

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ межотраслевой научно-технический и производственно-экономический ЖУРНАЛ

Процессу электроэрозионной
обработки металлов —



60 ЛЕТ



55 лет жизни

М.К. Муцкевич

посвятил этому делу



стр. 1

№ 2 (19)
апрель-июнь
2003

«Развитие электроэрозионной обработки
металлов в ФТИ НАН Беларуси»

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ В ФТИ НАН БЕЛАРУСИ

К 60-летию электроэрозионного способа обработки металлов

А.И. Бушик, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

В этом году научная общественность отмечает 60-летие регистрации эпохального изобретения Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко. Значение этого изобретения не только в том, что открылись новые возможности выполнять формообразующие операции без силового воздействия, без резца, и не только в том, что оказалось возможным обрабатывать закаленный металл, а в том, что оно стимулировало поворот мысли к использованию средств немеханического воздействия на материал. Этим был существенно расширен арсенал революционных технологий.

55 лет своей научной деятельности посвятил изучению основ этого способа и технологическим разработкам на его основе старейший сотрудник Физико-технического института НАН Беларуси д.т.н., лауреат Государственной премии БССР Михаил Константинович Мицкевич. С его именем связано становление и развитие электроэрозионной обработки в республике Беларусь. Им непосредственно и под его руководством выполнены фундаментальные исследования физического явления электрической эрозии металлов, разработан ряд оригинальных технологических процессов формообразования поверхностей деталей.

На первый курс БПИ М.К. Мицкевич поступил в год изобретения Б.Р.Лазаренко. После окончания института директор ФТИ С.И. Губкин своего дипломника направил на работу в лабораторию электрофизики, которой руководил к.ф.-м.н. И.Г. Некрашевич. Как самостоятельное научно-исследовательское подразделение эта лаборатория оформилась в 1947 году. Научная тематика ее, определявшаяся проблемой физики электрических контактов, была расширена в область исследования физического явления электрической эрозии металлов, как основы новых электроэрозионных методов обработки. Эти методы с начала своего возникновения развивались в двух направлениях - размерного формообразования и легирования поверхности деталей. Координация тематики лаборатории осуществлялась ЦНИЛ ЭЛЕКТРОМ АН СССР, которую возглавлял Б.Р. Лазаренко, а исследования физических основ этого способа курировал Б.Н. Золотых.

Начинать исследования приходилось с нуля.



Аппаратуры практически не было, были приобретены только установки ЭИСК-03 для электроэрозионного прошивания и КЭИ-1 для легирования. Необходимых средств также не было, но была молодость, был энтузиазм изготавливать простейшие установки, на которых получали первые сведения о многогранном, загадочном явлении – электрической эрозии металлов.

В 1950 году лаборатория пополнилась выпускником физико-математического факультета Белорусского государственного университета И.А. Бакуто. В лаборатории четко определились два различающихся по методике исследования направления. Одно из них было сосредоточено на изучении процессов в единичном сильноточном разряде (Некрашевич И.Г., Мицкевич М.К., Бакуто И.А.), другое – на изучении электроэрозионной стойкости материалов при серийном следовании разрядов (Афанасьев Н.В., Миткевич С.П.).

Исследовались: электрическая (пробивная) прочность чистых и загрязненных жидких диэлектриков; геометрические параметры эрозионных следов на электродах от единичных разрядов; давление на электроды, развиваемое при разрядах в жидкости; связь величины эрозии с теплофизическими свойствами металлов; динамика спектральных линий; электроискровое упрочнение инструмента и др.

Популярность новых методов обработки материалов привлекла внимание к ним и другие лаборатории института. Так, исследованиями структуры поверхности, образующейся после электроискрового упрочнения, занималась лаборатория металловедения под руководством академика К.В. Горева., а изготовлением гравюр ковочных штампов – лаборатория обработки металлов давлением под руководством академика С.И. Губкина. В БПИ на кафедре физики Н.В. Афанасьевым и в БГУ на кафедре физики И.Г. Некрашевичем были созданы небольшие коллективы, приступившие к исследованиям физики явления электрической эрозии.

Среди других важным был вопрос об использовании сталей в качестве электродного материала. Многочисленные попытки применения их в качестве электрода-инструмента заканчивались безрезультатно. Поэтому в литературе установился

взгляд о невозможности использования сталей в качестве электродов-инструментов. В одной из попыток И.А. Бакуто удалось на установке ЭИСК-03 электродом из инструментальной стали углубиться в заготовку из стали на небольшую глубину. И.Г. Некрашевич, как опытный педагог и экспериментатор, увидел в этом перспективу и поручил М.К. Мицкевичу заняться изучением причин нестабильности процесса обработки при использовании электродов из стали. Исследования, проведенные по методике единичных разрядов, показали существенное различие в величинах



Б.Р. Лазаренко

эрозии сталей в зависимости от их химсостава. А на поверхности, подвергшейся эрозии, были обнаружены образования, напоминавшие вытянутые из расплава полусферические оболочки. В этих опытах разряд заканчивался контактированием электродов. Процесс электроэрозионной обработки (ЭЭО), протекающий при межэлектродном промежутке в сотые доли миллиметра при использовании электродов из сталей систематически прерывался из-за образования металлических мостиков. Причина нестабильности процесса заключалась в склонности сталей к свариванию через продукты эрозии, образующиеся в жидко-капельной фазе. Для разрыва образующихся металлических мостиков было решено использовать вибрации, сообщаемые одному из электродов. В этих целях была изготовлена простейшая установка с менее инерционным приводом подачи электрода – электромеханическим – и с вибрационным устройством. Из литературы следовало, что вибрации электрода стабилизируют процесс обработки за счет «поршневого» действия, якобы способствующего очистке межэлектродного промежутка от продуктов эрозии. Однако оказалось, что с увеличением амплитуды вибраций резко снижается величина эрозии электродов. Следовательно, существовала другая причина. Потребовалось изучение влияния параметров вибрации на процесс ЭЭО. Осциллографирование этого процесса при различных условиях позволило установить роль вибраций. Она заключалась в упорядочении следования импульсов тока и в распределении их по напряжению. Решение уравнения, связывающего движение вибрирующего электрода с соответствующим изменением напряжения на электродах (при использовании релаксационного генератора импульсов) позволило определить соотношение параметров импульсных разрядов и параметров вибрации, при которых обеспечиваются оптимальные условия обработки. Полученные сведен-

ия были использованы в экспериментальных исследованиях обрабатываемости различных инструментальных сталей. Были определены наиболее эрозионноустойчивые стали (Х12М), а также целесообразность определенного сочетания пар сталей. Наиболее устойчиво процесс ЭЭО осуществляется при использовании импульсных разрядов с высокой плотностью энергии, обеспечивающей эрозию электродов в паробразной фазе. В этом случае проявляется наименьшее эрозионное разрушение у высоколегированных сталей, где на единицу удаляемого объема металла требуются

большие затраты энергии, чем у других сталей. Эти исследования явились предпосылкой для разработки технологических процессов ЭЭО.

Кроме исследования влияния на эрозионный процесс низкочастотных колебаний непосредственно М.К. Мицкевичем были проведены исследования воздействия колебаний ультразвуковой частоты (23 кГц). Было обнаружено, что на чистовых режимах обработки ультразвук расширяет возможности осуществления процесса при малых энергиях разрядов, при которых в обычных условиях процесс ЭЭО прекращается. Попытка воздействовать на «внутреннюю» сторону разряда используя ультразвуковые колебания мегагерцевых частот (0,8-1,5 мГц), длительность периода которых одного порядка с длительностью разряда, привела к неожиданному результату. Исследуя влияние ультразвука на начальную стадию разряда - на пробой межэлектродного промежутка, было обнаружено его упрочнение. Промежуток между электродами, пробиваемый при отсутствии ультразвука при сотых и десятых долях миллиметра, в присутствии ультразвука редко пробивался при 0,005 мм, а чаще разряд проходил при контактировании электродов с появлением эрозионного следа диаметром в десятки раз меньшим, чем без воздействия ультразвука. В то же время осциллограммы свидетельствовали о прохождении полноценного импульсного разряда. Обнаружено также, что результаты воздействия ультразвука сохраняются в течение суток.

Обобщение экспериментальных и теоретических исследований в этой области было положено в основу кандидатской работы Михаила Константиновича. Оппонировали его работу Е.Г. Коновалов и Е.М. Макушок.

В 1968 году его назначают заведующим лабораторией электрофизики. В 1970 году он принимает участие в 3-ем Международном симпозиуме (г. Вена) (рис. 1), где докладывает о результатах своих работ, а в 1971 году на конференции в Ти-

мишоаре (Румыния) выступает с докладом об обработке сталей. Там он встречается с ведущими специалистами в области новых методов обработки – с Б.Н. Золотых, Б.И. Ставицким, Н.К. Фотеевым, Е.В. Холодным, М.В. Щербаком, Кашеевым В.Д., с которыми устанавливаются творческие научные контакты.

С 1968 года под руководством Мицкевича М.К. проводятся работы по разработке технологии изготовления штампов с использованием электродов из стали. Первый штамп (рис. 2) был изготовлен для Минского радиозавода без слесарной доработки. Используя блок удлиненных пуансонов, обработка проводилась с тыла матрицы до выхода пуансонов на ее лицевую сторону. Затем пуансоны закреплялись в пуансонодержателе эрозированной частью. На этот технологический процесс было получено а.с. 395217. Устранение трудоемких слесарных работ явилось прорывом в технологии изготовления штампов.



Рис. 1. 3-й международный симпозиум. г. Вена (Мицкевич М.К. – второй слева)

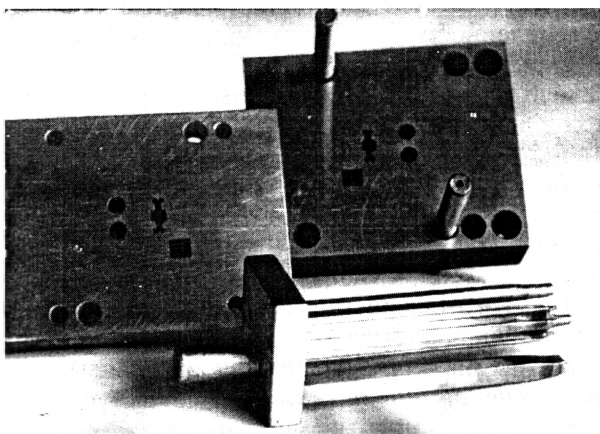


Рис. 2. Первый штамп, изготовленный по технологии с использованием электродов из стали без слесарной доработки

В то же время выполнение этой пионерской разработки вызвало необходимость решения множества новых вопросов. Среди них - интенсификация процесса обработки, управление величиной зазора в сопряжении, обеспечение точно-

сти полости по глубине, повышение стойкости штампов и т.д.

В начале 70-х годов создается специальное конструкторско-технологическое бюро, по реализации результатов исследований в производство. Конструкторско-технологический сектор СКТБ с ОП был создан и при лаборатории электрофизики, его возглавил В.К. Малышкин.

В целях выявления наиболее перспективных областей применения способа ЭО металлов М.К. Мицкевич с группой сотрудников лаборатории и сектора СКТБ обследовали около тридцати машиностроительных предприятий республики. Было выявлено множество объектов, где новые методы могли бы найти эффективное применение. Среди них – разделительные и высадочные штампы, прессформы, сита, фильеры и т.д. Одной из наиболее трудоемкой продукцией являлись многопуансонные штампы. Но использование универсального оборудования практически исключалось как из-за отсутствия необходимых режимов, так и из-за недостаточной точности изготовления. Обращение в ОКБ Минстанкинпрома (Москва) с заказом на разработку требуемого оборудования ничего не дало. По их мнению, стоимость такого станка превысит стоимость выпускаемых универсальных станков. М.К. Мицкевичем было принято решение разработать специализированное оборудование с многоконтурным генератором импульсов, обеспечивающим обработку матриц стальными пуансонами. Для изготовления 23-пуансонных штампов была разработана конструкция 23-х контурной установки ЛЭФ-23. Предусматривалось питание каждого пуансона-электрода от отдельного контура, что должно было повысить производительность обработки. А для уменьшения объема металла, удаляемого на чистовом режиме, предусмотрена предварительная обработка электродами из меди. В этом случае установка подключалась к генератору импульсов серии ШГИ от универсального станка. Первая специализированная установка была изготовлена на Борисовском заводе автотракторного электрооборудования (БАТЭ). Точность обработки обеспечивалась за счет технологической оснастки. По разработанной технологии в 1975 году было изготовлено 40 штампов (рис.3), а в 1978 – 447 штук. Трудоемкость изготовления штампа была снижена со 116 нормочасов до 49. При этом стойкость штампов возросла в 2,3 раза. Аналогичные установки были изготовлены на Алтайском заводе автотракторного электрооборудования. Высокая эффективность технологии и дешевизна оборудования привлекла внимание специалистов отрасли «Союзавтоэлектроприбор». Руководство отрасли поручило заводу БАТЭ по линии собственного станкостроения обеспечить заводы отрасли станками. Было изготовлено бо-

лее 70 модернизированных 30-контурных установок ЛЭФ-24 (рис. 4) для АТЭ-1 и АТЭ-2 (Москва), АТЭ-3 (Ржев), КЗАТЭ (Куйбышев), ХЭЗ (Херсон), АЗТЭ (Рубцовск), ОЗАТЭ (Орджоникидзе), а также предприятий в городах Лысково и Вязниках (Горьковская область). Установки приобрели Челябинский приборостроительный, Тюменский медоборудования, Гомельский ЗИП и др.

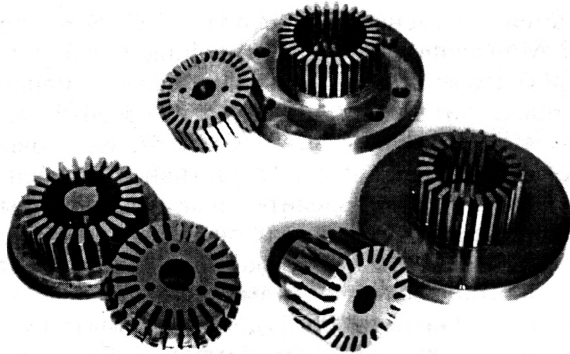


Рис. 3. Многопуансонный вырубной штамп

В то же время штампы других типов (с большей или меньшей величиной зазора в сопряжении) изготавливать по предложенной технологии было невозможно. Надо было найти высокоэффективные способы изготовления промежуточных электродов для предварительной обработки, разработать способы обеспечения заданных величин зазоров. Для этого была собрана информация о применяемых штампах и их особенностях со многих заводов. Штампы были разделены на группы по характерным признакам, для каждой из них необходимо было разработать свою типовую технологию.

Одним из предложенных способов явился аналог ультразвукового, реализуемый от вибрационных устройств промышленной частоты. А технология, основанная на этом способе, получила название «двойного копирования» (а.с. 828532).

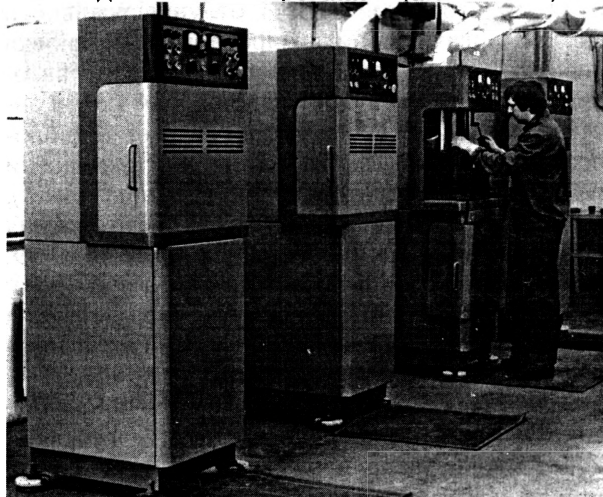


Рис. 4. Установка ЛЭФ-24 (год внедрения 1979) для чистовой обработки матриц

Суть ее состоит в том, что с пуансона снимают слепок – точную копию его профиля. Под торец заготовки электрода из углеграфита вводят абразивный порошок. Под действием вибраций углеграфит, из-за абразивного действия порошка разрушается. Остающаяся часть электрода проходит через полость слепка, приобретая эквидистантный профиль, размеры сечения которого меньше размеров слепка на 1,6-1,7 величины диаметра частиц порошка. Изменяя дисперсность порошка и режим ЭЭО можно получить желаемые размеры полости. Таким образом на чистовую операцию остается малый и равномерно распределенный по контуру припуск.

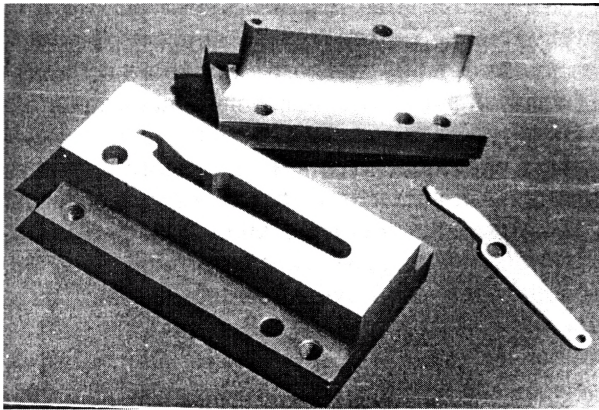
На основе этого способа создан ряд других технологических схем, которые положены в основу изготовления штампов с зазорами в 0,1 мм и больше. По мастер-пуансону изготавливают полость в заготовке электрода из углеграфитовой пластины, а стержневой электрод – по предложенному методу. С помощью этой пары электродов можно изготавливать и полость в матрице и «обшивать» заготовку пуансона и что особенно важно, пуансонов фланцевого исполнения. С помощью такой пары электродов можно изготовить 8-12 одинаковых штампов рис. 5. Поскольку разработанная технология предназначена для изготовления штампов с большими зазорами, процесс обработки проводился на интенсивных по скорости съема металла режимах. Это обеспечивало существенное увеличение стойкости штампов – до 3 раз. Толщина закаленного поверхностного слоя в этом случае значительно больше, чем на чистовых режимах.

Во время отладки технологии изготовления штампов по способу «двойного копирования» завод АТЭ-2 посетил министр автомобильной промышленности В.Н. Поляков, который дал высокую оценку разработкам.

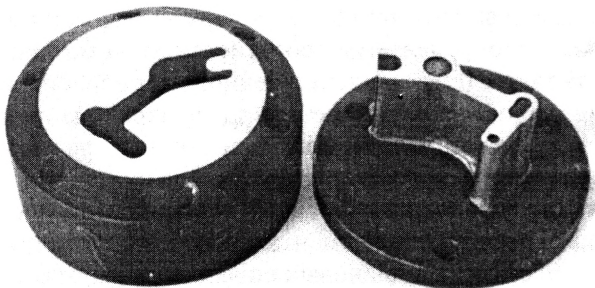
В целях автоматизации процесса изготовления электродов был разработан ряд вибрационных устройств и специальный станок, (рис. 6) который был передан одному из предприятий Амурска, где также был организован электроэрозионный участок.

Была также поставлена задача разработать технологию изготовления штампов с переменной по контуру величиной зазора. Такие штампы предназначены для вырубке деталей из полосы клиновидного сечения, в частности для вырубке ламелей генератора. Было найдено оригинальное решение – формообразование полости в матрице с помощью удлиненного пуансона со скошенным под определенным углом. Кроме поступательного движения пуансону сообщается орбитальное движение с убывающей амплитудой круговых осцилляций. Изменение амплитуды осуществляется от копира. В результате электродом, имев-

шем в сечении прямоугольник, изготавливалось отверстие в матрице трапециидальной формы. Это явилось принципиально новым решением, признанным изобретением.



а



б

Рис. 5. Рабочие части штампов, изготовленные по способу "двойного копирования"

Обширная работа была проведена по разработке технологии изготовления многопуансонных штампов и их классификации.

Одновременно, решались три задачи – изготовление полостей в матрице, обеспечение требуемой величины зазора между рабочими элементами штампов и повышение стойкости их за счет равномерности зазора по контуру и упрочнения рабочей поверхности матрицы, сохраняющейся после переточки.

В отличие от традиционной технологии задача обеспечения точного расположения полостей в матрице переносилась на позиционирование пуансонов.

В 1968-1970 годах на 2-ом Московском часовом заводе появились станки с программным управлением электродом-проволокой, с помощью которых можно вырезать любой профиль полости в деталях. Перспективность технологии вырезания проволочным электродом и противопоставление ее прошиванию профильным побудило М.К. Мицкевича сравнить их по затратам времени, по эффективности, т.е. найти нишу каждого из способов. Эта работа явилась основой методологии определения затрат времени на выполнение раз-

личных технологий. Так, технология, основанная на вырезании эффективнее при изготовлении штампов с полостями небольших размеров и большой глубины, малозазорных штампов, при их единичном изготовлении. Разрабатываемая в лаборатории технология эффективнее при изготовлении штампов с развитым периметром полостей с небольшой высотой рабочей части, а также многопуансонных и при серийности штампов свыше трех. Обширная информация, полученная при разработке технологии и оборудования давала возможность сформулировать задачи дальнейших исследований и разработок.

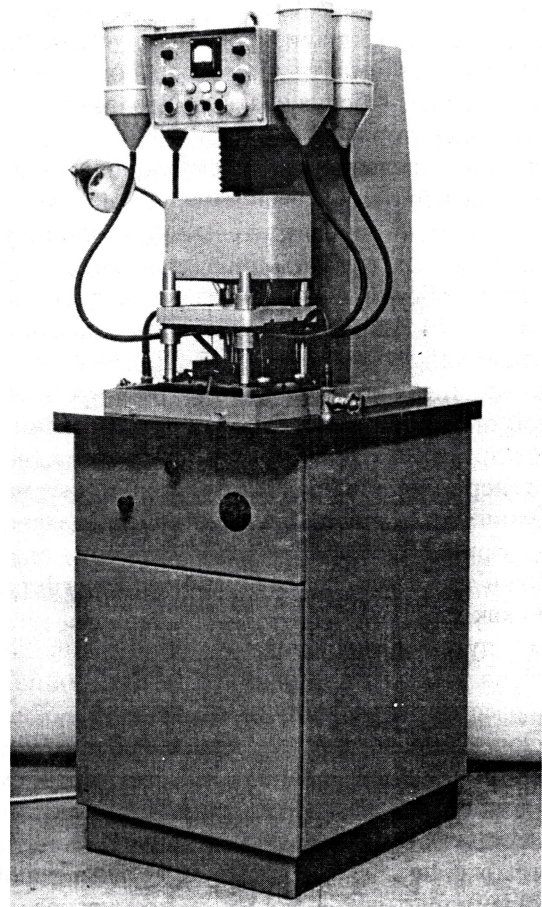


Рис. 6. Станок для виброабразивной обработки

На основе процесса формообразования полостей в матрицах пуансонами, работающими в качестве сопрягаемой пары, был сформулирован принцип «технологической пары». Эта замечательная особенность способа электроэрозионной обработки, оказывается, ранее была использована для взаимной приработки мукомольных валков. Причем такую равномерность прилегания поверхностей валков невозможно получить путем механической обработки. Другая работа – это взаимная приработка зубчатых колес больших диаметров и модулей, устраняющая шумы, суще-

ствуют и другие пары деталей, взаимная обработка которых может быть весьма эффективной.

М.К. Мицкевичем был рассмотрен вопрос о соотношении затрат времени на выполнение операций предварительной и окончательной обработки полостей. Было показано существование трех областей: первая, где преобладают затраты времени на предварительную обработку, вторая – где они равны и третья, где доминируют затраты времени на окончательную обработку. Сделано заключение о целесообразности создания технологических линий электрообработки, где в зависимости от типоразмеров штампов будет находиться одна специализированная установка для предварительной обработки и 2-4 для окончательной. При этом стоимость специализированных установок в 4-5 раз ниже стоимости универсального шлифовочного станка. Обслуживать такую линию может один оператор.

Другим направлением интенсификации процесса ЭЗО, выкристаллизовавшемся из анализа затрат времени на предварительную и чистовую операции явился способ одновременной двухрежимной обработки. Было показано, что существует минимум затрат времени – при равенстве длительностей обеих операций. В этом случае можно организовать совмещение этих процессов в одной операции, используя два изолированных друг от друга электрода, питаемых соответственно от генератора для предварительной и чистовой обработки. Это условие было четко определено с учетом припусков на обработку, скорости съема металла и т.д. Это предложение было зарегистрировано как изобретение.

Поиск путей интенсификации технологических процессов электроэрозионной обработки инициировал рассмотрение вопроса о структуре общей технологии обработки металлов, обладающей достаточной универсальностью. Эта проблема была концептуально разработана И.А. Бакуто и М.К. Мицкевичем. Исходными явились следующие положения. Всякая деталь имеет две основные характеристики – форму и физическое состояние материала. Для получения формы детали существуют три возможности: направленное деформирование заготовки при сохранении целостности материала, наращивание материала на заготовку в нужных направлениях и направленный съем материала с заготовки. Для достижения требуемого физического состояния материала существует одна возможность – изменение внутренней структуры. Все эти возможности предопределены атомной структурой материала. Реализация этих возможностей в отдельности и в чистом виде позволяет получать простейшие элемен-

тарные идеальные процессы, которые лежат в основе технологии обработки материалов.

Таким образом, можно представить четыре элементарных процесса – деформации, конструкции, деструкции и изменения структуры. Комбинируя их можно получить 75 видов процессов. Для осуществления каждого процесса необходима затрата энергии, т.е. совершена некоторая работа. Осуществление любого вида процесса может быть произведено путем некоторого силового воздействия и изменения состояния материала. В связи с этим способ обработки будет определяться схемой сил и уровнем внутренней энергии, необходимыми для осуществления данного вида процесса. Один и тот же вид процесса может быть осуществлен не одной схемой сил, а некоторым набором их. Таким образом, способов обработки может быть больше, чем видов процессов. Каждый вариант процесса содержит множество режимов, определяемых воздействием на материал. В таком представлении технология обработки материалов приобретает вид упорядоченной структуры, определяемой основными физико-механическими величинами. Это должно позволить анализировать любой технологический процесс с позиций фундаментальных наук, что может облегчить поиск новых способов обработки.

При разработке технологического процесса изготовления малозазорных штампов было предложено использовать орбитальное движение электрода. В этих целях был разработан малогабаритный механизм, обеспечивший проведение работ с регулированием амплитуды осцилляций и частоты их (а.с. 1484514).

Однако ранее проводившимися экспериментально не были раскрыты причины нарушения этого процесса и образующихся погрешностей формы полости. Разработкой математической модели этого процесса были показаны причины этого – отставание съема металла с одних поверхностей полости относительно других. Были определены границы изменения амплитуды осцилляций и необходимость использования ряда переходов. Также рассмотрены причины образующихся погрешностей в остроугольных частях полостей при использовании технологических схем формообразования с обратным и двойным копированием и орбитальным движением электродов.

Погрешности формы в остроугольных элементах полости возникали также в технологических процессах со схемами обратного и двойного копирования при обработке с орбитальным движением электрода. Они также были детально рассмотрены и определены параметры осцилляций, обеспечивающие требуемую точность. Рассмотр-

рены возможные погрешности при прямом и обратном копировании и даны рекомендации по предпочтительности использования этой или иной схемы формообразования.

Эти и другие разработки явились основой докторской диссертации М.К. Мицкевича (1985 г.) и вошли в монографию «Электроэрозионная обработка металлов» (1988 г.). По отдельным вопросам этого направления защищены кандидатские диссертации (Миткевич С.П., Авсеевич О.И., Бушик А.И., Мрочек Ж.А., Эйзнер Б.А., Девойно И.Г., Малышкин В.К.). По результатам работ были получены дипломы и медали ВДНХ СССР и БССР. Руководитель работ М.К. Мицкевич был награжден бронзовой, серебряной и золотой медалями ВДНХ СССР и БССР. Авторскому коллективу этих работ была присуждена Государственная премия БССР (1980г.). Лабораторию посетили сотни специалистов, деятелей науки и техники, руководители Республики. Среди них президенты Академии наук СССР и УССР академики А.П. Александров и Б.Е. Патон (рис. 7). Высокую оценку работам дал академик Н.Д. Кузнецов. С разработками института и лаборатории ознакомились секретарь ЦК КПБ П.М. Машеров и министр станкостроения А.И. Костоусов, чл.-корр. АН СССР, зам. начальника НИАТ П.Н. Белянин.



Рис. 7. На переднем плане: Мицкевич М.К. и Патон Б.Е.

В 80-х годах под руководством Мицкевича М.К. проводились разработки в направлении изготовления прессформ для литья, множества отверстий в листовом материале.

Характерной особенностью литейных прессформ является наличие узких, глубоких пазов и т.д., что вызывает большие трудности при слесарно-механическом методе и практически исключается использование электрохимического способа формообразования. Для решения задачи было предложено разбивать гравюру на элементы, для которых можно несложным образом изготавливать электрод. Затем в зависимости от профиля гравюры производить обработку отдельными электродами или блоками их в зависимости от глубины элементов профиля. В этом случае возникают высокие требования к обеспечению точного позиционирования электродов, к базированию их относительно заготовки и друг друга.

Электроэрозионный способ весьма эффективен при изготовлении множества отверстий в листовом материале благодаря одновременной обработке. Так, для Барановичского «Торгмаша» была разработана оснастка и технология изготовления 1600 отверстий диаметра 1,4 мм в протирочных ситах. Взамен фиксации электродов-проволочек путем заливки припоем был предложен способ механического крепления их, что существенно упростило эксплуатацию приспособления. Эта разработка использовалась на заводе более десяти лет. Затраты времени на изготовление отверстий в детали составили сорок минут по сравнению с двумя часами при сверлении и при полном отсутствии заусенцев и деформации пластины.

В начале девяностых годов Совмин республики обратился с просьбой помочь деревообрабатывающим предприятиям в обеспечении инструментом. Сотрудники лаборатории термокинетики взялись за разработку способа упрочнения материала и изготовления ножей с линейной формой режущей кромки, а лаборатория электрофизики – с фасонной. В этом случае и вырезание проволочным и копирование профильным электродом являются равноценными по затратам средств и времени. Однако способу копирования было отдано предпочтение в связи с тем, что повторное использование профильных электродов для перезаточки ножей обеспечивает существенное снижение затрат, так как устраняются затраты на изготовление электродов (рис 8).

Потенциальные возможности способа ЭЭО чрезвычайно широки. С его помощью можно выполнять самые различные формообразующие операции, в частности, изготовление на внутренних поверхностях деталей спирального рельефа

поверхности. Так, используя известную схему формообразования винтовой поверхности, разработан технологический процесс изготовления накатного инструмента ролик-сегменты для Речицкого метизного завода (рис 9).

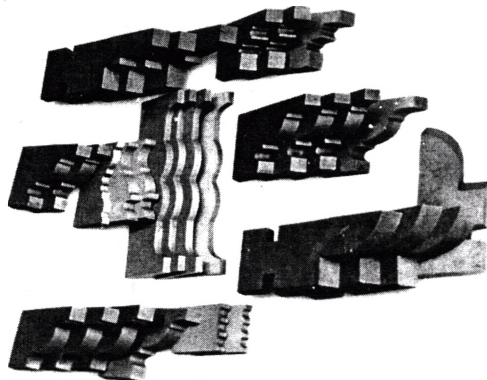


Рис. 8. Характерные профили ножей для деревообработки

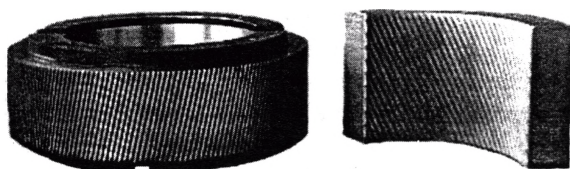


Рис. 9. Накатной инструмент (ролик и сегмент) для изготовления неизвлекаемого крепежа

К числу разработок в области инструмента для пищевой промышленности следует отнести разработку технологии и создание оснастки многоместного приспособления для изготовления фильер с узкими щелями (рис 10). При выполнении работ М.К. Мицкевичем было найдено новое решение в изготовлении фильер для изделий с замкнутым контуром – в одном корпусе. Обычно для такой продукции фильеры изготавливают составными из двух или более деталей.

В результате многолетних работ в области электрофизических методов обработки, в области производства инструментов сложилось определенное представление о путях дальнейшего развития инструментального производства в целом, о чем свидетельствуют публикации.

В 1955г. была предложена гипотеза электроэрозионного процесса, суть которого заключалась в дискретной миграции одиночного электродного пятна с высокой плотностью энергии на поверх-

ности материала, приводящего к его разрушению. Результаты исследований пространственно-временного развития сильноточного импульсного разряда явились неопровержимым подтверждением реальности миграционной гипотезы разряда. Гипотеза получила признание ряда выдающихся деятелей науки.



Рис. 10. Фильеры для чипсов

М.К. Мицкевич известен научной общественности в нашей стране и за рубежом, как ведущий специалист в описанной нами области науки и практики. Ему принадлежит более 180 научных публикаций и 30 изобретений, им подготовлены 5 кандидатов наук. Результаты его научных исследований докладывались на многих международных и союзных конференциях и симпозиумах.

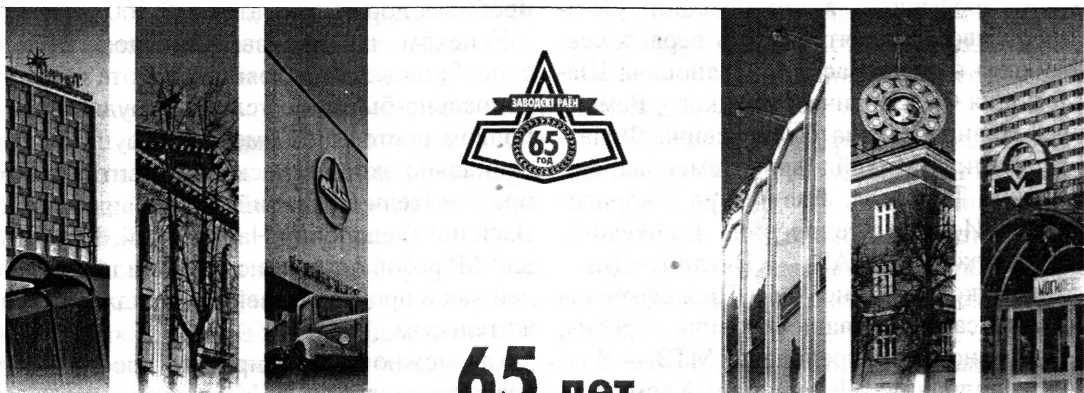
В течение многих лет М.К. Мицкевич являлся членом Научного совета при АН УССР, более 10 лет был председателем ГЭК машиностроительного факультета БПИ, членом ГЭК одного из факультетов БГУИРа, является членом экспертного совета ВАК РБ в области машиностроения. М.К. Мицкевич унаследовал многое от своего отца – Якуба Коласа. В свободное время в часы вдохновения он для себя и для друзей пишет прекрасные стихи, поэмы, эпиграммы.

Михаил Константинович полон сил, и плодотворных идей, и вдохновения. Он на пути дальнейших свершений.

Няхітрая справа папасці нагою у пракладзены след, значна цяжэй, але затое і пачэсней, пракладваць шлях самому.

Якуб Колас

СТАЛЬНЫЕ МУСКУЛЫ РЕСПУБЛИКИ



65 лет ЗАВОДСКОМУ РАЙОНУ

Исполнилось 65 лет Заводскому району города Минска. Сегодня это один из 9 районов столицы. А в момент образования 17 марта 1938 года в Минске их было только три, и назывался район Сталинским. Учитывая географическое расположение и розу ветров, ему в самом начале предписывалась судьба индустриального центра. Так оно и случилось. Еще до начала Великой Отечественной войны здесь началось строительство двух машиностроительных заводов, на базе которых после Победы были возведены автомобильный и тракторный. Это в основном определило будущее района.

Мне посчастливилось быть свидетелем и участником трудовых событий, происходивших в районе в течение свыше 30 лет, начиная с 1949 года.

Еще будучи студентами автомеханического техникума, мы причащались к делам, которые свершались на строительных площадках и в цехах молодого атозавода. Наши преподаватели, многие из которых были ведущими специалистами МАЗа, рассказывали нам о перспективах завода и в целом республики. С юношеским энтузиазмом мы помогали строителям «Автопромстроя», которым руководил Константин Дмитриевич Дурнов, возводить Дом культуры треста, ставшим любимым местом проведения досуга молодежи Красного урочища. Я тогда не мог предполагать, что многие выпускники автомеханического через несколько лет станут настоящими капитанами белорусской индустрии.

Николай Никитович Слюньков, Михаил Федорович Лавринович, Михаил Степанович Высоцкий, Иван Михайлович Мозоляко, Иван Иванович Кулешов возглавили крупнейшие производственные и научные объединения, отрасли республики.

Большинство выпускников техникума попадали

в водоворот производственной жизни района коллективы, возглавляемые известными в республике и в Союзе руководителями: А.А. Тарасовым (МТЗ), В.В. Майбородой, М.С. Кишкиным, И.М. Деминим (МТЗ), П.И. Ящерицыным, А.Я. Высоцким (11 ГПЗ), П.П. Банниковым (ММВЗ), В.А. Рожковым (ММЗ), Ф.В. Боровиком (Нархоз).

Здесь они приобретали богатый профессиональный опыт, настоящую жизненную закалку, продолжали учебу в институтах. В результате в районе была создана сильная интеллектуальная база.

Уже в начале 60-х годов район представлял собой огромный социально-экономический комплекс. Здесь проживало около 200 тысяч населения. В сфере промышленного и строительного производства трудилось около 90 тысяч человек. Район производил 1/3 валовой продукции г. Минска.

Как известно, главным критерием и лозунгом в те годы были — высокие темпы развития производства, и достигались они на существовавшей технической базе, в основном, за счет интенсификации труда. Во имя этого организовывались работы даже в субботние и воскресные дни. На каком-то этапе это давало какой-то эффект, потом же переродилось в зло. Продукцию к этим дням накапливали в течение рабочей недели, а оформляли ее субботними и воскресными днями. Деньги, как правило, выкладывали «на бочку». Мужики приходили домой навеселе. В семьях, кроме скандалов, прибыли никакой не было. Напрашивался вывод — надо повышать производительность и качество труда на основе совершенствования организации производства, внедрения достижений научно-технического прогресса, передовых технологий.

На этом направлении сосредоточили усилия районный комитет партии, райисполком, низовые партийные и профсоюзные организации. Осталась в памяти заводчан деятельность первых секретарей райкома партии Василия Ивановича Шарапова, Мефодия Федоровича Загаецкого, Романа Романовича Новика, Ивана Васильевича Филатченкова, Владимира Михайловича Семенова, Артура Ивановича Трутнева, Владимира Кирилловича Топцова, Иосифа Федоровича Вашкевича, секретарей парткомов: МАЗа — Виктора Дмитриевича Бысенко, Станислава Прокофьевича Паршина, Александра Владимировича Гребня, Николая Аверьяновича Стрельцова; МТЗ — Владимира Александровича Лепешкина, Клементия Михайловича Каратая, Александра Петровича Козлова, Владимира Григорьевича Галко; моторного завода — Анатолия Ивановича Артюхова, Эдуарда Антоновича Рапницкого; 11 ГПЗ — Егора Павловича Шевченко.

В.М. Семенов стал инициатором создания технико-экономического совета района. Возглавляли совет грамотные специалисты — СКБ-3 и НИИ-Литавтопрома Т.Б. Сенють и В.М. Горбачевский. Анализ деятельности предприятий и организаций района позволял выработать дельные рекомендации. Они касались, в первую очередь, активизации и творческого подхода к своей работе инженерно-технического персонала. На предприятиях создавались подразделения комплексной механизации и автоматизации производства, цехи собственного станкостроения.

Существенной модернизации подвергалась номенклатура выпускаемых изделий. Появились семейства тракторов «Беларусь» и автомобилей МАЗ, подшипников. Все это достигалось не в простых условиях — в борьбе с собственной рутинной и вышестоящей бюрократией.

На память приходят батальи тракторозаводских конструкторов (П.И. Бойкова, В.П. Ксеневича и П.А. Амельченко) с Минтракторопромом СССР за выбор схемы перспективного трактора. Ситуация усложнялась тем, что бывший главный конструктор МТЗ — И.И. Дронг, переметнулся на сторону противников минской схемы. Беларусы доказали, что навязываемая равноколесная схема трактора не обеспечит широких потребностей, главным образом, сельчан.

Не менее драматичной была борьба за постановку на производство семейства автомобилей МАЗ-500. Только глубокая уверенность в превосходстве новой модели и твердая позиция автозаводцев, в первую очередь, главного конструктора М.С. Высоцкого позволили новой машине стать на заводской конвейер.

С немалыми трудностями столкнулся главный конструктор моторного завода С.Я. Рубинштейн, пробивая дорогу двигателю Д-260.

Успехом на производственном поле района способствовала постоянная забота об улучшении социально-бытовых условий трудящихся. Райисполком постоянно намечал и осуществлял планы социально-экономического развития района. Его председатели Викентий Данилович Мышковский, Василий Федорович Чайковский, Михаил Павлович Морозов постоянно изучали потребности людей как в производственных цехах, так и по месту жительства.

Как можно было запретить проезд в городском транспорте рабочих, возвращающихся домой в грязной спецодежде, если в цехах не было надлежащих бытовок, гардеробов, душевых, саун? Как можно было сократить потери рабочего времени женщин по уходу за больными детьми? Как сократить время на получение обеда в заводской столовой?

На эти и многие другие вопросы находились ответы. Все цехи предприятий были оборудованы нормальными бытовками. Сначала на МАЗе, а потом и на остальных предприятиях в заводских столовых установлены раздаточные линии самообслуживания. А детскую поликлинику помогал райисполкому пробивать и строить лично первый секретарь Минского обкома партии Иван Евтевич Поляков.

Строительную отрасль района возглавляли такие высококвалифицированные кадры как управляющие трестом № 5 Иосиф Андрианович Юрков, Юрий Александрович Пупликов, управляющие, начальники, директора других спецтрестов, управлений, предприятий стройматериалов и стройиндустрии: Николай Леонтьевич Рудобелец, Франц Брониславович Зинкович, Валерий Валерианович Девиер, Иван Иванович Корнилов, Анатолий Васильевич Тихонов, Иван Тимофеевич Пономаренко, Петр Петрович Вербицкий, Петр Петрович Кажуро и др.

Высокими темпами велось строительство производственных корпусов, жилых домов, объектов соцкультбыта. Окраины Минска приобретали облик современного города, украсились высотными зданиями института народного хозяйства, Республиканского статистического управления, гостиницы «Турист», универмага «Беларусь», домами культуры МТЗ и МАЗа.

В зоне парка им. 50-летия Октября построен стадион «Трактор», открыты новый парк 900-летия Минска в Чижовке и спортлагерь «Стайки».

Поиски разумного стимулирования труда трудящихся порождали творческую инициативу ра-

бочих, ИТР и ученых района. Заводчане первыми на практике создали научно-производственные объединения МАЗ-БПИ, МТЗ-БПИ, 11ГПЗ-Нархоз, что способствовало повышению технического уровня и эффективности производства, качества выпускаемой продукции, решению социальных вопросов предприятий на научной основе. Тракторы и автомобили вышли на мировой рынок, отмечались призовыми наградами международных выставок.

За высокие достижения в труде МТЗ и МАЗ награждены орденами Ленина и Октябрьской революции, стройтрест № 5 — орденом Ленина.

Звание Героя Социалистического труда присвоено 18 заводчанам: С.И. Авсиевичу (11 ГПЗ), Ф.П. Алексиевичу (11 ГПЗ), Д.И. Барашкину (МАЗ), А.И. Белко (МТЗ), И.М. Демину (МАЗ), Е.И. Климченко (МТЗ), Н.С. Малиновскому (ТЭЦ-3), Г.П. Мягковой (МТЗ), К.Г. Павленковичу (МАЗ), И.Я. Парфененко (ММЗ), А.Н. Протьюко (ТЭЦ-3), Р.К. Прусовой (МТЗ), Ф.К. Самусеву (МТЗ), Н.Н. Слюнкову (МТЗ), А.И. Юркову (тр. № 5), Б.Л. Шапошнику (МАЗ), Н.П. Якубович (МАЗ), П.И. Якимову (МАЗ). Более сотни человек отмечены Ленинскими, союзными и республиканскими премиями, званиями заслуженных работников.

В 1977 году в связи с образованием новых районов в г. Минске от Заводского района отошли минские тракторный и моторный заводы и микрорайон Серебрянка. И как ни парадоксально, в нынешних границах Заводского района не осталось ни одного квадратного метра территории Сталинского района, но традиции и тесные связи заводчан живы и сегодня. Накануне юбилея руководитель Администрации Заводского района Вячеслав Станиславович Юхнович пригласил на встречу ветеранов и бывших руководителей района. Он отметил важнейшие вехи из его истории. Рассказал о сегодняшних делах и перспективах на будущее:

«Около половины всех промышленных товаров, производимых в районе, поставляется на экспорт.

Труженики района обеспечили выполнение всех установленных показателей за 2002 год. И это — третий год подряд. Притом за последние пять лет район в сопоставимых ценах увеличил объем промышленного производства в 1,8 раза, экспорт почти в 1,6 раза.

Горжусь тем, что район, несмотря на кризисы, живет и развивается. Похорошел, помолодел наш Партизанский проспект, который стал одним из красивейших проспектов столицы. А станция метро «Могилевская» помогла разгрузить нашу основную магистраль. Мы сами закольцевали автозавод дорогой. Теперь вокруг него пущен общественный

транспорт. И все это делается во имя человека, ради его блага.

Ведь главное достояние района — его люди, которые живут и работают здесь, отдают свой профессионализм, свои знания, опыт его развитию и процветанию.

Выражаю всем искреннюю благодарность и признательность за добросовестный труд, за стремление сделать наш общий дом еще краше и уютнее.

В этот знаменательный день от всей души желаю всем крепкого здоровья, благополучия, добра.

Пусть в ваших домах всегда будет мир, тепло и любовь.

Пусть и далее развивается наш Заводской район на благо нынешнего и будущего поколений!» — сказал он.

Вячеслав Станиславович сказал, что нынешнее руководство района постоянно опирается на опыт своих предшественников и поблагодарил их за вклад, который они внесли в его развитие.

Замечу: все ветераны отметили, что район в сравнении с их временами стал еще более привлекательным.

Ветераны остались довольны тем, что передали эстафету в руки достойного заводчанина. Он возглавляет район уже 15 лет!

Как-то на автозаправочной станции по дороге Линц-Зальцбург (Австрия), пока заправляли нашу машину, мы присели в баре попить «Фанту». Официант, обслуживающий нас спросил откуда мы.

- Из Беларуси, - ответил наш переводчик.

- Я не знаю такой страны, - сказал официант, что нас, конечно, удивило.

- А вот тот автомобиль знаком вам? — мы показали на стоящий в очереди автопоезд МАЗ-«Совтрансавто».

- Да, это русиш МАЗ! Хорошая машина.

- Так вот, он сделан в Беларуси, в городе Минске.

Официант улыбнулся: - Теперь буду знать Беларусь! Со мной тоже был случай в Танзании. Местный житель не знал нашей страны, Австрии. Я ему напел мотив «Сказки венского леса» и он воскликнул: - Это Штраус, Вена, Европа!

- Между прочим, - сказал я официанту, - белорусский композитор Игорь Лученок тоже написал «Венский вальс», - и постарался воспроизвести его мотив. Официант тут же подхватил знакомую ему мелодию.

Так через творения рук и души нашего народа мир познает нашу Белую Русь! И не мал в этом деле вклад тружеников Заводского района столицы Беларуси!

А.Б. Зуев

НИЧТО НЕ ЗАБЫТО, НИКТО НЕ ЗАБЫТ

В связи с 58-ой годовщиной Победы в Великой Отечественной войне, как и во всей стране, в Физико-техническом институте НАН Беларуси тепло и сердечно поздравили ветеранов войны и труда. Директор института Гордиенко А.И. и главный редактор журнала «Инженер-механик» Астапчик С.А. устроили прием и вручили ценные подарки старейшим работникам института.



Слева направо:

сидят: Михлин А.П. – ветеран ВОВ, Глагольев А.С. – ветеран ВОВ, Гордиенко А.И. – директор ФТИ, Измайлова Т.В. – ветеран ВОВ, Астапчик С.А. – гл. редактор Ж «И-М», Коноплев И.Д. – ветеран ВОВ, Смирнов А.И. – ветеран ВОВ

стоят: Гришанович К.В. – зам. директора ФТИ, Лагутенкова О.А. – фельдшер ФТИ, Воронцов Н.М. – ветеран ВОВ, Парталимов В.А. – ветеран ВС, Макаров Н.Н. – ветеран ВОВ, Сердюкова Л.С. – ветеран труда, Пятосин Е.И. – ветеран ВОВ, Крючин В.В. – труженник тыла, Беспрозванный В.С. – гл. инженер ФТИ, Белькевич О.И. – ветеран труда.

Ветераны войны и труда и сегодня показывают образцы творческого труда, активно участвуют в военно-патриотическом воспитании молодого поколения.

Редакция журнала желает ветеранам войны и труда крепкого здоровья, долгих лет жизни и новых творческих успехов.

Уважаемый читатель! в Ж «И-М» № 1(18) 20033 г. на стр. 43, средний столбец после слов «...пять своих сыновей на защиту Родины...», следует добавить: «повторил подвиг Матросова»

Предлагаем вниманию читателя три разработки к.т.н. Ю.М. Захарика (МАЗ)

ОЦЕНОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ

Электропневматический привод сцепления на базе электронного управления обладает весьма важным с точки зрения получения наилучшего эффекта внедрения качеством, а именно, позволяет реализовать различные законы управления сцеплением. Перспективной является автоматическая система, работающая на основе оптимального с точки зрения минимизации износа дисков сцепления и нагруженности звеньев трансмиссии закона управления. От выбора показателей, оценивающих работу системы, в значительной мере зависят полученные результаты оптимизации закона управления и, следовательно, степень реализации преимуществ электронного автоматического управления сцеплением в реальных условиях эксплуатации.



Анализ работ, посвященных вопросам выбора закона управления сцепления, позволил сделать следующий вывод: используемые критерии оценки работы системы управления в режиме трогания автомобиля с места можно разделить на энергетические и нагрузочные.

Энергетические показатели представлены работой L , удельной работой $L_{уд}$, мощностью N и удельной мощностью $N_{уд}$ буксования сцепления. Предполагается, что работа буксования L определяет износ, а мощность N – температурную нагруженность дисков сцепления. Указанные показатели определяются следующим образом:

$$L = \int_0^{t_6} M_c \cdot (\omega_2 - \omega_1) dt,$$

$$N = M_c \cdot (\omega_2 - \omega_1),$$

$$L_{уд} = L / A_{тр},$$

$$N_{уд} = N / A_{тр},$$

где $A_{тр}$ – площадь поверхностей трения; t_6 – время буксования.

Группа энергетических показателей обычно представляется при решении задач подобного рода работой буксования L , так как при уменьшении работы буксования L можно ожидать снижения максимальных значений мощности трения N . Кроме того, принимая во внимание, что работа

буксования L представляет собой работу двигателя, затраченную на износ фрикционных накладок, при решении вопросов, связанных с минимизацией износа дисков сцепления, достаточно ограничиться использованием данного критерия в качестве оценочного. При этом более предпочтительной оценкой является удельная работа буксования $L_{уд}$, которая обеспечивает сравнимость результатов.

Оценка нагруженности силового агрегата автопоезда осуществляется по коэффициенту динамических нагрузок K_d . Применяются следующие выражения для данного показателя:

$$K_{дф} = M_{max} / M_{\phi},$$

$$K_{де} = M_{max} / M_{Emax},$$

$$K_{д\psi} = M_{max} / M_{\psi},$$

где M_{Emax} , M_{max} – максимальные моменты двигателя и в трансмиссии; M_{ϕ} , M_{ψ} – моменты сцепления и сопротивления движению автопоезда. При этом подразумевается, что указанные моменты приведены к одному и тому же валу с учетом передаточных чисел и КПД.

Здесь также как и в первом случае, целесообразно ограничиться каким-либо одним показателем в виду взаимосвязи приведенных показателей между собой: при уменьшении одного ожидается уменьшение остальных. Предпочтение отдается коэффициенту динамичности нагрузок $K_{де}$, как наиболее широко используемого оценочного показателя в подобных задачах исследования.

Для оценки функционирования всей системы в целом используется величина размаха колебаний первой производной продольного ускорения РКJ:

$$PKJ = PK \left(\frac{r_0}{i_{тр}} \cdot \frac{d\omega_4}{dt} \right),$$

где $i_{тр}$ – общее передаточное число трансмиссии; r_0 – радиус качения ведущих колес.

Анализируя характер изменения упругого момента на выходном звене динамической системы трансмиссии автопоезда, можно также оценивать поведение всей системы по величине размаха ко-

лебаний динамического момента РКМ:

$$\text{РКМ} = \text{РК} (r_0 \cdot M / i_{\text{тр}}).$$

Однако более предпочтительное использование первой характеристики объясняется наличием методики объективной оценки плавности движения автопоезда на переходных режимах. Кроме того, указанная оценка инварианта по отношению к массе автопоезда и дорожным условиям, что обеспечивает сравнимость результатов.

Использование в качестве оценки какого-либо показателя или группы показателей определяется целью исследования.

Так, при изучении влияния темпа включения сцепления при трогании автопоезда с места на нагруженность звеньев трансмиссии в качестве оценочных показателей исследователи выбирают работу буксования L сцепления и максимальный динамический момент в трансмиссии M_{max} . Для получения требуемой долговечности дисков сцепления в ряде работ произведен комплексный анализ воздействия таких факторов, как масса агрегата, моменты инерции вращающихся масс, дорожных условий на величину работы буксования L сцепления с учетом максимального значения мощности буксования N . При оценке нагруженности сцепления определяют удельную работу буксования $L_{\text{уд}}$ при трогании автомобиля с места и повышение температуры при нагреве ве-

дущего диска за одно включение.

С другой стороны, работа электропневматического привода в составе системы автоматического управления сцеплением имеет ряд особенностей. Это связано с реализацией импульсного способа управления исполнительным механизмом сцепления, что приводит к дискретному изменению выходной величины привода сцепления. Указанные особенности оказывают влияние на функционирование агрегатов трансмиссии и автопоезда в целом. Так, при чрезмерно увеличенном пороге регулирования электропневмопривода сцепления возможны значительные рывки при трогании автопоезда с места. Поэтому при проектировании системы автоматического управления сцеплением, включающей в свой состав электропневматический привод, влияние специфики функционирования данного привода предпочтительно оценивать по критерию плавности трогания автопоезда с места J , выраженному в джерках.

Таким образом, работу системы автоматического управления сцеплением для поставленных целей исследования необходимо оценивать двумя критериями: работой буксования L и величиной размаха колебаний первой производной продольного ускорения РКJ .

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ

Проведение экспериментальных исследований работы сцепления с системой автоматического управления в составе силового агрегата автопоезда производились в следующем порядке.

Осуществлялся запуск двигателя и после достижения рабочих значений температуры охлаждающей жидкости и давления воздуха в пневмосистеме стенда, включались управляющий и измерительный комплексы. Осуществлялась балансировка датчиков, проверка контрольных сигналов, расположение лучей на экране осциллографа и запись нулевых линий регистрируемых процессов. После включения управляющего комплекса осуществлялось выключение сцепления. Оператор с пульта управляющего комплекса стенда включал вторую передачу в основной КП и нижний диапазон демультипликатора. Затем производился запуск светолучевого осциллографа, по-

сле чего оператор плавно нажимал на педаль управления двигателем, имитируя переходный процесс трогания с места.

Результаты стендовых испытаний представлены в виде осциллограмм на рис. 1. Здесь отражены следующие процессы: состояние концевого выключателя сцепления (2), угловые скорости ω коленчатого вала двигателя (3), первичного вала КП (4), выходного вала КП (5), крутящий момент M на выходном валу КП (6), перемещение педали управления двигателем α_d (7) и давление P в рабочей полости цилиндра управления (8). Базовая линия обозначена цифрой 1. При нажатии оператором на педаль управления двигателем угловая скорость коленчатого вала двигателя возрастает, давление в рабочей полости ИЦ начинает уменьшаться. Возрастает передаваемый сцеплением крутящий момент. При достижении давления

$P = 0,4 P_{\max}$ отключается концевой выключатель (ступенька луча 2). Процесс буксования сцепления заканчивается при равенстве угловых скоростей коленчатого вала двигателя и первичного вала КП.

Характер изменения крутящего момента, угловой скорости коленчатого вала двигателя и давления в рабочей полости силового цилиндра сцепления позволяет сделать вывод о достаточно плавном протекании переходного процесса. Время данного процесса составляет $t_n = 2,6$ с. При изменении темпа автоматического включения сцепления в пределах $t_n = 1,8 \dots 3,0$ с характер изменения указанных параметров качественно не изменяется.

рожным испытаниям.

Дорожные испытания системы автоматического управления сцепления осуществлялись по следующей методике:

1. Производится прогрев двигателя, а также измерительной и регистрирующей аппаратуры в течение 20 ... 30 минут. Осуществляется балансировка датчиков, проверка контрольных сигналов, расположение лучей на экране осциллографа и запись нулевых линий регистрируемых процессов.

2. Включается электронный блок управления сцеплением.

3. Педаль управления двигателем полностью отпускается. Угловая скорость коленчатого вала

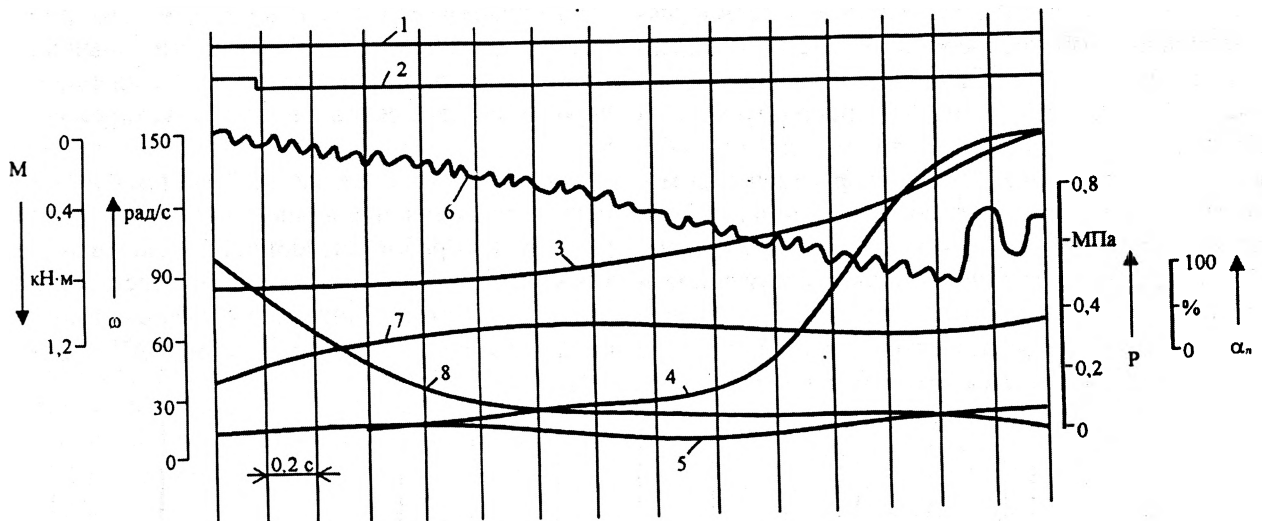


Рис. 1. Осциллограмма переходного процесса в трансмиссии при автоматическом включении сцепления

Важной задачей экспериментальных исследований является определение максимально допустимой величины отклонения давления в рабочей полости исполнительного цилиндра сцепления ΔP_m из условия сохранения функциональной работоспособности системы. Однако в стендовых условиях оценить допустимое изменение углового ускорения маховика, эквивалентного поступательно движущейся массе автопоезда, довольно сложно. Поэтому дальнейшие испытания осуществляются в дорожных условиях.

Результаты стендовых испытаний системы автоматического управления сцеплением позволили сделать следующие выводы:

- система в целом и отдельные ее элементы функционально работоспособны;
- последовательность выполнения команд управления соответствует разработанному алгоритму;
- макетный образец системы подготовлен к до-

двигателя, определяемая по тахометру, не должна превышать $\omega_d = 80$ рад/с. При невыполнении данного условия отрегулировать обороты холостого хода. Сцепление полностью выключено. Контроль за состоянием сцепления осуществляется по индикатору на щитке прибора.

4. Включается вторая передача в основной КП, для чего контроллер устанавливается в положение II.

5. Включается нижний диапазон демультипликатора, для чего переключатель диапазонов, установленный на щетке приборов, устанавливается в нижнее положение.

6. Включается система измерений.

7. Осуществляется трогание автопоезда с места путем плавного нажатия на педаль управления двигателем. Угловая скорость коленчатого вала двигателя должна плавно повышаться. Темп трогания автопоезда с места должен зависеть от интенсивности нажатия на педаль управления дви-

гателем. В процессе трогания с места должны быть исключены рывки и дергания автопоезда. Контрольные приборы на щитке водителя не должны сигнализировать о возникновении аварийного режима. Расход воздуха из системы питания не должен превышать допустимый.

8. По достижении приемлемой скорости движения автопоезда отпускается педаль управления двигателем. Сцепление полностью размыкается.

9. Выключается система измерений. Производится проверка работы датчиков, снятие тарифовочных характеристик.

10. После установки клапанов с другими характеристиками в привод сцепления пункты 3 ... 9 повторяются.

При $\Delta P_m > 0,28$ МПа происходит потеря функциональной работоспособности системы управления. Это связано с высокой инерционностью электромагнитных клапанов, используемых в приводе сцепления. Работа таких клапанов обуславливает ступенчатый характер изменения момента сцепления, что приводит к возникновению колебаний динамических моментов в трансмиссии автопоезда. Кроме высокой нагруженности звеньев трансмиссии, здесь наблюдается резкое ухудшение плавности разгона автопоезда. При этом не обеспечивается сохранность перевозимо-

го груза, снижается комфортность движения.

На рис. 2. показана осциллограмма процесса включения сцепления. Рассматриваемый процесс осуществлен по разработанной методике дорожных испытаний. В приводе сцепления использовались электромагнитные клапаны типа РС-330. Здесь приняты следующие обозначения: 1 – крутящий момент M на полуоси, 2 – показания датчика ускорения J . Как видно из осциллограмм, при использовании данных клапанов в приводе не обеспечивается требуемая плавность включения сцепления, $J = 3,8$ g/c.

Для проверки адекватности разработанных математических моделей проводилось сравнение результатов аналитических и экспериментальных исследований, которое показало, что погрешности определения угловой скорости коленчатого вала двигателя не превышает 8 %, давление в силовом цилиндре сцепления – 7 %, ускорения – 14 %.

В ходе дорожных испытаний система электронного управления сцеплением показала удовлетворительную работоспособность. Подтверждено также предположение о необходимости использования электромагнитных клапанов высокого быстродействия, обеспечивающее $\Delta P_m < 0,28$ МПа.

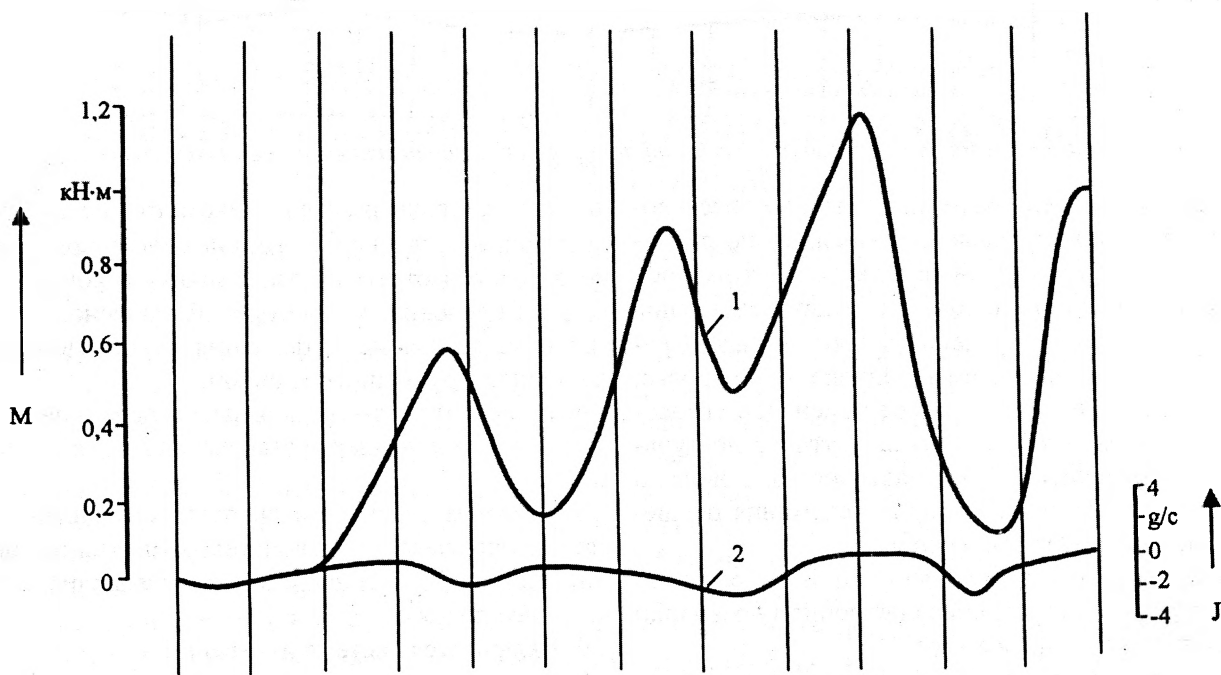


Рис. 2. Осциллограмма переходного процесса включения сцепления при использовании электромагнитных клапанов типа РС-330 в приводе

УДК 629.113-585

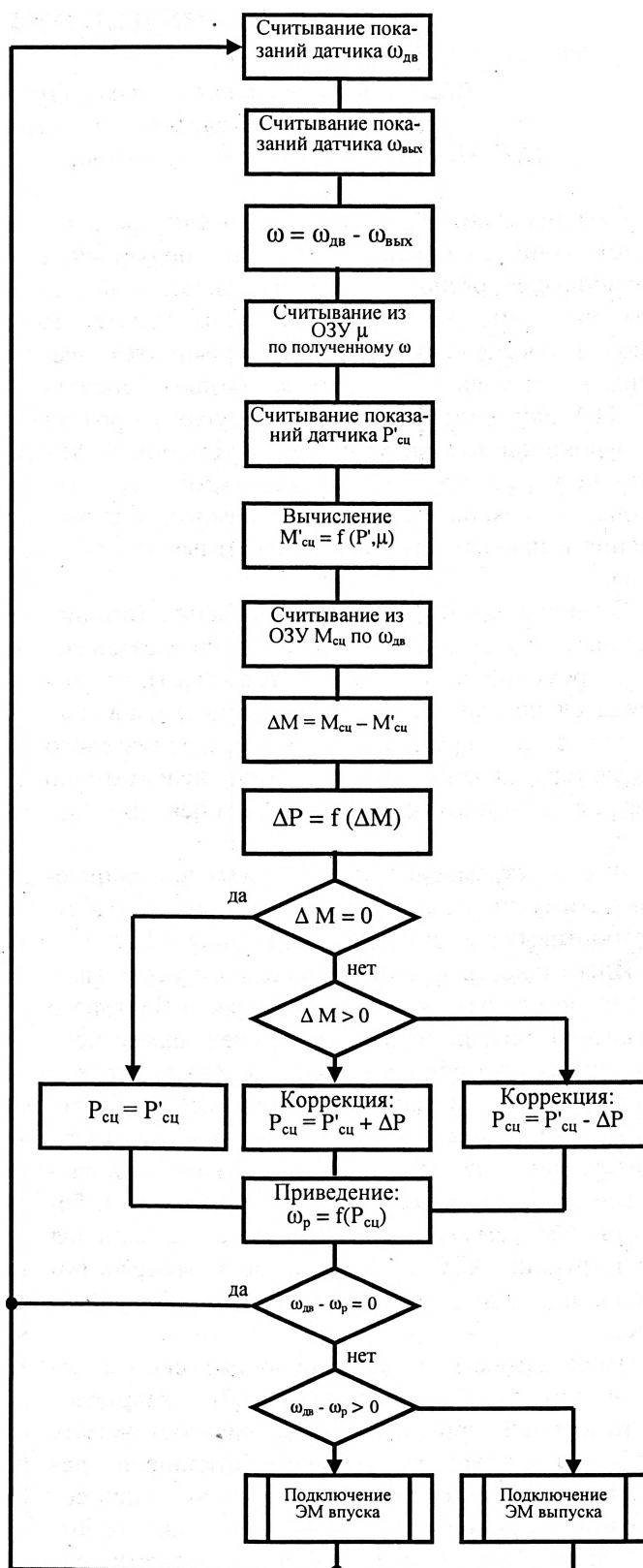
АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЕМ АВТОМОБИЛЯ

Микропроцессорная система управления сцеплением автопоезда по сравнению с традиционными автомобильными приводами позволяет создать систему управления сцеплением более высокого уровня, ориентированную на адаптивный алгоритм функционирования. Под адаптивным понимается алгоритм, учитывающий изменения параметров привода сцепления и самого сцепления в процессе эксплуатации.

К параметрам, которые изменяются в процессе эксплуатации, следует отнести износ уплотнений в исполнительном цилиндре привода и фрикционных дисков сцепления. При каждом включении сцепления учитывается изменение коэффициента трения μ . Оценка изменения параметров осуществляется косвенным методом.

Для учета изменения коэффициента трения от относительной скорости поверхностей трения $\omega_{отн}$ сцепления в ОЗУ ЭВМ вводится массив значений момента трения сцепления и соответствующие им относительные скорости. При работе микропроцессора формирование момента трения сцепления осуществляется с учетом нелинейной зависимости $\mu = f(\omega_{отн})$.

Алгоритм адаптивного управления сцеплением приведен на рис. 1. Давление в исполнительном цилиндре сцепления $P_{сц}$ регулируется с помощью широтно-импульсного способа модулирования. В качестве задающего сигнала используется угловая скорость коленчатого вала двигателя $\omega_{дв}$. Выходная характеристика представлена моментом трения сцепления $M_{сц}$. Таким образом, независимо от изменений характеристик привода сцепления, элементов пневмосистемы, механизма сцепления, в процессе эксплуатации, система управления сцеплением обеспечивает реализацию предварительно заданной зависимости $M_{сц} = f(\omega_{дв})$. В случае задания линейной зависимости $M_{сц} = f(\omega_{дв})$ алгоритм обеспечивает минимальную нелинейность указанной зависимости. При этом компенсируются нелинейности датчиков и исполнительных механизмов. Алгоритм (рис. 1) упрощается при использовании датчика крутящего момента с последующим соединением с высокочастотным фильтром.



УДЕЛЬНАЯ РАБОТА ТРЕНИЯ КАК ИСХОДНЫЙ ПАРАМЕТР ПРИ БОРТОВОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ФРИКЦИОННЫХ НАКЛАДОК ТОРМОЗОВ ДРУГИХ УЗЛОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ю.Д. Карпиевич, к.т.н., ст.н.с., Проблемная НИЛ автомобилей БНТУ

В.В. Корсаков, гл. конструктор РУП «МАЗ»

Н.Г. Мальцев, нач. отдела электроники и электронных систем УГК РУП «МАЗ»

Сегодня становится все более очевидным, что сложившийся в прошлом столетии и получивший наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемого уровня технического состояния автотранспортных средств (АТС), например, тормозных и других устройств с фрикционными накладками автомобилей, так как не учитывает особенности каждого АТС, условия его эксплуатации, технического обслуживания и проведенные ранее ремонтные воздействия.

Внешние средства диагностирования (стационарные и передвижные) также не позволяют своевременно выявить внезапные отказы, что отрицательно сказывается на безопасности, а в силу плано-предупредительного или эпизодического характера диагностических работ недостаточно эффективны и при выявлении постепенных отказов.

Именно стремление снять указанные ограничения стимулировало у нас и за рубежом разработку бортовых систем диагностирования АТС.

Идентичность функциональных структур микропроцессорных систем управления и бортового диагностирования позволяет за счет совместного использования общей аппаратуры (датчиков, исполнительных механизмов, микроЭВМ) обеспечить непрерывный контроль системы и объекта управления без использования каких-либо специализированных технических средств и избежать тем самым необоснованного усложнения конструкции АТС и необходимости разработки дополнительного диагностического оборудования.

Необходимость создания подобных систем вызвана тем, что у большинства АТС, например, автомобилей при проведении диагностических работ отмечаются значительные отклонения параметров, характеризующих его техническое состояние до проведения диагностических работ, т.е. автомобиль фактически может эксплуатиро-

ваться в ряде случаев при недопустимых или критических режимах, что отрицательно сказывается на работоспособности узлов, безопасности движения, экономических, экологических и других показателях.

С другой стороны, часть автомобилей, находящихся в технически исправном состоянии, в соответствии с графиком проведения регламентных работ, подвергается преждевременному диагностированию или техническому обслуживанию, т.е. очевидны необоснованные трудовые и материальные затраты.

Таким образом, встроенное или бортовое диагностирование технического состояния тормозных и других систем автомобилей, и в частности степени износа тормозных накладок, является весьма актуальной задачей.

В результате выполнения НИР в Испытательном центре УГК РУП «МАЗ» совместно с Проблемной НИЛ автомобилей БНТУ разработана новая методика бортового диагностирования степени износа тормозных накладок, в основу которой положен физический процесс использования работы трения как интегрального показателя (рег. № М-15-2002).

Как показали результаты проведенных экспериментальных исследований, методика позволяет определить не только степень износа, но и остаточный ресурс тормозных накладок автотранспортного средства на базе информации о работе трения (отчет № Э-6-2003).

Объектом испытаний явились тормозные механизмы МАЗ-64221 с безасбестовыми тормозными накладками шифра LU 102М производства фирмы "Lumag" Республики Польша. Испытания тормозных механизмов и тормозных накладок АТС проводились согласно методике М-1-97 в наиболее нагруженном тормозном механизме передней оси автомобиля МАЗ-64221.

Испытания по определению численного значения суммарной работы трения, соответствующей предельно допустимому износу тормозных накладок

проводились экспериментально на стенде для испытания тормозов мод. 509.252 по методикам М-1-97 и М-15-2002. Программа стендовых испытаний тормозных накладок приведена в таблице 1.

После монтажа тормозного механизма на стенд производилась его регулировка. Момент инерции

рости торможения АТС и радиуса качения колеса по формуле:

$$n = \frac{1000V_a}{2\pi r_k 60}, \text{ мин}^{-1},$$

где V_a - скорость АТС, км/ч.

Угловая скорость инерционных масс стенда оп-

Таблица 1

Программа стендовых испытаний тормозных накладок

Объект испытаний	Скорость, км/ч		Давление в торм. камере, МПа	Колич. торможений	Температура, град С	Примечание
	нач.	кон.				
Испытания тормозов (повторяют 6 раз)	40	0	0,15	100	100	Температура в начале торможения
	60	0	0,26	10	100	
	60	30	0,43	100	150	
	70	0	0,55	5	120	
	60	30	0,55	35	200	
	86	0	0,70	1	100	

вращающихся масс стенда выбирался исходя из обеспечения равенства кинетических энергий инерционных масс стенда и части общей инерции АТС, приходящейся на затормаживаемое колесо, по следующей формуле:

$$J = m_k r_k^2,$$

где J - момент инерции вращающихся масс стенда, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; m_k - часть массы АТС, приходящаяся на затормаживаемое колесо при замедлении 5 м/с^2 , кг ; r_k - радиус качения колеса, м .

Из расчетных исследований процесса торможения автомобилей МАЗ-6422 (расчет Р-1427-78) следует, что наиболее нагруженным является переднее колесо автомобиля МАЗ-64221: при замедлении 5 м/с^2 приходящаяся на колесо передней оси масса составляет $m_k = 5468 \text{ кг}$. Исходя из этого, расчетный момент инерции стенда равен:

$$J = 5468 \cdot 0,53^2 = 1536 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Действительный момент инерции вращающихся масс стенда составлял:

$$J = J_B + J_8 + J_6 + J_4 + J_3 =$$

$$= 111 + 589 + 589 + 159 + 79 = 1527 \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

где $J_B = 111 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ - момент инерции приводного вала, включая ротор электродвигателя; $J_8 = 589 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ - момент инерции маховика №8; $J_6 = 589 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ - момент инерции маховика №6; $J_4 = 159 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ - момент инерции маховика №4; $J_3 = 79 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ - момент инерции маховика №3.

Частота вращения инерционных масс стенда выбиралась, исходя из заданной начальной ско-

ределялась по формуле:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \text{ рад/с.}$$

Средний тормозной момент определялся по формуле:

$$M_T = 1527 \frac{\pi n}{30t}, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где t - время торможения, с .

В табл. 2 приведены результаты испытаний тормозных механизмов с безасбестовыми тормозными накладками шифра LU 102M производства фирмы "Lumag" Республики Польша.

Работа трения определялась графоаналитическим методом и ее суммарное значение за период испытаний (за 1506 торможений) равно $L = 769571,47 \text{ кДж}$.

По результатам испытаний, приведенным в табл. 2, средний износ тормозных накладок шифра LU 102M за период выполнения установленного объема работ составил $H_{LU} = 0,3 \text{ мм}$. Средний износ базовых накладок шифра 21-12-94 Волжского ОАО ВАТИ за такой же период и при таких же условиях испытаний составлял $H_{ВАТИ} = (0,37 \dots 0,43 \text{ мм})$ (отчет № Э-49-97).

Из анализа результатов испытаний следует, что средняя работа трения на единицу линейного износа (на 1 мм), т.е. удельная работа трения тормозных накладок составляет:

- для накладок шифра LU 102M

$$L_{LU} = L : H_{LU} = 769571,47 : 0,3 = 2565238,23 \text{ кДж};$$

- для базовых накладок шифра 21-12-94

$$L_{ВАТИ} = L : H_{ВАТИ} = 769571,47 : (0,37 \dots 0,43) = (2079922,89 \dots 1789701,09) \text{ кДж}.$$

Таблица 2

Результаты испытаний тормозных механизмов с безасбестовыми тормозными накладками шифра LU 102M

Вид испытаний	Скорость V _в , км/ч		Частота вращения инерционных масс п, мин ⁻¹		Время торможения t, с	Средний тормозной момент M _т , кНм	Угловая скорость инерционных масс со, рад/с		Давление в тормозной камере, МПа	Количество торможений	Работа трения, кДж	Средний износ, мм	
	нач.	кон.	нач.	кон.			нач.	кон.				барабана	накладок HLU
Исследовательские	40	0	200	0	8,8	3,632	20,93	0	0,15	600	207674,4		
	60	0	300	0	7,2	6,659	31,40	0	0,26	60	48879,78		
	60	30	300	150	2,0	11,987	31,40	15,7	0,43	600	350131,2		
	70	0	350	0	4,05	13,812	36,63	0	0,55	30	31854,63		
	60	30	300	150	2,2	10,897	31,40	15,7	0,55	210	122212,86		
	86	0	411	0	4,8	13,685	43,02	0	0,70	6	8818,6		
	Всего										1506		

Износостойкость накладок шифра LU 102M ориентировочно на 23...43% выше износостойкости базовых накладок шифра 21-12-94.

Учитывая, что применительно к тормозным механизмам МАЗ замена тормозных накладок производится, если значение их линейного износа достигает H_{max}=10 мм, то численное значение суммарной работы трения при предельно допустимом износе накладок составит:

- для накладок шифра LU 102M
 $\Sigma L_{LU} = L_{LU} \times H_{max} = 2565238,23 \times 10 = 25652382,3$ кДж;

- для базовых накладок шифра 21-12-94
 $\Sigma L_{ВАТИ} = L_{ВАТИ} \times H_{max} = (2079922,89...1789701,09) \times 10 = (20799228,9...17897010,9)$ кДж.

Пробег автомобиля при одних и тех же условиях эксплуатации с накладками шифра LU 102M предположительно будет на 23-43% выше чем с базовыми накладками шифра 21-12-94.

Таким образом, удельная и суммарная работа трения могут быть использованы в качестве ис-

ходных параметров или показателей для оценки и прогнозирования степени износа тормозных накладок.

При этом за счет возможности обеспечения контроля и прогнозирования износа тормозных накладок и проведения технического обслуживания тормозных механизмов по фактической потребности, что в свою очередь включает необоснованные простои автотранспортных средств, а следовательно материальные и трудовые затраты при преждевременной замене тормозных накладок, может быть достигнут существенный экономический эффект.

В перспективе указанная методика и приведенные выше показатели могут использоваться для решения задачи обеспечения равномерности износа тормозных накладок автомобиля или автопоезда при разработке электронного привода тормозов, а разработанные принципы диагностирования - для определения степени износа и прогнозирования остаточного ресурса накладок сцепления, фрикционных муфт и т.д.

Разум и фантазия одинаково необходимы для наших знаний и равноправны в науке.
 Ю. Либих

УДК 621.822.5:621.86.016

КОМПЛЕКСНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ С ПОДШИПНИКАМИ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО КОМПОЗИТА

*В.И. Врублевская, А.Б. Невзорова, Белорусский государственный университет транспорта
М.А. Белоцерковский, Институт механики и надежности машин НАН Беларуси*

Приведены сведения о новом подходе к восстановлению узлов трения, работающих в абразивосодержащих, агрессивных средах при условии $p_v \leq 3$ МПа·м/с, необходимые потребителям при эксплуатации и ремонте оборудования. Изложен метод восстановления вала – газопламенным напылением, подшипника – вкладышем из древесины объемного деформирования, который обеспечивает сохранение и повышение эксплуатационных качеств механизмов.

Узлы трения с подшипниками качения или подшипниками скольжения из металлических или полимерных материалов часто выходят из строя по причине одновременного износа и вала и подшипника. При их реконструкции не всегда находятся необходимые детали. Поэтому целью настоящих исследований является нахождение путей комплексного восстановления сопрягаемых деталей известными способами и их реализация для уменьшения финансовых, материальных и трудовых затрат.

Особую актуальность комплексное восстановление приобретает для узлов трения, работающих в абразивных, агрессивных и влажных средах. Производительность оборудования (в частности, конвейеров и транспортирующих механизмов) повышают интенсификацией режимов работы, совершенствованием технологии и его эксплуатации. При восстановлении валов и замене подшипников происходит реконструкция или модернизация узла трения. Так, в импортном оборудовании установлена весьма разнообразная номенклатура подшипников качения, значительно превышающая по числу типоразмеров номенклатуру отечественного производства. И при их модернизации всегда требуется или восстановлению валов или дополнительная их механическая обработка.

Восстановление подшипника. В последние годы слабо- и средненагруженные металлические подшипники (скольжения и качения), эксплуатирующиеся в условиях агрессивно- и абразивосодержащих средах при отсутствии регулярной смазки заменяют в процессе ремонта на подшипники скольжения из древесно-полимерных материалов или древесины. Природные композиты в диапазоне $p_v - 1...3$ МПа·м/с по своим триботехническим характеристикам превосходят многие

металлы и спеченные материалы в интервале рабочих температур до 120 °С. Новое поколение подшипников скольжения самосмазывающихся (ПСС) с вкладышами из древесины объемного деформирования, технология изготовления которых основана на способе изгиба древесных заготовок гибкой дискретной системой в сплошные цилиндрические оболочки [1, 2], позволил при внедрении в производство не только повысить эксплуатационные свойства узлов трения, но и снизить себестоимость подшипников.

При этом были разработаны оригинальные конструкции подшипников (рис.1), обеспечивающие стабильность размеров древесной оболочки в металлическом корпусе при эксплуатации в условиях переменной влажности, абразивных и агрессивных средах и полную взаимозаменяемость с подшипниками качения и подшипниками скольжения из традиционных антифрикционных материалов (баббит, текстолит, бронза и др.) [3, 4].

Для обеспечения взаимозаменяемости подшипников качения и ПСС на основе древесины торцово-прессового деформирования (ТПД) унифицировано конструктивное исполнение по внутреннему и внешнему металлическому кольцу (рис.2). Подшипники тяжелых серий (г, д) могут выполняться в двух вариантах: I вариант – наружное кольцо по толщине больше внутреннего, при этом контактная площадь ПСС составляет $S = 1491,5$ мм². В подшипниках, исполненных по II варианту, внутренне кольцо по толщине больше наружного. Контактная площадь ПСС соответственно составит $S = 2028,4$ мм² и по сравнению с первым вариантом увеличивается на 36 %, т.е. на столько же повышается и нагрузочная способность, увеличивается теплоотвод, и тяжелая серия может перейти в среднюю или легкую серии [3].

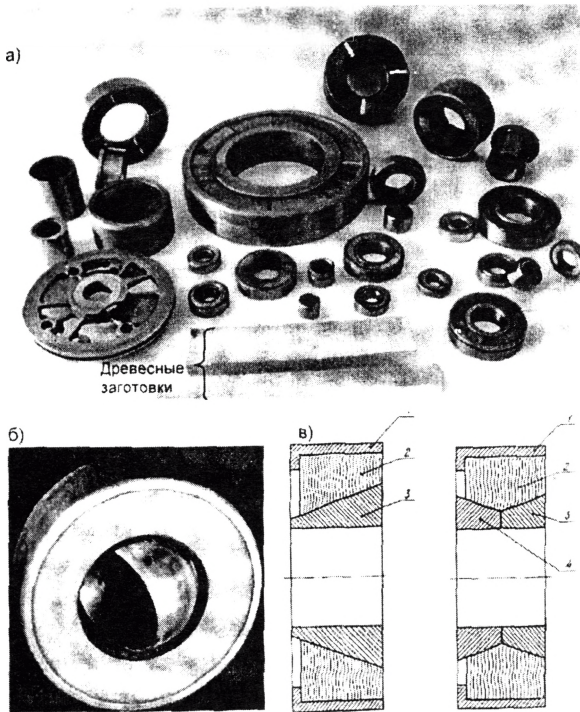


Рис. 1. Различные конструкции подшипников скольжения на основе древесины объемного деформирования: а – ПСС с цилиндрическими поверхностями; б – со сферической поверхностью; в – с конической поверхностью

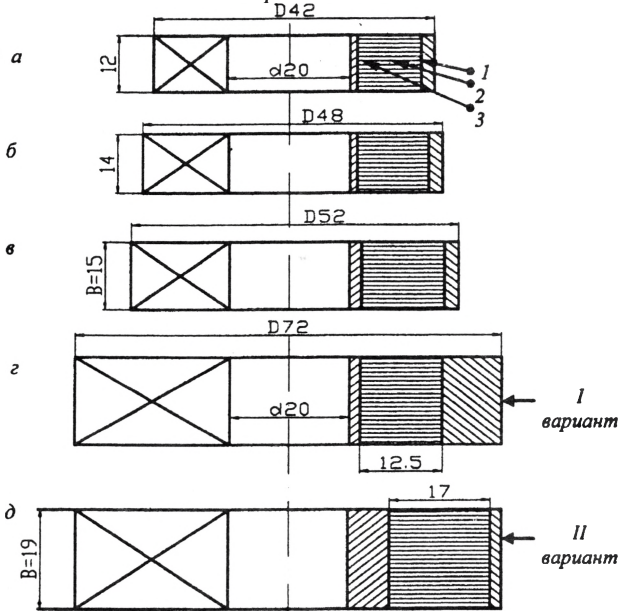


Рис. 2. Подшипники качения (А) и скольжения на основе древесины ТПД (Б) различных серий: а) 104 – особо-легкая; б) 204 – легкая; в) 304 – средняя; г, д) 404 – тяжелая; 1 – наружное кольцо ПСС; 2 – втулка из древесины торцово-прессового деформирования; 3 – внутреннее кольцо ПСС

Классификация новых конструкций подшипников, приведена в зависимости от поверхностей

скольжения и других отличительных признаков, которые позволяют конкретизировать сферу применения каждого подшипника (рис.3) [4].

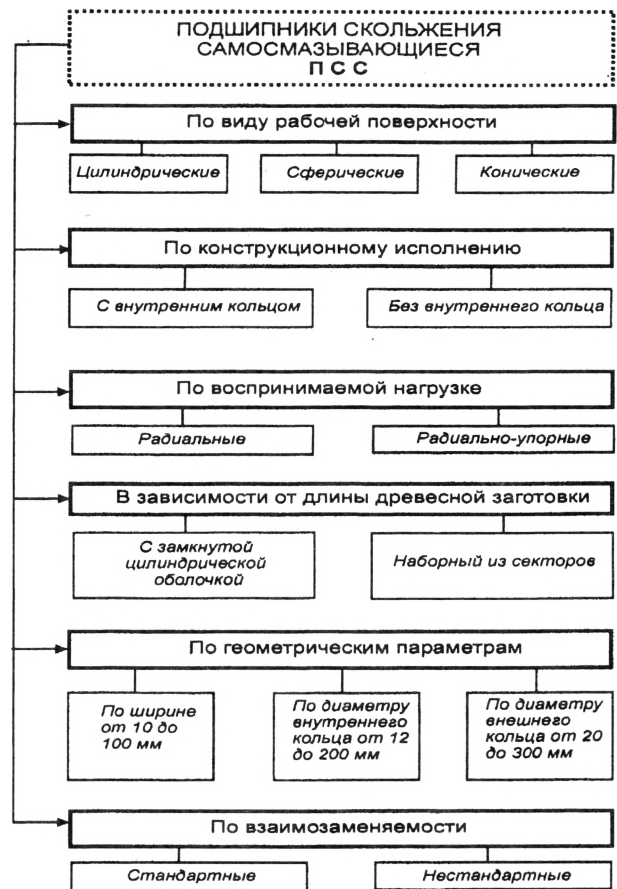


Рис.3. Классификационная схема подшипников скольжения на основе древесины объемного деформирования

Восстановление валов осуществляется, как правило, нанесением износостойких антифрикционных покрытий на изношенную поверхность. Для нанесения покрытий при реставрации широкое применение нашли методы газотермического и, в частности, газопламенного напыления (ГПН). Выбор последнего метода для восстановления металлической поверхности учитывал конкретные требования к обрабатываемым поверхностям, возможности материала по пределу упрочнения, а также технологические возможности используемого процесса.

Для достижения поставленной цели необходимо было выбрать материал покрытия, обеспечивающий максимальную стойкость пары трения в диапазоне работоспособности подшипника нового поколения. На изношенные шейки валов наносили покрытия на установке «ТЕРКО» газопламенным напылением проволок из сталей 40Х13, 65 Г и порошковой проволоки ПТП-1.

Анализ изменения интенсивности изнашивания I у исследуемых пар показал, что в пределах удельных нагрузок от 0,25 до 1,5 МПа при скоростях скольжения 0,25...1,0 м/с минимальные значения I имеют покрытия из стали 40Х13 и 65 Г, который изменяется в пределах от 0,07 до 0,09 мкм/км. Анализ поверхностей показал, что это возможно связано с оптимальным соотношением пор как у покрытия, так и у древесного вкладыша (рис.4), которое приводит к образованию прочного смазочного слоя между поверхностями, и как следствие уменьшению износа.

При использовании же литого ролика из стали 45Х I составил 0,10...0,15 мкм/км.

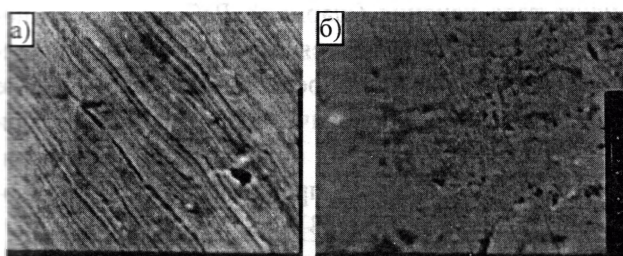


Рис. 4. Состояние поверхностей трения деталей после испытаний: а – покрытия из стали 40Х13; б – древесного вкладыша (ув. 50Х)

Максимальный I наблюдался у покрытий, напыленных композиционной порошковой проволокой ПТП-1, поверхность покрытия при этом становится более рыхлой (рис.5) и износ увеличивается до 0,15...0,19 мкм/км. Этот факт можно объяснить низкой адгезией смазочных материалов к данным типам покрытий.

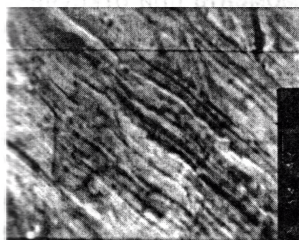


Рис.5. Состояние поверхности трения ролика с покрытием из композиционной порошковой проволоки ПТП-1

Износ вкладышей из древесины объемного деформирования на протяжении всего цикла испытаний был незначителен и находился в пределах от 0,04 до 0,08 мкм/км. Такой небольшой износ обусловлен наличием граничного прочного слоя за счет высокой плотности (1250 кг/м^3) и твердости (60 HRB) древесной оболочки. Однако дальнейшее повышение нагрузки приводило к резкому повышению интенсивности изнашивания древесного вкладыша. Поэтому необходимо проводить выбор рационального варианта при восстановлении узлов трения пары «покрытие – древесный вкладыш», которая может обеспечить вы-

сокую износостойкость сопряженных поверхностей деталей (с учетом конкретных условий эксплуатации).

Эксплуатационные испытания проводились в узлах трения сельскохозяйственных машин и оборудования. Например, в узлах трения *дисковых сошников сеялок СЗУ-3,6*, предназначенных для посева зерновых, зернобобовых и близких к ним по размерам семян. Сеялка имеет 24 сошника. В узлах трения сошников взамен закрытых подшипников качения 180503 были установлены подшипники скольжения самосмазывающиеся (ПСС), а вал восстанавливали газопламенным напылением проволокой из стали 40Х13.

Испытания их работоспособности и надежности проводились в полевых условиях на различных почвах в агрегате с трактором МТЗ – 50 (52). При рабочей скорости трактора 9 – 10 км/ч и глубине хода сошников 4,0 – 5,0 см наработка за сезон составляла 310 га, а по времени 97 – 100 ч. Установлено, что износ ПСС и сопряженной восстановленной оси незначительный, а у некоторых практически отсутствует. В целом, по техническому состоянию сошники пригодны к дальнейшей эксплуатации. Результаты испытаний в семи хозяйствах показали, что ПСС в сошниках сеялок СЗУ-3,6 работоспособны и надежны, а по сроку службы превосходили подшипники качения в 3-5 раз.

Заключение. Анализ проведенных исследований и производственных испытаний свидетельствует о перспективности комплексной технологии восстановления сопряженных поверхностей. Это повышение срока службы и упрощение конструктивного исполнения узлов трения, экономия цветных металлов и подшипников качения, снижение трудоемкости восстановления, затрат на ремонт и техобслуживание машин и механизмов – вот далеко не полный перечень преимуществ новых покрытий и подшипников скольжения из древесины ТПД. Описанная технология заслуживает широкого внедрения в различных отраслях народного хозяйства.

Литература

1. Пат. 2488 С 1 ВУ, 6 F 16 С 33/18. Способ изготовления подшипников скольжения / В.Б. Врублевский, А.Н. Невзорова, В.И. Врублевская, П. И. Антошков. – № 970238; Заявл. 07.05.97; Опубл. 30.12.01 // Афишный бюлетень / Дзярж. пат. камітэт Рэсп. Беларусь. – 2001.
2. Пат. 2487 С 1 ВУ, 6 F 16 С 33/18. Подшипник скольжения / Врублевская В.И., Врублевский В.Б.,

Невзорова А.Б. – № 970239; Заявл. 08.05.97; Опубл. 30.12.01 // Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. камітэт эсп. Беларусь. – 2001.
 3. Невзорова А. Б., Врублевский В. Б., Гафт Г. А. Технологическое моделирование новых подшипников скольжения // Инженер-механик, № 4 (13), - 2001. – С. 17-18

4. Невзорова А.Б., Врублевская В.И., Врублевский В.Б. Подшипники скольжения на основе древесины (обзор) // Материалы, технологии, инструмент. – 2002. – №3. С.46-53
 5. Белоцерковский М.А. Разработка экономичного и высокоэффективного оборудования для газопламенного напыления // Наука производству, № 6 (19). С. 14 – 16.

УДК 621.83.06:621.883.5

КЛЮЧ ДЛЯ ДЕМОНТАЖА ВЕДУЩИХ КОЛЕС ГРУЗОВИКОВ ЗИЛ И ГАЗ

М.Е. ЛУСТЕНКОВ, к.т.н., Могилевский ГТУ

Демонтаж ведущих колес грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ часто является довольно трудоемкой операцией. При длительной эксплуатации гайка прикипает к футорке (шпильке) и резьбовое соединение, крепящее колесо становится трудно-разъемным. Для срыва гайки к соединению необходимо приложить значительный крутящий момент, причем, при отворачивании, гайка может повернуться вместе с футоркой. Это осложняет демонтаж колеса и иногда требует срезания гайки автогенем [1]. В Могилевском ГТУ разработана конструкция ключа, облегчающего проведение этих операций. Ключ представляет собой ручной усилитель момента, созданный на основе шарикового зацепления.

Известно несколько типов передач с телами качения (шарикоподшипниковые, кулачковые, фрикционные и др.). Их целесообразно применять там, где традиционные зубчатые передачи, тем более, планетарные, не вписываются в диаметральные габариты устройств. В промышленности широкое распространение получили шаровинтовые передачи. Планетарные передачи с телами качения, где канавки под шарики выполнены синусоидальными и замкнутыми на цилиндрических поверхностях применялись при создании буровой техники для работы в скважинах [2]. Общим недостатком этих передач является сложность изготовления их деталей. Этот недостаток устраняется в предлагаемых эллипсоидных шариковых передачах, которые также являются передачами планетарного типа. Планетарные передачи предполагают наличие трех основных звеньев: ведущего, ведомого и заторможенного. В разработанной конструкции этими звеньями являются внутренний кулачок, вал с двумя шлицами и наружный кулачок. Роль сателлитов выпол-

няют тела качения (шарики). Рабочие поверхности кулачков образуются путем срезания (фрезерования) втулок под определенным углом, что не представляет технологических трудностей. При этом развертки рабочих поверхностей (эллипсов) кулачков на плоскость представляют собой одно-периодные синусоиды [3].

Разработанный на базе эллипсоидной шариковой передачи ключ является средством малой механизации. Ключ усиливает крутящий момент при отворачивании гаек и футорок крепящих ведущие колеса автомобилей, обеспечивая, при этом, гарантированное стопорение футорки при отворачивании гайки.

Технические параметры ключа.

Размер шестигранника под гайку, мм.....	38
Размер квадрата под футорку, мм.....	22
Увеличение крутящего момента при откручивании гайки, не менее.....	2
Увеличение крутящего момента при откручивании футорки, не менее.....	3
Габаритные размеры (макс. диаметр корпуса х длина), мм.....	60 x 320
Длина съемной рукоятки, мм.....	400
Масса, кг.....	4,2

Схема ключа приведена на рис.1. Ключ состоит из ведущего вала 1, на торце которого исполнен внутренний кулачок, вала со шлицами 2, наружного кулачка 3, тел качения 4 и корпуса 5. Наружный кулачок 3 стопорится в корпусе посредством винтов 6. Конструкцией предусмотрена крышка корпуса 7 и съемная рукоятка 8, устанавливаемая в отверстие ведущего вала 1 со стопорным винтом 9.

Рассмотрим одну из возможных кинематических схем передачи подобного типа, где заторможенным звеном является наружный кулачок, а ведущим звеном является внутренний кулачок.

Передаточное отношение определяется согласно выражению

$$u = 1 + \frac{\operatorname{tg}\alpha_3}{\operatorname{tg}\alpha_1}, \quad (1)$$

где α_1 и α_3 – углы подъема эллипсов внутреннего и наружного кулачков, определяемые в точках пересечения эллипсов, как углы между касательными к эллипсам в этих точках и осью вращения передачи. Математически доказано постоянство углового расстояния между двумя телами качения при взаимном вращении кулачков и вала, а также постоянство передаточного отношения за один цикл работы передачи при $\alpha_1 = \alpha_3$ [2, 3].

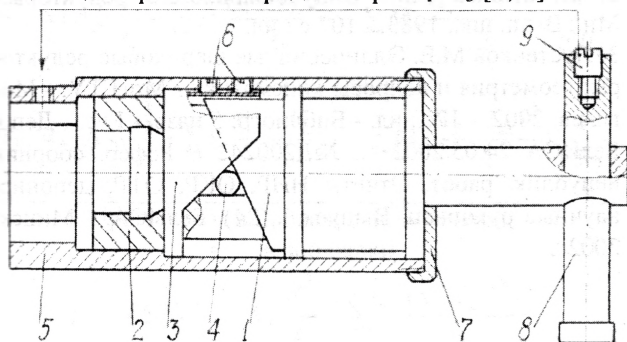


Рис.1. Ключ для демонтажа ведущих колес грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ

Проанализируем процесс взаимодействия звеньев редуктора, изображенный на рис.2. Рабочую поверхность (эллипс) ведущего вала 1 (внутреннего кулачка), рабочие поверхности ведомого вала 2 (вала со шлицами) и эллипс наружного кулачка 3 развернем на плоскость. При условии $\alpha_3 > \alpha_1$ вершины эллипса наружного кулачка необходимо срезать для обеспечения работоспособности зацепления.

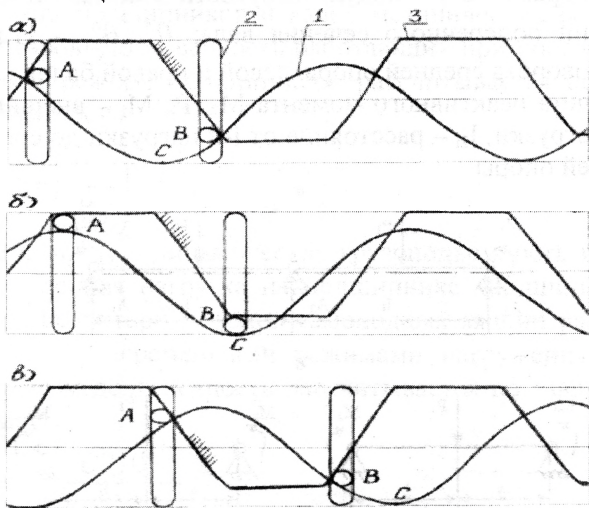


Рис.2. Работа эллипсоидного шарикового зацепления

При движении поверхности ведущего вала 1 вправо (рис.2,а), что соответствует повороту его на некоторый угол, очевидно, что тело качения А передает нагрузку, в то время как тело качения В перемещается лишь под действием наложенных связей (совершает холостой пробег). Для наглядности движения ведущего вала, одна из его вершин на рис.2 обозначена буквой С.

При дальнейшем перемещении рабочей поверхности ведущего вала вправо, тела качения попадают на вершины эллипсов (рис. 2,б). При прохождении срезанных участков наружного кулачка редукция отсутствует. При дальнейшем перемещении ведущего вала (рис.2,в), тело качения В передает нагрузку, а тело качения А совершает холостой пробег.

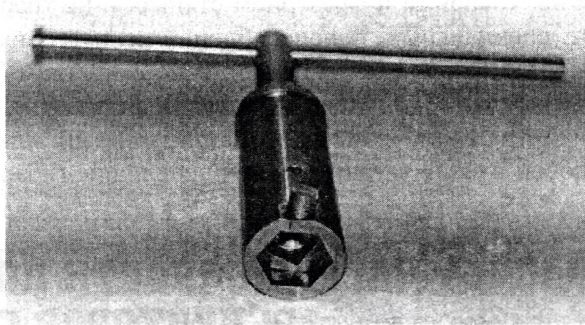


Рис.3. Общий вид ключа

Таким образом, для обеспечения увеличения крутящего момента на выходном валу передач необходимо перед работой повернуть ведущий вал для выхода тел качения со срезанных участков эллипса наружного кулачка. Передаточное отношение не постоянно в пределах одного цикла зацепления, однако условия работы таковы, что требуется кратковременное приложение нагрузки к соединению для срыва прихваченной резьбы, а не равномерное вращение.

Для развинчивания соединения ключ устанавливают так, чтобы шестигранное отверстие корпуса вошло в зацепление с гайкой, а квадратное отверстие вала со шлицами - с фторкой. При вращении ведущего вала 1 (рис.1) с помощью рукоятки 8, корпус вращается в сторону, противоположную направлению вращения ведущего вала. При этом вал со шлицами оказывается заторможенным и на нем создается реактивный крутящий момент, предотвращающий отворачивание фторки вместе с гайкой. Передаточное отношение редуцирующего узла при этой кинематической схеме определится

$$u = - \frac{\operatorname{tg}\alpha_3}{\operatorname{tg}\alpha_1}. \quad (2)$$

После снятия гайки, для отвинчивания футорки затормаживается корпус. Для этого стопорный винт 9 вывинчивается из рукоятки 8 и ввинчивается в отверстие в корпусе (см. стрелку на рис.1). Рукоятку следует вращать в сторону отворачивания футорки. При этом вал со шлицами станет ведомым звеном, а корпус затормозится, так как стопорный винт упрется в ступицу колеса. Передаточное отношение механизма при этом будет определяться по формуле (1).

К преимуществам эллипсоидных (траектории движения тел качения – эллипсы) шариковых передач можно отнести возможность реализации широкого диапазона значений передаточных отношений (в том числе и дробных) и технологичность деталей передачи, которые изготавливаются на токарном и фрезерном станках и не требуют специальных приспособлений и настройки. Передаточное отношение, согласно формулам (1) и (2), отличие от зубчатых передач, не зависит от диаметральных размеров. Разработанный ключ удобен в эксплуатации, имеет небольшие габари-

ты и вес и может применяться как в ремонтных мастерских, так и в полевых условиях. При необходимости, выходной вал ключа можно проектировать с возможностью присоединения к пневматическому или электрическому гайковерту.

Литература

1. Крез А.И., Лустенков М.Е. Высокомоментный балонный ключ для грузовых автомобилей // Современные технологии в ремонтно-обслуживающем и машиностроительном производстве АПК: Тез. докл. междунар. науч. – тех. конф./ Под ред. В.С.Ивашко, Л.М.Кожуро, А.В.Крутова – Мн.: БГАТУ, 2000. –188 с: ил., С.176-177.
2. Игнатищев Р.М. Синусошариковые редукторы.- Мн.: Выш. шк., 1983. - 107 с.: ил.
3. Лустенков М.Е. Эллипсоидные шариковые редукторы: геометрия и вопросы кинематики / МогГТУ. - Могилев, 2002. - 17с.: ил. - Библиогр: 5 назв. - Рус. - Деп в БелИСА 24.05.2002 г., №Д200242 // Рефер. сборник непублик. работ. Отчеты НИР, ОКР, ОТР, депонир. научные рукописи. Выпуск 1 (24). БелИСА. - Минск, 2002г.

УДК 621.822.6-192

РАСЧЕТ НАГРУЖЕННОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ И ВАЛОВ РЕДУКТОРОВ С ТРЕМЯ ОПОРАМИ

*В.В. Грицкевич, ведущий научный сотрудник, к.т.н.,
Института механики и надежности машин НАНБ*

Расчет подшипников трехопорных валов представляет значительные трудности из-за статической неопределенности опор. Использование метода конечных элементов для расчетов опор сложных редукторных узлов является трудоемким и малоэффективным ввиду большого числа расчетных режимов, что не позволяет автоматизировать наиболее трудоемкие этапы проектирования. Поэтому была разработана специальная методика на основе метода трех моментов, с помощью которой рассчитываются реакции и реактивные моменты в опорах, углы поворота и прогибы в произвольном сечении вала и другие параметры.

На рис.1 показана схема нагружения трехопорной балки, которая согласно методу трех моментов разделяется на две двухопорные конструкции, а взаимное влияние балок учитывается с помощью приложенного к средней опоре реактивного момента M_2 . В табл. 1 даны основные аналитические зависимости для расчета нагруженности и прогибов трехопорных конструкций, где приняты следующие обозначения: A_1, A_2, A_3 – реакции в

опорах; A_{10}, A_{20}, A_{30} – реакции в опорах двухопорных балок без учета реактивного момента M_2 ; M_1, M_2, M_3 – моменты, приложенные к соответствующим опорам; l_1, l_2 – расстояние между опорами; E, J – модуль упругости и момент инерции поперечного сечения вала; $\theta_{20}^l, \theta_{20}^r$ – углы поворота средней опоры левой и правой балок без учета реактивного момента M_2 ; P_1, M_1 – внешние нагрузки; l_{2i} – расстояние от i -й нагрузки до средней опоры.

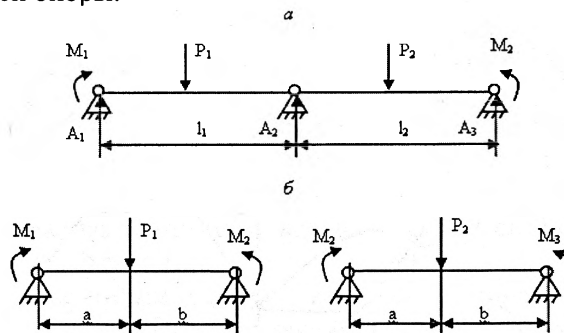


Рис.1. Схема нагружения трехопорной (а) и входящих в ее состав двухопорных (б) балок

Таблица 1
Аналитические зависимости для расчета
трехопорных валов

Расчетная формула
Реакции в опорах $A_2 = A_{20} + (M_1 - M_2)/l_1 + (M_3 - M_2)/l_2$ $A_1 = A_{10} + (M_2 - M_1)/l_1$ $A_3 = A_{30} - (M_2 - M_3)/l_2$
Реактивный момент в средней опоре $M_2 = (-6EJ(\theta_{20}^n - \theta_{20}^n) - M_3 l_2 - M_1 l_1) / (2(l_1 + l_2))$
Угол поворота средней опоры: <ul style="list-style-type: none"> • левой балки $\theta_{20}^n = (A_{20}^n \frac{l_1^3}{6} - \sum P_i \frac{(l_1 - l_{2i})^3}{6} - \sum M_i \frac{(l_1 - l_{2i})^2}{2}) \frac{1}{EJ l_1}$ <ul style="list-style-type: none"> • правой балки $\theta_{20}^n = (-A_{20}^n \frac{l_2^3}{6} + \sum P_i \frac{(l_2 - l_{2i})^3}{6} - \sum M_i \frac{(l_2 - l_{2i})^2}{2}) \frac{1}{EJ l_2}$
Прогиб вала в произвольном сечении <ul style="list-style-type: none"> • левой балки $f_x = (EJ\theta_2^n x - A_2^n \frac{x^3}{6} - \sum P_i \frac{(x - l_{2i})^3}{6} - \sum M_i \frac{(x - l_{2i})^2}{2} - \frac{M_2 x^2}{2}) \frac{1}{EJ}$ <ul style="list-style-type: none"> • правой балки $f_x = (EJ\theta_2^n x + A_2^n \frac{x^3}{6} - \sum P_i \frac{(x - l_{2i})^3}{6} - \sum M_i \frac{(x - l_{2i})^2}{2} - \frac{M_2 x^2}{2}) \frac{1}{EJ}$

Методика расчета трехопорных конструкций является составной частью общей методологии расчета подшипников и валов механических редукторов. Долговечность работающих при постоянном режиме подшипников рассчитывается по зависимости

$$L = \left(\frac{C}{P_{np}} \right)^m 10^6,$$

где C и P_{np} – динамическая грузоподъемность и приведенная нагрузка на подшипнике. Подшипники редукторных узлов самоходных машин работают с переменными режимами нагружения, при этом долговечность рассчитывается по зависимости

$$L = \frac{C^m 10^6}{\sum P_{np_i}^m n_i \gamma_i},$$

где P_{np_i} – приведенная нагрузка на i -м режиме; n_i – число оборотов подшипника на единицу долго-

вечности; γ_i – относительное время работы на i -м режиме.

Основными этапами расчета являются определение нагрузочного режима, расчет реакций в опорах, долговечности подшипников и выбор их конструктивных параметров. Отличительной особенностью расчета подшипников трехопорных валов является расчет нагрузок на опорах с учетом их статической неопределимости и зазоров в подшипниках. Остальные этапы соответствуют общепринятым методам и стандартам расчета обычных конструкций. По данному методу разработан ряд алгоритмов и компьютерных программ по расчету долговечности, прочности и надежности подшипников и валов редукторов с двумя и тремя опорами, содержащих произвольное число расположенных в пространстве валов. Все этапы, включая расчет реакций на опорах, полностью автоматизированы. Компьютерная система позволяет спроектировать оптимальную конструкцию подшипникового узла для заданной долговечности и режимов эксплуатации.

Разработанные методы применялись при проектировании трехопорной коробки передач карьерных самосвалов БелАЗ, которая показана на рис. 2. На рис. 3 изображена схема нагружения трехопорного вала 1 на одной из передач силой в зубчатом зацеплении P_1 . Для данной схемы реактивный момент M_2 в средней опоре определяется с использованием следующих зависимостей:

$$M_2 = (-6EJ(\theta_{20}^n - \theta_{20}^n)) / (2(l_1 + l_2));$$

$$\theta_{20}^n = (A_{20}^n \frac{l_1^3}{6} - P_1 \frac{(l_1 - b)^3}{6}) \frac{1}{EJ l_1};$$

$$\theta_{20}^n = -A_{20}^n \frac{l_2^3}{6 EJ l_2}.$$

На рис.4 представлены графики прогибов f_x двух- и трехопорного валов для семи режимов нагружения. В табл.2 даны максимальные прогибы и коэффициенты запаса прочности валов с двумя и тремя опорами. Трехопорная конструкция вала позволила снизить в 5-10 раз прогибы, при этом уменьшена нагруженность и повышена долговечность валов, подшипников и зубчатых колес. Вторым способом снижения прогибов двухопорной конструкции является увеличение диаметра вала. В табл.3 приведены максимальные прогибы при различных диаметрах вала. Увеличение размеров вала приводит к снижению прогибов, однако при этом увеличиваются вес и габариты конструкции.

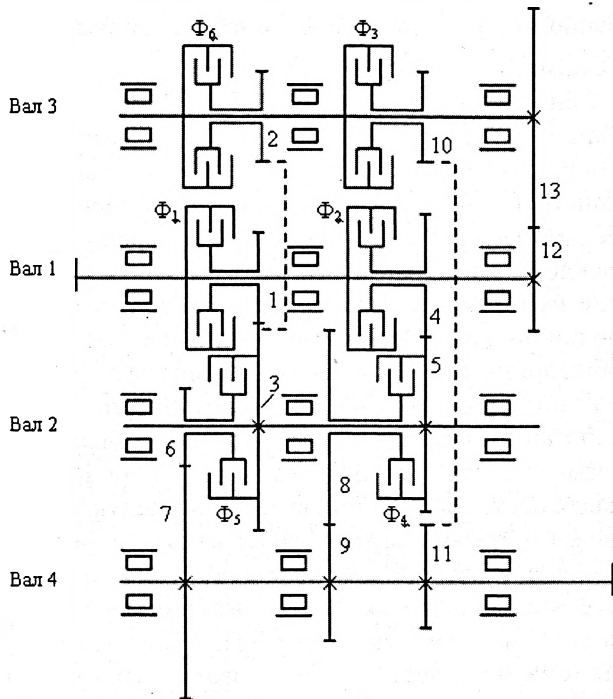


Рис. 2. Гидромеханическая трансмиссия автомобиля БелАЗ

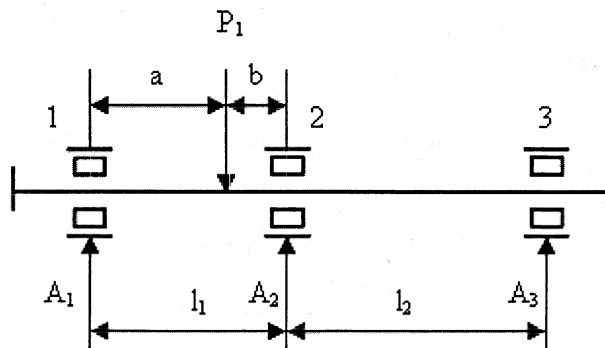


Рис. 3. Схема нагружения трехопорного вала 1 коробки передач автомобиля БелАЗ

Разработанная конструкция трехопорного редуктора применяется в трансмиссии карьерных самосвалов грузоподъемностью 55-60 т. Опыт эксплуатации свидетельствует о ее высоких показателях надежности и прочности, при этом значительно снизились шум и вибрации машины благодаря уменьшению прогибов и более высокой жесткости конструкции.

Список литературы

1. Нарышкин В.Н., Коросташевский Р.В. Подшипники качения: Справочник. М., 1984.
2. Гришкевич А.И. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник. М., 1984.

Таблица 2

Максимальные прогибы и коэффициенты запаса прочности коробки передач с двумя и тремя опорами

Вал	Максимальный прогиб f_{max} , мм		Коэффициент запаса прочности n	
	Двухопорный	Трехопорный	Двухопорный	Трехопорный
1	0,50	0,044	1,99	2,38
2	1,50	0,058	0,92	2,16
3	0,31	0,018	2,67	3,04
4	0,77	0,028	1,72	5,24

Таблица 3

Влияние диаметра вала на величину максимального прогиба

N	Диаметр вала, мм	Максимальный прогиб, мм
1	75	0,50
2	80	0,38
3	85	0,30
4	90	0,25
5	95	0,19
6	100	0,16
7	105	0,13
8	110	0,11

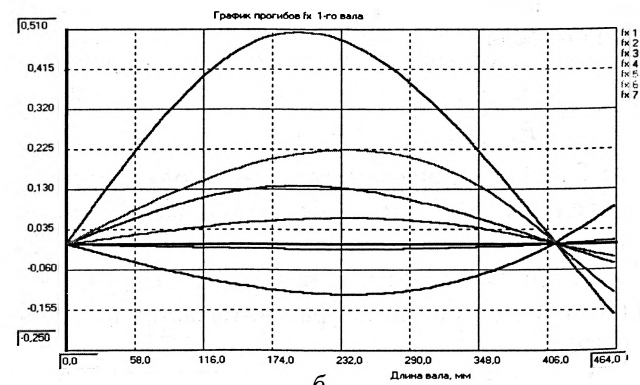
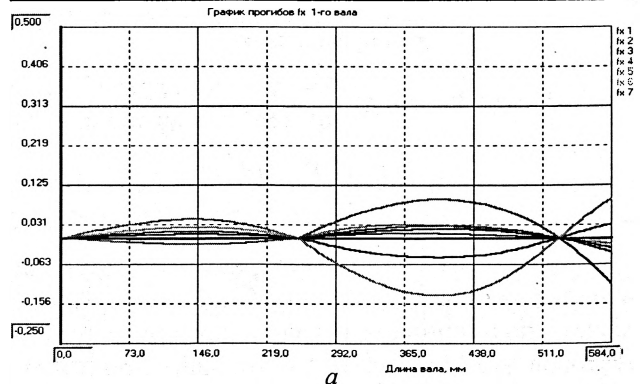


Рис.4. Графики прогибов двухопорного (а) и трехопорного (б) валов коробки передач автомобиля БелАЗ

ВЫСОКОПОРИСТЫЕ ПРОНИЦАЕМЫЕ ЯЧЕЙСТЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

*В.Н. Анциферов, академик РАН, В.Д. Храмцов, к.т.н.
Пермский государственный технический университет, «НЦ ПМ»*

В сообщении [1] освещены основные способы получения, структура и свойства нового класса материалов: высокопористых проницаемых ячеистых металлов и сплавов (ВПЯМ). Сочетание в ВПЯМ самых разнообразных свойств — конструктивной прочности и высокой проницаемости, возможности получать их из самых разнообразных металлов и сплавов и изменять относительную плотность от 2 до 20%, размеры ячеек от 0.5 до 5,0 мм — определяют самые разнообразные, порой неожиданные, прямо противоположные области их применения.

Одним из первых произведенных в России ВПЯМ на основе никеля был фильтр для очистки воздуха, поступающего в отсек полезного груза космического корабля "Буран" [2]. Из всех известных фильтрующих материалов только ВПЯМ оказался способным обеспечить комплекс предъявляемых к нему противоречивых требований: он должен быть и сверхлегким, и достаточно прочным, иметь предельно низкое гидравлическое сопротивление и обеспечивать высокую степень очистки, обладать не только высокой коррозионной стойкостью, но и стойкостью к воздействию высоких температур.

Гидравлические и фильтрационные испытания проводились во ВНИИ транспортного машиностроения и на базе ФГУП Центрального аэрогидродинамического института им. профессора Н.Е. Жуковского (ЦАГИ). Проверка фильтров на сохраняемость, термоудар, термо-вакуум, вибропрочность, виброресурс и ударную прочность осуществлялась на базе НПО "Молния". Фильтроэлементы с размерами 560x80x30 мм, со средним размером ячеек 0.8 мм и с кажущейся плотностью 0,30 г/см³ в полном объеме выдержали все виды испытаний.

Фильтры обеспечивают требование по расходу: пропускная способность для воздуха составляет более 1 кг/с при перепаде давления 4,9-10³ Па. При этом они полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям по фильтрации. Концентрация пыли за фильтром — не более 7 мг/м³ и размер полностью задерживаемых частиц — более 5-7 мкм.

Летные испытания фильтров, проведенные в составе орбитального корабля "Буран" во время космического полета, подтвердили их работоспособность.

Большую проблему в технике представляет выделение влаги в цепях сжатого воздуха. Происходит это при сжатии атмосферного воздуха с повышенной влажностью. В результате сжатия из-за превышения точки росы избыток влаги выделяется в капельножидком виде.

Разработан технический ряд фильтрационных установок влаго-маслоотделителей [3, 4]. Принцип работы фильтра основан на разделении газообразной и жидкой фаз при прохождении смеси через пористую перегородку. В качестве фильтра предварительной очистки и в качестве опорного слоя из пористой бронзы применен высокопористый ячеистый материал на основе медно-никелевого сплава, обеспечивающий необходимую прочность и жесткость с минимальными гидравлическими потерями. Рабочий слой из пористой бронзы припекается к опорному слою, причем операция припекания совмещена с операцией получения пористого бронзового листа. Для увеличения ресурса работы установок введена предварительная очистка, которую выполняют однослойные фильтроэлементы из ВПЯМ.

Однослойный фильтроэлемент представляет собой пластину из высокопористого ячеистого материала со следующими характеристиками: пористость открытая — 0,97; средний размер ячеек — 0.8-1.2 мм; прочность при сжатии — 0.4 МПа; проницаемость по ГОСТ 25283-82 — 1.7-10⁸ м²; матричный материал — медно-никелевый сплав; габаритные размеры — 120x120x20 мм.

Двухслойный фильтроэлемент представляет собой пластину размерами 120x120x20 мм, состоящую из опорного слоя из ВПЯМ и собственно фильтрующего слоя. Фильтрующий слой, припеченный к опорному, имеет следующие характеристики: пористость — 0,55-0,60; средний размер пор — 50-100 мкм; толщина — 1.0-1.5 мм.

Стендовые испытания фильтроэлементов показали, что водоотделение первой ступени составляет 60-70%, а второй ступени — 95-98%. Созданные фильтроэлементы эффективно отделяют капельножидкую влагу (воду, масла), механические загрязнения из потоков воздуха и других сжатых газов. Производство влагомаслоотделителей налажено на ООО "Комплексные фильтрующие систе-

мы", г. Екатеринбург. Области применения: металлургические, машиностроительные, строительные и другие отрасли промышленности, где требуется осушка компрессорного воздуха. Основные технические параметры разработанного ряда фильтров-влагомаслоотделителей: производительность — 1; 3; 6; 10; 30 м³/мин; рабочее давление — 4-10 атм.; перепад давления — 0.1 атм.; оптимальная температура — 0-25°С; высота — 103-870 мм; диаметр — 100-315 мм. Фильтры удаляют до 98% аэрозолей влаги, не требуют энергоподвода и системы автоматического контроля, не подлежат регистрации в Гостехнадзоре.

ВПЯМ, благодаря высокой и однородной проницаемости, с большой эффективностью используются в отечественных установках турбоабразивной обработки.

Пластины из высокопористого ячеистого материала с пористостью 0,97, средним размером ячеек 2.8-3.2 мм. с габаритными размерами 200x200x5 мм; 280x280x5 мм нашли эффективное применение в составе выпускаемых ООО НПФ «Поток Интер» (г.Москва) малогабаритных установок для очистки и стерилизации воздуха в медшницких учреждениях, в помещениях электронной, микробиологической, фармацевтической промышленности и других отраслях, где предъявляются повышенные требования к стерильности и чистоте воздуха. Установки с габаритами монитора для компьютера могут использоваться для создания чистых рабочих мест и доочистки чистых производственных помещений класса 100 и более до класса 1 (0,1) по стандарту США 209D.

Как показали акустические испытания [5], ВПЯМ с пористостью 0,90-0.85 и средним размером ячеек 0,6-0.8 мм по звукоизолирующим свойствам не уступают традиционным звукопоглотителям (стекловолокно, пенополиуретан).

Структура ВПЯМ при прохождении через нее потока жидкости или газа даже при малых числах Рейнольдса обеспечивает его турбулизацию, интенсивное перемешивание и контактирование с поверхностью, что может быть использовано в различных процессах тепло- и массообмена: не только для разделения тумана и газа, но и для быстрого взрывобезопасного смешивания горючих газов, в качестве пламяпреградителей, в компактных высокоэффективных теплообменниках, в аэраторах, испарителях.

Перспективы применения ВПЯМ в различных каталитических процессах. При этом катализатором может являться материал самого ВПЯМ или, что чаще всего бывает, катализатор наносят на его поверхность. Для каталитического процесса конверсии метана разработан ВПЯМ на основе

никеля с добавлением 5% хрома. Активность катализатора при температуре 950°С и степени конверсии 99,8% характеризуется объемной скоростью 10⁵ ч⁻¹. Известный блочный катализатор на основе 13% оксида никеля, нанесенного на блок нитрида кремния, при тех же условиях позволяет достичь максимальной объемной скорости 2,9·10⁴ ч⁻¹. В качестве блочного носителя катализаторов второго типа обычно используют разработанные жаростойкие ВПЯМ суспензионно-электрохимического формования. Для многих высокотемпературных процессов носителями могут быть керамические ВПЯМ на основе карбида кремния, кордиерита и другие. По сравнению с гранулированными носителями прочность ВПЯМ и каталитическая активность увеличена в десятки раз, газовая проницаемость — в 3-5 раз. Ресурс эксплуатации катализаторов на основе ВПЯМ соответствует лучшим отечественным и зарубежным аналогам.

На производство катализаторов, предназначенных для решения экологических проблем, сейчас в мире затрачивается больше средств, чем на получение катализаторов для химической промышленности или нефтепереработки.

В 1994 году НЦ ПМ выполнил экспортную поставку катализаторов австрийской фирме «Хемилинц» и получил сертификат соответствия на каталитический нейтрализатор выхлопных газов автотранспорта.

В 1995 году получен патент на каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания, была поставлена опытная партия нейтрализаторов выхлопа автомобилей ЗИЛ-130 для муниципального транспорта г. Москвы и были завершены ресурсные испытания в 150 тыс. км пробега нейтрализатора выхлопа дизельного двигателя автомобиля Камаз-5511 в г. Перми.

В 1996 году НЦ ПМ поставил опытные образцы нейтрализаторов выхлопных газов карбюраторных двигателей для японской фирмы "Хонда", в рамках совместных работ поставил фильтры-дожигатели сажи и углеводородов в выхлопе дизельных двигателей для Индийского национального института исследований в области охраны окружающей среды и Харьковского НПО им. Малышева — основного производителя дизельных двигателей Украины.

Металлические ВПЯМ, применяемые в качестве носителей катализаторов, по сравнению с керамическими аналогичной структуры обладают рядом преимуществ. Благодаря низкой теплоемкости они обеспечивают быстрый разогрев каталитической системы, что позволяет оперативно изменять рабочий режим процесса, а их высокая теплопро-

Таблица

Области применения ВПЯМ			
Область применения	Материал	Изделие, устройство, процесс	Используемые свойства
Легкие структуры	Металлы, сплавы	Сверхлегкие и термостойкие конструкционные элементы	Большое отношение модуля и прочности к плотности
Элемент композиционных структур	Тоже	Трех- и двухслойные панели, композиционные материалы	Жесткость, малая плотность, совместимость с материалами оболочек и запалнителей
Фильтрация	Металлы, сплавы, керамика	Различные фильтрующие элементы (газы, жидкости, расплавы металла)	Низкое гидросопротивление, развитая поверхность, термо- и стойкость в активных средах
Конденсация побочных продуктов	Тоже	Устройства для разделения газовых и конденсированных фаз	Высокая проницаемость, химическая стойкость, смачиваемость
Теплообменные и теплоотводящие устройства	Металлы, сплавы	Компактные теплообменники. Теплоотводящие элементы, разделительные перегородки	Структура порового пространства, теплопроводность основы, низкое гидросопротивление
Электролиз	Металлы, сплавы, углерод	Электролиз воды, растворов, электрополировка, извлечение ионов металлов	Высокая удельная поверхность, проницаемость
Аккумуляторные и топливные элементы	Никель, серебро	Электрические аккумуляторы повышенной емкости	Высокая открытая пористость, электропроводность
Катализ	Металлы, сплавы, керамика	Блочные элементы носителей катализаторов, катализаторы	Высокая удельная поверхность, проницаемость, термостойкость, прочность
Отопительные устройства	Жаростойкие металлы, сплавы	Нагревательные элементы, нагреватели газов, жидкостей, испарители, газовые форсунки, дожиг топлива	Высокая газопроницаемость, электропроводность, термостойкость, сообщающаяся пористость
Огне- и взрывопреградители	Металлы, сплавы	Перегородки газопроводов, смесителей, выхлопные трубы	Газопроницаемость, высокая сообщающаяся пористость
Акустика	Металлы, сплавы, керамика	Звукопоглощающие панели, цементы акустических систем, шумогасители при сбросе высокого давления	Структура порового пространства, термо- и вибростойкость
Экранирование, поглощение электромагнитных волн	Тоже	Экранирующие элементы в импульсных источниках электромагнитных палей, в технологии «стелс»	Малая плотность, структура порового пространства
Демпфирование механических и акустических импульсов	Тоже	Кумулятивные заряды, демпфер волны у надводных кораблей, поглотитель энергии в системе безопасности автомобилей, защита от разрушения оборудования	Поровая структура, жесткость, пористость, способность деформироваться при постоянном низком напряжении с поглощением энергии
Биотехнологии	Тоже	Платформы для выращивания биологически активных систем	Высокая пористость, удельная поверхность, химическая стойкость
Выравнивание газовых и жидкостных потоков	Тоже	Аэродинамические трубы, испытательные стенды, датчики давления	Низкое гидросопротивление, равномерность поровой структуры
Силовая и высокоточная оптика	Медь, инвар, карбид кремния	В системах облегчения, теплоотвода зеркал. Оптические платформы.	Проницаемость, теплопроводность, низкая теплоемкость и КЛТР

водность исключает местные перегревы, что предотвращает дезактивацию каталитического слоя. Высокая прочность и обрабатываемость металлов расширяют технологические возможности и, что особенно важно на транспортных средствах, обеспечивают стойкость к вибрации и ударам.

Весьма эффективны и разнообразны уже известные ВПЯМ в самых различных отраслях электрохимии: электролизе, электросинтезе, гальванотехнике, химических источниках тока, электрохимических генераторах и т.д.

В химических источниках тока высокопористые

ячеистые металлы находят применение в качестве основы, несущей на себе активную массу электродов.

Положительный никелевый электрод щелочных аккумуляторов (никелево-кадмиевых, никелево-цинковых, никелево-железных и др.) изготавливается путем запрессовывания в никелевый ВПЯМ пасты активной массы. При толщине ВПЯМ-пластины 2.5 мм удельная емкость составляет 46 мА/см².

Отрицательный кадмиевый электрод щелочных аккумуляторов изготавливается также заполнением никелевого ВПЯМ активной массой. Полученные таким образом электроды могут быть заполнены активной массой на 90-96% своего объема в отличие от традиционных, которые имеют начальную пористость 45-60%.

Электролизеры, предложенные для очистки растворов (например, промывных вод гальванического производства) от тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Ni) в промышленном масштабе, имеют некоторое сходство конструкции. Они относятся к электролизерам с параллельной ориентацией электрического поля и потока электролита и имеют несколько чередующихся ВПЯМ-катодов и анодов. Расход электроэнергии — не более 5,3 (кВт·ч)/кг меди. В серийно выпускаемом электролизере RETEC располагается от 6 до 50 ВПЯМ-катодов размерами 400x400x12 мм. Материал ВПЯМ-катодов: медь, никель, стеклоуглерод. Компактные электролизеры Augoclaim 20 (фирма Heraeus), предназначенные для рекуперации благородных металлов, содержат пластины из никелевого или медного ВПЯМ толщиной 5 мм. В электролизере находится до 7 пористых катодов и 8 анодов.

С использованием ВПЯМ решают ряд задач, связанных с электросинтезом органических веществ или удалением органических соединений из водных растворов.

Электроокисление первичных спиртов на никеле осуществляется в результате взаимодействия молекул спирта с электрохимически генерированным NiOOH.

Показано, что применение никелевого ВПЯМ в реакторе FM01-LC эффективно при окислении спиртов до карбоновых кислот на вращающихся цилиндрических электродах из никелевых ВПЯМ. Анодное окисление бензилового спирта на никелевом ВПЯМ в реакторе ЕЗР с пульсирующим потоком может протекать селективно, с образованием бензальдегида. Выход бензальдегида увеличивается при увеличении амплитуды и частоты пульсаций потока.

Активированные ВПЯМ-аноды из никеля (аноды со слоем NiOOH) применимы для электролиза диацетон-2-кето-*L*-гулоновой кислоты

(ДКГ), (промежуточного продукта в производстве витамина С) из диацетон-*L*-сорбозы (ДАС). Результаты, полученные для проточного ВПЯМ-электрода, показывают, что можно получить высокие степени превращения ДАС.

Таким образом, ВПЯМ-электроды, обладая развитой поверхностью и хорошей проводимостью, пригодны для осуществления многих электрохимических реакций с участием органических соединений.

В начале 90-х годов с использованием ВПЯМ, разработанных в НЦ ПМ была доказана перспективность их использования в лазерной и силовой оптике.

Перспективными направлениями применения, в которых ВПЯМ уже приносят ощутимую пользу, являются: разделение парогазовых сред (осушка технологического компрессорного воздуха от капельно-жидкой фазы, отделение жидкой фазы углеводородов из попутного газа и т.п.); очистка промышленных газов от твердых примесей; смешивание; газораспределение и выравнивание газовых потоков; катализ, где ВПЯМ может применяться как в качестве носителя катализатора, так и непосредственно в качестве катализатора; электрохимия; теплообмен, связанный с передачей тепла от одной среды к другой; экранирование радиоволн и других высокочастотных колебаний; создание композиционных материалов с использованием ВПЯМ. Все возможные области применения ВПЯМ как нового и мало известного широкому кругу исследователей класса материалов далеко не исчерпаны.

Наш и зарубежный опыт применения ВПЯМ обобщен в таблице.

Литература

1. Анциферов В.Н., Храмцов В.Д.. Способы получения и свойства высокопористых проницаемых ячеистых металлов и сплавов. Перспективные материалы. 2000, №5, с.56-60.
2. Беклемышев А.М. Структурные и гидравлические свойства высокопористых ячеистых материалов на металлической основе. Изд-во Пермского гос. техн. ун-та. Пермь, 1997. 237 с.
3. Анциферов В.Н., Данченко Ю.В., Тарасов А.В., Смирнов И.А. Двухслойные фильтры для установок очистки сжатого воздуха. Химическая промышленность. 1994, №3, с.21-30.
4. Патент РФ № 2086294. Данченко Ю.В., Анциферов В.Н., Тарасов А.В. Сепаратор-осушитель сжатого воздуха. Бюл.изобр.. 1997, №22.
5. Анциферов В.Н., Белов С.В., Терехин А.С., Баланцев С.К., Беклемышев А.М., Куневич А.П. Акустические характеристики высокопористых проницаемых ячеистых Материалов. Порошковая металлургия. 1986. №11, с. 33-36.

Ж «Перспективные материалы», № 2, 2002 г.

УДК 621.771:669.14.018.29

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКА И МИНЕРАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПАР ТРЕНИЯ

*Ю. В. Холопов, д-р техн. наук., профессор, С. Ю. Лазарев, инженер,
Северо-Западный заочный государственный технический университет,
Центр ультразвуковых технологий (Санкт-Петербург)*

Технологии с использованием ультразвука и минеральных покрытий пар трения являются наиболее перспективными для решения основных проблем механических систем: повышения износостойкости и уменьшения потерь мощности на преодоление сопротивления трению.

Как показывает десятилетняя практика эксплуатации отдельных групп технических систем (поршневых машин различных типов, узлов приборов, крупных машин типа турбокомпрессоров, силовых зубчатых передач, кузнечно-прессового оборудования, станочного оборудования), за счет формирования на поверхностях трущихся деталей минеральных покрытий с требуемыми свойствами, даже в процессе эксплуатации техники удается в ряде случаев добиваться существенного уменьшения механических потерь в парах трения и многократного снижения скорости изнашивания механизмов.

Особое значение эта технология приобретает на крупных машиностроительных, предприятиях, где энергопотребление основного технологического оборудования и затраты на его ремонт составляют одну из основных статей расходов производства.

В 1999-2001 гг. были проведены работы по модификации станочного оборудования на ряде предприятий России и ближнего зарубежья: «Подъемтрансмаш», Фольгопрокатный завод, Калужский турбинный завод, БСЗ ЗАО «Атлант» (Белоруссия) и др. В ходе этих работ определялись не только новые технические параметры машин, но и некоторые экономические показатели их работы после модификации. Были модифицированы станки разных типов и назначения (табл. 1). При этом использовались четыре вида минеральных материалов; поверхности на парах трения формировались, в основном, в процессе эксплуатации агрегатов при их технических ос-

мотрах, по специальным методикам.

Ниже приведены результаты экспериментальных исследований.

Экономия электроэнергии. Экономия электроэнергии зависит от конструкции станка и количества механических передач. Среднее снижение энергопотребления для станков малой мощности — зубонарезных и токарных находится в пределах 5-15 %. Для крупных агрегатов, с большим количеством зубчатых передач (листогибочное оборудование, мощные станки) снижение энергопотребления составило 10-30 % от потребляемой мощности. Механический КПД некоторых лис-топравильных машин по паспорту составляет 0,60-0,65. Полученные данные показывают, что механические потери агрегатов снижаются в 7 раз.

Таблица 1

Вид станков и оборудования	Модели
Зубонарезные (зубодолбежные, зубофрезерные, зубострогальные, реечные)	КС-52М5, 5342, OF10, FO16, 5В161П, 53А3ОП, 53А11, FWZ500, 5А250П, 5К328А, 5А3У2П
Токарно-винторезные	163, 9Н14-С3, 1М63-101, 1К62, 16Н20
Расточные	НС-64, 2556
Продольно-строгальные	7228, 7278
Радиально-сверлильные	2М58-1
Листогибочные и листорезные агрегаты	ScTR25/3150, РКХА, ВМ-3, ВМ-5 SV40/4000/630, СЮЗ-129, НА 3225-01
Фрезерные	1544

Снижают свое значение и пусковые токи механизмов станка. Так, на крупном продольно-стро-

гальном станке модели 7278 получено снижение этого параметра на 11-32 % от исходного значения, что привело к снижению динамической мощности при пуске на 8-18 кВт. Естественно, что снижение расхода электроэнергии способствует более длительному сроку эксплуатации электрических сетей и оборудования цехов.

Восстановление изношенных поверхностей. Технология нанесения минеральных покрытий на трущиеся детали машин позволяет восстанавливать в определенных пределах зазоры в парах вал—втулка или подшипниках и выборки на плоских поверхностях, например на направляющих, без вывода станка из эксплуатации.

При восстановлении зазоров в паре шпindel—втулка шпинделя станка НС-64 были получены результаты, приведенные в табл. 2. Измерения проводились микрометрической стойкой специалистами-метрологами заводской лаборатории.

Одной из основных проблем эксплуатации станочного оборудования и, в частности токарных станков, является выработка направляющих. У токарных станков часто наблюдается так называемый «провал» направляющих около шпинделя, достигающий 0,08-0,1 мм. Для устранения этого дефекта на различных станках был применен метод нанесения минеральных материалов.

Токарный станок модели 16М30 имел выработку направляющей у шпинделя до 0,07 мм. После ее заделки минеральными материалами под воздействием веса суппорта эта выработка уже составила 0,02 мм. Измерения проводились мерными шупами.

Таблица 2

Измеряемая величина	Исходное значение	После восстановления пары трения
Люфт на конце шпинделя на вылете 1600 мм при нагрузке 70 кгс, мм: вверх вниз	0,25 0,20	0,09 0,08
То же на вылете 800 мм, мм: вверх вниз	- -	0,06 0,05
Относительное изменение диаметра шпинделя от базы на конце шпинделя, мм база—нерабочий конец шпинделя	0,000/0,001	0,000/0,001
пояс 1	0,040/0,050	0,020/0,030
пояс 2	0,040/0,050	0,020/0,030
пояс 3	0,030/0,040	0,010/0,020
<i>Примечание:</i> В последнем случае измерения производились в двух плоскостях.		

После общего восстановления направляющих на станке 9Н14-СЗ произошло смещение оси задней бабки на величину 0,02 мм от исходного положения, что свидетельствовало о наращивании боковых граней направляющих.

Фрезерный станок модели 1544 имел изношенные направляющие со значительными выборками, составляющими 65 % площади поверхности. После проведения восстановительных работ площадь пятна контакта увеличилась до 90-95 %, а повреждения, вызванные попаданием стружки, оказались заделанными.

Следует отметить, что все эти мероприятия были выполнены без вывода станков из эксплуатации.

Увеличение ресурса узлов станков. Технология минеральных покрытий позволяет увеличить ресурс практически всех пар трения и, в частности, таких деталей, как сменные шестерни гитар зуборезных станков, останавливая их износ, а также повышать ресурс рядовых подшипников примерно в 4-5 раз.

При применении комплексной технологии формирования пар трения в процессе изготовления новых изделий достигается интенсивность износа пар трения $8,9 \times 10^{-14}$, что примерно в 50 раз ниже существующих аналогов.

Экономические показатели. По имеющимся данным, энергопотребление силового оборудования среднего машиностроительного завода с числом работающих 1500-2000 чел. и выпускающего продукцию с высоким уровнем механообработки составляет 700 000 кВт электроэнергии в месяц. Экономия 105 000 кВт электроэнергии в месяц для такого завода следует признать вполне значимой.

Стоимость капитального ремонта станка типа НС-64 (на 2000 г.) с изготовлением и заменой шпинделя на специализированном заводе составляет не менее 1 200 000 руб. С выводом станка из эксплуатации на 1 мес. стоимость подобного ремонта своими силами на заводе, где есть соответствующее оборудование составляет примерно 300 000 руб.. Восстановление размеров при помощи технологии минеральных покрытий осуществляется за два рабочих дня при участии двух слесарей и одного метролога; восстановление поврежденных станин и направляющих производится в свободное от выполнения производственных заданий время силами двух человек в течение 8 ч.

Выводы

1. Технология минеральных покрытий повышает эффективность работы станочного оборудования, позволяет экономить средства и время при ремонтно-восстановительных работах, так как производится без вывода станка из эксплуатации.
2. Комплексные технологии с использованием

ультразвука и минеральных покрытий открывают перед станкостроителями широкие возможности для производства станков нового поколения — станков с наивысшими техническими и эксплуатационными характеристиками.

Ж «Металлообработка», № 2(8) 2002 г.

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ
ТЕХНИКИ «СЕВЕРНОГО» ИСПОЛНЕНИЯ**

*Е.А. ПАНФИЛОВ, д-р техн. наук,
Г.И. СИЛЬМАН, д-р техн. наук,
С. С. ГРЯДУНОВ, канд. техн. наук*

Абразивное изнашивание является основной причиной выхода из строя широкой номенклатуры деталей дорожных, строительных и землеройных машин, особенно контактирующих в процессе эксплуатации с мерзлым грунтом. Изнашивание таких деталей, как катки, башмаки гусениц, ножи, зубья, накопечники рыхлителей, ковши и другие, определяет в основном срок службы, производительность и технико-экономическую эффективность техники «северного» исполнения.

Перспективным для условий абразивного изнашивания является применение хромованадиевых белых чугунов, в которых реализуется эффект композиционного упрочнения в результате объемного армирования матрицы сплавов карбидной фазой в виде дендритообразного каркаса, вследствие чего указанные материалы обладают высоким комплексом механических и противоизносных свойств [1].

бидной фазы (табл. 1). Количество карбидной фазы, тип карбидов, их форму и расположение, состав и строение основы материалов определяли с помощью карбидного анализа, металлографических и рентгеноспектральных исследований. Для выявления механизма абразивного изнашивания и влияния структуры сплавов на сопротивление перемещению индентора проводили сканирование поверхностей алмазным конусом на установке трибоспектрального анализа [2] и склеромет-

Таблица 1

Свойства литых хромованадиевых чугунов

Марка сплава	Тип основы	Карбидная фаза, %	Тип карбидов	HRC	
				без т.о.	после т.о.
230X8Ф7С2Г6	Аустенитная	21	MC+M ₇ C ₃	43-45	51-53
280X8Ф7С2Г6		26	МOM ₇ C ₃	44-46	51-53
300X8Ф7С2Г4	Мартенситно-аустенитная	28	MC+M ₇ C ₃	50-52	58-60
360X9Ф7С2Г4		34	MC+M ₇ C ₃	50-52	58-60
180X8Ф8С3М3Г	Мартенситная	14	MC	53-55	61-63
220X8Ф8С3М3Г		19	MC	53-55	61-63

Для разработки рекомендаций по практическому использованию хромованадиевых чугунов для деталей техники "северного исполнения" необходимо на основании изучения механизма и закономерностей их изнашивания в диапазоне климатически низких температур определить оптимальную, в зависимости от условий изнашивания, структуру материалов, установить технологию их получения и обеспечения характеристик качества рабочих поверхностей.

Исследовались литые хромованадиевые чугуны с различной основой и разным содержанием кар-

рирование их алмазной пирамидой [3].

С целью выяснения особенностей механизма абразивного и ударно-абразивного изнашивания сплавов в диапазоне климатически низких температур проводили топографические исследования поверхностей образцов, сформированных при трении и ударе об электрокорундовую шлифовальную шкурку.

Испытания сплавов на изнашивание при трении по абразивной поверхности в диапазоне климатически низких температур выполняли по методике [4]. Испытания сплавов на изнашивание при уда-

ре об абразивную поверхность в диапазоне климатически низких температур проводили в соответствии с ГОСТ 23.212-82 "Метод испытаний на изнашивание при ударе в условиях низких температур".

С целью изучения влияния таких структурных факторов, как плотность карбидной фазы и угол разориентирования карбидных волокон на распределение напряжений при воздействии абразивных частиц была принята микро модель контактного взаимодействия абразива с изнашиваемой поверхностью. Распределение напряжений выявляли применением метода конечных элементов в объемной постановке. Для выявления возможных структурных изменений в поверхностных слоях сплавов при абразивном и ударно-абразивном изнашивании проводили рентгенографические исследования поверхностей образцов.

В результате склерометрических исследований выявлено влияние армирующей матрицы карбидного каркаса на механизм абразивного изнашивания. На рис. 1 показано, что движению индентора препятствовал карбидный участок, который был разрушен с образованием большого числа мелких карбидных частиц. Значительное сопротивление со стороны карбидного участка привело к искажению прямолинейности царапины. Матрица под воздействием индентора не только срезается, но и пластически выдавливается по сторонам царапины, образуя отвалы. При усилении воздействия, недостаточном для разрушения карбидного каркаса, индентор приподнимается, преодолевая карбидный участок. Таким образом, механизм абразивного изнашивания сплавов будет состоять в разрушении карбидного каркаса, последующем срезе и пластической деформации металла основы.



Рис. 1. Дорожка сканирования индентором поверхности сплава (Т1 - края дорожки сканирования)

Анализ полученных трибоспектограмм сплавов (рис. 2) показывает, что у сплава 180Х8Ф8С3М3Г определяющая роль в сопротивлении перемещению индентора принадлежит основе, у сплава 280Х8Ф7С2Г6 - карбидной фазе. Частота и амплитуда изменения трибоспектограммы сплава 360Х9Ф7С2Г4 свидетельствует о достаточно высоком сопротивлении основы деформированию.

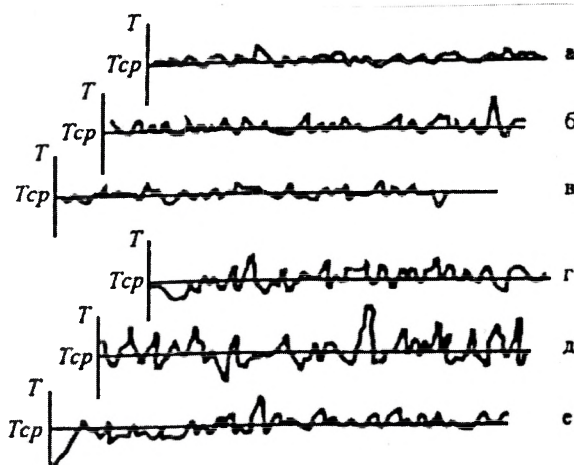


Рис. 2. Трибоспектограммы сплавов 360Х9Ф7С2Г4 (а, з); 280Х8Ф7С2Г6 (б, д); 180Х8Ф8С3М3Г (в, е); при нагрузке 1,6 Н (а, б, в) и 2,6 Н (з, д, е); Т - сила сопротивления деформированию поверхностных слоев, Н

Влияние карбидной фазы на сопротивление воздействию индентора оценивали на основе анализа графиков спектральных плотностей, показывающих разброс энергетических затрат на преодоление структурных составляющих сплавов. В соответствии с методом трибоспектрального анализа рост величины спектральной плотности в высокочастотной области связан с повышением степени участия карбидной фазы сплава в сопротивлении упругопластической деформации (рис. 3).

Топографическими исследованиями установлено, что поверхности трения образцов сплавов, имеющих мартенситную матрицу, характеризуются большим количеством мелких рисок и царапин, отдельными глубокими бороздками с рваными краями; сплавов с аустенитной матрицей - наличием ровных глубоких царапин, имеющих высокие гребешки предразрушенного металла. На поверхностях образцов сплавов с мартенситно-аустенитной матрицей, сформированных при различных температурах испытаний, наблюдаются неглубокие царапины и отдельные трещиноподобные дефекты, располагающиеся преимущественно по границам фаз.

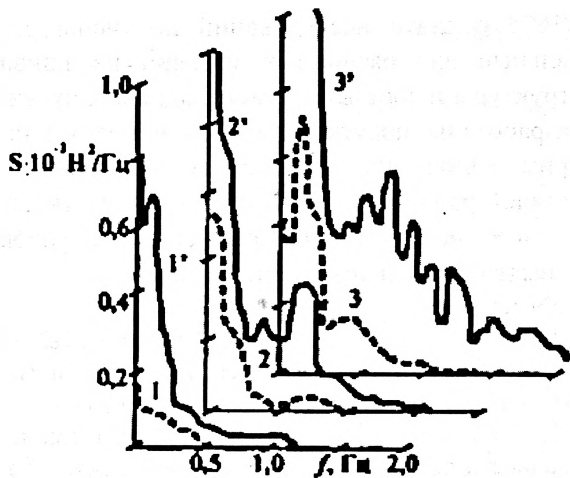


Рис. 3. Зависимость спектральной плотности S силы сопротивления деформированию исследуемых материалов от срединной частотной составляющей f спектральной плотности: 1, 2, 3 - сканирование с нагрузкой 1,6 Н; 1', 2', 3' - 2,6 Н; 1, 1' - сплав ШХ8Ф8СЗМЗГ; 2, 2' - сплав 360Х9Ф7С2Г4; 3, 3' - сплав 280Х8Ф7С2Г6

Анализ результатов, полученных при расчете методом конечных элементов микромоделей материала, поверхность которой нагружена нормальными и касательными силами и, свидетельствует, что на границах карбидов формируются максимальные значения эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$, по величине почти вдвое превышающие $\sigma_{\text{экв}}$ в матрице материала (рис. 4). Угол разориентирования α карбидных волокон начинает оказывать значительное влияние на $\sigma_{\text{экв}}$ при увеличении касательных нагрузок. Положительное влияние угла разориентирования α на снижение максимальных напряжений выявлено при значениях α до 15° . Воздействуя на процесс кристаллизации хромованадиевых чугунов, можно обеспечивать формирование требуемого угла разориентирования волокон в зависимости от условий эксплуатации деталей из этих чугунов.

Для условий абразивного изнашивания установлена корреляционная зависимость ϵ_a между износостойкостью и количеством карбидной фазы сплавов:

$$\epsilon_a = 2,77 + 0,014K - 0,86p,$$

где K - количество карбидной фазы, %; p - давление в контакте, МПа.

Топографическими исследованиями поверхностей, сформированных при ударе о шлифовальную шкурку, установлено, что преимущественным механизмом разрушения микрообъемов сплавов с мартенситной и мартенситно-аустенитной матрицей в условиях нормальных температур

является квазискол, что подтверждается наличием фасеток квазискола, ступенек и ручьжистого узора. При понижении температуры испытаний образцов наряду с квазисколом появляются участки скола, возрастает число и протяженность микротрещин, распространяющихся преимущественно в глубь материала.

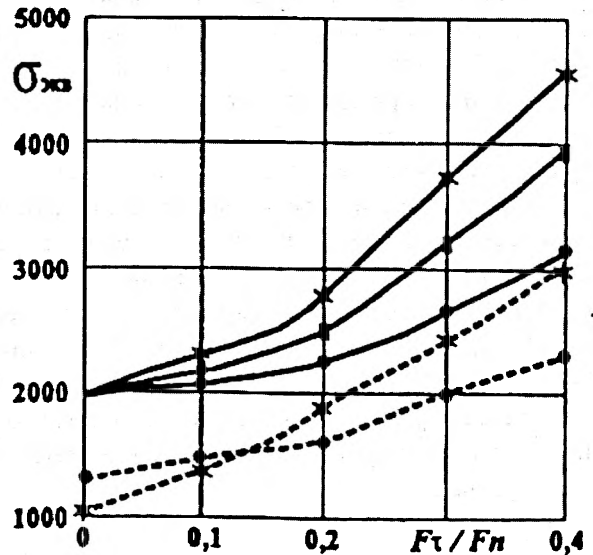


Рис. 4. Зависимость максимальных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ ($\text{Н}/\text{мм}^2$) от соотношения касательных F_t и нормальных F_n сил при различных углах разориентирования α : \circ - 10° ; \circ - 5° ; \times - 0° ; — - основа; ---- - карбидная фаза

Механизм разрушения микрообъемов сплавов с аустенитной матрицей носит смешанный характер. На основании рентгенографических исследований выявлено мартенситное превращение аустенита при ударно-абразивном изнашивании сплавов с аустенитной и мартенситно-аустенитной матрицей, которое почти не зависит от температуры испытаний.

Результаты исследований влияния изменения количества аустенита в процессе испытаний на интенсивность ударно-абразивного изнашивания показывают, что с увеличением степени мартенситного превращения аустенита сопротивление сплавов ударно-абразивному изнашиванию возрастает. Таким образом, γ - α -превращение влияет на износостойкость сплавов с аустенитной и мартенситно-аустенитной матрицей при ударном нагружении.

Установлена корреляционная зависимость между износостойкостью при ударно-абразивном изнашивании ϵ_{y-a} и произведением коэффициента

K_{1C} на твердость HRC:

$$\epsilon_{y-a} = 0,87 + 1,6 \cdot 10^{-3} K_{1C} \text{HRC},$$

которая позволяет заключить, что указанное произведение может служить критерием износостойкости хромо-ванадиевых чугунов при ударно-абразивном изнашивании независимо от их структурного состояния.

Для обеспечения производительной механической обработки детали из сплавов с мартенситной матрицей должны подвергаться отжигу, что позволяет их обрабатывать твердосплавным лезвийным инструментом. После этого необходимо выполнение повторной термической обработки.

Детали из сплавов с мартенситно-аустенитной и аустенитной матрицами должны обрабатываться с помощью инструмента, оснащенного поликристаллическим сверхтвердым материалом на основе кубического нитрида бора, или шлифованием. Выбор характеристик инструмента, режимов точения и шлифования зависит от многих факторов и в каждом конкретном случае определяется индивидуально.

В результате исследований получены рациональные для различных условий изнашивания структуры и составы хромованадиевых чугунов и разработаны практические рекомендации по их применению для повышения износостойкости деталей рабочих органов и ходовой части землеройных машин, эксплуатируемых в условиях климатически низких температур.

Литература

1. Жуков А.А., Сильман Г.Л., Фрольцов М.С. Износостойкие отливки из комплексно-легированных белых чугунов. М.: Машиностроение, 1984. 104 с.
2. Запорожец В.В. Динамические характеристики прочности поверхностных слоев и их оценка // Трение и износ. 1980. Т. 1, № 6. С. 976-986.
3. Бердиков В.Ф., Пушкарев О.Н., Назаренко В.А. Микротвердометр с автоматической записью диаграмм вдавливания и царапаний // Заводская лаборатория. 1980, № 5. С. 459-462.
4. Обеспечение износостойкости изделий. Повышение долговечности поверхностей, изнашиваемых в условиях низких температур, методами наплавки. МР 244-87. М.: ВНИИНМАШ. 1987. 28 с.

Справочник. Инженерный журнал, № 8, 2002 г.

ОТКРЫТИЯ

НЕЗАМЕРЗАЮЩЕЕ ОЗЕРО ОБНАРУЖЕНО В АНТАРКТИДЕ

Уникальное сверхсоленое озеро глубиной 5 км обнаружили ученые в Антарктиде под 19-метровым слоем многовекового льда. Озеро получило название Вида. Оно, как пишут «Известия», располагается в холодной пустынной области, известной как сухая долина Мак Мердо. Возраст микробов, обнаруженных в воде озера достигает 2,8 тысячи лет.

Как ожидают биологи, поскольку вода в озере была изолирована от остального мира в течение тысячелетий, в необычном водоеме могли сформироваться уникальные экологические системы. По мнению исследователей, это может дать ключ к поиску органической жизни на других планетах, включая Марс.

Ранее считалось, что Вида, как и некоторые другие антарктические озера, круглый год находится в замерзшем виде. Однако новые исследования показали другую картину. Группа американских исследователей обнаружила два ледяных ядра в озере Вида. Ученые при помощи радара, волны которого проникают сквозь толщу льда, обнаружили под ледяной горой незамерзшую воду. Вода оста-

ется жидкой, поскольку в семь раз солонее воды в океане. Такая концентрация соли не дает воде замерзнуть даже при минус 10 градусах по Цельсию — такова температура под толщей льда.

Исследователи не стали бурить шурф непосредственно к озеру, опасаясь разрушить герметичность водоема. Используя метод радиоуглеродного анализа, ученые определили возраст осадочных пород, обнаруженных в ледяном ядре, — 2,8 тыс. лет. Когда породы были разморожены, в них были найдены микроорганизмы, которые удалось оживить. Биологи предполагают, что простейшие сохранились благодаря уникальному сочетанию света, холода и сверхсолености.

«Р»

ЗАКОН ДЛЯ ВСЕХ

Д.И. Корольков, председатель ОО «БОИМ», академик БИА

Прошло уже три года, как вступил в действие Закон Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»*. Стал ли он за это время правовой основой в работе организаций, органов государственного управления по предупреждению аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, улучшилось ли состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от таких аварий и их последствий?

Определить эффективность действия Закона по состоянию аварийности на опасных производственных объектах, по количеству происходящих инцидентов в настоящее время практически не представляется возможным. Представление отчетности об этих происшествиях в органы статистики от организаций не требуется, а утвержденное Министерством по чрезвычайным ситуациям в июне 2000 г. Положение о порядке технического расследования причин аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, требующее представления сведений об авариях и инцидентах один раз в полугодие в Проматомнадзор, абсолютным большинством организаций не выполняется.

Такое необязательное отношение к выполнению Закона в значительной мере определяется тем, что республиканский орган управления в области промышленной безопасности, функции которого возложены на Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, не обеспечил своевременное принятие предусмотренного статьей 2 Закона нормативного акта, определяющего порядок регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре, что поручалось МЧС Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 мая 2000 г. № 774 «О реализации Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Именно государственная регистрация промышленных объектов (цехов, участков, площадок), на которых осуществляется опасное для их работников и других граждан производство, должна была стать первым и основным мероприятием в комплексе предусмотренных Законом мер по обеспе-

чению качественно нового уровня промышленной безопасности.

Отсутствие в течении трех лет государственного реестра и порядка регистрации в нем объектов не позволяло администрации эксплуатирующих организаций обоснованно определить количество и границы опасных производственных объектов в соответствии с Приложением 1 к Закону. Это не позволяло и органам государственного надзора - Проматомнадзору и Департаменту государственной инспекции труда определить границы их компетенции в отношении производственных объектов.

Например, если в ремонтном цехе предприятия из всех признаков опасности, указанных в приложении 1 к Закону, ежедневно используется до 2 литров спирта или бензина для протирки деталей, то этот цех должен быть отнесен к опасным производственным объектам и в соответствии со статьей 7 Закона государственный надзор за промышленной безопасностью в этом цехе должны осуществлять МЧС и Проматомнадзор. Если в государственный реестр будут включаться только объекты, на которых используется, например, более 500 литров спирта или бензина, то этот цех не будет относиться к опасным производственным объектам и он не будет подконтролен Проматомнадзору.

Подобное установление нижних значений признаков опасности на оптимальном уровне позволит сосредоточить средства эксплуатирующих организаций и внимание органов государственного надзора на наиболее опасных для общества объектах.

Принимая Закон, депутаты Национального собрания большое внимание уделяли формулировке статьи 21-ой, требующей организации и осуществления производственного контроля за соблюдением промышленной безопасности на опасных производственных объектах в соответствии с требованиями, установленными органом, уполномоченным Президентом Республики Беларусь (таким органом определен Совет Министров). Эта статья Закона направлена на обеспечение объективности оценки состояния безопасности опасных производственных объектов и повышение ответственности администраций эксплуати-

* Далее по тексту - Закон

рующих организаций за выполнение требований промышленной безопасности.

В целях обеспечения выполнения требований Закона об организации производственного контроля, анализа его эффективности и совершенствования вторая часть 21-ой статьи требует, чтобы сведения об организации производственного контроля за соблюдением промышленной безопасности и о работниках, уполномоченных на его осуществление, представлялись эксплуатирующей организацией в республиканский орган государственного управления в области промышленной безопасности.

При знакомстве с организацией производственного контроля на ряде предприятий выявляется грубейший формализм или непонимание этого дела. Большинство руководителей организаций сами не вникают в суть требований Закона, поручают организацию его исполнения службам охраны труда, которым очень не хочется что-либо перестраивать в своей работе. Да им и перестраивать трудно, если нет понимания и поддержки со стороны руководства.

Основная ошибка, допускаемая при разработке в организациях Положения о производственном контроле, - это смешение определяемых Законом понятий «опасный производственный объект» (которым является цех, участок, площадка и др.) и «техническое устройство» к которым, в частности, относятся технологические установки химических и взрывопожароопасных производств, оборудование, работающее под давлением, грузоподъемные краны, стационарно установленные в указанных цехах, на участках, площадках и др.

Специалисты и руководители организаций никак не хотят согласиться, что опасным объектом надо считать не сосуд под давлением, котел, газопотребляющую установку или грузоподъемный кран, а в целом цех, где такое оборудование установлено; что оценивать состояние промышленной безопасности опасного производственного объекта нужно не в отдельности по техническому состоянию и организации эксплуатации оборудования, по соблюдению регламентных требований опасных технологических процессов и т.д., что контролируется разными специалистами эксплуатирующей организации и надзорного органа, а в целом состояние безопасности в цехе, включая и оценку технического состояния строительных конструкций здания, сооружений, реальность и достаточность проработки планов ликвидации возможных аварий.

При оценке безопасности объекта необходимо исходить из того, что для гражданина, проживающего вблизи объекта, или работающего на нем, не имеет значения, по какой причине его накроет волна ядовитого газа, -то ли от разрушения аппарата из-за его предельного износа, то ли от разрушения его упавшим с крюка грузоподъемного крана грузом или обрушившимися от ветхости строительными конструкциями здания.

Государство не может содержать такое количество инспекторов, чтобы все опасные объекты, технические устройства держать под постоянным контролем. Поэтому Закон предусматривает организацию эффективного контроля непосредственно в эксплуатирующих опасные производственные объекты организациях. При этом уже традиционно существующий контроль за безопасной эксплуатацией технических устройств со стороны предусмотренных правилами «лиц по надзору» ни один нормативный документ не отменяет. Утвержденные Министерством по чрезвычайным ситуациям Правила организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах и методические рекомендации Проматомнадзора по применению этих правил содержат конкретные и достаточно ясные требования и рекомендации, в соответствии с которыми в эксплуатирующих организациях должны быть разработаны положения о производственном контроле, назначено лицо, ответственное за организацию такого контроля из числа заместителей первого руководителя организации и уполномоченные лица по осуществлению производственного контроля. В пункте 11 методических рекомендаций Проматомнадзора четко сказано, что на отдельном опасном производственном объекте должен назначаться уполномоченным лицом один специалист, которому все другие лица, ответственные за безопасность определенных видов деятельности или технических устройствах, представляют необходимую информацию и подконтрольны ему в этих вопросах. То есть уполномоченные лица организуют комплексные обследования и оценку состояния промышленной безопасности в цехах, на участках, координируют деятельность всех задействованных на закрепленных за ними объектах лиц по надзору, ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию и других специалистов, контролирующих состояние отдельных факторов, влияющих на безопасность

объекта в целом. Уполномоченное лицо по своему служебному положению должно быть не заинтересованным в преукрашивании положения дел на подконтрольном объекте или в сокрытии нарушений требований промышленной безопасности.

Руководители некоторых организаций не стали утруждать себя глубокой проработкой положения о производственном контроле, подбором уполномоченных лиц, определением их места и роли в повышении промышленной безопасности.

Своими приказами такие руководители возложили функции уполномоченных лиц по осуществлению производственного контроля за промышленной безопасностью в цехах непосредственно на начальников этих цехов. Кроме того, в ряде организаций опасными объектами названы все зарегистрированные в Проматомнадзоре грузоподъемные краны, лифты, котлы, сосуды, работающие под давлением (независимо от места их установки) и лица по надзору за безопасной эксплуатацией этих технических устройств назначены уполномоченными лицами с прежними обязанностями.

Все подобные подходы к организации производственного контроля за промышленной безопасностью опасных производственных объектов обусловлены не только нежеланием выполнять требования правовых нормативных документов, но и незнанием или непониманием этих документов. В основном это происходит от того, что отраслевые министерства и ведомства, республиканский орган государственного управления в области промышленной безопасности своевременно не организовали и не потребовали обучения и проверки знаний в области промышленной безопасности руководителей и специалистов опасных производственных объектов. Не проведено так же обучение государственных инспекторов Проматомнадзора, контролирующих опасные производственные объекты. Без обучения, без единого понимания требований Закона и нормативных документов руководителями, специалистами эксплуатирующих организаций и специалистами надзорных органов перестроить, сделать наиболее эффективной работу по предупреждению аварийности в промышленности практически невозможно.

Важнейшей составляющей в оценке состояния промышленной безопасности опасного производственного объекта является экспертиза, проведение которой регулируется статьями 17 и 18 Зако-

на. Специалистам организаций знакомы требования и процедура проведения экспертизы проектной документации на взрывопожароопасные и другие опасные производственные объекты. Систематически в соответствии с требованиями правил проводится экспертиза поднадзорных Проматомнадзору технических устройств, техническое освидетельствование котлов, сосудов, резервуаров, грузоподъемных кранов, лифтов. Эти виды экспертизы проводятся уже многие десятилетия, методика их проведения неплохо отработана. Хуже выглядит положение дел с организацией и методикой проведения предусмотренной Законом экспертизы зданий и сооружений опасных производственных объектов, особенно длительное время эксплуатируемых. Систематической оценкой состояния зданий занимаются только работники организаций – владельцев, которые в большинстве случаев не являются строителями и не имеют специальной подготовки для выполнения этой работы. Со стороны государственных органов лишь в отдельных случаях инспекторы Проматомнадзора требуют проведения обследования зданий специализированными организациями с целью определения возможности их дальнейшей эксплуатации. Поэтому республиканский орган государственного управления в области промышленной безопасности должен бы определить периодичность проведения такой экспертизы, утвердить методические указания по ее проведению и определить экспертные организации.

Для обеспечения эффективности управления промышленной безопасностью необходим систематический анализ ее состояния, который возможен только при отлаженном учете аварий, инцидентов и их причин на предприятиях и в органах государственного надзора. А какой может быть учет, если многие организации еще не имеют у себя основного нормативного документа по этому вопросу – Положения о порядке технического расследования причин аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, утвержденного постановлением МЧС № 9 от 28 июня 2000 года.

Наряду с указанными медленно решается и ряд других вопросов, регулируемых Законом, например до сих пор отсутствует предусмотренный статьей 9 Закона перечень технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах или по разрешениям Проматомнадзора подлежащих обязательной сертификации. Нет методических указаний, определяющих по-

рядок вывода опасных производственных объектов из эксплуатации и т.д.

Интересы государства, общества требуют усиления работы администраций эксплуатирующих организаций и уполномоченных органов государ-

ственного управления по реализации требований Закона в полном объеме. Этот закон направлен на защиту интересов всех граждан и он должен выполняться.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОВРЕМЕННОГО КОТЕЛЬНОГО БОРУДОВАНИЯ

Рубахин В.Б., заведующий кафедрой

«Эксплуатация и экспертиза котельных установок и сосудов» Межотраслевого института повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала

26 марта 2003 года Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала совместно с Минским областным управлением Проматомнадзора провели научно-технический семинар на тему: «Совершенствование систем безопасности и повышение эффективности работы котельных за счет применения энергосберегающих технологий и современного котельного оборудования». Тема семинара является безусловно актуальной, так как в Республике Беларусь в настоящее время находится в эксплуатации более 22 тыс. котельных малой и средней мощности, значительная часть оборудования которых морально и физически устарела, что приводит к частым отказам и авариям. Кроме того «Государственная энергетическая программа Республики Беларусь на период до 2010 года» предусматривает значительную экономию традиционных энергоносителей за счет реконструкции действующих котельных установок с переводом их на сжигание дешевых местных видов топлива.

В работе семинара приняли участие более 100 специалистов энергетического профиля. Были заслушаны доклады и выступления ведущих специалистов Проматомнадзора, ученых и инженеров научно-исследовательских и производственных организаций Белоруссии, Литвы и России, а также научно-педагогических работников Межотраслевого института повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала.

Анализ технического состояния и основные причины снижения надежности оборудования действующих котельных малой и средней мощности изложил в своем докладе начальник Мин-

ского областного управления Проматомнадзора Прохнич Ю.П.. Он определил конкретные задачи, стоящие перед областным управлением по обеспечению безопасной эксплуатации котельного оборудования. Вопросы повышения надежности работы паровых и водогрейных котлов рассматривались и в выступлении государственного инспектора по котлонадзору Проматомнадзора Локтика А.Д.

Обширную информацию о современных предохранительных устройствах систем безопасности и аппаратуре автоматического регулирования теплотехнических процессов изложил зам. генерального директора ООО «МИГ» Герасимчик В.З. Он продемонстрировал образцы предохранительных устройств и авторегуляторов, которыми в основном, оснащаются котлы импортного производства.

Эффективности и окупаемости импортных котельных установок был также посвящен доклад начальника отдела котельного оборудования ООО «Триатерм» Пасько С.В., который обосновывал конкурентоспособность импортных котельных установок.

Бесспорно, что применение импортных блочно-модульных котельных, работающих на газообразном и жидком топливе, более привлекательно по сравнению с отечественными котлами, сжигающими древесные отходы. Как отметил к.т.н., доцент МИПК и ПК Козлов А.И. выбор котельного оборудования зависит от многих факторов: цены на топливо, месторасположения котельной, тип основного производства, людских ресурсов и главное – финансовое состояние заказчика. Стоимость импортных котельных установок в среднем в два раза выше российских и белорусских.

Поэтому большой интерес вызвал доклад генерального директора НПК «Промэнергомет» (г. Санкт-Петербург) к.т.н. Шаропа С.П., который рассказал о созданных в НПО ЦКТИ высокотехнологических паровых и водогрейных котлах, предназначенных для сжигания всех видов топлива.

В своем докладе Шаропа С.П. разъяснил необходимость и технологию перевода паровых котлов на водогрейный режим.

Директор фирмы «Энергоэффектас» (Литва) Кулик М.М. рассказал о технических возможностях перевода газо-мазутных котлов типа ДКВр на сжигание древесных отходов. Реконструкция котла ДКВр-10-13 с установкой предтопочной камеры для сжигания твердого топлива успешно выполнена на Борисовском деревообрабатывающем комбинате.

В докладе зав.кафедрой «Эксплуатация и экспертиза котельных установок и сосудов» МИПК и ПК к.т.н. Рубахина В.Б. была приведена методика рационального распределения нагрузок котлов в зависимости от их технического состояния, что дает значительную экономию топлива. Оптимизация режимов работы котельных установок с регулярным (не реже 1 раза в 3 года) проведением режимно-наладочных испытаний и составлением предложенной докладчиком типовой режимной карты котлов позволяет в значительной степени улучшить экономичность и надежность работы котельных. Главная отличительная особенность мероприятий, предложенных Рубахиным В.Б., состоит в том, что выполнение их не требует дополнительных капитальных затрат.

Доклад зав.лабораторией «Технологические установки» БелТЭИ к.т.н. Судиловского В.К. был посвящен децентрализации систем теплоснабжения путем создания на предприятиях мини-ТЭЦ. Докладчик убедительно обосновал суть проблемы и предложил конкретные пути использования вторичных энергоресурсов предприятий. Ценность указанных разработок состоит в том, что они воплощены в реальные мини-ТЭЦ, созданные на Новополоцком и Мозырском НПЗ.

В выступлении инженера по качеству СП «БелИзолит» Попкова П.Г. рассматривались вопросы обеспечения надежности и долговечности трубопроводов пара и горячей воды изготовленных из предварительно изолированных труб. Попков П.Г. изложил технологию изготовления и продемонстрировал образцы предизолированных труб, что вызвало определенный интерес участников семинара.

Заслушав и обсудив доклады и выступления на семинаре ведущих специалистов Проматомнад-

зора, ученых и инженеров научно-исследовательских и производственных организаций, а также научно-педагогических работников Межотраслевого института повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала, участники семинара *рекомендуют*:

- обеспечить производственный контроль на котельных в соответствии с требованиями Закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

- в большей мере использовать современные предохранительные устройства систем безопасности, контрольно-измерительные приборы и средства автоматики, включая импортные;

- одобрить опыт перевода мазутных котлов ДКВр-10-13 Борисовского деревообрабатывающего комбината на сжигание древесных отходов и рекомендовать указанную реконструкцию котлов типа ДКВр к широкому тиражированию;

- активнее внедрять перевод маломощных паровых котлов на водогрейный режим;

- преподавателям Межотраслевого института повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала на курсах повышения квалификации котельщиков больше внимания уделять оптимизации режимов работы котельных установок, которая позволяет без дополнительных капитальных затрат значительно повысить эффективность топливоиспользования и надежность работы котельных;

- просить инспекцию Проматомнадзора провести проверку периодичности (1 раз в 3 года) проведения нормативных режимно-наладочных испытаний (с корректировкой режимных карт котлов) на подведомственных котельных;

- просить инспекцию Проматомнадзора провести контроль за внедрением новой формы сменного журнала работы котельной, одобренной научно-техническим Советом Проматомнадзора 9 июля 2002 г.;

- поручить Межотраслевому институту повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала разработать рекомендации по оценке технического состояния конструкций зданий котельных с учетом требований Закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Подводя итоги работы, Прохнич Ю.П. ответил на ряд вопросов участников семинара, а также отметил актуальность и значимость проблем малой энергетики освещенных в докладах и выступлениях участников научно-технического семинара.

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ («УВ-03») «МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН»

(22-24 апреля 2003 года г. НОВОПОЛОЦК)

Конференцию организовали: МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ, НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК, КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ, РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КОНЦЕРН «БЕЛНЕФТЕХИМ», АССОЦИАЦИЯ ТЕХНОЛОГОВ-МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ УКРАИНЫ, ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ «РЕМДЕТАЛЬ», БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, ЖЕШУВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, ЖИТОМИРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ, ЗАО «СОЛИГОРСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ С ОПЫТНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ», НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА, ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ И ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ.

Начало XXI века на постсоветском пространстве грозит стать периодом техногенных катастроф. Официальная статистика свидетельствует, что причиной двух третей катастроф является несвоевременный и некачественный ремонт, а степень износа оборудования в различных областях промышленности составляет от 50% до 80%.

В создавшейся технико-экономической ситуации диагностирование, упрочнение, восстановление деталей, ремонт оборудования являются актуальнейшими проблемами полноценного функционирования и развития техносферы постсоветского пространства, что и обосновало целесообразность проведения данной конференции.

Древняя Полоцкая земля в очередной раз радушно приняла участников Международной конференции «УВ-03». В последние годы такие конференции стали традиционными и превратились в крупные международные форумы. Возросли вес и значение конференции. В результате выполнения решений предыдущих конференций создана региональная научно-техническая программа «Инновационное развитие Витебской области» (головная организация - Полоцкий государственный университет). Решением ВАК Беларуси при Полоцком государственном университете создан специализированный совет по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям «Материаловедение в машиностроении» и «Электрофизика, электрофизические установки». Получила дальнейшее развитие практика проведения тематических семинаров. Большое внимание, учитывая актуальность, уделяется проблемам технической диагностики и ресурса машин.

К Конференции были изданы Программа и сборник материалов общим объемом 389 стр. Так же был подготовлен и выпущен специальный номер журнала «Мир технологий», посвященный становлению и развитию научной школы по восстановительно-упрочняющим технологиям в Полоцком государственном университете.

Вел конференцию академик НАН Беларуси **СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ АСТАПЧИК**.

На Конференцию было заявлено 8 пленарных и 182 секционных доклада, представленных учеными Беларуси, Болгарии, Словакии, Польши, Китая, России, Украины. В работе конференции и сопутствующих мероприятиях приняло участие более 150 специалистов промышленных предприятий, ученых, преподавателей, аспирантов, студентов старших курсов ВНУ. Обсуждение проблем по тематике «УВ-03» проводилось на пленарном заседании и в следующих секциях: I - *Материалы и покрытия на металлической основе*; II - *Композиционные материалы и покрытия на полимерной основе*; III - *Технология и оборудование для восстановления и упрочнения деталей*; IV - *Ремонт машин. Техническая диагностика. Обеспечение качества*; V - *Инструменты и технологии механической обработки*.

Кроме вышеуказанных секций в рамках Конференции были проведены: *семинар главных механиков предприятий концерна «Белнефтехим» по проблемам строительства, реконструкции, ремонта и повышения надежности оборудования*; *выставка научно-технических разработок участников Конференции, а так же экспозиции фирм «Hisco», «ESAB», «SKF», «Энтехномаш»*; *презентация регионального отделения фонда «Национальный центр трансфера технологий»*; *презентация научно-технических журналов «Тяжелое машиностроение», «Компрессорная техника и пневматика», «Химическая техника» (г. Москва), «Мир технологий» (г. Минск).*



Социально-информационный центр Полотского государственного университета – место проведения Конференции

Перед началом семинара главных механиков. Слева на право: Чернявский В.Ф., Пантелеенко Ф.И., Мигун Н.П., Иванов В.П., Лялякин В.П.



В перерывах – встречи участников конференции. Обсуждение проблем восстановления деталей. Слева на право: Шутин А.Ф., Ильющенко А.Ф., Астапчик С.А.

Презентация фирмы «NILCO» в рамках выставки научно-технической продукции



На пленарном заседании с докладами выступили: *Гордиенко А.И.*, чл.-корр. НАН Беларуси, директор ФТИ НАН Беларуси; *Лялякин В.П.*, д.т.н., проф., директор ВНИИТ УВИД «Ремдеталь», г. Москва; *Ильющенко А.Ф.*, д.т.н., проф., директор НИИ ПМ НАН Беларуси; *Харламов Ю.А.*, д.т.н., проф., зав.кафедрой Восточноукраинского национального университета, г. Луганск, Украина; *Атанасова И.Р.*, проф., зав.кафедрой Габровского государственного университета, г. Габрово, Болгария; *Спиридонов Н.В.*, д.т.н., проф., зав. кафедрой БНТУ; *Пантелеенко Ф.И.*, д.т.н., проф., проректор ПГУ; *Иванова В.А.*, гл. редактор журнала «Тяжелое машиностроение», г. Москва; *Ерохин Д.Ю.*, к.т.н., ответственный секретарь издательства «Компрессорная и химическая техника», г. Москва; *представители фирмы ESAB (Швеция), HILKO (Голландия).*

На секции I было заслушано 38 сообщений; секции II – 15; III – 47; IV – 37; V – 19 сообщений.

КОНФЕРЕНЦИЯ РЕКОМЕНДОВАЛА:

1. Издать сборник избранных трудов конференции «УВ-03» из числа представленных докладов и разослать его участникам.
2. Рекомендовать для внедрения на предприятиях Беларуси результаты работ по новым технологиям получения фасонных отливок с упрочненными элементами, современных материалов, упрочняющих технологий.
3. Рекомендовать к изданию коллективную монографию Ловшенко Ф.Г., Пантелеенко Ф.И., Рогачев А.В., Руденская Н.А., Струк В.А. по нано- и композиционным материалам.
4. Отметить высокий научный уровень большинства представленных докладов, в т.ч. по докторским и кандидатским диссертациям.
5. Направить решение и труды конференции в СМ, НАН, КНТ, РБ.
6. Отметить высокую заинтересованность производств результатами НИР, доложенными на конференции.
7. Одобрить практику проведения конференции и сопутствующих мероприятий (тематических семинаров, в т.ч. главных механиков нефтехимических предприятий, презентаций, выставок) и привести очередную конференцию «УВ-05» в апреле-мае 2005 года.
8. В рамках проведения конференции организовать стендовую секцию и секцию молодых ученых для презентации диссертационных работ.

Одновременно был проведен *семинар главных механиков предприятий концерна «Белнефтехим» по проблемам строительства, реконструкции, ремонта и повышения надежности оборудования*, на котором выступили 8 докладчиков, в т.ч.: *Карпинчик В.К.*, директор по строительству, ремонту и реконструкции; *Шутин А.Ф.*, главный механик РУП ПО «НАФТАН» и др. участники семинара.

Обсуждены вопросы: модернизация и реконструкция технологических объектов; обмен опытом в решении актуальных проблем; знакомство с научными достижениями в области повышения надежности оборудования, диагностики, продления ресурсов, эксплуатации котлонадзорного оборудования.

Семинар рекомендовал: ходатайствовать о создании в концерне «Белнефтехим» управления капитального строительства и ремонта, с целью координации данных вопросов между подведомственными предприятиями, концерном и подрядными организациями; подвергать дополнительному контролю пружины предохранительных клапанов не реже 1-го раза в 3 года путем трехкратного сжатия статической нагрузкой с допускаемой усадкой (остаточной деформацией) в пределах до 1,5 % от длины пружины; установить периодичность ревизии, ремонта и регулировки предохранительных клапанов, для непрерывно действующих технологических производств 36 месяцев на сосудах, аппаратах и трубопроводах, работающих со средами не вызывающими коррозию деталей затвора ($V_{кор} \leq 0,1$ мм/год) при отсутствии возможности примерзания, прикипания и полимеризации (закупоривания) клапанов в рабочем состоянии.

Конференция и семинар были проведены на высоком организационном уровне и глубокой научно-практической основе.

Оргкомитет конференции

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ ПРОВЕЛО СЕМИНАРЫ:

06.03.2003г.

«Условия безаварийной эксплуатации производств и объектов, на которых возможно образование взрывоопасных сред»

24.04.2003г.

«Обеспечение безопасности газового хозяйства промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных предприятий»

Были заслушаны и обсуждены доклады:

Особенности применения закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов при эксплуатации взрывопожароопасных объектов». Регистрация опасных производств и объектов. – *Корольков Д.И. – председатель ЦПОО «БОИМ», Юхновский Ю.К. – Госпроматомнадзор*

Организация производственного контроля за соблюдением промышленной безопасности на объектах газоснабжения и газопотребления. – *Алексеев Е.Е. – Концерн «Белтопгаз»*

Выбор электрооборудования. Монтаж и ремонт электроустановок во взрывоопасных зонах. – *Слука М.Л. – к.т.н. Могилевский технический университет*

Особенности эксплуатации приборов контроля и безопасности в газовом хозяйстве и на химических производствах. – *Баран С.В. – НПО «ФАРМЭКО»*

Опыт организации технического надзора и неразрушающего контроля на Мозырском НПЗ. – *Волович И.В. – Мозырский МПЗ*

Чрезвычайные ситуации на взрывоопасных объектах - предупреждение и ликвидация. – *Гриб Ф.М. – НИИ МЧС РБ*

Основные положения Закона Республики Беларусь от 4.01.2003г. № 176-3 "О газоснабжении" и организация работы газовых служб предприятий. Пути повышения безопасности при эксплуатации газовых хозяйств. – *Алексеев В.В. – главный инженер Управления систем газоснабжения Концерна «Белтопгаз», Завальников В.М. – Начальник отдела УП «Белгазтехника»*

Подготовка и повышение квалификации персонала, занятого эксплуатацией газоиспользующих установок и агрегатов. – *Дядичкин А.Ф. – инженер ОО «БОИМ»*

Возможные аварийные ситуации в системах газоснабжения, их предупреждение и ликвидация. – *Петрик И.Л. – начальник аварийной службы предприятия «Мингаз»*

Выполнение газоопасных работ. Чрезвычайные ситуации на объектах газопотребления, их причины и методы ликвидации. – *Невдах Д.А. – НИИ МЧС РБ*

СТРАНИЦА АВТОМЕХАНИКА

УДАРИМ АВТОПРОБЕГОМ ПО...

ПРОБЛЕМЫ ТРЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ ДВЕ СТОРОНЫ ОДНОЙ МЕДАЛИ

(Продолжение. Начало см. в № 2(11) - № 1 (18) 2003 г.)

В зонах низких температур даже небольшое дополнительное понижение вызывает значительное повышение вязкости масел. Вязкость стремится к бесконечно большой величине. Уже при вязкости порядка 100 000 П масла теряют текучесть и пере-

ходят в желеподобное состояние, т.е. застывают.

Однако застывание чаще происходит не из-за повышения вязкости, а в результате выпадения из жидкой фазы масла микрокристаллов твердых углеводородов (парафина) и образования из них про-

странственной кристаллической решетки, которая связывает весь объем жидкого масла в неподвижную массу, затвердевающую при дальнейшем охлаждении. Температуру застывания масла определяют подобно температуре застывания дизельного топлива.

Температура застывания практически не соответствует нижнему температурному пределу применения масла, так как масло теряет текучесть в механизмах при более высоких температурах, чем температура застывания. Обычно нижний предел применения масла лежит на 8-12 °С выше температуры его застывания.

Застывшее масло без подогрева нельзя вылить из бочки или цистерны, перекачать обычными средствами или заправить им систему смазки, оно не поступает по системе смазки к узлам трения. Проворачивание коленчатого вала двигателя на застывшем масле недопустимо.

Температуру застывания масел понижают при их производстве путем депарафинизации (удаления избытка парафина) и добавления присадок депрессаторов АФК, ПМА-Д, АЗНИИ-ЦИАТИМ-1, В-167 и др. Наиболее распространен депрессатор АЗНИИ, получаемый конденсацией хлорированного парафина и нафталина.

Действие депрессатора сводится к предотвращению образования кристаллической решетки. Депрессатор вводится в масла в количестве 0,2-0,5%, что понижает температуру их застывания на 15-25 °С.

Способность смазочных материалов предупреждать или снижать изнашивание трущихся деталей путем образования на их поверхностях прочной граничной пленки, препятствующей непосредственному контакту металла с металлом определяют их смазывающими свойствами. Часто это свойство смазочных материалов называют противоизносным.

Образование граничной, расклинивающей пленки может происходить путем адсорбции (прилипания) полярно активных компонентов смазочного материала или благодаря химическому взаимодействию активных элементов масла с металлом. При адсорбции пленка разобщает трущиеся детали настолько, что они перестают непосредственно касаться друг друга. Это свойство смазочного материала называют расклинивающим. Иногда его называют маслянистостью, липкостью, все эти термины одинаковы по своему смыслу. Во втором случае трущиеся поверхности защищаются образовавшейся на них пластичной пленкой, сглаживающей неровности. Свойство смазочного материала, способствующее сглаживанию поверхностей деталей, называют полирующим.

Образование адсорбированной граничной расклинивающей пленки связано с процессами, протекающими на границе между металлом и смазочным

материалом, поэтому оно находится в зависимости от природы и состояния того и другого.

Влияние металла на образование граничной пленки сказывается в интенсивности проявления силового поля, действующего на его поверхности. Под влиянием силового поля на твердом теле адсорбируются газы, влага, углеводороды, в том числе смазочные материалы. Чем значительнее проявляется действие поверхностных сил, тем прочнее граничная пленка смазки. Способность смазочного материала взаимодействовать с поверхностью трения зависит от полярности его молекул.

Полярные молекулы масла под действием силового поля твердого тела сворачиваются к нему противоположно заряженными концами своих диполей, т.е. определенным образом ориентируются по отношению к силовому полю (рис. 18).

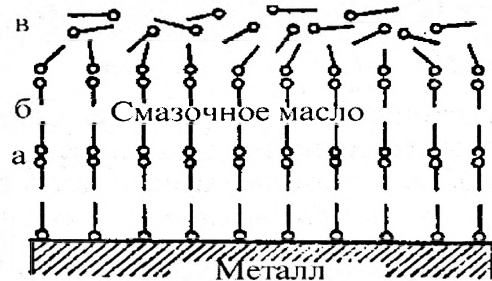


Рис. 18. Схема ориентации на поверхности металла полярных молекул: а – плоскость прочной связи молекул; б – плоскость слабой связи молекул; в – хаотическое состояние молекул.

Продолжение следует.



Вам выбрать!

ГОДОВЩИНЫ И ЮБИЛЕИ	1
РАЗРАБОТКИ	13
УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ	38
Открытия	39
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	44
КОНФЕРЕНЦИИ И СЕМИНАРЫ	47
СТРАНИЦА АВТОМЕХАНИКА	

Отпечатано в Физико-техническом институте
Тираж 400 экз. Заказ № 229.

Гимн Заводского района

 **«МЫ ГОРДИМСЯ ТОБОЙ,
НАШ РАЙОН ЗАВОДСКОЙ»**

Слова, музыка и аранжировка Виктора Прихача

1. Вижу свет за окном –
Солнце будит район.
Всюду песни, знакомые лица.
Словно в сказочный сон,
Я в район наш влюблен,
Потому что нельзя не влюбиться.

Припев:

Мы гордимся тобой, наш район Заводской:
Ты – наш труд, ты – наш друг, ты – наш флаг!
И заботы твои мы в сердцах сохраним.
Ты – наш дом, ты – наш кров, наш очаг!
Мы гордимся тобой, славою трудовой,
Расцветай, наш район Заводской!

2. Наши дети растут,
На заводы придут,
Чтобы славу отцов приумножить.
Самый низкий поклон
Всем, кто в дело влюблен,
Для кого честный труд всего дороже.

Припев,

3. Говорят, что года
Старят все города.
У других есть чему поучиться,
Но всегда молодой
Наш район Заводской,
Как и вся белорусская столица.

Припев.

4. Будет ярко гореть разноцветье огней
На проспекте, на уличных плитах.
И на праздники дверь
Дня желанных гостей
Каждый день, каждый час
Всегда открыта.

 **ВОЛК И ЯГНЕНОК**

У сильного всегда бессильный виноват:
Тому в Истории мы тьму примеров слышим,
Но мы Истории не пишем:
А вот о том как в Баснях говорят.

Ягненок в жаркий день зашел к ручью напиться;
И надобно ж беде случиться,
Что около тех мест голодный рыскал Волк.
Ягненка видит он, на добычу стремится;
Но, делу дать хотя законный вид и толк,
Кричит: «Как смеешь ты, наглец, нечистым рылом
Здесь чистое мутить питье

Мое

С песком и с илом?

За дерзость такову

Я голову с тебя сорву».—

«Когда светлейший Волк позволит,

Осмелюсь я донести, что ниже по ручью

От Светлости его шагов я на сто пью:

И гневаться напрасно он изволит:

Питья мутить ему никак я не могу».—

«Поэтому я лгу!

Негодный! Слыхана ль такая дерзость в свете!

Да помнится, что ты еще в запрошлом лете

Мне здесь же как-то нагрубил:

Я этого, приятель, не забыл!» —

«Помилуй, мне еще и от роду нет году»,—

Ягненок говорит. «Так это был твой брат».—

«Нет братьев у меня».— «Так это кум иль сват

И, словом, кто-нибудь из вашего же роду.

Вы сами, ваши псы и ваши пастухи,

Вы все мне зла хотите

И, если можете, то мне всегда вредите,

Но я с тобой за их разведаюсь грехи».—

«Ах, я чем виноват?» — «Молчи! устал я слушать,

Досуг мне разбирать вины твои, щенок!

Ты виноват уж тем, что хочется мне кушать».

Сказал и в темный лес Ягненка поволок.

И.А. Крылов

 **СПЕШИТЕ В РНТБ**

Патентный фонд Республиканской научно - технической библиотеки предлагает специалистам ознакомиться с новыми патентами по энергоэффективности.

◆ **Патент 3161 РБ, МПК7 F04C 2 / 00. Роторная лопастная гидромашина** - может работать в широком диапазоне напоров с расходом воды одним агрегатом до 50 м³/с. Вся потенциальная энергия воды преобразуется в электрическую энергию. Высокий КПД обеспечивает бесшумную работу и экологическую безопасность энергетического комплекса.

◆ **Патент 2142573 Россия, МПК6 F03D 9 / 02. Ветряная теплоэлектростанция.** Технический результат - создание теплоэлектростанции для снабжения потребителя горячей водой, тепловой и электроэнергией для отопления жилых и производственных помещений в любое время суток в течение всего года независимо от временного отсутствия ветра на месте установки станции.

◆ **Патент 4390 РБ, МПК7 F03D 5 / 00. Термовоздушная электростанция** - область применения: производство электроэнергии, ветроэнергетика. Задача изобретения – повышение эффективности ТВЭС за счёт увеличения её мощности путём оптимального использования рабочего пространства шахты напорной трубы.

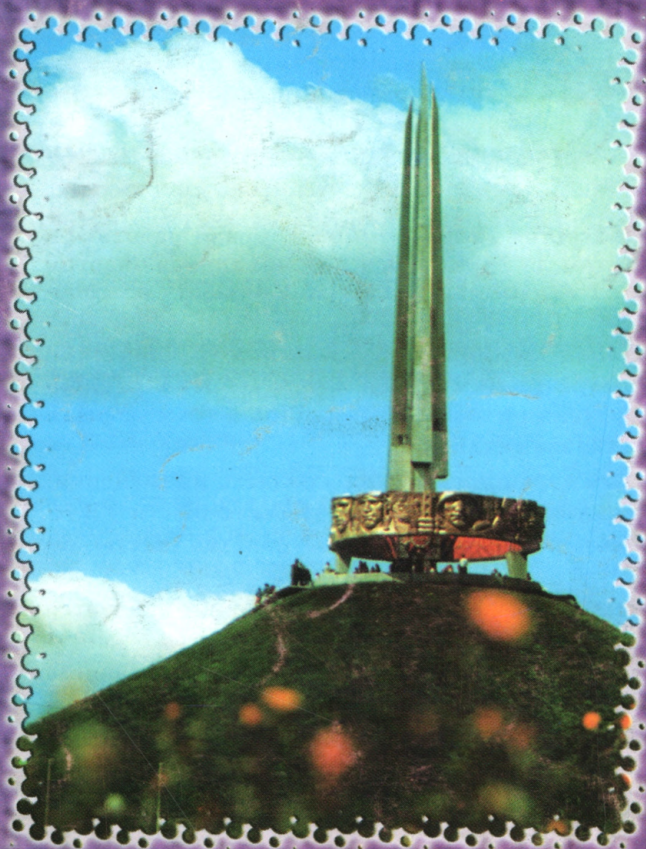
◆ **Патент 4323 РБ, МПК7 F03D 3 / 00. Ветроэнергетическая установка.** Изобретение относится к механике, конструирование ветроэнергетических установок. Задача: повышение надежности и конструктивной прочности ротора ветроколеса, создание вихревого потока внутри ротора, обеспечивающего подтягивание ветрового потока внутрь конструкции ротора по принципу турбинного ветронасоса, а также плавного входа лопасти в наветренную и подветренную к ротору зонах.



и 16

*Бушует май —
весны вене*

*Расцвет
природы
и любви*



*Месяц нашей
Великой Победы*