битва.

Тогда, в конце июля, кстати, вышел знаменитый приказ Сталина № 227, который в народе окрестили как «Ни шагу назад!». Приказ в принципе был правильный, хотя и содержал в себе резкие слова в адрес Красной армии и всего советского народа. Хотя справедливости ради скажу, что войска наши на Дону упёрлись и перестали отступать не по этому приказу, а где-то за неделю до него.

### Волга в огне

Собственно, сражение за сам город началось где-то в начале сентября. 23 августа Сталинград бомбили 2 тысячи немецких бомбардировщиков. Сталинград — уникальный город, он на 70 км изгибается вдоль Волги. В ширину же — всего 600 метров, подряд стоят 6 заводов-гигантов. Бомби — не хочу, даже прицеливаться особенно не надо. Промажнуться почти невозможно.

Кто успел спрятаться в подвал — повезло. Или если две стены дома шатром сложились — самое безопасное место! Люди в такие места прятались. Но всё равно тогда гражданских погибло очень много. Потери до сих пор уточнить не могут. Ну и пожары, конечно, начались. Там треугольником стояли три огромных нефтехранилища. Вернее, нефтяных озера. Таких больших, что по поверхности на лодках плавать можно. При бомбёжке они все загорелись, и нефть потекла в Волгу. Я тогда как раз на цель захо-

дил и вижу: река горит! Местами на всю ширину Волга была покрыта пламенем. Жуткое зрелище!

Хотя эти пожары нас и спасали. Они не давали немецкой авиации прицельно работать по нашему переднему краю и аэродромам.

Как мы это выдерживали, теперь и сам понять не могу. Молодые были. Мне в апреле 42-го как раз 24 года исполнилось. Во мне расту 173 см.

Невелик мужичок! А весил я тем летом и того меньше — 53 кг. Не ел почти ничего — просто не лезло в горло, и всё! И так со всеми было. Мы напоминали боевых петухов, у которых, кроме шпор и мышц, ничего нет. Вернёшься с задания, ляжешь под крыло и провалишься в какое-то сумеречное состояние между сном и явью. Тут снова сигнал: «По машинам!» И так день за днём...

### Штурмовики над улицей

В один из таких дней только с задания вернулись — говорят:

— Быстро-быстро перевооружайся! Группу поведёшь.

— На какую цель?

— 62-ю армию Чуйкова разрезала танковая группировка немцев. Сейчас они на перекрёстке Коммунистической и Саратовской улиц. В общем, давай туда.

А как я их найду в каменном месиве, в которое превратился город? К этому времени наши обороняли уже не полосу земли вдоль Волги, а отдельные островки в море руин. Где искать эту Коммунистическую и эту Саратовскую? Но приказ есть приказ, а за неисполнение — трибунал! В общем, выкручиваю на старт с самыми мрачными предчувствиями относительно своей судьбы. И тут вижу: вопреки всем правилам навстречу мне по взлётной полосе мчится «эмка» — в последний момент начальнику штаба дивизии удалось разыскать крупномасштабный довоенный план города.

С этого момента всё пошло как по маслу. Взлетели, нашёл железнодорожный вокзал — в любом россий-

ском городе от него всегда надо плясать, как от печки. От вокзала быстро Коммунистическую улицу нашёл. На ней танки. У меня под брюхом крупная для штурмовика бомба подвешена — ФАБ-250. Ею я должен обозначить центр цели. Из пикирования, градусов под 60, я её на немцев и «уронил». Все по



*В те дни город на Волге напоминал огромное каменное месиво*

радио кричат: «Попал, попал!» А я им: «Прекратить разговоры, приступаем к работе!» Замыкаем круг — это такое стандартное боевое построение штурмовиков, при котором они друг за другом летят и по очереди «ныряют» на цель. И пошёл: бомбы, реактивные бронейные снаряды, пушки... Увлёклись так, что выходить из пикирования стали ниже труб пятиэтажных домов, что вдоль Коммунистической стоят. А с КП Чуйкова (он 62-й армией, оборонявшей Сталинград, командовал) кричат по рации: «Молодцы, горят, давайте ещё заход!» А уже нечем. Всё до последнего снаряда, вашу мать, израсходовали! Пожгли то ли 9, то ли 12 танков. Остальные повернули и ушли. Пока летели домой, мне в воздухе присвоили звание капитана. Потом девушки-связистки показали

мне запись переговоров по «Бодо» (было в войну такое секретное буквопечатающее устройство) Хрюкина (командующего 8-й воздушной армией. — Ред.) с командиром моей дивизии. Хрюкин спрашивает:

— Кто водил группу?

— Пстыго.

— Кто он у вас?

— Старший лейтенант.

— Так вот, он уже капитан!

— А мы его ещё не представляли к очередному званию...

— А на кой х... мне твоё представление?

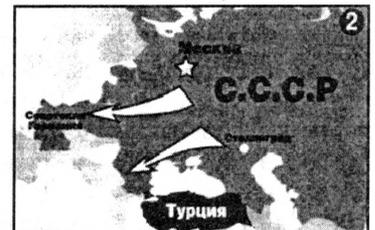
Всё так и было написано, слово в слово. Телеграфистка, как ни красней, не имеет права выбрасывать из служебных переговоров ничего, в том числе и мат. В общем, всё в этом документе так и осталось для истории.

**Записал Сергей ОСИПОВ**

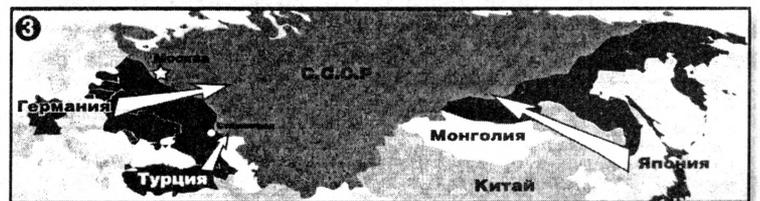
*Фото ИТАР-ТАСС, из архива РИА «Новости»*

## Три варианта истории

*К началу 1943 г., обстановка под Сталинградом буквально висела на волоске. Чаша весов могла склониться в чью угодно сторону. Какие варианты развития событий были возможны?*



...Если бы немцев не выпустили с Кавказа, две их танковые армии были бы разбиты у Ростова и Таганрога, а 17-я общевойсковая армия — при попытке переправиться на Керченский полуостров. В этом случае «коренной перелом» в войне случился бы не летом 1943-го под Курском, а уже в январе. Война, возможно, закончилась бы в Берлине в середине 1944-го.



...Если бы окружить армию Паулюса под Сталинградом не удалось, это имело бы катастрофические последствия. Немцы захватили бы Кавказ, Сталинград (Москву, скорее всего, удалось бы отстоять), линия фронта стабилизировалась по рекам Волга — Дон. В войну вступили бы Турция и Япония. К лету 1943 г. СССР вышел бы из войны с потерей Прибалтики, Украины, Белоруссии, Грузии, Армении, Азербайджана, Ростовской и Сталинградской областей России, а также территорий на Дальнем Востоке. Когда в этом случае закончилась бы Вторая мировая, сказать сложно...

Напомним, как всё происходило на самом деле: перед наступлением на Сталинград Гитлер разделил немецкие войска на южном участке фронта на 2 части. Группа армий «А» наступала от Ростова на Кавказ и должна была захватить нефтяные месторождения в Чечне и Азербайджане. Группа армий «Б», в том числе 6-я армия Паулюса, наступала на Сталинград. После того как она оказалась в окружении, с Кавказа была срочно отведена группа армий «А». Попытки Красной армии устроить на Кавказе второй Сталинград не удалась. А если бы...

# ПРОТИВОСТОЯНИЕ ЛЕТАЮЩИХ МОНСТРОВ

(Продолжение. Начало см. №№ 2–3 2008 г.)

Клеванец Ю.В.

*История применения Б-36* (см. «Инженер-механик» № 3 2009 г.). В США параллельно производству бомбовоза нарастала критика проекта. В авангарде нападков на «Миротворца» был родной американский флот. Адмиралы, как видно, лучше знали, на что потратить государственные миллиарды. ВВС в ответ провели испытания по перехвату Б-36 истребителем «Сейбр». В результате начальник штаба ВВС генерал Ванденберг успокаивал публику: «Испытания показали, что самолёт Б-36 не может быть перехвачен современными истребителями на высотах свыше 9000 м, и трудности перехвата увеличиваются с увеличением высоты полёта... Незначительный разворот бомбардировщика нарушал атаку истребителя, которую трудно было возобновить. Самолёту Б-36, находящемуся на высоте 9000 м, на расстоянии 240 км от цели (это максимальная дальность действия РЛС начала 1950-х годов — Ю. К.) понадобится не более 30-ти минут, чтобы достигнуть цели, и нельзя считать, что истребители за это время смогут перехватить его».

По-видимому, генерал всё-таки выдавал желаемое за действительное. МиГ-15, который американцы представляли несколько худшим, чем «Сейбр», был на самом деле просто более высотным самолётом. А именно:

- на высотах до 4-х км на МиГах был запрещён высший пилотаж;
- на высотах до 8-ми км показатели МиГа в целом были меньшими или равными данным американского конкурента;
- на высотах более 8-ми км всё менялось: здесь уже проигрывал «Сейбр» и тем сильнее, чем больше была высота.

Более того. В самом начале 50-х годов в СССР был принят на вооружение более резвый МиГ-17, а за ним — барражирующий перехватчик Як-25, оснащённый мощной РЛС. «Як» выиграл конкурс, специально организованный среди советских КБ для решения задачи прикрытия границы с севера, в том числе — и ночью.

По мнению же командования советских ВВС, основанного на опыте конфликта в Корее (мы к этому моменту ещё вернёмся), бомбардировщики с поршневыми моторами вообще не имеют перспектив в современной войне.

Так или иначе, но в 1954 году производство Б-36 прекратилось на 383-м самолёте, а в 1957 они были выведены из состава ВВС, уступив место Б-52.

## 2. Сверхзвуковой тяжёлый дальний бомбардировщик Б-58 «Хаслер»

История создания Б-58 (начало работ — 1952 год) — хороший пример, показывающий разворотливость и мобильность американской промышленности. В процессе проектирования было заявлено (по-видимому, впервые в мире), что речь идёт не просто о самолёте, а уже о системе вооружения, где сам летательный аппарат является основным, но не единственным звеном. В комплексе с ним должны были разрабатываться наземные системы наведения, воздушной заправки, обслуживания на аэродроме, и, конечно, разные виды вооружения. 1300 инженеров «Конвэра», выделенные для работ по этому бомбардировщику, не могли в нужные сроки изготовить проект, поэтому к работам были подключены фирмы:

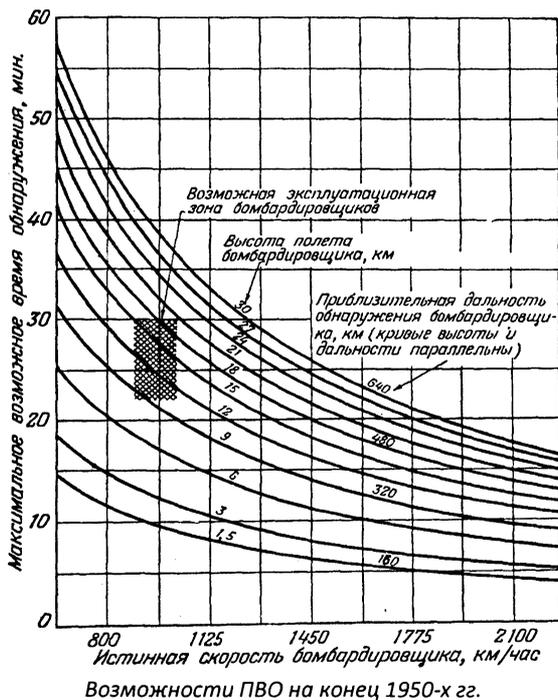
- «Сперри» — бомбардировочные прицелы и навигационное оборудование;
- «Бендикс» — автопилот и система управления;
- «Эмерсон электрик» — оборонительная система первого этапа (под этим крутым словосочетанием скрываются дистанционно управляемые пушки; интересно, что снаряд с такой пушки при стрельбе на максимальной скорости самолёта должен был лететь относительно земли задом наперёд (!));
- «Сильвания» — оборонительная система второго этапа (аппаратура радиоэлектронной борьбы и антирадарные ракеты);
- «Гамильтон стандарт» — системы кондиционирования и герметизации вообще;
- «Вестингауз» — электрооборудование.

Здесь перечислены только основные субподрядчики из тех, что должны были идти в одной связке. Всего же над созданием «Хаслера» трудилось более 4900 (!) фирм. Речь фактически шла о создании «электронной машины», стоимость «начинки» которой впервые в мире была выше стоимости собственно самолёта. Было объявлено, что 16 систем бомбардировщика будут работать самостоятельно, без вмешательства пилотов. Кроме того, это был, по-видимому, первый в мире самолёт, где не было ни одной радиолампы (отметим: для уде-

шевления производства разработчики всё-таки отошли от своих первоначальных задумок, и лампы заняли своё место среди прочей электроники).

*История создания.* Специалисты фирмы «Конвэр», так же, как «Нортроп» начали с изучения немецкого опыта, для чего наняли в качестве консультанта Александра Липпиша. В течение 1946–1960 годов фирмой были разработаны и строились серийно два истребителя-перехватчика так называемой «сотой серии» Ф-102 и Ф-106. Оба этих самолёта имели схему «летающих треугольников» Липпиша, то есть у них не было стабилизатора.

Ниже приводится несколько заумный график, взятый автором из книги «Сверхзвуковые самолёты» 1958 года. С помощью него в то время доказывалась необходимость проектирования сверхзвуковых бомбардировщиков: возможности тогдашней ПВО не позволяли сбить самолёт, летящий со скоростью лучших истребителей, даже если его своевременно засекали и опознали.



Итак, фирма «Конвэр» приступила к работам по сверхзвуковому бомбардировщику. Проект был, как водится у американцев, амбициозным: самолёт должен достаточно долго лететь со скоростью в 2000 км/ч и выше при дозвуковой крейсерской скорости, нести на большую дальность различное вооружение, в том числе ядерное.

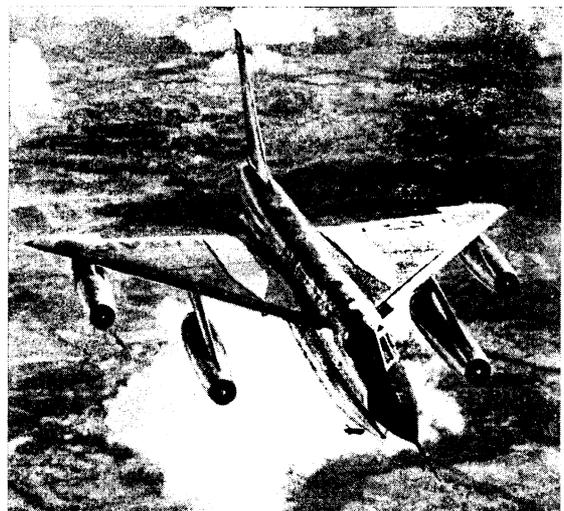
*Перейдём к описанию конструкции.*

Основу аэродинамической компоновки бомбардировщика составляло треугольное в плане крыло со стреловидностью в 60 град. Крыло было очень

тонким: относительная толщина всего 4%. Передние кромки крыла были острыми и заворачивались вниз как на дельтаплане — во избежание вредного перетекания потока с нижней поверхности крыла на верхнюю, чтобы самолёт не раскачивался на взлёте-посадке (это называется «аэродинамическая крутка»). Для обеспечения приемлемой прочности и жёсткости тонкого крыла его сделали неразъёмным (силовой набор крыла является продолжением силового набора фюзеляжа). Из тех же соображений выбрана многолонжеронная конструкция. Крыло не имело взлётно-посадочной механизации, следствие того — высокие скорости взлёта-посадки. Четыре двигателя с дополнительным впрыском топлива располагались под крылом на пилонах.

В небольшом и узком фюзеляже не нашлось места для вооружения, поэтому были сконструированы специальные подвесные контейнеры под бомбы (в том числе атомные), под ракеты «воздух-воздух» (вариант тяжёлого перехватчика), под разведывательную аппаратуру и под аппаратуру РЭБ. Самолёт при смене контейнера и переключении программного обеспечения мог выполнять разные задачи. Уже в процессе производства «Конвэр» рассматривала возможность вооружения Б-58 атомными ракетами «воздух-земля» и даже противоспутниковым оружием.

Размещение двигателей под крылом и подвеска контейнеров под фюзеляжем потребовали применения высоких стоек шасси. Системы уборки-выпуска этих шасси были очень сложными по кинематике, так как они «не укладывались» в фюзеляж. Конструкторам пришлось делать на стойках своеобразные «колени» и убирать их в поджатом состоянии.



Б-58 в полете

Для того, чтобы бетонные полосы аэродромов выдержали нагрузки от приземления «Хаслера», его стойки шасси оснастили многоколёсными тележками. Скорости взлёта-посадки бомбардировщика были очень большими, отчего пневматики должны были меняться через каждые 10 полётов.

И ещё о двигателях. Внутренняя их пара «поджигала» выхлопной струёй обшивку, поэтому их слегка развернули носом вверх относительно оси симметрии самолёта, а для балансировки внешние двигатели так же развернули носом вниз.

Американские учёные и инженеры затратили немало сил на обеспечение приемлемых характеристик устойчивости и управляемости на разных режимах полёта. Система управления оснащена гидроусилителями по всем каналам, кроме того, рулевые поверхности для надёжности были разбиты на секции, каждую из которых вращал свой бустер. Все каналы управления были дублированы. Специальные автоматы отслеживали изменение скорости полёта и в соответствии с этим меняли центровку самолёта путём перекачивания топлива из крыльевых в хвостовой бак и обратно (на сверхзвуковой скорости «центр давления», воображаемая точка приложения подъёмной силы, смещается назад).

Вообще самолёт был насыщен электроникой. По всем каналам управления стояли автоматические загрузчики и демпферы, призванные парировать нелинейность нарастания нагрузок на рукоятки управления в зависимости от роста скорости. Те же демпферы должны были держать самолёт на курсе на небольших скоростях, когда машина становилась «чересчур» управляемой, неустойчивой. Они же были предназначены парировать воздействия атмосферной турбулентности при маловысотном полёте (реакции человека на это не хватает).

Кроме систем, облегчающих работу пилота, богатой была и собственно «боевая» электроника, система радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Питаемая мощными генераторами, она должна была глушить или даже выводить из строя вражеские радары, облучающие самолёт. «Хаслер» имел также мощный обзорный локатор и радиолокационный прицел, а точнее — прицельно-навигационный комплекс.

Впрочем, всё электронное богатство и все системы вооружения так и не были доведены «до ума».

Экипаж (пилот, штурман-бомбардир, оператор РЭБ) имели катапультируемые кресла. Уже в процессе эксплуатации на боевых машинах были установлены кресла — спасательные капсулы, оснащенные специальными шторками и позволяющие покидать самолёт, летящий со сверхзвуковой ско-

ростью на высоте в 20 км. Кабина экипажа позволяла осуществлять длительный полёт на большой высоте с высокой сверхзвуковой скоростью без потери работоспособности пилота. Это продемонстрировал показательный полёт на 17700 км, которые бомбардировщик преодолел за 18 часов 10 минут, с учётом 3-х дозаправок в воздухе (март 1960).

Несмотря на то, что максимальная скорость Б-58 (2300–2400 км/ч по расчётам, в реальности — 2126 км/ч) позволяла применять в конструкции алюминиевые сплавы в качестве основного материала, конструкторы сделали выбор в пользу широкого использования стальных, алюминиевых, пластиковых трёхслойных панелей. Так, отказ от применения дюралевых обшивок крыла объяснялся тем, что в баках, расположенных в тонком крыле «Хаслера», быстрее поднимается температура, чем в относительно намного более «толстых» крыльевых баках обычных самолётов. В «сэндвичевых» трёхслойных конструкциях теплопередача намного меньше, чем в любых обшивках из сплошного металла. Трёхслойные панели, конечно, удорожили самолёт, но в то же время Б-58 стал образцом весовой отдачи: масса пустого бомбовоза составляла 14% от максимальной взлётной (по другим данным — 16,5%, что тоже очень здорово). Взлётная масса была от 71 (учебный самолёт и разведчик) до 80-ти тонн (бомбардировщик).

*Ещё немного истории.* В ноябре 1956 года состоялся первый вылет опытного «Хаслера». В 1958 году, несмотря на обнаружившуюся сложность эксплуатации, бомбардировщик был запущен в серийное производство. До 1961 года было построено более ста самолётов, причём большая часть была учебными, с двойным управлением.

Даже на фоне других американских бомбардировщиков, имевших по сравнению с советскими или английскими самолётами весьма футуристичный внешний вид, «Хаслер» выглядел каким-то марсианином. Создатели пользовались этим, с успехом показывая своё детище на многочисленных выставках. Однако стоимость производства серийного образца Б-58 в 3,5 раза превышала аналогичный показатель «стратегического» Б-52, а недостаточная надёжность и освоённость многих систем приводили к авариям и катастрофам. Так, по причине аварийности в лётной эксплуатации было потеряно 20% парка самолётов (очень много — из-за разрушения колёс на посадке). Поэтому в 1961 (по другим данным — в 1962) году программа строительства была свёрнута, а переданные в ВВС бомбардировщики — постепенно сняты с вооружения к 1971 году.

Работы фирмы «Боинг»

1. Тяжёлый дальний бомбардировщик Б-47 «Стратоджет» (Реактивный стратег или Реактивный стратосферщик)

Этот бомбардировщик не использовался ни в одном из военных конфликтов, но, тем не менее, попортил немало крови советскому командованию ПВО.

Задание на постройку тяжёлого дальнего бомбардировщика с реактивными двигателями было разработано американскими ВВС сразу после получения лицензии на производство английских реактивных моторов в 1943 году. Конкурс проектов выиграла фирма «Боинг», которая уже тогда была одной из самых известных авиационных организаций в мире, представив на рассмотрение заказчика шестидвигательный самолёт с узким и длинным крылом.

Специалисты «Боинга», подобно своим коллегам-конкурентам из других фирм, внимательно изучали немецкий опыт. Сама компоновочная схема — высокоплан со стреловидным крылом, двигателями на пилонах и велосипедным шасси, безусловно, заимствована у немецких конструкторов. Впрочем, такая схема надолго стала «визитной карточкой» «Боинга», а о настоящих её «родителях» все давно забыли.



Б-47 «Стратоджет»

Выбранная компоновка имеет свою логику, краеугольным камнем которой можно назвать достижение высокой скорости и большой дальности. Такая двуединая задача диктует выбор тонкого крыла большого размаха. Чтобы избежать резонансных колебаний, и снизить массу консолей, крыло загружается двигателями. Двигатели располагаются на пилонах для того, чтобы не делать вырезы в силовых лонжеронах крыла. Колёса шасси в такое крыло не помещаются — значит, их нужно убирать в фюзеляж. Лучше всего «прячется» в фюзеляже шасси велосипедного типа. Однако у самолётов такой схемы есть «врождённый» недостаток — плохие взлётно-посадочные характеристики, особенно при боковом ветре.

Итак, первый полёт бомбардировщика Б-47 состоялся позднее конкурентов, в 1951 году. Первоначальная взлётная масса в 56 тонн (как у «Сверхкрепости» Б-29) в процессе производства выросла сначала до 77, а потом — до 100 тонн. На первых экземплярах ставились 6 двигателей тягой 1,8 т, затем тяга возросла до 3,265 тонн (с впрыском водно-метаноловой смеси). Разработку и производство подхлестнула война в Корее, хотя серийные самолёты в Корею так и не попали. Всего до окончания производства в 1957 году было выпущено 2042 «Стратоджета» в двух вариантах — бомбардировщик и разведчик. Первые серии самолётов не имели защитного вооружения, затем в корме появились пулемёты, а в конце выпуска — 2 пушки по 20 мм. Защитное оружие управлялось дистанционно из носовой кабины.

Фирма «Боинг», как и «Конвэр» использовала достижения американских учёных-прочнистов в части изготовления «гибких» конструкций. На Б-47 «эластичным» было крыло. Допускались колебания консолей без разрушения с амплитудой в 5 м. Консоли были кессонными, набранными из панелей переменного сечения: у корня толщина панели 15 мм, на конце — 4,8 мм. Интересный момент: у крыла очень большой угол установки — 8 градусов, что обеспечивало большой угол атаки на взлёте-посадке. Во время же полёта консоли упруго отгибались, и угол атаки уменьшался (конечно, не у корня, а на некотором расстоянии от него).

В силу эластичности конструкции вся проводка управления тросовая, причем, в отличие от Б-36 — с гидросилителями.

Внутренняя компоновка отличалась от предшественников, Б-29 и Б-50: на новом самолёте была только одна передняя гермокабина, в которой друг за другом размещались лётчики, а в носу — штурман-бомбардир.

Скорость максимальная 977 км/ч, крейсерская 800 км/ч, потолок 14 км, бомбовая нагрузка 9 тонн, или первоначально — 2 атомные бомбы. Во время эксплуатации самолётов в Америке были изготовлены образцы атомных бомб массой в 1 тонну, что позволило перевооружить самолёты, повысив поражающую способность.

В войсках были сформированы 28 бомбардировочных авиакрыльев по 45 «Стратоджетов» в каждом. Базировались они на Аляске, в Гренландии, Англии, Испании, Марокко. Эти тяжёлые дальние самолёты были реальной угрозой для СССР в 1954–1960 годах: авиакрылья, их экс-

плуатирующие, постоянно проводили учения, какое-то количество бомбардировщиков круглосуточно находились в воздухе.

Особенной головной болью для ПВО СССР были полёты разведчиков РБ-47. Похоже, американцы после смерти Сталина специально проверяли или дразнили новое руководство Союза. «Стратоджеты» регулярно через Финляндию прорывались сквозь границу, иногда демонстративно появлялись над Минском и Киевом. Был случай перехвата РБ-47 даже в Подмосковье. Далеко не всех нарушителей удавалось сбивать: по-видимому, в силу русского национального характера соответствующие службы частенько засекали вторжение, когда цель была уже буквально над головой. Однако с 1955 года на вооружение ПВО СССР был принят зенитно-ракетный комплекс С-25, а с 1957 — С-75, и «Стратоджеты» передали эстафету разведывательных полётов более высотным У-2.

С началом 1960-х годов Б-47 начал устаревать. Его, как и английские аналоги, пытались «приучить» к маловысотным полётам, и так же неудачно: в 1964 году в лонжеронах крыла стали появляться усталостные трещины.

Через четыре года последний Б-47 был снят с вооружения.

## 2. Стратегический бомбардировщик Б-52 «Стратофортресс» (*Стратосферная или Стратегическая крепость*)

Бомбардировщик Б-52, как отмечается во многих источниках, был символом «мира по-американски» во второй половине XX века. Задание на его разработку появилось в 1946 году, когда его предшественник Б-36 совершал первые испытательные полёты.

В 1952 году новый самолёт вышел на испытания. По своей архитектуре Б-52 — это увеличенный в полтора раза Б-47. Тот же длинный фюзеляж, та же схема высокоплана с двигателями в спаренных гондолах на пилонах, то же «гибкое» крыло тонкого профиля и большого удлинения, то же велосипедное шасси. Внутренняя компоновка также повторяла Б-47: и в этом случае конструкторы «Боинга» отказались от центральной кабины стрелка, увеличив место для баков.

Реактивные двигатели 50-х годов были намного более прожорливыми, чем поршневые, поэтому баки в новом самолёте занимали не только кессоны крыла, но и фюзеляж (естественно, кроме

бомбоотсека). Были разработаны и применялись также и подвесные топливные баки.

Как водится, в процессе проектирования и производства взлётная масса возросла со 150 до более чем 250 тонн (с дозаправкой в воздухе). Параллельно росту массы возрастала и тяга двигателей: от первоначальных 38,7 кН она увеличилась до 48 кН. Интересно, что короткие стойки шасси, обеспечивающие «Стратофортрессу» низкую «посадку» на земле, что облегчает взлёт-посадку (из-за образования «воздушной подушки» между крылом и землёй) и обслуживание самолёта, в то же время помешали установить двигатели большей мощности. Так и летают до сих пор Б-52 с восемью моторами, что, конечно, утяжеляет самолёт и усложняет обслуживание (не побоюсь повторения) и ремонт.

При радиусе действия в 8000 км, таком же, как у «Миротворца», бомбовая нагрузка меньше примерно на 10 тонн, причём, поскольку объём бомбоотсека уменьшился, часть вооружения должна была располагаться на подкрыльевых пилонах.

Крыло имело стреловидность в 35 град. (на Б-47 — 36 град.). Относительная толщина профиля у корня крыла — 13%, на конце — 10%. Угол установки крыла 8 град., как и на Б-47. Сообщается, что панели кессона крыла имели толщину у корня около 100 мм, а длину — 24 м. Панель в 1950-х годах получали механическим фрезерованием предварительно прокованной плиты. Читатель может себе представить размеры прессов и станков для обработки такой панели.

На «Статофортрессе» реализовано очередное крупное достижение американских специалистов в области аэродинамики и динамики полёта — управление по крену при помощи интерцепторов (об этом — см. «Инженер-Механик № 2 2006»). Элероны, ещё стоявшие на первых сериях бомбардировщика, были полностью сняты и заменены управляемыми при помощи гидроприводов пластинами на верхней плоскости крыла — интерцепторами. Эти пластины в нужный момент «портят» обтекание на одной из консолей, самолёт таким образом кренится. Вся задняя поверхность крыла с исключением элеронов, отдана под закрылки, что улучшило взлётно-посадочные характеристики. Дополнительный плюс — в крыле не стало механической проводки управления, что, конечно, важно, ведь крыло — «гибкое».

(Продолжение в следующем номере)

**ОО «БОИМ»  
предлагает следующие услуги:**

**↓ консультации**

**↓ оформление заявочных материалов:**

**на патентование инженерных разработок в виде  
изобретений и полезных моделей**

**дизайна в виде промышленных образцов**

**на депонирование и регистрацию результатов НИР И  
ОКР, программ в виде нераскрытой информации**

**↓ оказывает помощь в стоимостной оценке  
имущественных прав на эти объекты  
интеллектуальной собственности  
как нематериальные активы**

**↓ оказывает помощь в заключении  
лицензионных договоров**

Тел./факс 203-88-80, тел. 226-73-36  
E-mail: mail@boim.by; izobretaem@yandex.ru

---

## **ПРИМИТЕ НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ**

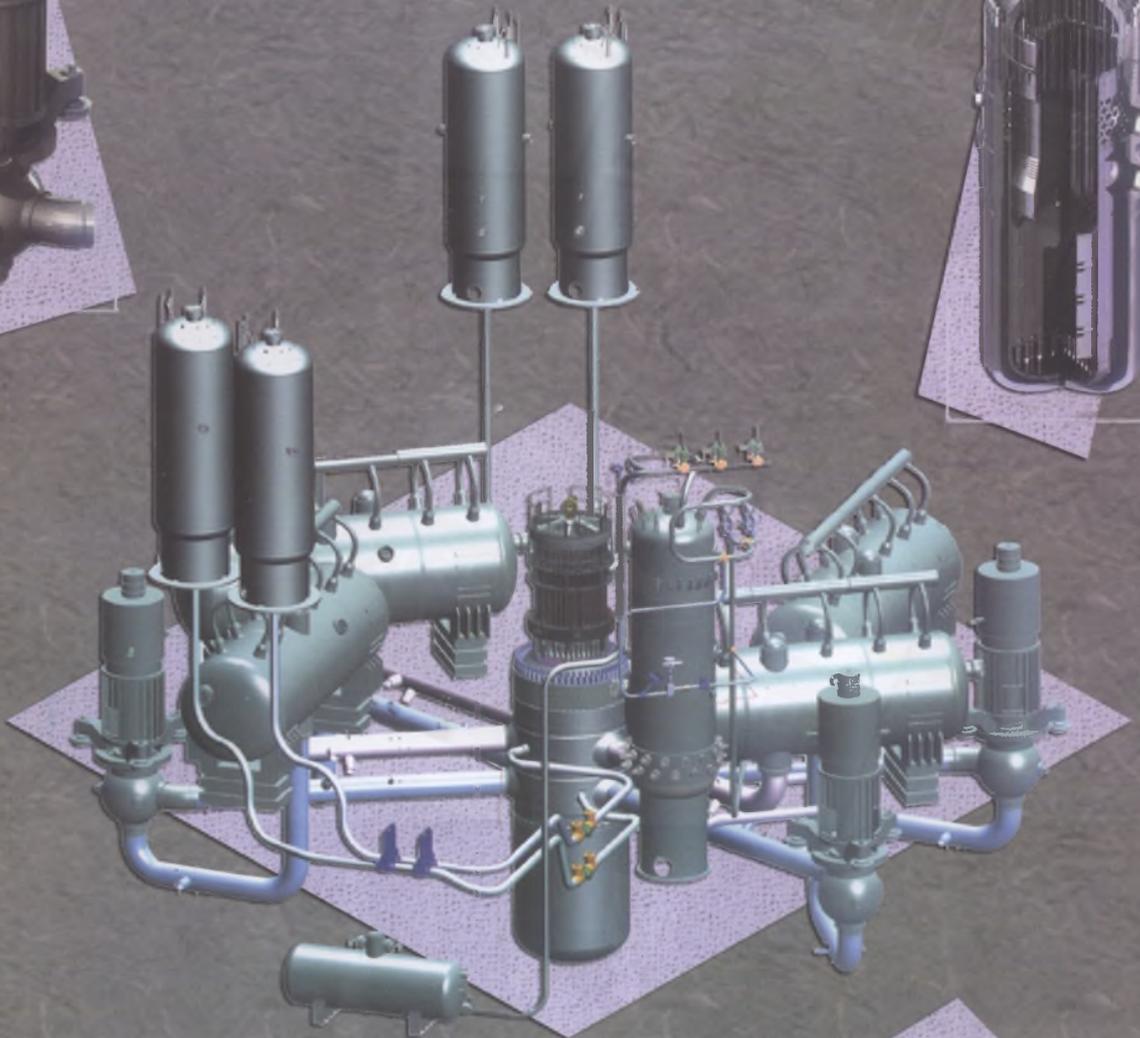
Правление Белорусского общества инженеров–механиков шлет польским коллегам поздравления по случаю 100-летия одного из известнейших в мире научно-технических обществ «SIMP» и редакции журнала «Mechanic». Желаем творческих успехов и плодотворной деятельности!

# Перспективы развития атомной энергетики в Республике Беларусь



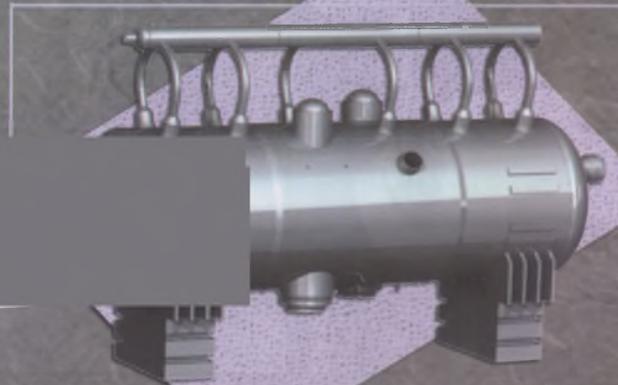
Главный циркуляционный насос ГЦНА-1391

Реактор ВВЭР-1000



РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ АЭС  
ВВЭР-1000

Парогенератор РУ ВВЭР-1000



# Журнал МЕCHANIK 1909 - 2009

