

НАЖЕВЕР МЕХАНИК

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ межотраслевой научно-технический и производственно-экономический ЖУРНАЛ



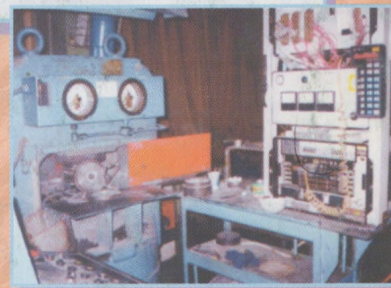
90 лет

Ж.Ж. Сироте

(первому директору
Института ФТТиП)

академик АН СССР
П.Л. Капица

академик НАН РБ
Н.Н. Сирота



40 лет

Институту физики твердого тела
и полупроводников НАН Беларуси

№ 3 (20)
июль-сентябрь
2003

НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ СИРОТА

Академик Национальной академии наук Беларуси, заслуженный деятель науки и техники РБ, доктор физико-математических наук, профессор Николай Николаевич Сирота — крупнейший ученый в области физики и физической химии конденсированных сред, стоит на пороге своего 90-летия.



Академик Н.Н. Сирота

За многолетний период научной, научно-организационной и педагогической деятельности И.П. Сирота внес основополагающий вклад в становление и развитие физики твердого тела и полупроводников, в дело подготовки научных, педагогических и инженерно-технических кадров в нашей республике и в России.

Николай Николаевич Сирота родился в Санкт-Петербурге 2 ноября 1913 года. Школьные годы его прошли в Краснодаре. В 1936 г. он закончил Московский институт стали и сплавов и одновременно прослушал курсы физического факультета МГУ. В период обучения в МИСиС некоторое время работал на Верхисетском металлургическом заводе в г. Свердловске и на Горьковском автозаводе в известной бригаде Бусыгина. В 1939 г. Н.Н. Сирота защитил кандидатскую дис-

сертацию по исследованию физики процессов отпуска закаленной стали.

По приглашению академика Н.С. Курнакова в 1939 г. Н.Н. Сирота зачисляется в докторантуру Института общей и неорганической химии АН СССР, но по распоряжению Всесоюзного комитета высшей школы весной 1940 г. был направлен заведовать кафедрой физического металловедения и термообработки Мариупольского металлургического института, где его и застала война. В разгар боев он выводит из Мариуполя группу студентов и преподавателей в г. Горький в распоряжение Министерства оборонной промышленности. С 1941 г. находился в Красной Армии.

После демобилизации был снова направлен в ИОНХ АН СССР в качестве докторанта, а затем работал старшим научным сотрудником. В этот период им были выполнены фундаментальные работы по термодинамике и кинетике фазовых переходов, по метастабильным состояниям конденсированных систем, которые явились важным вкладом в развитие современного материаловедения и разработки новых перспективных материалов. По результатам этих работ в 1950 г. Н.Н. Сирота защищает диссертационную работу на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а в 1952 г. он был утвержден в звании профессора по специальности «физика».

Наряду с интенсивной научно-исследовательской работой в ИОНХ АН СССР Н.Н. Сирота занимается преподавательской деятельностью. Будучи доцентом, а затем профессором физического факультета МГУ, он читает первый тогда в стране курс физики и физико-химического анализа твердого тела, в МИФИ — первый курс материалов для ядерной техники и энергетики. С 1955 г. Н.Н. Сирота работает профессором и заведующим кафедрой физики Московского института цветных металлов и золота им. М.И. Калинина. В МИЦМЗ (затем — МИСиС) организует одну из первых в СССР проблемную лабораторию по физике и химии полупроводниковых материалов, научным руководителем которой затем и становится совместно с проф. Н.Н. Мурачем.

В 1956 г. Н.Н. Сирота избирается академиком Академии наук БССР и в 1957 г. переезжает в Минск. Здесь он организует при поддержке А.Ф. Иоффе и возглавляет Отдел физики твердо-

го тела и полупроводников АН БССР, на базе которого в 1963 году создается Институт физики твердого тела и полупроводников АН БССР.

Будучи первым директором и научным руководителем Института с 1963 по 1975 гг. Н.Н. Сирота весь свой талант ученого и организатора науки отдает становлению ИФТТП АН БССР, формированию и развитию его научного профиля, подготовке кадров высшей квалификации по физике твердого тела и полупроводников. В основу формирования научной тематики Института Н.Н. Сиротой положены подходы, связанные с выяснением физических свойств твердых тел в связи с характером и энергией межатомного взаимодействия, исследованием вариации параметров равновесия фаз с составом, давлением, температурой, электрическими и магнитными полями, с изучением свойств твердых тел в экстремальных условиях при сверхвысоких давлениях, сверхнизких температурах, сверхсильных магнитных полях, при внешних радиационных воздействиях. Эти положения и принципы сыграли плодотворную роль в постановке и развитии научных исследований по физике твердого тела в Белоруссии. Научное направление, разработанное Н.Н. Сиротой при организации своего детища — Института физики твердого тела и полупроводников НАН Б, остается актуальным и определяющим основную тематику института, ряда других научных учреждений Беларуси и в настоящее время. Под руководством Н.Н. Сироты институт в короткое время стал крупным научно-исследовательским центром физики твердого тела, ведущим исследования по проблемам химической связи в твердых телах. Н.Н. Сирота был одним из инициаторов строительства в Белоруссии исследовательского ядерного реактора и организовал на нем научно-исследовательские работы в области физики твердого тела и магнетизма.

Переехав в Минск, Н.Н. Сирота ведет широкую педагогическую деятельность. В 1957 г. организует кафедру физики твердого тела и полупроводников в Белорусском государственном университете, которой руководит на протяжении 1957-1962 гг. В это же время Н.Н. Сирота организует проблемную лабораторию по физике полупроводников при БГУ. С 1967 по 1975 гг. Н.Н. Сирота заведует созданной им кафедрой экспериментальной и теоретической физики в Минском педагогическом институте.

Научное творчество Н.Н. Сироты многогранно, широк спектр его научных интересов. Работы Н.Н. Сироты по термодинамике и кинетике фазовых переходов, квантовой химии, термодинамики возбужденного состояния, по проблеме химиче-

ской связи в кристаллах, по физике твердого тела и полупроводников, по радиационным воздействиям на структуру и свойства твердых тел получили широкое признание.

Н.Н. Сиротой развита оригинальная теория фазовых превращений непервого рода, представляющая принципиальный интерес. Дана общая теория образования метастабильных фаз при кристаллизации и фазовых переходах, в том числе при эпитаксиальном росте. Впервые была показана возможность формирования метастабильных фаз, например алмаза, при нормальных температуре и давлении. Рассмотрены факторы, обуславливающие полиморфизм, а также влияние внешних воздействий и дисперсности на возникновение метастабильных полиморфных модификаций. Построены p - T -диаграммы льда при высоких давлениях, низких и высоких температурах, диаграммы магнитного состояния ряда материалов различных структурных типов по нейтронографическим, магнитометрическим, рентгеновским данным, по объемным изменениям. Им выполнены фундаментальные исследования механизма и кинетики кристаллизации.



Академик Н.Н. Сирота и академик Белов Н.В.

Н.Н. Сирота успешно развивает теоретические и экспериментальные работы по проблеме межатомного взаимодействия в кристаллах, про-

странственного распределения электронной и спиновой плотностей, потенциала. Совместно со своими учениками им выполнены систематические исследования функций распределения электронной плотности в кристаллах полупроводниковых соединений A^3B^5 и ряда интерметаллических соединений сверхпроводников. Он предложил и разработал оригинальные методы определения физических свойств различных типов кристаллов по функциям атомного рассеяния и картам электронной плотности, экспериментального уточнения волновых функций, описывающих состояние валентных электронов в кристаллах. Им развиты методы и проведены расчеты электронной структуры элементов, в том числе трансуроновых.

Н.Н. Сиротой внесен большой вклад в решение проблем современного материаловедения, поиска новых полупроводниковых, магнитных, сверхтвердых, сверхпроводящих материалов. В работах Н.Н. Сироты развиты принципиальные основы физики, химии, технологии полупроводникового материаловедения. Он одним из первых предложил использовать соединения A^3B^5 в качестве полупроводниковых материалов. Им совместно с учениками исследован целый ряд квазибинарных полупроводниковых систем на основе A^3B^5 , в том числе с изменяющимся типом перехода в зонной структуре — от прямого к непрямоуго. Впервые была показана связь ширины запрещенной зоны и энергии решетки. Открыт ряд новых полупроводниковых материалов, перспективных для практического использования. Исследованы двойные и тройные системы сверхпроводящих сплавов, соединений при обычных и высоких давлениях. Обсуждены вопросы термодинамики сверхпроводящих переходов, влияния давления на структурные переходы в сверхпроводниках. Развиты физические основы радиационной технологии в производстве полупроводниковых приборов, нашедшие впоследствии промышленное применение. Разработан безкатализаторный способ получения монокристаллических кубического нитрида бора, по твердости равного алмазу и превосходящего его по термостойкости, послуживший основой создания нового поколения обрабатывающего инструмента. Построены для ряда систем ферритов диаграммы, описывающие поведение их магнитных свойств в зависимости от состава, характера размещения ионов по под решеткам и имеющие важное научное и практическое значение. Развита статистическая теория импульсного перемагничивания ферритов. Разработана серия новых перспективных материалов с особыми диэлектрическими, магнитными и дру-

гими физическими свойствами.

На протяжении ряда лет он являлся членом Международной комиссии по распределению электронной и спиновой плотностей в кристаллах и членом редколлегии международного журнала «Crystal Research and Technology», а также журналов «Доклады АН БССР», «Известия АН СССР. Сер. Металлы».

В настоящее время Н.Н. Сирота продолжает активную научную и педагогическую деятельность. развивает принципиальные подходы к решению научных и практических проблем физики, физико-химии и технологии неорганических материалов. Он руководит секцией «Химическая связь и физические свойства конденсированных сред» Научного совета по неорганической химии Российской академии наук.

Н.Н. Сирота — автор более 700 научных публикаций, в том числе 2 монографий и более 60 авторских свидетельств на изобретения. Многие его работы изданы за рубежом — в США, Германии, Швеции, Японии, Франции и других странах.

Благодаря своей неустанной творческой деятельности Н.Н. Сирота создал в Беларуси школу специалистов в области физики твердого тела и полупроводников. Николай Николаевич Сирота подготовил более 100 кандидатов наук. 17 его учеников стали докторами наук, среди них 2 академика и член-корреспондент НАН Б, лауреаты Государственных премий.

За большие заслуги в развитии науки, за многолетнюю активную и плодотворную научно-организационную, педагогическую и общественную деятельность Н.Н. Сироте присвоено почетное звание Заслуженного деятеля науки и техники БССР. Он удостоен рядом правительственных наград: двух орденов Трудового Красного Знамени, медалей, премий Совета Министров СССР и др.

Талантливый ученый, организатор и руководитель науки, внимательный и требовательный учитель, обаятельный и отзывчивый человек Николай Николаевич Сирота пользуется заслуженным уважением и авторитетом среди научной общности Республики и других стран.

Николай Николаевич обладает неисчерпаемым научным потенциалом, неослабевающей с годами творческой активностью. Он и сегодня полон новых творческих замыслов и оптимизма.

Академики НАН Б Н.М. Олехнович, С.А. Астанчик, член-корреспондент НАН Б Ф.П. Коришун, доктор химических наук Л.А. Башикиров, доктор физико-математических наук В.М. Рыжковский

40 лет

ИНСТИТУТУ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И ПОЛУПРОВОДНИКОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

В.М. Рыжковский, зам директора, д. ф-м. н.

Ускоренное развитие научных исследований по физике началось в Белоруссии в 50 - 60 годы XX столетия. За прошедшее время на счету белорусских физиков появилось много замечательных научных достижений. Сегодня в Отделении физики, математики и информатики Национальной академии наук Беларуси плодотворно работают несколько физических институтов. Достойное место среди них занимает Институт физики твердого тела и полупроводников, которому исполняется 40 лет.

Бурный экономический рост Белорусской ССР в послевоенное время во многом был связан с возникновением и развитием таких новых отраслей промышленности, как радиоэлектроника, вычислительная техника, машиностроение, требующих широкого применения новых материалов, более совершенных технологических процессов их получения и обработки. Потребности промышленности в значительной степени стимулировали постановку научных исследований по физике твердого тела в Академии наук БССР и создали предпосылки для организации в ее системе специального института. Таким образом, учитывая перспективы развития науки и техники, в Академии наук БССР был взят курс на развитие исследований в области физики твердого тела. Большую роль в этом начинании сыграла поддержка таких выдающихся ученых с мировым именем, как академики АФ. Иоффе и П.Л. Капица.

Институт физики твердого тела и полупроводников был создан по решению Совета Министров БССР 5 ноября 1963 года на базе самостоятельного отдела того же наименования, организованного в 1959 году при Президиуме АН БССР. Основателем и первым директором Института был

крупный специалист в области физики и физической химии твердого тела академик НАНБ Николай Николаевич Сирота, приглашенный на работу в Белоруссию из Москвы. С этого времени в Академии наук БССР начались целенаправленные исследования ряда принципиальных вопросов физики твердого тела и полупроводников. Научное направление, разработанное Н.Н. Сиротой при организации Института, оказалось настолько важным и перспективным, что оно не потеряло своей актуальности и во многом сегодня определяет основную тематику научной деятельности Института.

В то время под руководством Н.Н. Сироты был разработан перспективный план развития научных исследований Института, в качестве первоочередных включающий следующие тематические направления:

1. Разработка научных основ создания полупроводниковых, магнитных сверхпроводящих, сверхтвердых и других материалов с особыми физическими свойствами.
2. Решение принципиальных вопросов теории твердого тела, связанных с характером и энергией межатомного взаимодействия в кристаллах.
3. Исследование физических свойств и поведения твердых тел в условиях высоких давлений, низких и высоких температур, при воздействии магнитных и электрических полей, проникающего излучения.

Эти направления, тесно связанные с методом физико-химического анализа академика Н.С. Курнакова и принципом исследования состояния вещества в экстремальных условиях академика П.Л. Капицы, явились основным стержнем, вокруг которого были сконцентрированы исследо-

вания сотрудников молодого института.

В начальный период особое значение имела подготовка научных кадров. С этой целью в Белорусском государственном университете была организована кафедра физики твердого тела (основатель и первый заведующий - академик Н.Н. Сирота), которая стала настоящей кузницей кадров для Института. И сегодня больше половины численного состава научных сотрудников Института - это выпускники Белгосуниверситета, составляющие научно-интеллектуальный костяк коллектива. Многие из них выросли в стенах Института в признанных специалистов в области физики твердого тела (академик Н.М. Олехнович, доктор наук Г.И. Маковецкий, В.М. Рыжковский, А.П. Сайко, И.О. Троянчук, В.М. Федосюк, А.У. Шелег, В.Б. Шипило и др.).

Академик Н.Н. Сирота возглавлял Институт до 1974 года. Его сменил на посту директора академик Б.Б. Бойко, под руководством которого Институт сделал дальнейшие значительные шаги в своем развитии. С 1993 года Институт возглавляет ученик Н.Н. Сироты, пришедший в коллектив молодым специалистом в 1960 году, академик Н.М. Олехнович. В 1975 году при Институте было создано Витебское отделение, которым до преобразования его в 1994 году в Институт технической акустики НАНБ, руководил член-корреспондент (ныне - академик) В.В. Клубович. В 1960-70 годы в Институте работал один из лучших специалистов в области активационного анализа в СССР член-корреспондент Е.М. Лобанов, в настоящее время работает член-корреспондент Ф.П. Коршунов - известный специалист в области радиационных воздействий на материалы, один из старейших сотрудников Института.

За 40 лет своего существования Институт физики твердого тела и полупроводников стал крупным научно-исследовательским учреждением, проводящим исследования на современном теоретическом и экспериментальном уровне, работы которого имеют широкое признание в нашей стране и за рубежом.

Создана неплохая экспериментальная база, которая при всех трудностях нынешнего периода, сохраняется и развивается. Институт имеет технические возможности получать самые различ-

ные материалы в разных агрегатно-кристаллических состояниях (монокристаллы, пленки, порошки, керамика и др.), располагает аппаратурой для всестороннего исследования их физико-химических свойств, в том числе в экстремальных условиях воздействия сверхвысоких давлений (до 100 кбар), радиационных воздействий (электронное- и гамма-излучения), сильных магнитных (до 150 кЭ) и электрических полей, при низких (до -269 °С) и высоких (до +2500 °С) температурах. Есть возможности широко использовать такие современные методы эксперимента, как рентгенографический, электронографический, нейтронографический (к сожалению, без белорусского реактора, с использованием ядерных реакторов Дубны и Обнинска, Россия), ядерно-резонансный, магнитометрический и др.

За прошедшие годы создан крепкий кадровый потенциал. В Институте сегодня работают 14 докторов и 80 кандидатов наук. В аспирантуре обучается 20 человек.

В результате проводимых систематических исследований в области физики конденсированного состояния, охватывающих широкий круг вопросов в рамках обозначенной выше основной тематики, получено много результатов, имеющих важное научное и практическое значение, уровнем которых может гордиться любой Институт.

Из обилия полученных научных результатов такого уровня очень трудно в этой небольшой статье конкретно выделить все наиболее важные. Поэтому я попытаюсь представить их с большой степенью обобщенности, но тем не менее постараюсь максимально отметить их авторов. Ибо люди - непосредственные и заинтересованные участники события, которое мы отмечаем, и главные создатели того, что сделано Институтом за 40 лет его существования. А Институт сегодня по праву считается одним из лучших физических институтов Республики Беларусь.

Выполнены обширные и глубокие фундаментальные исследования по проблеме межатомного взаимодействия в кристаллах и динамике кристаллической решетки. Разработаны методы расчета распределения электронной плотности в кристаллах по экспериментальным рентгенографическим данным функций атомного рассеяния и нахождения по ним ряда физических параметров, характеризующих химическую связь в кристал-

лах. Построены карты распределения электронной плотности и потенциала для кристаллов кремния, германия, олова, соединений A^3B^5 , интерметаллических соединений - сверхпроводников и др. (Н.Н.Сирота, Н.М. Олехнович, А.У. Шелег, Е.М. Гололобов и др.). Разработаны методы расчета и восстановления реальных фоновых спектров кристаллов по данным теплового диффузного рассеяния рентгеновских лучей и неупругого рассеяния холодных нейтронов, которые использованы при определении термодинамических характеристик ряда кристаллов кубической, гексагональной, тетрагональной и ромбической сингоний (Н.Н. Сирота, И.А. Булат, Ч.К. Смолик, Н.С. Орлова, Т.Д. Соколовский и др.).

Впервые получен ряд магнитных интерметаллических сплавов на основе халькогенидов, пниктидов и оксидов переходных и редкоземельных элементов. Разработаны методы синтеза этих новых магнитных материалов, в том числе с применением техники высоких давлений, в виде поли- и монокристаллов, композитов, тонких пленок и наноразмерных структур. Проведено комплексное исследование их структурных, кристаллохимических, магнитных и других физических свойств в зависимости от химического состава, температуры, давления, внешних магнитных и электрических полей, определены термодинамические условия равновесия различных магнитных фаз. По результатам нейтронографических, рентгенографических, магнитометрических, резистометрических, резонансных и дилатометрических измерений впервые построены фазовые диаграммы кристаллического и магнитного состояний материалов. Исследованы взаимосвязи магнитных и структурных характеристик, переноса электрического заряда и магнитного состояния, особенности механизмов обменного взаимодействия и эффекта гигантского магнитосопротивления. Полученные результаты позволяют прогнозировать магнитные свойства материалов указанных классов при изменении внутренних и внешних параметров (состав, температура, давление и др.) и соответственно получать их с задаваемыми и управляемыми свойствами (Г.И. Маковецкий, Э.А. Васильев, В.М. Рыжковский, Г.А. Говор, И.О. Троянчук, В.М. Федосюк

и др.).

Разработаны технологические методы получения путем электролитического осаждения и термического испарения тонких ферромагнитных пленок двойных и тройных сплавов железа, кобальта, никеля. Исследованы их свойства, показана перспективность использования в устройствах хранения и обработки информации (Л.Ф. Ильющенко, М.У. Шелег, А.В. Болтушкин и др.). Позднее получили развитие исследования многослойных композитных пленок с наноразмерными элементами, в которых обнаружен эффект гигантского магнито-сопротивления и другие нетривиальные физические свойства, которые находят применение в практике (В.М. Федосюк, Т.А. Точицкий и др.).

Систематически исследованы условия образования, физические и физико-химические свойства ряда двойных, тройных и более сложных систем ферритов со структурой шпинели, ферритов-хромитов, ферритов-алюминатов, ферритов-гранатов и др. Исследование особенностей магнитных превращений в ферритах и других оксидных материалах, их магнитных и электрических характеристик в сочетании с глубоким кристаллохимическим и кристаллоструктурным анализом позволило установить взаимосвязи между характером и энергией межатомного взаимодействия и физико-химическими свойствами материалов. Построены диаграммы состав - свойство. Результаты этих исследований послужили основой для разработки ряда промышленных марок ферритов (Н.Н. Сирота, Л.А. Башкиров, В.И. Павлов, А.П. Гесь, В.В. Паньков и др.). Ферриты и ферритовые изделия из них серийно производит, обеспечивая ими потребности промышленности Республики Беларусь и поставляя их также в страны ближнего и дальнего зарубежья, учрежденное Институтом ГУП «Феррит» (В.Н. Шамбалев, А.К. Богуш).

Разработаны физические основы технологии и получены полупроводниковые бинарные соединения $A^{III}B^V$, $A^{II}B^{IV}$, $A^{II}B^V$ и твердые растворы на их основе. Исследованы термодинамика их образования, электрические и магнитные свойства, зонная структура. В ряде полупроводниковых систем обнаружены составы, обладающие комплексом необходимых для практического применения свойств. На их основе были созданы полупроводниковые тензо-датчики с большим коэффициентом тензочувствительности, эффективные датчики ЭДС Холла, излучающие диоды, полученные материалы с высокими термоэлектрическими

характеристиками (Н.Н. Сирота, Э.И. Болванович, Н.Н. Корень, Л.А. Маковецкая, А.И. Лукомский, Э.Е. Матяс, И.В. Боднар, В.В. Михневич и др.). В настоящее время, базируясь на этих результатах, продуктивно работают хозрасчетный отдел твердотельной электроники и учрежденное Институтом предприятие «Холтрон», разрабатывающие и производящие сенсорные и преобразовательные полупроводниковые устройства (А.П. Драпезо и др.).

Очень важные результаты, представляющие большой научный и практический интерес, получены в полупроводниковой тематике за последние годы. Это получение и исследование новых полупроводниковых лазерных кристаллов $ZnSe:Cr$, соединений $A^I B^{III} C_2^{VI}$ и твердых растворов на их основе, используемых в преобразователях солнечной энергии. Предложены молекулярно-лучевые и лазерные методы выращивания высококачественных эпитаксиальных пленок соединений $A^{II} B^{IV}$, $A^{IV} B^{IV}$, $A^I B^{III} C_2^{VI}$, а также получены полупроводниковые структуры для высокоэффективных фотоприемников и преобразователей солнечной энергии (В.И. Левченко, В.Ф. Гременок, Е.П. Зарецкая, В.И. Якимович и др.).

Важное место в тематике Института занимает радиационная физика полупроводников и р-п-переходов. Работы в этом направлении начались проводиться в 1962 году под руководством Н.Н. Сироты после пуска атомного реактора в Белоруссии и затем с помощью ускорителей электронов (с энергией 4 -г 25 МэВ) и гамма-установки с изотопом Co^{60} . Исследования выполнялись, главным образом, на кремнии, арсениде галлия и структурах на их основе, представляющими наибольший интерес для практики. Проведены систематические фундаментальные исследования процессов радиационного дефектообразования в полупроводниках. Определены параметры радиационных дефектов различных типов, скорости их введения при облучении с учетом влияния температуры, включая предварительную термообработку, определены константы радиационного повреждения, обнаружен так называемый «эффект малых доз», приводящий к улучшению важных характеристик полупроводниковых материалов и приборов на их основе и др. В результате разработаны физические принципы и конкретные методы повышения радиационной стойкости полупроводниковых приборов, а также использования проникающих излучений в их

производстве (Ф.П. Коршунов, А.И. Макаревич, Г.В. Гатальский, Н.Ф. Курилович, Ю.М. Богатырев, А.В. Мудрый, Л.И. Мурин, И.Г. Марченко и др.).

Сотрудники Института Ф.П. Коршунов, Н.Н. Косолапов, В.А. Солодуха отмечены Государственной премией БССР (1980 г.) за разработку прогрессивной радиационной технологии производства полупроводниковых приборов, позволяющей существенно улучшить их технические характеристики, снизить брак, исключить из технологического процесса золото.

В Институте получили широкое развитие работы в области физики твердого тела при высоких давлениях и температурах. Создана оригинальная аппаратура техники высокого давления, позволяющая проводить синтез твердотельных объектов и физические измерения в диапазоне давлений до 100 кбар и температур до 2500 °С.

Всесторонне исследовано фазовое превращение гексагонального нитрида бора в его кубическую модификацию, что позволило разработать методы получения монолитных блоков поликристаллического кубического нитрида бора, по твердости близкому к алмазу и превосходящему его по термостойкости, а также композитов на его основе. Полученные результаты явились научной базой создания нового прогрессивного поколения обрабатывающего инструмента (Н.Н. Сирота, А.М. Мазуренко, В.Б. Шпило и др.). За разработку научных основ синтеза сверхтвердых инструментальных материалов А.М. Мазуренко, А.А. Леусенко, В.В. Ничипор, Э.Б. Ракицкий, М.А. Козловский удостоены в 1992 г. Государственной премии Республики Беларусь.

С использованием техники высоких давлений разработаны методы синтеза ряда оксидных сегнетоэлектриков со структурой перовскита и построены фазовые Р-Т диаграммы (Н.М. Олехнович и др.).

При использовании высоких давлений для компактирования материалов разработана новая технология получения сегнето- и пьезокерамики с высокими электрофизическими характеристиками (добротность, пьезомодуль, коэффициент электромеханической связи). Использование высоких давлений позволило упростить технологический цикл, сократить длительность технологического цикла, снизить температуру и время отжига и при этом существенно улучшить качество изделий. Изготовлением изделий электронной керамики занимается учрежденное Институтом НВП «Элкерм» (А.И. Акимов и др.).

Получили развитие теоретические и экспериментальные исследования по высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Изучено распределение электронной плотности зарядовых состояний атомов в кристаллической решетке ВТСП соединений. Объяснено аномальное температурное поведение упругих и тепловых характеристик кристаллов ВТСП (В.С. Кузьмин, А.П. Сайко и др.). Разработаны технологические методы синтеза и получен ряд высокотемпературных иттрий-, висмут-, таллийсодержащих оксидных сверхпроводников в виде монокристаллов, пленок, волоконных структур. Исследованы их физические свойства в зависимости от состава, условий получения, наличия примесей, внешних воздействий (радиация, давление, магнитное поле и др.) (Б.Б. Бойко, АИ. Акимов, Е.М. Гололобов, В.П. Новиков и др.).

Исследованы физические свойства чистых металлов и сплавов при низких температурах и в сильных магнитных полях. Установлена связь топологии поверхности Ферми алюминия с поведением теплопроводности и термо-ЭДС в сильном магнитном поле, обнаружено значительное увеличение прочности и пластичности алюминия в сильном магнитном поле при понижении температуры до 4,2 К и ряд других эффектов (Н.Н. Сирота, В.И. Гостищев, С.Е. Демьянов, М.Л. Петровский и др.).

Построена феноменологическая теория отражения света от активных (усиливающих) и от нелинейных сред в условиях самовоздействия. Предсказано ранее неизвестное, а впоследствии подтвердившееся на опыте, явление оптического гистерезиса при отражении и преломлении света на границе с нелинейной средой (Б.Б. Бойко, Н.С. Петров). За цикл работ «Отражений света от усиливающих и нелинейных сред» автором присуждена Государственная премия БССР (1990 г.).

Хотя основу тематики Института составляли фундаментальные исследования, большое внимание всегда уделялось их прикладной направленности. Широкий спектр разработок, получивших практическую реализацию — от радиационной технологии производства полупроводниковых приборов; сверхтвердых материалов на основе кубического нитрида бора и алмаза для обрабатываемого инструмента; полупроводниковых датчиков широкого назначения; магнитных и пьезоэлектрических материалов для изделий твердотельной электроники; магнитных пленок в устройствах хранения и обработки информации до медицинских аппаратов магнитотерапии и

высокоэффективных нагревательных элементов нового поколения.

Разработки Института регулярно демонстрируются на международных и республиканских выставках, многие из них удостоены медалей и дипломов.

Институтом учреждены 3 государственные предприятия, доля научно-технических работ которых составляет почти 100 %. Они производят продукцию на сумму, превышающую общий объем финансирования Института. Через эти предприятия и напрямую Институт поддерживает обширные постоянные связи с предприятиями и учреждениями Минпрома, Минздрава и других министерств республики.

Научные исследования Института отмечены тремя Государственными премиями республики (1980 г., 1990 г., 1992 г.), Премией Совета Министров СССР (1990 г.), Премией президентов трех Академий наук - Беларуси, Украины и Молдовы (1997 г.).

Институт поддерживает широкие связи с научными организациями стран СНГ и дальнего зарубежья: России, Украины, Молдовы, Англии, Германии, Франции, Швеции, США, Японии и других стран.

В соответствии с требованиями времени сегодня Институт делает решительные шаги по совершенствованию своей деятельности с целью выхода на новый качественный уровень. Ведется большая работа по критическому пересмотру тематики и организационной структуры, по концентрации сил и средств на приоритетных направлениях фундаментальных исследований, по усилению их прикладной направленности в интересах нашей Республики. Нет сомнения, что коллектив Института приложит все усилия, использует все свои возможности для достижения новых высоких рубежей.

В заключение хотелось бы отметить еще некоторых бывших и нынешних сотрудников Института (конечно же, не охватив всех!), которые внесли большой вклад в его развитие и его достижения. Это — Н.А. Струков, А.И. Олехнович, Л.И. Ганаго, А.Г. Дутов, Н.М. Шишонко, А.В. Мазовко, А.П. Каравай, В.Д. Янович, Е.Ф. Шаповалова, В.И. Гатальская, В.В. Федотова, И.Д. Ломако, И.Т. Боднар, Н.А. Прыткова, В.В. Петрашко, В.П. Яруничев и др.

Большого и славного дальнейшего пути тебе, наш родной юбиляр — Институт физики твердого тела и полупроводников!

40 лет

МИНСКИЙ
МОТОРНЫЙ
ЗАВОД

ОНИ БЫЛИ ПЕРВЫМИ

Прошло 40 лет с того момента, когда с конвейера только что введенного в строй Минского моторного завода начали серийно сходить первые дизели. Это явилось знаменательным событием в промышленности республики и СССР в целом. Сегодня это всемирно известная фирма. Дизелями ММЗ комплектуют десятки наименований машин в различных странах планеты.

Создание завода было predeterminedено несколькими факторами.

На наращивании темпов выпуска тракторов на Минском тракторном заводе начал сказываться дефицит производственных мощностей. В 1958 году из ворот завода вышел 100-тысячный трактор. В 1959 году начался серийный выпуск модернизированных тракторов «Беларусь» МТЗ-5Л, МТЗ-5М, а также тракторов МТЗ-7 с четырьмя ведущими колесами. Все это начало сказываться на качестве выпускаемых машин, за что завод подвергся критике на июньском (1959 г.) Пленуме ЦК КПСС.

Значительно повысить технический уровень и качество машин были призваны разработанная заводчанами модель «Беларусь» МТЗ-50 класса 1,4 тонны и программа совершенствования производства. Особое место в ней отводилось изготовлению двигателей. Назревал вопрос создания филиала МТЗ по их выпуску.

ЦК КПСС и Совет Министров СССР 26 мая 1960 г. приняли постановление № 563 об организации производства новых моделей тракторов «Беларусь» класса 1,4 т и дизельных двигателей Д-50 к ним.

Серьезные проработки по реализации этого постановления проводились в Совете Министров и Совнархозе БССР. Выслушивались и взвешивались предложения ведущих специалистов и ученых республики. Тракторостроители настаивали на создании моторного филиала МТЗ, другая группа доказывала целесообразность создания

Минского моторного завода по производству дизельных двигателей, имея ввиду обеспечение ими других заводов Союза, производящих сельскохозяйственную технику. В числе инициаторов этой идеи был главный инженер Минского мотовелозавода Владимир Алексеевич Рожков.



В.А. Рожков

В авторитетных кругах считались с его мнением и опытом. До направления в 1949 г. на ММВЗ он работал начальником моторного корпуса и моторного производства на Московском и Ирбитском заводах, отлично знал специфику производства, умел заглянуть далеко вперед. Одним из вариантов он полагал организовать производство дизельных моторов на территории мотовелозавода. 16 июня 1960 г. его назначают директором будущего моторного завода. Главным инженером

и заместителем директора по строительству утверждаются тракторозаводцы Константин Павлович Забродин и Семен Михайлович Черчес.

Впервые я встретился с Владимиром Алексеевичем в январе 1953 года. Для изучения опыта московских литейщиков по специальным видам литья меня и П. Савицкого, студентов 4-го курса Минского автомеханического техникума, зачислили в штат мотовелозавода и командировали в Москву.

После защиты диплома, работая в цехе точного литья, мне часто доводилось видеть Владимира Алексеевича. Он регулярно навещал цехи, следил за внедрением новой техники, и, особенно, за культурой производства. «Нельзя совместить микроны точности и тонны грязи» — твердил он. По его настоянию было изготовлено чучело крокодила с метлой. Ежедневно комиссия определяла самый «грязный» цех или участок и там устанавливали крокодила. А это отражалось на премии руководства цеха и участка.

Энергичность его природы проявлялась в походке, жестах, мимике. Его можно было увидеть за рулем мотоцикла или велосипеда. Одно время он ездил на работу и с работы на инвалидной коляске. Ползали слухи о его чудачестве. На самом деле он испытывал технику. Производство инвалидной коляски хотели навязать заводу. Рожков дал заключение: конструкция сырая и инвалиду причинит неудобства и лишние хлопоты.

Особо запомнилась встреча с Владимиром Алексеевичем на заводской комсомольской конференции. Выступая от имени дирекции, по подготовленной комитетом комсомола завода шпаргалке, заикание, которым он страдал, достигло такой степени, что рассчитанная на 10 минут речь растянулась на полчаса. Мы воспринимали это с сочувствием. Мне хотелось ему помочь даже в тот момент, когда он вымучивал фразу о том, что комсомольско-молодежная бригада Зуева допускает много брака, лихорадит сборочный конвейер. Но вот текст с большим трудом преодолен и на трибуне стоит уже преображенный оратор. Извинившись за причиненный делегатам дискомфорт, он попросил еще несколько минут и начал почти без заикания говорить о том, что сегодня самое важное для коллектива завода. Если велосипедное производство более менее отлажено, то в мотоциклетном — непочатый край работ. «В ваши годы мне пришлось осваивать и обеспечивать выпуск мотоциклов К-72 для фронта на Ирбитском заводе. Основной контингент — пенсионеры, инвалиды, женщины, молодежь допри-

зывного возраста. Работать приходилось по 12 часов в сутки. Все задачи выполнялись в установленные сроки. Я не намекаю и не призываю, чтобы труженики завода работали сверхурочно, а вот смекалку и ответственность за качество труда стоило бы перенять». Он приводил примеры рождения и внедрения без волокиты новых приемов труда, совершенствования оснастки и оборудования. Причем движение это было массовым. Авторами были вчерашние домохозяйки и школьники, не говорил об ИТР завода. Сочетание ответственности и смекалки было решающим в деле выполнения заказов для фронта. Но в этой весьма напряженной обстановке, уставшие, голодные люди верили в Победу, устраивали вечера художественной самодеятельности, любили, женились, шутили.

В одном из цехов сдерживался монтаж оборудования: экскаватор не мог копать в мерзлой земле. Надо было разрыхлять ее с помощью копра, так называемой «бабы», которой на заводе не было. Директор на оперативке дал главному механику задание, чтобы к 20.00, т.е. к концу первой смены, «баба» стояла у окна его кабинета. Три раза в неделю в 20.00 в ленуголке демонстрировали фронтную кинохронику, смотреть ее приходила и жена директора из соседнего корпуса. Не застав директора в кабинете, главный механик побежал в ленуголок и на самом пороге доложил: «Товарищ генерал, «баба» стоит у окна вашего кабинета!». Жена вопросительно поглядела на мужа. Директор не смутясь ответил: «Товарищ Петров, за выполнение задания объявляю благодарность, а за доклад — выговор». Так и приклеилась к Петрову кличка «сводник-бабник».

С трибуны Владимир Алексеевич сходил под бурные аплодисменты делегатов. Авторитет главного инженера в коллективе постоянно возрастал. И нередко приходилось замечать, что двум китам — директору завода Павлу Павловичу Банникову и Владимиру Алексеевичу Рожкову в мотовелозаводском бассейне становится тесновато.

Назначение Рожкова директором создаваемого моторного завода было поддержано и Банниковым, объективно оценивавшим его деловые качества.

Дирекции моторного завода было поручено разработать и обосновать концепцию нового производства.

Проработки показали, что наиболее оптимальным является строительство завода на свободной

площадке в непосредственной близости от МТЗ. Уже 9 сентября 1960 года Советом Министров БССР принимается постановление «О начале строительства в г. Минске моторного завода по производству тракторных дизельных двигателей». Без промедления, в сентябре И.Ф. Рачинским была сделана разметка нового завода у поселка Дrajня, между территориями тракторного и подшипникового заводов.

В этот период особенно пригодился талант и опыт Владимира Алексеевича, приобретенный в годы войны в Ирбите. Параллельно велись доработка конструкции дизеля Д-50, выделенным из состава отдела главного конструктора МТЗ КБ под руководством Семена Яковлевича Рубинштейна; технологические процессы изготовления

ной», ввиду его универсальной изворотливости. Созданием опытного производства занимался Николай Дмитриевич Якубчик.

В ноябре 1961 года, через год после разметки площадки, начался монтаж оборудования в цехах с еще незаконченными кровлями.

12 октября 1962 года был изготовлен первый двигатель Д-50, а 23 июля 1963 года торжественно был отмечен ввод в эксплуатацию первой очереди завода мощностью 50 тыс. двигателей в год из 120 тыс., предусмотренных проектом с выходом на конечный рубеж.

Этот период можно назвать штурмовым. В нем принимало участие несколько тысяч человек, десятки проектных, конструкторских, технологических, строительных организаций и других



Отдел главного конструктора. В центре первого ряда С.Я. Рубинштейн

узлов и деталей нового двигателя с выдачей заданий на разработку автоматических линий и станков техбюро под руководством Михаила Марковича Хаскина и Николая Григорьевича Райкова.

Работы по проектированию цеха алюминиевого литья организовал металлург с МТЗ Иван Сидорович Павлюк. Я, как начальник базовой лаборатории Совнархоза по литью под давлением, был тоже командирован в Харьковский «Гипротракторосельмаш» для разработки планировки участка литья под давлением. Предложенный мной миксер на подвесной монорельсовой трассе для транспортировки жидкого металла, позже литейщики моторного завода обзывали «обезья-

предприятий СССР. Особо следует отметить строителей стройтреста № 5 и его управляющего Иосифа Андриановича Юркова, энергетика и механика моторного завода Ивана Ивановича Карабинова, Александра Павловича Доморада. Большую работу по подбору и набору кадров проводил Николай Егорович Чинов, через руки которого прошли сотни людей пришедших на завод или по зову сердца, или за более высоким заработком, или по указанию сверху.

Образцово справлялись с порученными заданиями мастера, будущие начальники цехов, А. Гапеев, С. Русак, инженер, будущий зам. директора по капстроительству Г. Шерман, наладчики П. Кутас, А. Скворчевский, И. Ивашкевич,

П. и Н. Бобровы, инженеры Л. Дробышевский, В. Медведев, Б. Морозов, В. Габелко, В. Каплан и другие.

Штурмовой, пусковой период завода сменился не менее ответственным — периодом выхода на полную проектную мощность, совершенствования производства и улучшения технических характеристик двигателей.

Эти задачи можно было решать только при правильном подборе и расстановке руководящих кадров. На завод приходило немало бывших руководителей высокого ранга: директоров, главных специалистов, претендовавших на высокие должности, но как показала жизнь, многим новое производство было не по зубам. Мало того, отдельные из них создавали напряженную обстановку в коллективах. Начальников цехов и отделов Владимир Алексеевич подбирал лично. К концу 1964 года важнейшие участки завода возглавляли компетентные, энергичные специалисты. На должность главного инженера был назначен Воробьев И.Я. Утверждены заместителями директора: по производству — Якубчик Н.Д., по экономике — Шинкоренко П.Л., по коммерции — Мартысь Н.А., главным технологом — Кособуцкий Л.П., главным металлургом — Павлюк И.С., главным бухгалтером — Подколзин С.Г., начальником ОТИЗа — Скокова В.М., начальниками цехов: Селяховский Б.И., Сысов И.П., Седов Н.Н., Муха И.Я., Булах В.И., Искра С.А.

В начале 1965 г. в связи с пуском цеха алюминиевого литья на ММЗ распоряжением Совнархоза БССР была переведена Базовая лаборатория литья под давлением, которую я возглавлял.

Лаборатория активно включилась в решение заводских проблем, в первую очередь, снижения брака в литье. В октябре 1965 г. я по путевке уехал в Феодосию. Буквально через несколько дней получил телеграмму: «Вас срочно вызывают в обком партии. В. Рожков». Для чего? По какому вопросу? Пробовал уточнить по телефону. Рожкова на месте не оказалось, секретарь только и сказала — «Прилетайте срочно!» Даже не приезжайте, а прилетайте! Оказалось литейщики выдвинули мою кандидатуру в партком завода на прошедшей несколько дней тому назад партконференции. Кандидатура, на которую делали ставку, не прошла, остановились на мне. Это предложение круто меняло намечаемые мной планы, продолжить исследования в области литья под давлением. В тоже время я отлично понимал, чем грозит мне отказ.

Несмотря на определенные трудности коллектив справлялся с установленными планами и заданиями.



На демонстрации

Владимир Алексеевич лично вникал во все неприятные ситуации и был очень строг к их авторам. Он установил телекамеру на главном конвейере и монитор у себя на столе. Если табло на конвейере хоть на минуту показывало отклонение от графика, диспетчер должен был тут же сообщать ему причину, а его заместители — должны дать объяснение. Будучи еще в состоянии эйфории от успешного завершения первого штурмового этапа он использовал стиль руководства военного времени. Порой допускал крепкие выражения. Большинство начальников цехов и отделов воспринимали это как должное, некоторые расценивали как оскорбление. Обладая феноменальной памятью (почти все детали двигателя знал по номерам) и логикой он эффектно и азартно выступал на пленумах, сессиях, конференциях, собраниях, засыпал аудиторию массой цифр, охотно давал интервью. Часто у слушателей создавалось впечатление хвастовства, неподкрепленного делами. Однако, кто посещал завод, убеждались в его правоте. Территория завода и цехов всегда находились в чистоте, рабочие старались в тон этому поддерживать в чистоте свою спецодежду. Не было вольношатающихся по заводу. Во всем чувствовался трудовой ритм. Напоминал и следил за этим делом помощник директора А.С. Зюба.

Завод постоянно посещали иностранные делегации. Так, Вальтер Ульбрихт, выступая на заводском митинге, сказал, что он желал бы видеть такие предприятия в ГДР.

Двигатели Д-50 и Д-240 получили медали на международных выставках и ярмарках в Будапеште, Лейпциге, Москве, Пловдиве, Маркклер-

не, они были аттестованы на Государственный Знак Качества.



На заводском митинге

Повышению качества и технических характеристик во многом способствовала работа военпредов Г.М. Гуторова и Н.В. Петрова, начальника ОТК завода И.Ф. Плешевени. Разработанные специалистами технических и экономических служб системы бездефектного труда и безарядной оплаты способствовали сокращению потерь от брака, повышению производительности. Коллектив завода нацелен был в будущее. С.Я. Рубинштейн не давал покоя ни директору ни парткому о создании достойной экспериментальной базы, начале работ над новыми более мощными двигателями. В 1966 году конструкторы оборудовали полевую лабораторную машину на базе автомобиля ГАЗ двигателем Д-50. Сегодня это новая ветвь двигателей ММЗ. Ими комплектуются автомобили ряда заводов. Сбылось смелое провидение В.А. Рожкова, что завод надо строить на широкую гамму двигателей.

Конструкторы В.А. Пресман и А.И. Гутман выступили с инициативой — «каждую разработку на уровень изобретения» — она была поддержана многими коллективами Минска, а двигатели ММЗ защищены десятками авторских свидетельств и патентов. За внедрение новой технологии по использованию алюминиевых сплавов специалисты металлургического производства Ю.В. Маркаров, Э.Л. Костюкевич, В.С. Очеретяный, В.П. Кожарский, А.И. Жданович были удостоены звания Лауреатов Государственной премии БССР.

В коллективе завода оттачивали высокое про-

фессиональное мастерство работники различных специальностей. Ивану Яковлевичу Парфененко испытателю экспериментального производства было присвоено звание Героя Социалистического труда. Работницы механических цехов О. Яськова, Г. Гущина, литейного Л. Фомина и десятки других работников завода награждены высокими правительственными наградами.

Над созданием здорового климата в коллективе завода плодотворно работали председатели завкома М.Т. Квасов, В.П. Короткий, Г.П. Воронков, заместители М.С. Косаревич, А.А. Мамай, Г.В. Королевич, секретари комитета комсомола М.М. Андципорович, Н.С. Бондаревич, председатели народного контроля М.М. Трич, В.В. Чепиго.

Завод неоднократно выходил победителем во Всесоюзном и республиканском соцсоревновании.

Но была и мрачная страница в истории предприятия. Период формирования коллектива не проходил без эксцессов. В одном из отделов неужились начальник со своим замом. Все вопросы решали только путем переписки.

Начальник пожаловался Владимиру Алексеевичу на своего зама. Оба они были хорошо знакомы директору. В беседе с ними директор поддержал начальника. Заместитель, уходя, сказал, что директор об этом пожалеет. Вскорости появилась анонимка о беспорядках на заводе и, в частности, в учете реализуемой продукции.

В последний день апреля 1968 года в 8 часов утра на завод пришел инспектор Народного контроля Республики и потребовал сводку о поставленных МТЗ моторах. Тут же он позвонил на МТЗ. Ему ответили, что еще недопоставлено около 50 двигателей, и они их ждут с минуты на минуту. Двигатели стояли на рампе сборочного цеха ММЗ. Тракториста, который должен был их отвезти, на месте не оказалось. Факт фиктивной отчетности был зафиксирован. Дело приняло серьезный оборот. Вопрос готовился на рассмотрение КНК БССР. Было отозвано подготовленное представление республики о награждении Рожкова орденом Ленина. Выяснить точную картину случившегося так и не удалось. Скорее всего проявился антагонизм между отдельными личностями производственной и коммерческой служб. Руководству завода были объявлены выговоры, сделаны начеты и рекомендовано возратить премии, полученные по итогам всесоюзного соревнования за I квартал. Рассмотрел этот вопрос и партком завода.

Разработанные мероприятия позволили быстро

устранить недоработки. Но волна, прокатившаяся по республике, сильно отразилась на репутации завода. После этого во многом изменился и стиль работы Владимира Алексеевича. Вместо слова «Я» стал больше говорить «Мы».

В 1969 году я был избран вторым секретарем Заводского райкома КПБ, а в 1976 переведен на работу в ЦК КПБ. Но по-прежнему поддерживал постоянную связь с заводом, с Владимиром Алексеевичем.

Осенью 1977 года мне позвонила Елена Николаевна, жена Рожкова, и сказала, что Владимира Алексеевича положили в инфекционную больницу с подозрением на острый гепатит. В действительности болезнь была более серьезной, его просто таким образом обнадеживали. В январе 1978 года его перевезли в лечкомиссию. На заводе постоянно следили за состоянием его здоровья, часто навещали, обнадеживали. За день до

его смерти я зашел к нему в палату. Он протянул мне руку и спросил теплая ли она. Я ответил утвердительно. «Значит прорвемся!» — сказал он. Он очень любил жизнь.

Ушли из жизни и многие его соратники, с которыми он возводил Минский моторный завод, или как тогда называли — завод Рожкова. Жаль, что это название не утверждено официально.

Они были и остались первыми!

Дальше эстафету завода понесли директора Иван Демьянович Семак (18.03.78—23.06.88); Иван Яковлевич Воробьев (23.06.88—11.02.93); Карл Игнатьевич Шавловский (12.02.93—4.03.99). Сегодня ведет коллектив завода к новым высотам заслуженный работник промышленности БССР Иван Николаевич Лобач.

Счастливого пути!

А.Б. Зуев

НАШ КОЛЛЕКТИВ СПОСОБЕН ДОСТИЧЬ ЕЩЕ БОЛЬШИХ ВЕРШИН

Н.И. Лобач, генеральный директор УП «ММЗ»

К оценке работы нашего коллектива я подходил всегда строго и требовательно. Потому что знал и знаю, что он способен на большее. Ведь здесь работают высококлассные специалисты с многолетним трудовым опытом, творческий потенциал которых позволяет достичь еще больших вершин. Однако скажу, что 40-летний юбилей нашего предприятия мы встречаем с неплохими показателями. Приведу несколько цифр, которые характеризуют работу коллектива ММЗ за 6 месяцев т. г. На сборочных конвейерах завода было собрано 28 тысяч 165 дизелей, реализовано потребителям в Беларуси, а также странах ближнего и дальнего зарубежья—28004. Мы произвели товарной продукции на сумму 83 млрд. 101 млн. 435 тысяч рублей. К аналогичному периоду прошлого года объем производства продукции составил по объединению—106,3 процента, по головному заводу—105,5. Рентабельность произведенной продукции за 6 месяцев т. г. равняется 9,7 процента, а производительность труда—100,8.

Поскольку Минский тракторный завод по-



прежнему остается основным потребителем наших дизелей, хотя его доля в объемах продаж и снизилась до 40 процентов, к числу достижений коллектива я хочу отнести выпуск для МТЗ сертифицированных по европейским стандартам «зеленых» двигателей, которыми он комплектует свою технику для поставок на рынки дальнего зарубежья.

Несомненно, большим достижением моторостроителей я считаю внедрение наших дизелей на автомобильный рынок. Выполнение этой задачи потребовало от нас

большого напряжения сил. Не скрою, что многие считали, что ничего хорошего из затеи превращения тракторного дизеля в автомобильный не выйдет. Однако мы доказали обратное.

Одним из последних достижений коллектива можно также считать значительное увеличение денежной составляющей в расчетах, как с потребителями моторов, так и с партнерами по кооперации. Если бы не подкачали наши белорусские коллеги, то мы могли бы и вообще исключить бартерные операции во взаиморасчетах.

Здесь можно выделить главное — нам удалось

добиться присутствия дизелей ММЗ на рынках различной техники: сельскохозяйственные тракторы, автомобили, автобусы, комбайны, коммунальная и лесозаготовительная техника, компрессорные и энергоустановки. Конечно, основным нашим партнером из стран ближнего зарубежья является Россия. Но и на Украину в этом году мы увеличили поставки дизелей в 3 раза, в частности, на Южный машиностроительный завод, Полтавский турбомеханический завод. Из российских потребителей в этом году значительно активизировало потребление наших моторов ОАО «Павловский автобус». Развивается сотрудничество с Горьковским автомобильным заводом. Восстанавливает прежние объемы АМО «ЗИЛ». Его заявка на этот год составила 10 тысяч дизелей в сравнении с прошлогодними 6 тысячами.

Что же касается стран дальнего зарубежья, то здесь мы тоже постепенно набираем темпы. В этом году мы экспортируем наши дизели и запасные части к ним в 12 стран дальнего зарубежья. Основные наши торговые партнеры среди них—Германия, Куба, Пакистан, Венгрия.

Во время посещения завода Президентом РБ А.Г. Лукашенко поставлена задача: к 2006 году автомобили МАЗа комплектовать двигателями ММЗ. Это значит, что от нас ждут более мощного дизеля, чем мы выпускали до сих пор.

Думаю, что первый опытный образец двигателя мощностью до 350 л. с. мы получим уже в этом году. Что же касается 155-сильных моторов для среднетоннажных автомобилей МАЗа и ЗИЛа, есть уверенность, что в 2004 году мы сможем приступить к их серийному выпуску. Еще один мощный мотор — 280 л. с. — отправлен для испытаний на Минский тракторный завод. Его установят на трактор МТЗ-2825.

Помимо перечисленных выше задач по увеличению мощности выпускаемых дизелей нам необходимо продолжить работу по дальнейшему внедрению в автомобильный рынок шестицилиндровых моторов. Некоторые шаги, направленные на перспективу, мы уже предприняли. С сентября прошлого года начались первые поставки «шестерок» ЗИЛу для установки их на среднетоннажный автомобиль. В этом году мы должны поставить на ЗИЛ более 200 таких моторов. Необходимо увеличить выпуск «шестерок» и для МАЗа. Кстати, ГАЗ опробует опытный образец нашего 4-цилиндрового дизеля на новом своем автомобиле под названием «Валдай».

Одной из важнейших задач, которая сейчас

ставится перед коллективом завода, я считаю продолжение работы по сертификации наших дизелей. С 2004 года мы должны обеспечить в полном объеме выпуск сертифицированных по европейским стандартам двигателей для автомобильной отрасли страны, а для тракторных дизелей—по нормам ЕС и ЕПА.

Наконец, перед коллективом стоит серьезнейшая задача по совершенствованию уровня качества выпускаемых дизелей. Потому что этот показатель, наряду с ценовым фактором, определяет конкурентоспособность продукции на рынке. И у нас он еще не достиг достаточно высокого уровня. А чтобы добиться желаемого результата, т. е. повышения надежности и долговечности дизелей, каждому работнику нашего многочисленного коллектива необходимо пересмотреть свое отношение к труду.

Мы очень серьезно относимся к вопросу культуры производства, от чего напрямую зависят условия комфортности труда. К тому же сейчас много средств вкладываем в развитие производства, его техническое переоснащение. Выпуск двигателей, сертифицированных по европейским стандартам, требует не только качественно новой комплектации, но и соответственно другой, высшей организации труда, более ответственного отношения к работе каждого члена нашего коллектива. Процесс технического переоснащения производства—мероприятие очень дорогостоящее. По нашим подсчетам, он потребует вложения более 40 миллионов долларов. Конечно, мы рассчитываем и на помощь государства, но все же основные средства должны заработать собственными силами. Значит, необходима строжайшая экономия, контроль и учет во всем, уменьшение издержек производства, а также потеря от бесхозяйственности, расхлябанности, от воровства. Сейчас вся комплектация к двигателю стоит очень дорого. Значит, мы не должны ею разбрасываться, а, наоборот, должны беречь каждую единицу.

Добросовестный высокопроизводительный труд должен достойно оплачиваться. Я думаю, что мы близки к выполнению и этой задачи. Средняя заработная плата работающего за июнь на ММЗ составила 343388 рублей. Однако, чтобы обеспечить более высокий уровень заработной платы, мы должны исключить все потери, которые еще имеем на сегодняшний день.

В социальной сфере нам максимально удалось сохранить то, что мы имели раньше. Дальше будем совершенствовать ее и развивать. Мясопере-

рабатывающий цех, комбинат общественного питания, производственно-торговый дом «Мотор» — задачи этих объектов социальной сферы направлены на улучшение обслуживания заводчан в части обеспечения их продуктами питания высокого качества и по доступной цене. Практически во всех точках торговли и общепита заводчане имеют возможность приобретать продукты питания в счет заработной платы. Могу сказать, что лучше стало работать и наше подсобное сельское хозяйство «Дягили».

Санаторий-профилакторий «Мечта», детский оздоровительный лагерь «Теремок», база отдыха «Лесная Веретейка», заводская медсанчасть — услуги этих учреждений направлены на оздоровление и организацию отдыха моторостроителей. К ним же можно отнести и физкультурно-спортивные комплексы, которые нам удалось сохранить и которые приводятся в надлежащий порядок. Заводские общежития тоже требуют

постоянного внимания и заботы. Думаю, что дальнейшее развитие этих объектов социальной сферы будет направлено на благо всего коллектива моторостроителей.

Каждому из работников нашего предприятия, я надеюсь, не безразличны результаты своего труда и каждый заботится о высокой марке нашего дизеля. Сегодня на Минском моторном заводе трудятся полторы тысячи почетных ветеранов нашего предприятия, более 2,5 тысячи заводчан имеют стаж работы на ММЗ более 15 лет. Они преодолевали с заводом все трудности и невзгоды, оставались верны нашему коллективу в любых обстоятельствах. Их вклад в развитие моторного производства нельзя недооценить. Их примеру следуют и те, кто недавно переступил порог завода. Я благодарю всех заводчан за их добросовестный труд.

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ДИЗЕЛЕЙ — НАША ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА

О.Е. Жданович, технический директор — главный инженер УП «ММЗ»

Наше производство всегда развивалось в соответствии с требованиями времени, начиная с момента создания самого первого двигателя. В этом можно убедиться, проследив за основными этапами производственной деятельности коллектива.

12 октября 1962 года на еще строящемся моторном заводе был изготовлен ПЕРВЫЙ четырехцилиндровый безнаддувный дизельный двигатель Д-50 мощностью 55 л. с. при 1700 об/мин, а уже с 1964 года ММЗ начал полностью удовлетворять потребность Минского тракторного завода в этих двигателях.

В 1974 году был выпущен четырехцилиндровый двигатель Д-240 нового семейства с непосредственным впрыском топлива (80 л. с., 2200 об/мин), который в 1988 году модернизировали в Д-243 (85 л. с., 2200 об/мин).

В 1984 году осуществлен выпуск первой промышленной партии дизелей Д-245 с турбонаддувом мощностью 105 л. с., а в декабре 1985 был рекомендован в производство шести цилиндровый дизель Д-260 мощностью 150 л. с.

В 1989 году производственные мощности заво-



да возросли до 150 тысяч четырехцилиндровых дизелей в год.

В начале 90-х годов производство двигателей проходило в более сложных условиях, которые определялись трудностями в финансировании и спадом производства тракторов, а значит и двигателей. В 1990 году заводом было выпущено максимальное количество дизелей за все годы его существования — около 160 тысяч, из которых 101 тысяча была поставлена Минскому тракторному заводу. В 1991 году выпуск двигателей составил 143 612 шт., в то время как потребность МТЗ не превышала 30 тысяч дизелей (21%). Наименьшее количество двигателей ММЗ произвел в 1995 году, после чего начался подъем производства.

С распадом СССР коллективу пришлось срочно вырабатывать новую стратегию адаптации к этим условиям. Главным направлением было определено расширение применяемости выпускаемых заводом двигателей.

Напомню, что Минский моторный завод создавался под потребности сельскохозяйственного, прежде всего, тракторного машиностроения. Бо-

лее 70% наших дизелей предназначалось для Минского тракторного завода. На протяжении почти 30 лет ММЗ выпускал дизельные двигатели исключительно тракторных модификаций. Мы изначально специализировались на рядных четырехцилиндровых дизельных двигателях мощностью от 50 л. с., затем на шестицилиндровых — мощностью до 150 л. с.

Для того, чтобы расширить рынок сбыта, специалисты завода провели комплекс работ по расширению применимости дизелей не только на тракторах, но и автомобилях, автобусах, комбайнах и другой сельскохозяйственной и дорожной технике. Мы вынуждены были в короткие сроки модернизировать производство за счет разработки принципиально новых для себя модификаций дизелей. Ведь наш завод просто не выжил бы, ориентируясь и дальше на фактически единственного заказчика в лице МТЗ.

С 1994 года мы начали сотрудничество с Минским автомобильным заводом и Московским заводом им. Лихачева, а с 1995 года установились партнерские отношения с павловским автобусным и горьковским автомобильными заводами, ОАО «Амкодор-Ударник», брянским «Арсеналом» и другими.

В результате глубокой модернизации существующих в начале 90-х годов тракторных модификаций двигателей в 1993-1994 гг. начали выпускаться автомобильные модификации рядных четырехцилиндровых дизелей. Параллельно создавалось производство шестицилиндровых дизельных двигателей. При этом на УП «ММЗ» были сформированы мощности по производству 105 тысяч двигателей в год: 67,5 тыс. - Д-243; 30 тыс. - Д-245; 7,5 тыс. — Д-260.

Первыми потребителями нашей новой продукции стали АМО «ЗИЛ» (автомобили ЗИЛ-5301 «Бычок» и ЗИЛ-432900, автобус ЗИЛ-3250) и Львовский автобусный завод (автобус ЛАЗ-695Д), а в дальнейшем Павловский автобусный завод (автобусы ПАЗ-3205, ПАЗ-4230 «Аврора», ПАЗ-4234), Горьковский автомобильный завод (автомобили ГАЗ-3308, ГАЗ-3309), Минский автомобильный завод (автомобили МАЗ-4370 и МАЗ-5337, автобусы МАЗ-103 и МАЗ-104) и другие.

За это время на РУП «МАЗ» было поставлено 3025 моторов, на АМО «ЗИЛ» — 54837, на ОАО «ПАЗ» — 2685, на ОАО «ГАЗ» — 953.

Я назвал только основных потребителей наших дизелей автомобильных модификаций. Есть, конечно, и другие, но они берут моторы в меньших количествах.

В настоящее время сотрудничество с вышеназванными предприятиями продолжается.

Непременным условием для дальнейшего расширения поставок двигателей автомобильным заводам Республики Беларусь и Российской Федерации является повышение качества двигателей, особенно надежности и долговечности основных узлов, агрегатов.

Введение в РФ жестких экологических требований по Европейским стандартам требует проведения комплекса конструкторских и технологических работ.

Коллектив завода и, прежде всего, специалисты ОГК, ОГТ, ОГМет предельно сконцентрировали свои усилия чтобы обеспечить надлежащую конкурентоспособность двигателей ММЗ на рынках России, а также в странах СНГ и дальнего зарубежья.

Для выполнения указанных задач на УП «ММЗ» постоянно проводится планомерная и целенаправленная работа по совершенствованию технологий и замене устаревшего оборудования согласно планам технического перевооружения завода.

Произошедшее в 90-х годах изменение политической и экономической обстановки повлекло за собой изменение структуры производственных мощностей предприятия. Созданные ранее производственные мощности для выпуска 150 тысяч двигателей Д-243 в год реструктуризированы, о чем я уже говорил выше.

В связи с расширением применимости двигателей и необходимостью изготовления большой номенклатуры измененных и вновь вводимых деталей и узлов, создан участок гибких технологий, оснащенный станками с ЧПУ и обрабатывающими центрами.

Основным поставщиком поршней и гильз цилиндров для наших дизелей был Киевский завод им. Лепсе (Украина), который в 90-х годах резко сократил производство при крайне неудовлетворительном качестве. Поэтому мы приняли решение организовать производство указанных деталей на головном заводе. Эта задача была реализована в течение 1996 — 1998 гг.

Параллельно создавались мощности по производству шестицилиндровых двигателей, основным потребителем которых должен был стать Минский тракторный завод.

На создание производственных мощностей двигателя Д-260 завод потратил порядка 12 млн. долларов исключительно собственных средств.

В настоящее время основной задачей в техническом перевооружении завода является переоснащение опытно-экспериментальной базы ОГК, оснащение технологии изготовления деталей двигателей, сертифицированных на соответствие экологическим нормам Евро-2 автомобильных модификаций и 2-й ступени директивы ЕС тракторных модификаций.

Для комплексного решения указанных задач и проведения работ по созданию двигателя мощностью до 350 л. с. необходимо порядка 45 млн. долларов. Мы надеемся на государственную финансовую поддержку в решении этих важных задач.

Сложность поставленных перед коллективом завода задач по техперевооружению нашего производства очевидна, но я уверен, что мы с ними справимся

ПО ПУТИ СОЗДАНИЯ НЕТОКСИЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.М. Жарнов, генеральный конструктор УП «ММЗ»

История дизелестроения в Беларуси началась одновременно с организацией тракторного завода в 1944 году. Начал проектироваться не только трактор, но и двигатель. И первым двигателем, который был поставлен на производство, стал Д-36 (мощностью 36 л.с., рабочий объем 4 л). С точки зрения сегодняшнего дня он имел чрезвычайно низкие показатели по экономичности, по надежности и т.д. Но с этого времени началась в Минске серьезная работа по совершенствованию двигателя. Все усилия концентрировались



на увеличении мощности. Увеличить мощность можно, увеличивая рабочий объем, среднеэффективное давление и обороты двигателя. Работа велась по всем трем направлениям. В результате рабочий объем четырехцилиндрового дизеля вырос с 4 л до 4,75, а в перспективе — до 5,81. Обороты с 1400 выросли до 2400. Но самый большой рывок удалось сделать по увеличению среднеэффективного давления — с 5 до 16. Правильность пути, по которому мы идем в вопросе увеличения мощности, подтверждает мировая практика, а именно тенденции развития дизелей наших конкурентов за рубежом, таких, как Ивеко, Ман, Дойц, Перкинс, Джон Дир.

Диапазон мощности наших дизелей за 40 лет вырос с 60 до 260 л.с. А теперь Президентом поставлена задача за два года создать дизель мощностью до 350 л.с. с целью удовлетворения потребностей МАЗа.

Надо отметить, что до 1990 года мы выпускали только тракторные двигатели. Затем, в связи с падением производства тракторов, нам необходимо было искать пути сохранения нашего завода. Только выпуск как минимум 50 тысяч моторов мог обеспечить жизнедеятельность ММЗ. Поиск новых партнеров привел к сотрудничеству с ЗИЛом, который вскоре стал вторым по количеству потребления наших дизелей.

Этим шагом мы открыли новую страницу в истории завода. Начали проектировать, модернизировать и выпускать автомобильные двигатели. В настоящее время круг автомобильных заводов, потребляющих наши двигатели, значительно расширился. Кроме ЗИЛа, это — ГАЗ, ПАЗ, МАЗ и другие.

Значительно расширилась применяемость дизелей ММЗ за счет того, что многие тракторные заводы стали выпускать продукцию с нашими двигателями.

Это — онежский, липецкий, днепропетровский, омский тракторные заводы. Ведутся опытно-экспериментальные работы на волгоградском и павлодарском тракторных заводах. Практически все тракторные заводы бывшего СССР, за исключением тех, кто имеет собственное моторное производство (владимирский и челябинский), либо перешли на наши двигатели, либо ведут работы по их применению.

Еще одна область применения наших дизелей — комбайны. ПО «Гомсельмаш» комплектовал свою технику двигателями харьковских моторных заводов. Однако эти заводы не смогли удержаться на плаву после развала Советского Союза. Поэтому перед нами была поставлена задача в кратчайшие сроки заменить двигатель СМД нашим двигателем. Мы с этой задачей справились и теперь поставляем в Гомель двигатели мощностью 200—250 л.с. Наши двигатели берет и Таганрогский комбайновый завод. Более того, на Харьковском моторостроительном заводе им. Малышева создается новый комбайн. И там сочли экономически целесообразным устанавливать на него минский двигатель. Несколько таких двигателей мы уже поставили им для испытаний. Получили заказ еще на 20. Наш основной потребитель МТЗ — ждет от нас двигатель мощностью до 300 л.с. Минский моторный завод в бывшем СССР производил порядка 25 % выпускаемых на его территории двигателей, т.е.: среди 620 тысяч моторов доля ММЗ равнялась 160 тысячам. За 5 месяцев т.г., по сводке «Автосельмашхолдинга», выпуск двигателей нашего мощностного ряда на территории СНГ составляет 30 тысяч, из них на ММЗ было произведено 22,5 тысячи (75%). Это о многом говорит.

Нужно также упомянуть о работах, связанных с совершенствованием технического уровня двигателя. Если раньше мы боролись за его экономичность, то в настоящее время вопрос экономичности становится вторичным, а на первое место выходят его экологические показатели. Достаточно сказать, что от ГОСТа, который существовал в СССР, до тех норм, к которым мы сейчас пришли, основные показатели токсичности — оксиды азота и твердые частицы — претерпели изменения в сторону уменьшения их количества в 3-4 раза. И этот процесс продолжается. В конце его возможно создание двигате-

ля с нулевыми выбросами, т.е. абсолютно нетоксичного. Для достижения такого результата необходимо пройти еще большой путь.

В настоящее время мы сертифицировали автомобильные двигатели по нормам Евро-2, причем сделали это за рубежом, в пражском институте, т.е. полученные сертификаты признаются и в Европе, и в США. Тракторные модификации дизелей сертифицированы по 2-й ступени директив ЕС, а также по нормам ЕПА. Достижению этих норм предшествовал очень большой и кропотливый труд всех технических служб завода.

Мы планируем в 2005 году достичь норм Евро-3. Работа предстоит чрезвычайно сложная, в связи с тем, что нам необходимо переходить на электронное управление впрыском топлива. Это значительно улучшит экологические показатели, а также снимет проблему нестабильности обеспечения этих показателей существующей аппаратурой.

Для решения этих задач у нас разработана про-

Редакция «И-М» благодарит редакцию газеты «Моторостроитель» за помощь в подготовке материалов настоящего номера журнала.

Редакция журнала сердечно поздравляет и желает крепкого здоровья, большого личного счастья, благополучия и оптимизма одному из героев нашего очерка, бывшему главному конструктору ММЗ Семену Яковлевичу Рубинштейну по случаю его 80-летия.

С.Я. Рубинштейн родился 27 сентября 1923 г. После окончания Харьковского механико-машиностроительного института он был направлен на МТЗ, где за два года прошел путь от инженера-конструктора до начальника дизельного бюро. В 1960 г. его назначают заместителем главного конструктора по дизельному производству. В 1964 г. С.Я. Рубинштейн назначается главным конструктором моторного завода.

Высочайшая инженерная эрудиция Семена Яковлевича, его государственный подход к делу в сочетании с принципиальностью и порядочностью снискали ему заслуженный авторитет. Его самоотверженный 43-летний труд отмечен двумя орденами «Знак Почета» и званием «Заслуженный машиностроитель БССР». И сегодня, находясь на заслуженном отдыхе, он по-прежнему интересуется делами завода.

БЕСПОКОЙНЫЕ СЕРДЦА

ДУДЕЦКАЯ ЛАРИСА РОМАНОВНА

Л.Р. Дудецкая родилась в 1933 г. в г. Харькове в семье дипломата. Начало войны застало ее семью в г. Киеве, откуда маленькой Ларисе и ее матери удалось вырваться из окружения на последнем пароходе. Семья очутилась в г. Магнитогорске, где прошло детство Ларисы. Благодаря замечательным способностям девочку приняли сразу в третий класс. Любила литературу и музыку, обладала абсолютным слухом. Однако этим наклонностям не суждено было развиваться. Мешало прошлое («дочь врага народа»), отразившееся на выборе профессии и всей ее дальнейшей жизни.

В 1945 году семья Ларисы переехала в Москву. Здесь она в 1951 году закончила с золотой медалью школу и поступила в Московский институт стали (в Университет и другие «престижные» институты дорога ей была закрыта). Своей профессией она выбрала электрометаллургию и не жалеет об этом. Учеба, производственная практика и последующая работа закалили ее характер, научили не пасовать перед любыми трудностями, добиваться уважения к себе со стороны специалистов этой мужской профессии.

БОГДАН АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ

Исполнилось 80 лет одному из инициаторов создания Белорусского общества инженеров-механиков, члену этого общества — Александру Степановичу Богдану.

Он родился в августе 1923 г. в д. Рачковичи Слуцкого района Минской области. В мае 1941 г. по направлению Краснослободского райвоенкомата и рекомендации райкома комсомола А.С. Богдан был зачислен в Минское Краснознаменное танковое училище им.

Окончив институт в 1957 году с отличием и имея полную возможность остаться в Москве, Лариса Романовна вместе с мужем, также выпускником института стали, уехала на работу на строящийся в то время Череповецкий металлургический завод (ныне «Северсталь»), где прошла путь от помощника мастера до заместителя начальника цеха изложниц. Много времени отдавала и общественной работе, была председателем женсовета, агитатором и политинформатором. В 1957 году в семье Дудецких родился сын Михаил.

Работа на заводе заставляла Ларису много читать, заниматься экспериментами в условиях производства. У нее развился стойкий интерес к научному творчеству. Стало ясно, что дальнейший путь лежит в направлении научной работы, для чего необходимо поступать в аспирантуру.

Такая возможность представилась, когда семья переехала в Минск, где проживали родители мужа. В 1964 году она поступила в аспирантуру в Физико-технический институт Академии наук к академику К.В. Гореву, специалисту-металловеду с мировым именем.

Защитив в 1968 году диссертацию по специальности «Металловедение и термическая обработка металлов», Лариса Романовна осталась работать в институте и с 1989 года возглавляет лабораторию физики металлов и металловедения.

М.И. Калинина, которое в начале Великой Отечественной войны эвакуировано в г. Ульяновск. В июне 1942 г. лейтенант Богдан прибыл в 17-й танковый корпус, который занимал оборону в г. Воронеже. В октябре 1942 г. получил тяжелое ранение. По выздоровлении служил командиром взвода Чкаловского танкового училища самоходной артиллерии, где и встретил праздник Победы.

После войны поступил в Белорусский политехнический институт, который успешно окончил в 1950 г. Работал в тресте № 2 Главпромстроя. С июня 1953 г. по июнь 1969 г. - на партийной работе: инструктор Минского обкома КПБ, второй секретарь Фрунзенского райкома КПБ, первый секретарь Молодечненского горкома КПБ.

С 1969 по 1976 гг. работал заместителем Председателя Комитета Народного Контроля БССР. В феврале 1976 г. назначен Председателем государственного Комитета БССР по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору.

За заслуги перед Родиной награжден орденами Отечественной войны I и II степеней, орденом Трудового Красного Знамени, орденом Знак Почета, 10-ю медалями.

После выхода на пенсию участвует в работе Республиканской и Минской городской и Советской районной организаций ветеранов. Является председателем Советской районной организации.



Чествование юбиляра. Дудецкая Л.Р. в центре

Л.Р. Дудецкая является одним из ведущих специалистов в Республике в области металлургии и литейного производства, специализируется на создании, исследовании и применении в промышленности высокопрочных сплавов на основе железа. Лаборатория сотрудничает с многими промышленными предприятиями Республики.

Лариса Романовна — автор более 100 научных статей и монографий, имеет 30 авторских свидетельств на изобретения и 5 патентов Республики Беларусь, много сил и энергии отдает сотрудничеству с предприятиями, где внедряются разработки возглавляемой ею лаборатории. Основное, что ее заботит — нехватка времени: нужно успеть еще очень много.

Центральное правление ОО «БОИМ», редакция журнала «Инженер-механик» желают юбилярам долгих лет, бодрости и благополучия, новых творческих успехов.

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ И ИНСТРУМЕНТА

*С.А. Астанчик, В.С. Голубев, А.Г. Маклаков
Физико-технический институт НАН Беларуси*

Принципиальная основа всех лазерных технологий базируется на использовании уникального свойства когерентного источника света - лазера и систем управления лазерным лучом для воздействия на твердые, жидкие и газообразные среды с целью кардинального изменения свойств. Лазерное импульсное или непрерывное излучение позволяет сфокусировать в небольших объемах энергию с удельной плотностью мощности 10^3 - 10^{10} Вт/см², что превосходит другие известные источники энергии (плазма, электронный луч, электрический разряд). Световой луч управляется с помощью компьютерных электронных и механических средств, что позволяет создать технологии резки, сварки, сверления отверстий металлических и неметаллических материалов, термоупрочнения и модифицирования локальных участков поверхности твердых тел плоской и сложной пространственной геометрии. В машиностроении, микроэлектронике он широко используется для термоупрочнения, нанесения покрытий, резания и сварки, маркировки, скрайбирования, особенно при обработке высокопрочных, сверхтвердых и тугоплавких материалов, а также керамики, стекла, камня, дерева, тканей, кожевенных и полимерных материалов. Современная полупроводниковая микроэлектроника немыслима без лазерных технологий. Лазеры широко используются в медицинской практике.

В Беларуси работы в области создания лазеров и лазерных систем (технологий) представлены в институтах Национальной академии наук (институте Физики, Физико-техническом, институте тепломассообмена им. А.В. Лыкова), в вузах, отраслевых КБ и предприятиях (концерн «Планар» БелОМО, Интеграл, МАЗ, МТЗ, БелаЗ и др.)

Основные требования к новым технологиям в настоящее время заключаются, прежде всего, в их экологической чистоте, энергетической и ресурсной экономичности, полной автоматизации при сохранении традиционных требований высокой производительности и максимального экономического эффекта.

Лазерная технология, несомненно, относится к

разряду новых технологий, что видно как из фактов ее расширяющихся применений, так и из ее очевидных преимуществ [1-7]. Мировые тенденции развития научно-технического прогресса обуславливают насыщение лазерной техникой и технологией в первую очередь всех машиностроительных отраслей современной промышленности. Использование мощного лазерного излучения позволяет осуществить плавление, испарение или раскалывание конструкционных материалов, что применяется в современном производстве для изготовления деталей и узлов и улучшения их эксплуатационных характеристик. В республике Беларусь имеется серьезный задел в развитии этого направления. Определенный вклад в развитие технологий лазерной термообработки и упрочнения деталей, размерной резки, поверхностного легирования и наплавки покрытий внесли ученые России, Украины, Беларуси в том числе и инженерно-технические работники ФТИ НАНБ.

Для большинства отечественных (белорусских) предприятий нами созданы недорогие универсальные комплексы, которые позволяют производить раскрой широкой гаммы металлических и неметаллических материалов с достаточной точностью и производительностью, на которых можно осуществлять процессы сварки, упрочнения и восстановления. За период 1996-2001 г.г. было создано 9 производственных участков из них 6 в республике Беларусь (МАЗ, МоАЗ, Электротехнический завод им. В.И. Козлова, Минский авиаремонтный завод), 2 в РФ (ВАЗ и ИЛМК), 1 — в Украине (рис.1).

Мы убеждены, что научные разработки сегодня в области высоких технологий необходимо «выносить» из институтов на крупные предприятия, приближая их КБ и цеха к нуждам сугубо конкретных производств.

По технологиям, используемым в производстве, лазерные методы обработки условно разделяются на лазерную резку, сварку, наплавку или восстановление поверхности, а также различные способы упрочнения поверхности с использованием лазерного излучения.

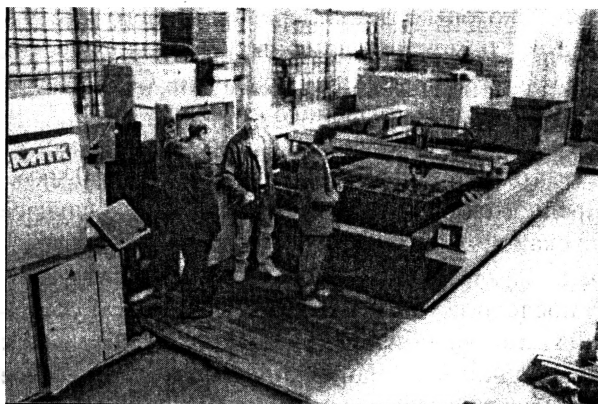
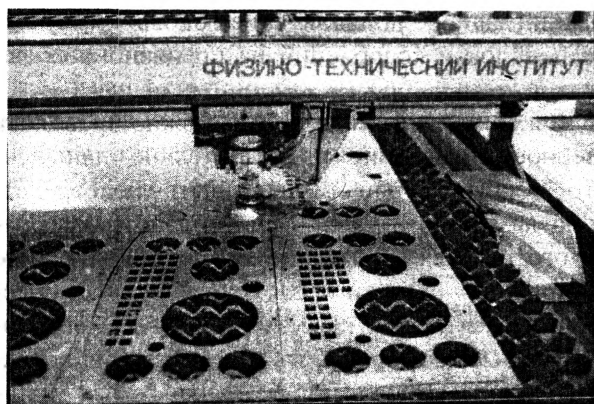


Рис. 1. Участок лазерной обработки на ПО «БелАВТОМАЗ»

Лазерное упрочнение, наплавка и легирование. Рассмотрение возможностей лазерных методов начнем с применения к дереворежущему инструменту.

В деревообрабатывающем производстве используется различный режущий инструмент: пилы, ножи, фрезы, сверла и т.д. Изготавливаются они как из обычных инструментальных сталей типа У 8-У 12, так и из легированных типа 9ХС, ХВГ, Х6ВФ, Р6М5, Р18 и др. Изготавливается также инструмент, оснащенный режущим зубом или вставками из твердого сплава. Выбор марки материала для изготовления дереворежущего инструмента зависит от многих факторов: обрабатываемого материала, объемов обработки, типа инструмента, угловых параметров, режимов резания и т.д.

Процесс затупления инструмента для обработки древесины и древесных материалов представляет сложный комплекс явлений физико-механического, теплового и химического характера, которые происходят при резании в непосредственной близости к лезвию.

Упрочняющие слои для дереворежущего инструмента должны обладать высокой твердостью и в то же время не снижать теплопроводности инструментального материала. При резании древесины в результате термической деструкции образуются агрессивные вещества, следовательно, упрочненные поверхности должны иметь повышенную коррозионную стойкость. Поскольку дереворежущий инструмент затачивается с малыми углами заострения, исключается применение толстых хрупких слоев, режущая кромка которых будет выкрашиваться в работе. Упрочнение должно производиться таким образом, чтобы после переточки инструмента упрочненные поверхности продолжали выполнять свои функции.

Выбирая определенный вид упрочнения, необ-

ходимо учитывать, как внутренние напряжения в упрочненном слое будут складываться с напряжениями, возникающими в инструменте от сил резания. От этого зависит, по какой поверхности передней (растянутой) или задней (сжатой) производить упрочнение.

Производственные испытания проводились при использовании концевых фрез для обработки фанеры толщиной 40 мм; дисковых фрез - фанеры толщиной 20 мм, ножей строгальных, дисковых пил - древесных материалов. Результаты испытаний показали, что разработанные способы модификации поверхностей инструментальных материалов с использованием лазерного излучения, позволяют значительно повысить стойкость инструмента для обработки древесины. Установлено, что стойкость до перезаточки дереворежущих инструментов, подвергнутых лазерной обработке, повышается:

Фрез концевых (Р6М5) - в 2,2- 2,5 раза;

1. Фрез дисковых (Х6ВФ) - в 2,0- 2,3 раза;

2. Ножей строгальных (8Х6НФТ) - в 2,0-2,5 раза;

3. Пил дисковых (У 8) - в 1,8- 2,6 раза.

Были проведены стойкостные испытания дереворежущего инструмента, оснащенного твердосплавными вставками. Испытания проводились при обработке данным инструментом древесностружечных плит. Установлено, что после лазерной обработки стойкость инструмента повышается:

1. Ножей твердосплавных - 1,5- 1,6 раз;

2. Концевых фрез - в 1,5- 1,6 раз;

3. Пил дисковых - в 1,8- 1,9 раз.

В результате проведенных исследований и производственных испытаний показана перспективность использования лазерных методов для повышения стойкости дереворежущего инструмента. На этом основании выбраны режимы и предложены различные способы лазерной за-

калки некоторых типов дереворежущего инструмента с помощью лазерных технологических комплексов на базе непрерывного CO₂- лазера «Комета- 2» и импульсного - «Квант 18М». Глубина упрочненного слоя в первом случае может достигать 600- 800 мкм, во втором - 200-250 мкм.

Предложенные схемы обработки в ряде случаев допускают многократную переточку инструмента.

В последние годы технология лазерного упрочнения нами апробирована также применительно к осям подшипников конечной передачи тракторов МТЗ, изготовленных из стали ШХ15. Твердость на поверхности достигается 63-64 ед. HRC по сравнению с 59-60 ед. HRC при стандартной термообработке, толщина слоя 0,4-0,5 мм. Отметим, что повышая твердость на поверхности всегда имеется возможность предварительной термообработкой варьировать твердость основы и таким образом не снижать усталостные свойства конкретной детали. В этом плане интерес представляет проводимая нами работа для завода «Автогидроусилитель» (г. Борисов). Нам удалось на деталях типа вал-золотник при исходной твердости 40 ед. HRC довести поверхностную твердость в необходимых местах до 58-60 ед. HRC. В настоящее время заводом готовится опытная партия деталей для проведения производственных испытаний в узле рулевого управления.

Испытания прессоштамповой оснастки (матрица-штамп, сталь 9ХС) при холодной штамповке деталей из нержавеющей стали толщиной 0,8 мм, проведенные на ЗАО «Атлант», показали увеличение стойкости в 3-4 раза. Стойкость пуансонов из стали У10 в самых жестких условиях работы на КЗТШ при пробивке отверстий (диаметром 20 мм, толщиной 14 мм) в дисках колес автомобиля МАЗ возрастала до 2 раз. В настоящее время на заводе проходит испытания партия пуансонов из стали 60С2А для пробивки отверстий в лонжеронной группе деталей.

Метод лазерной наплавки имеет ряд преимуществ:

- подбор соответствующего состава наплавленного слоя и специальных добавок позволяет добиваться необходимых свойств наплавленной поверхности (твердость, износостойкость и др.);

- локальность процесса нагрева позволяет осуществлять наплавку как малых, так и достаточно протяженных поверхностей при чередовании процессов нанесения порошкового слоя и его лазерного оплавления;

- высокая прочность сцепления покрытие - подложка за счет взаимодействия материала покрытия и подложки в жидкой фазе;

- минимальное подплавление основы и отсутствие поводок и короблений на прецизионных деталях.

В зависимости от вида детали можно проводить лазерное оплавление предварительно напыленного покрытия или осуществлять непосредственно лазерную наплавку при подаче в зону лазерного нагрева присадочного материала в виде порошка, шнуров или проволоки. При этом обеспечивается высокое качество наплавленного покрытия, высокая прочность его сцепления вследствие металлургической связи с основой и минимальное тепловое воздействие на обрабатываемую деталь.

За последние года в ФТИ НАН Б накоплен значительный опыт по решению такого рода задач: разработано несколько типовых технологических процессов восстановления различных деталей с использованием этого метода. В частности, это процесс восстановления деталей трансмиссии (крестовина, проушина, карданная вилка и др.) подвижного состава (рис. 2 а, б). В результате испытаний в Локомотивном депо г. Лида установлено, что обработанные детали соответствуют техническим условиям на них, выдержали установленный гарантийный срок эксплуатации и продолжают дальнейшую работу.

Хорошие взаимоотношения у нас сложились с ЗАО «Атлант», для которого в течение более двух лет мы восстанавливаем ряд технологической оснастки, например, рабочие поверхности фильер для протяжки уплотнителя холодильника (рис. 2 в) и др.

Метод лазерного легирования позволяет вводить в тонкий поверхностный слой детали необходимые легирующие компоненты, не нагревая ее целиком, формировать в поверхностном слое глубиной до 1 мм комплекс необходимых механических свойств (твердость, контактная прочность, износостойкость). Метод лазерного легирования был использован применительно к резцам горнопроходческих комбайнов ПО «Беларуськалий», ножам и фильерам для протяжки и обрезки проволоки в условиях ОАО «Мотовело». В последнем случае производственные испытания показали увеличение стойкости более чем в 5 раз. Возможные области применения метода лазерного легирования ковочный инструмент для объемной горячей штамповки, быстроизнашивающиеся детали в узлах трансмиссий, тяжело нагруженные пары трения с небольшой площадью фактического контакта. Весьма перспективным применением данного метода на наш взгляд является использование его для упрочнения ра-

бочих кромок режущих ножей кормоуборочных машин производства Гомсельмаша. Предварительными испытаниями на ПО «Беларуськалий» установлено, что данный метод, учитывая масштабы потребления резцов, может дать значительный экономический эффект (рис. 2 г.)

развитых странах. Особенно это целесообразно при изготовлении кругов небольшого диаметра (от 115 до 400 мм) с использованием сегментов на никелевой, кобальтовой и железной основах. Это обеспечивает высокую производительность, экономию серебряного припоя и высокие меха-

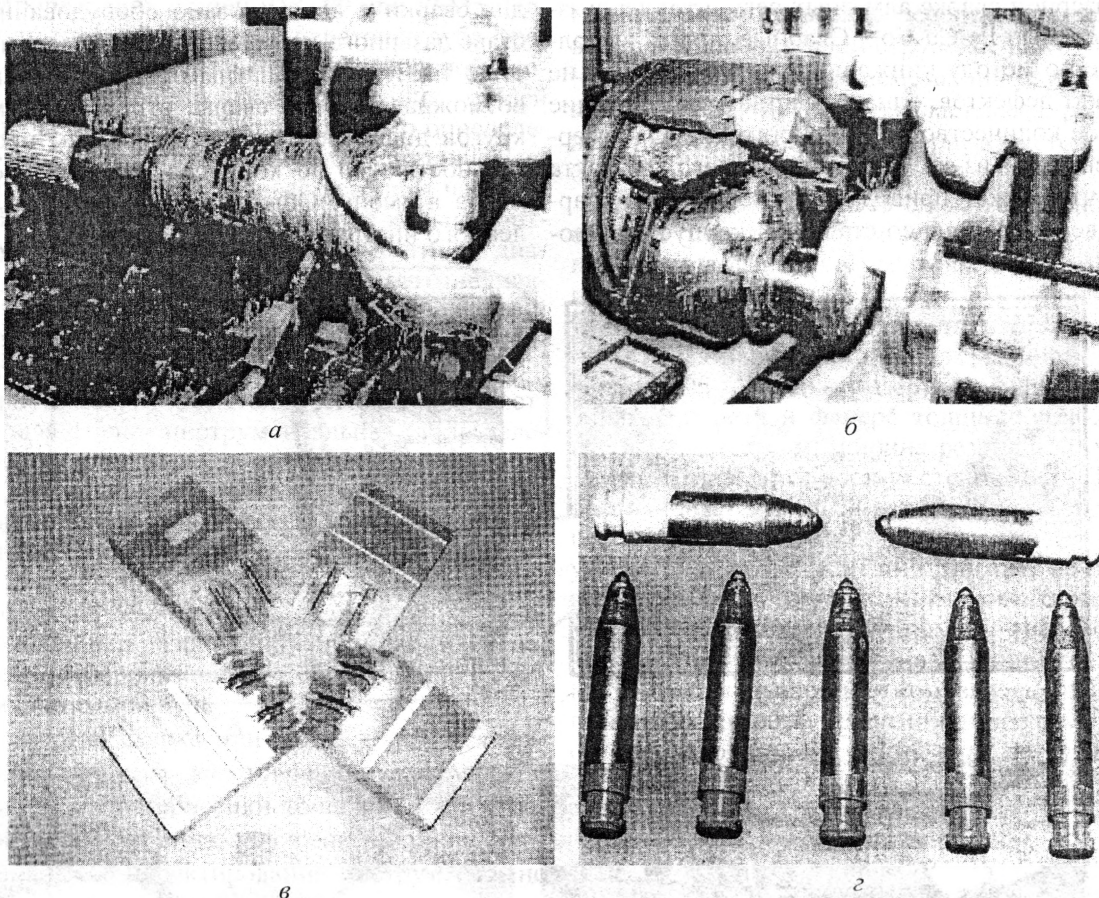


Рис. 2. Процессы лазерной наплавки, упрочнения и легирования: а, б — наплавка проушины и коленвала локомотива; в — восстановление фильтры литья ЗАО «Атлант», г. Минск; г — упрочненные методом лазерного легирования резцы горнодобывающих комбайнов

Лазерная сварка. Под задачи инструментальных производств Республики Беларусь нами исследовались и осваивались:

- лазерная сварка алмазных сегментов на никелевой и железной основе к полотну стального инструмента применительно к изготовлению сегментных отрезных алмазных кругов;
- лазерная пайка твердосплавных расклинивающих пластин к полотну инструмента для резки древесины;
- изготовление биметаллических отрезных фрез из разнородных сталей Р6М5 - 9ХС с применением лазерной сварки-пайки.

Изготовление алмазных сегментных отрезных кругов с использованием лазерного излучения, как источника нагрева для сварки или пайки, весьма перспективно, и широко используется в

нические свойства сварного соединения. Кроме того, качество алмазного инструмента, изготовленного с использованием финишной операции сварки, как правило, выше, чем при использовании операций стандартной пайки ТВЧ. Нагрев при лазерной сварке алмазного сегмента значительно ниже, что предполагает сохранение свойств алмазов, мелкие частицы которых могут сгорать при обычной пайке ТВЧ и затем выкрашиваться в процессе эксплуатации.

Установлено, что процесс лазерной сварки необходимо проводить по режимам «кинжального проплавления», когда за счет специальных механизмов проплавления можно получить узкие, глубокие швы при скорости перемещения луча 10-20 мм/сек. Характерный признак нормального проведения процесса сварки - наличие плазмен-

ного факела яркого голубого сечения, сопровождающегося появлением резкого звука. Установлено, что швы, выполненные методом лазерной сварки систем «сталь 65Г-никелевый алмазный сегмент» обладают высокими прочностными свойствами. Похожие результаты были получены при лазерной сварке алмазных сегментов на связке системы Fe-Cu-Co. Сварные швы выполненные по методу кинжального проплавления не содержат дефектов, однако, составы, содержащие большое количество меди непригодны для лазерной сварки, из-за расклинивающего эффекта меди, что может приводить к трещинам в сварном шве на границе со стальным корпусом. Оло-

хлаждающих сред. Рекомендуется руководствоваться требованиями ГОСТ 16115-88 и изготавливать корпус круга из сталей типа 9ХФ, 9ХФМ или 7ХН2МФ.

Для промышленного использования данного метода была изготовлена специальная оснастка для сварки и адаптировано оборудование. В составе лазерного комплекса с CO₂ лазером мощностью 1 кВт, координатным столом и вращателем возможна лазерная сварка отрезных сегментных кругов диаметром от 115 до 400 мм производительностью до 50 корпусов максимального диаметра в смену. Общий вид процесса и изготовленного инструмента представлен на рис. 3 а, б, в.

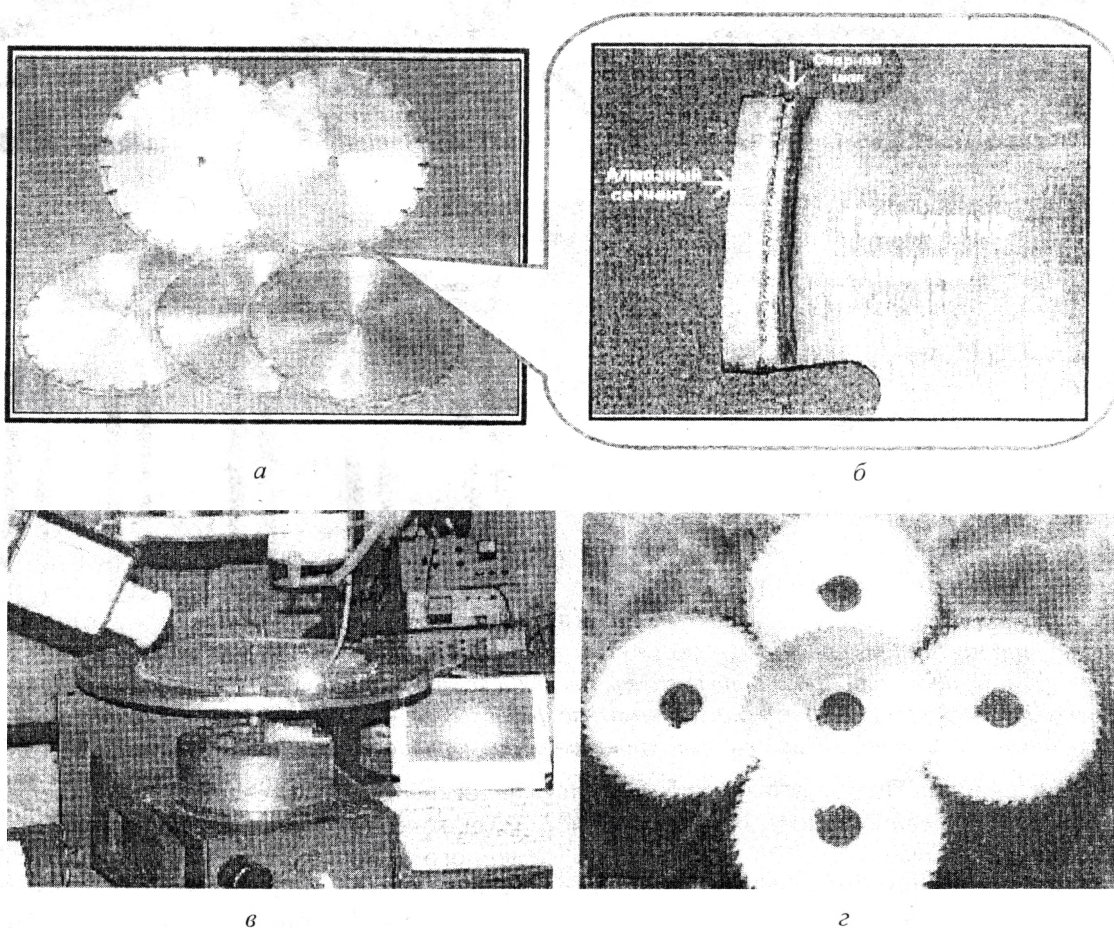


Рис. 2. Инструмент, изготовленный с применением лазерной сварки: а-в — лазерная сварка отрезных алмазных сегментных кругов; г — биметаллические фрезы (Р6М5-9ХС), изготовленные с применением лазерной сварки

во, как легкоиспаряющийся элемент, способствует самофлюсованию при лазерной сварке, поэтому расход защитного газа можно уменьшить.

Отметим, что при использовании лазерной сварки алмазных отрезных сегментных кругов отсутствует деформация корпусов пил и наблюдается минимальная зона термического влияния. Инструмент может работать без использования

При изготовлении дискового инструмента для скоростной резки древесины существует необходимость выполнения внутри тела пилы специальных пазов. На инструменте такого типа малых и средних размеров пазы служат для компенсации напряжений, возникающих при его работе. На пилах с диаметром от 200 мм и выше в пазах используются твердосплавные вставки длиной от 20

мм и более, которые могут дополнительно подрезать древесину и препятствовать заклиниванию инструмента.

Прорезные и отрезные фрезы для металла в диапазонах диаметров от 20 до 200 мм и соответствующих толщин от 1 до 5 мм изготавливаются из быстрорежущих сталей P18, P9 или P6M5. После затупления и 2-3 кратной переточки зуба фрезы выходит из строя. В целях значительной экономии дорогостоящих быстрорежущих сталей были проведены исследования с целью определения возможности изготовления биметаллических фрез из сталей P6M5-9XC, где режущая часть из стали P6M5 изготавливалась в виде кольца соответствующего диаметра, в зависимости от диаметра фрезы. Полотно инструмента изготавливалось из стали 9XC для обеспечения необходимой жесткости инструмента. Общий вид изготовленных фрез представлен на рис. 3 г.

Лазерную сварку биметаллических фрез быстрорежущая сталь - инструментальная сталь целесообразно проводить до операций термической обработки, а лазерная пайка является финишной операцией. Здесь аналогично наиболее оптимальным является проведение операции сварки в режиме кинжального проплавления с предварительным подогревом инструмента до 400° С сфокусированным лазерным лучом. Для пайки целесообразно использовать высокотемпературный припой системы Fe-Mn.

Т.о. лазерная сварка или пайка - является финишной операцией изготовления инструмента. Поэтому те характеристики точности, шероховатости и товарного вида, заложенные конструктором в процессе проектирования инструмента, не должны ухудшаться после проведения данного процесса. Сочетание лазерной сварки с предварительной лазерной вырезкой полотна дискового инструмента может объединяться в общий технологический цикл. Таким образом, приобретение инструментальным производством качественного лазерного оборудования является выгодным капиталовложением в дальнейшее развитие производства.

Лазерная резка. Более половины используемых лазерных комплексов сегодня используется для резки металла. При увеличении мощности лазерного излучения до 2-3 кВт толщина разрезаемой стали может достигать до 20 мм. Весьма перспективным в плане раскроя цветных металлов являются импульсно-периодические режимы работы лазерного технологического оборудования, а также использование мощных твердотельных лазеров. Выходная мощность отдельных зарубежных образцов таких лазеров уже достигает несколько кВт, что повышает скорость, точность

резания и качество реза. Исходя из этих позиций место лазерной резки, например, черных металлов определено сегодня до толщин 15-20 мм. Для более толстых целесообразнее использование плазменной и особенно узкоструйной плазменной резки. В то же время для резки камня, стекла, гранита, мрамора весьма перспективно использование водноабразивной струи высокого давления. Что касается раскроя неметаллических материалов, таких как древесина, пластмасса, резина, кожа, то использование лазерных методов здесь бесспорно.

Примером может здесь служить разработанная в институте технология изготовления прорезей под ножи в фанерных заготовках при изготовлении штампочных форм для изготовления картонной упаковки. Традиционно это выполнялось практически вручную с использованием лобзиковых пил. С помощью лазерного луча удается получать прорезы в фанере толщиной 18-20 мм с нужным качеством: ширина реза 0,7-1,0 мм, достаточной параллельностью стенок и др. При этом обеспечивается полная автоматизация этого процесса. Созданный нами комплекс под эти задачи уже более 5-ти лет успешно работает на одном из крупнейших в Европе Киевском картонно-бумажном комбинате. Вторым примером может являться использование аналогичной технологии на Минском авиаремонтном заводе 407ГА, где производят вырезку иллюминаторов самолетов из оргстекла толщиной ~ 30 мм и др. деталей.

Литература

1. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Зуев И.В., Кокора А.Н. // Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов. Справочник. М.: Машиностроение, 1985
2. Миркин Л.И. // Физические основы обработки материалов лучами лазера. М.: МГУ 1985
3. А.Г. Григорьянц, А.Н. Сафонов // Методы поверхностной лазерной обработки. М.: Высшая школа 1987
4. Коваленко В.С., Головкин Л.Ф., Черненко В.С. // Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. Киев. «Техника» 1990.
5. Памфилов Е.А., Борзенкова Т.Г. // Повышение износостойкости твердых сплавов лазерным упрочнением // Вестник машиностроения, 1982, № 3, с. 61-63.
6. Голубев В.С., Кабакович М.В., Пархимович В.В. и др. // Новое в применении лазерной термической обработки деталей и инструмента. Мн.: БелНИИТИ, 1986.
7. Астапчик С.А., Голубев В.С., Маклаков А.Г., Ваганов В.В. // «Технологии Физтех», Мн., 1999, с. 52-79.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ И ПРЕРЫВИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗАНИЕМ

В.А. Данилов, д.т.н., Полоцкий государственный университет

Применение профильных моментопередающих соединений, обладающих существенными эксплуатационными и технологическими преимуществами по сравнению с традиционными шлицевыми и шпоночными, представляет, как показывает зарубежный опыт, одно из эффективных направлений совершенствования конструкций трансмиссий машин и механизмов. Однако такие соединения практически не нашли применения в отечественном машиностроении, что обусловлено нерешенностью теоретических и прикладных вопросов, связанных с созданием эффективных технологий их формообразования, т.е. методов и схем обработки, а также реализующих их станков и инструментов.

Решение данной проблемы должно быть основано на общей научной базе, которой объективно является теория формообразования поверхностей резанием, созданная в значительной степени научными школами академиков Е.Г. Коновалова и П.И. Ящерицына. Предложенный [1] подход к синтезу методов формообразования поверхностей, основанный на задании рациональных сочетаний методов генерации их производящих линий – образующей и направляющей, является универсальным и эффективным для любых поверхностей, в частности, со сложной геометрией [2].

Реализация метода формообразования поверхности требует на этапе функционального проектирования станка синтеза рациональной кинематической схемы обработки, что обеспечивается на основе общих принципов, которые включают [3]:

- перенесение функции кинематики формообразования на инструмент;
- синтез структуры исполнительных движений, обеспечивающей благоприятные условия резания и работы механизмов станка за счет исключения геометрическим или кинематическим методами реверсивных движений исполнительных органов, замены



возвратно-поступательных движений вращательными;

- совмещение исполнительных движений для упрощения кинематической схемы обработки и повышения производительности;

- введение движений для стабилизации условий резания, управления точностью формообразования, схемой или условиями резания;

- задание на основе математического моделирования рационального сочетания скоростей элементарных движений для стабилизации скорости исполнительного движения или управления ею по требуемому закону;

- рациональное распределение элементарных движений между исполнительными органами станка для повышения его универсальности.

На этих принципах основаны схемы обработки некруглых поверхностей при непрерывном или прерывистом их профилировании методами следа, касания и обката, некоторые из которых приведены на рис.1. Общим для этих схем является образование некруглого профиля только за счет согласованных вращательных движений инструмента и заготовки резцовыми головками при встречном (схема 1) или попутном (схема 2) резании, планетарным точением (схема 3), дисковым (схема 4), цилиндрическим (схема 5) или ротационным (схема 6) эксцентрично установленным режущим инструментом, что обеспечивает простоту реализации данных схем обработки.

Форма обработанных поверхностей определяется приведенными на рис. 1 уравнениями профиля, где для схем 1-3 обозначено: l – расстояние между осями вращательных движений инструмента и заготовки; R – радиус инструмента; β – угол поворота инструмента, соответствующий углу α поворота заготовки. Разработанные методы управления формообразованием некруглых (многогранных) поверхностей, основанные на задании различной последовательности формирования граней, кинематических и геометрических параметров

схемы обработки [2], позволяющие одним инструментом обрабатывать поверхности разной формы, что имеет важное практическое значение.

| № | Схема обработки | Схема профилирования | Уравнения профиля |
|---|-----------------|----------------------|---|
| 1 | | | $\begin{cases} x = l \cos \alpha - R \cos(\beta - \alpha) \\ y = l \sin \alpha + R \sin(\beta - \alpha) \end{cases}$ $l = R + r$ |
| 2 | | | $\begin{cases} x = -l \cos \alpha + R \cos(\beta - \alpha) \\ y = l \sin \alpha + R \sin(\beta - \alpha) \end{cases}$ $l = R - r$ |
| 3 | | | |
| 4 | | | $F(x, y, \alpha) = 0$ $\frac{\partial F(x, y, \alpha)}{\partial \alpha} = 0$ |
| 5 | | | $\rho = \frac{r_0 - l \cos m\varphi}{\arctg \frac{ml \sin m\varphi}{r_0 - l \cos m\varphi}}$ $r_0 = r + l$ |
| 6 | | | $\rho = r_0 - l \cos m\varphi$ $r_0 = r + l$ |

Рис. 1. Схемы обработки некруглых поверхностей

Так, при $n_1/n_2 = m/(zP)$ формируются прямые, а при $n_1/n_2 = m/(zP(1 \pm S/t))$ - винтовые грани с шагом t , где $n_2(n_1)$ - частота вращения инструмента (заготовки); $m(z)$ - количество граней (производящих элементов); $1 \leq P < m$ - число, задающее последовательность обработки граней; S - подача. Схема 1 при $n_2/n_1 = \sqrt{1+r/R} = A$

обеспечивает формообразование плоских, при $n_2/n_1 > A$ - выпуклых и, если $n_2/n_1 < A$, - вогнутых поверхностей. Для схемы 2 плоские, выпуклые и вогнутые поверхности формируются, соответственно, при $n_2/n_1 = \sqrt{1-r/R} = B$, $n_2/n_1 < B$, $n_2/n_1 > B$.

Параметры режущих инструментов определяются исходя из их влияния на погрешность профилирования и диапазон изменения рабочих углов резцов. Управление точностью профилирования некруглых поверхностей без коррекции параметров инструмента достигается наиболее просто за счет настройки угла пересечения или скрещивания осей вращательных движений инструмента и заготовки, что следует учитывать при проектировании станка. Заданием этих углов осуществляется управление кривизной формируемого профиля без дополнительных корректирующих движений для обеспечения требуемой точности профилирования.

Интенсификацию процесса формообразования обеспечивает попутная схема обработки, которая по сравнению со встречной обеспечивает повышение технологической производительности в $(i+r/R)/(i-r/R)$ раз при одинаковой скорости резания и подаче, более высокую непрерывность процесса формообразования, возможность формирования замкнутого наружного и внутреннего контура, уменьшение динамических нагрузок в обрабатывающей системе станка.

Разновидность попутной схемы обработки, при которой профилирование некруглой поверхности осуществляется планетарным движением заготовки - вращением с частотой n_1 вокруг своей оси и с частотой $n_2 = n_1 m/P$, где $1 \leq P < m$, вокруг параллельной ей оси. Из возможных более эффективна схема обработки, при которой эти вращательные движения взаимно противоположны (схема 3), а вращение заготовки вокруг своей оси осуществляется с меньшей частотой в направлении к задней поверхности резца. В этом случае, при $P = m - 1$, достигается непрерывность процесса обработки, благодаря чему обеспечивается формирование сопряженных наружных и внутренних профильных поверхностей с технологической производительностью в $((1+l/r)m-1)/(1+lm/r)$ раз большей, чем при $P = 1$.

На принципах совмещения движений профилирования и резания и частичного перенесения функции кинематики формообразования на инст-

румент основана высокопроизводительная схема профилирования многогранных поверхностей методом касания эксцентрично установленным дисковым инструментом (схема 4). Ее разновидность - попутная схема обработки - имеет преимущества по универсальности, неравномерности и непрерывности процесса резания, стабилизации геометрических параметров режущей части. Управление точностью формообразования по данной схеме обработки обеспечивается кинематическими и геометрическими методами, основанными на принципе многократного профилирования обработанной поверхности за время одного прохода.

Из схем профилирования методом обката также предпочтительны схемы с совмещенными движениями профилирования и резания эксцентрично установленными инструментами с цилиндрической (схема 5) или конической производящей поверхностью. Так как некруглый профиль формируется множеством прямых, его параметры не зависят от диаметра инструмента, что позволяет обрабатывать некруглую поверхность на одном станке по общей схеме формообразования последовательно разными по диаметру и назначению инструментами (фрезами, опилителями или для поверхностно-пластического деформирования).

Эффективным направлением в технологии обработки некруглых поверхностей является ротационное резание, основанное на согласованных вращательных движениях заготовки и эксцентрично установленного круглого резца (схема 6). В этом случае формируется синусоидальный профиль с m равномерно расположенными по окружности радиуса r выступами высотой, равной удвоенному значению эксцентриситета l . Образующий профиль не зависит от радиуса резца, который изменяется при переточке, что имеет практическое значение. На базе данной схемы разработаны способы ротационного точения с более широкими технологическими возможностями, обеспечивающие интенсификацию процессов обработки некруглых поверхностей за счет оптимизации геометрических и кинематических параметров схемы обработки, управления условиями резания, совмещения процессов частичного и полного формообразования при применении комбинированных инструментов.

Высокая стоимость импортного оборудования для обработки некруглых поверхностей ограничивает возможность его применения в отечественной промышленности, что обуславливает актуальность создания собственных аналогичных

станков и их инструментального оснащения, реализующих прогрессивные процессы формообразования таких поверхностей.

В зависимости от реализуемых схем обработки станки для обработки некруглых поверхностей можно отнести к четырем типам [4]: с вращательным движением шпинделя изделия и осциллирующим или качательным движением инструмента; с планетарным движением изделия; с планетарным движением инструмента; с вращательными движениями инструмента и изделия. Станки последнего типа, благодаря рациональной кинематике, обладают более широкими технологическими возможностями и производительностью, поэтому промышленная реализация процессов формообразования некруглых и прерывистых поверхностей была ориентирована на создание станков данного типа. Эта задача решалась по следующим направлениям: проектирование специального оборудования с необходимым инструментальным оснащением; расширение технологических возможностей близких по кинематической структуре универсальных станков за счет обеспечения необходимых параметров настройки и оснащения их сменными обрабатывающими модулями; создание специальных станков на базе универсальных.

По первому направлению разработан не имеющий аналогов с СНГ станок-профилятор с ЧПУ модели ВС-400Ф2 с инструментальным оснаще-

Витебским станкостроительным заводом им. Коминтерна и Полоцким государственным университетом по договору с Госкомпромом Республики Беларусь. Станок обеспечивает обработку методами кинематического профилирования некруглых и прерывистых поверхностей с периодически повторяющимся профилем и по сравнению с аналогичным станком фирмы «Wera» Германия имеет более широкие технологические возможности, благодаря реализации рассмотренных выше прогрессивных схем формообразования некруглых поверхностей цилиндрическими, дисковыми, ротационными и комбинированными инструментами.

Структурная схема станка ВС-400Ф2 приведена на рис. 2. Инструментальный шпиндель 1 вертикального суппорта V соединен внутренней связью 1-2, содержащей орган настройки i_x (гитару деления) со шпинделем II изделия, который смонтирован в бабке III, установленной с возможностью поперечного перемещения Π_4 от двигателя M_3 относительно каретки IV. Последняя имеет возможность перемещения Π_3 по направляющим станины станка от двигателя M_2 . Двигатели M_2 и M_3 управляются системой ЧПУ, обеспечивающей взаимосвязь движений Π_3 и Π_4 при обработке некруглых конических или фасонных поверхностей. Настройка скорости движения $\Phi_V(B_1B_2)$ обеспечивается гитарой i_v внешней связи 3-4, по которой вращение от двигателя M_1 пе-

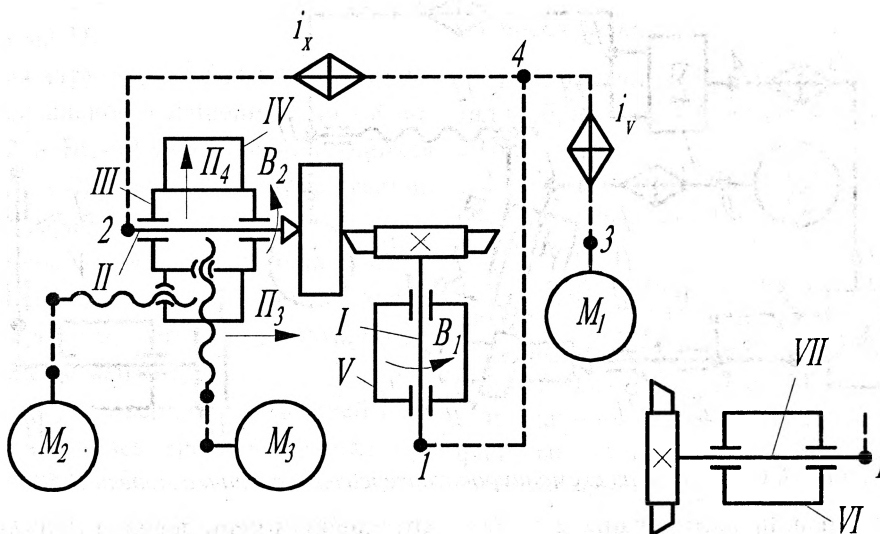


Рис. 2. Структурная схема станка профилятора с ЧПУ модели ВС-400Ф2

нием для обработки по прогрессивным схемам формообразования некруглых и прерывистых поверхностей. Эта работа выполнена совместно

редается во внутреннюю связь.

Сменный горизонтальный суппорт VI с инструментальным шпинделем VII устанавливается

вместо суппорта V и используется для реализации схем обработки, основанных на вращательных движениях инструмента и заготовки вокруг параллельных осей.

Во всех случаях обработка осуществляется методом кинематического профилирования, основанном на исполнительном движении $\Phi_v(B_1B_2)$. Необходимые наладочные и установочные перемещения бабки 3 и каретки 4, движения врезания и подачи создаются двигателями M_2 и M_3 от системы ЧПУ.

Перспективным направлением решения проблемы станочного обеспечения производства деталей с некруглыми поверхностями является расширение технологических возможностей универсальных станков для выполнения на них соответствующих прогрессивных схем формообразования. Такой подход реализован в широкоуниверсальном зубошлицефрезерном станке модели ВС-50, который создан совместно Витебским специальным конструкторским бюро зубообрабатывающих, шлифовальных и заточных станков (разработка рабочего проекта станка), Полоцким государственным университетом (обоснование кинематической структуры станка, разработка и исследование схем формообразования некруглых и прерывистых поверхностей, разработка мето-

новые базовые модели конкурентноспособного металлообрабатывающего оборудования и инструмента" (ГНТП «Станки и инструмент»).

Благодаря особенностям кинематики и сменным обрабатывающим модулям станок позволяет обрабатывать цилиндрические зубчатые колеса и шлицевые валы червячными, модульными дисковыми и концевыми фрезами; наружные и внутренние резьбы – дисковыми и гребенчатыми фрезами; шпоночные пазы, винтовые канавки и многогранники – концевыми фрезами; червяки – дисковыми фрезами и долбьяками, а также некруглые поверхности с периодически повторяющимся профилем методом кинематического профилирования по всем представленным на рис. 1 схемам.

На рис. 3 изображена частная кинематическая структура станка ВС-50, обеспечивающая обработку некруглых и прерывистых поверхностей.

Инструментальный шпиндель I соединен кинематической цепью внутренней связи 1–2–3– Σ –4– i_x –5–МП–6–8[7], содержащей суммирующий механизм Σ , гитару деления i_x и переключающий механизм МП, со шпинделем II, несущим обрабатываемое изделие. Учитывая существенное различие значений передаточного

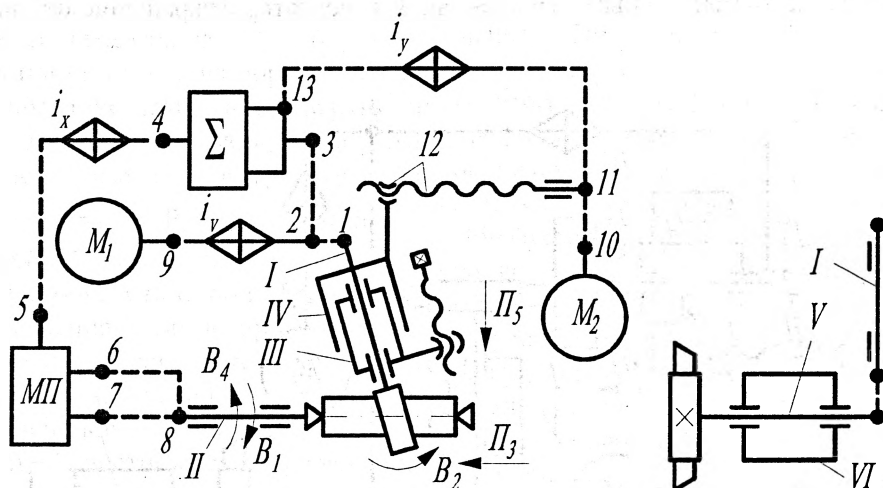


Рис. 3. Структурная схема широкоуниверсального станка модели С-50

дики настройки станка, проектирование его инструментального оснащения) и Витебским станкостроительным заводом им. Коминтерна (изготовление станка и специальных режущих инструментов) по Государственной научно-технической программе "Создать и освоить в производстве

отношения i цепи деления при обработке некруглых поверхностей ($1 \leq i \leq 5$) и прерывистых поверхностей на торцах деталей, когда значение i может превышать 100, в нее введен переключающий механизм МП, благодаря которому дан-

ная цепь содержит две ветви 5-МП-6-8 и 5-МП-7-8, участки 6-8 и 7-8 которых имеют различные передаточные отношения. Такая структура внутренней связи обеспечивает широкие технологические возможности станка модели ВС-50 по форме обрабатываемых поверхностей.

Для реализации кинематических схем обработки некруглых и прерывистых поверхностей, основанных на вращательных движениях инструмента и заготовки вокруг параллельных осей, последовательно со шпинделем I соединяется инструментальный шпиндель V сменного обрабатывающего модуля VI, который устанавливается на суппорте III станка.

Кинематическая структура станка обеспечивает прямолинейное $\Phi_8(P_3B_4)$ движение подачи. Первое создается простой кинематической группой, содержащей регулируемый двигатель M_2 , связанный цепью 10-11 с тяговым устройством 12. Для создания движения $\Phi_8(P_3B_4)$ при обработке некруглых винтовых поверхностей используется сложная кинематическая группа, внутренняя связь которой 12-11- i_y -13- Σ -4- i_x -5-МП-6-8[7] посредством органа настройки i_y обеспечивает согласование движений P_3 и B_4 соответственно каретки IV и шпинделя II исходя из шага обработанной поверхности. В общих случаях скорость движения подачи настраивается изменением частоты вращения двигателя M_2 .

Кинематическая структура, конструкция и созданное инструментальное оснащение станков моделей ВС-400Ф2 и ВС-50 при скрещивающихся осях движений B_1 и B_2 обеспечивают реализацию следующих схем обработки:

- некруглых наружных поверхностей цилиндрическим инструментом, эксцентрично установленным круглым резцом, винтовым резцом, комбинированным инструментом;
- пазов на наружных поверхностях деталей типа шлицевых валов, звездочек, храповых колес и т.п. резцовыми головками;
- пазов на торцевых поверхностях деталей типа кулачковых и храповых муфт, других изделий с плоским зубчатым контуром .

При параллельных осях движений B_1 и B_2 на обоих станках реализуются процессы обработки:

- наружных профилейных (многогранных) по-

верхностей резцовыми головками внешнего касания и дисковыми инструментами;

- сопряженных наружных и внутренних профилейных поверхностей инструментом охватывающего типа по попутной схеме резания;
- пазов на торцах деталей типа кулачковых муфт, корончатых гаек и т.п. резцовыми головками.

На базе станка модели ВС-50 по заданию региональной научно-технической программы "Инновационное развитие Витебской области" (исполнители Полоцкий государственный университет и Витебский станкостроительный завод им. Коминтерна) для Минского автомобильного завода создан специальный станок модели ВС50-9601, который реализует высокопроизводительные схемы нарезания плоских зубчатых контуров на торцах моментопередающих деталей типа храповых и кулачковых муфт, а также деталей измерительных систем типа индукторов системы АБС автомобилей методом фрезерования и кругового протягивания с непрерывным движением деления специальными инструментами [5]. Применение прогрессивных схем формообразования в созданных станках обеспечивает по сравнению с применяемыми в промышленности (в 2,5-4 раза) повышение производительности при более высокой точности обработки.

Список литературы

1. Коновалов Е.Г. Основы новых способов металлообработки. – Мн.: Изд-во АН БССР, 1961. – 297с.
2. Данилов В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резанием. – Мн.: Наука и техника, 1995. – 264с.
3. Данилов В.А. Общие принципы синтеза рациональных технологий формообразования сложных поверхностей резанием// Мир технологий. – 2003. – №1. – С. 61-71.
4. Данилов В.А. Станки для обработки профилейных поверхностей, передающих момент// Техника машиностроения. – 1998. – №4. – С.102-105.
5. Патент ВУ553, МКИ В23 С3/28. Инструмент для обработки пазов на торцах деталей/ В.А. Данилов, Р.А. Киселев. – №и20010263; Заявл. 06.11.2001; Оpubл. 30.06.2002.

Предлагаем Вашему вниманию две статьи Ю.М. Захарика, к. т. н.

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЕМ

Предлагается кардинальное решение задачи создания систем управления сцеплением: разработка электропневматических и электрогидравлических приводов, основанных на непрерывном способе управления. Идея, широко используемая в авиастроении, космической отрасли, робототехнике, позволит в автомобилестроении исключить недостатки импульсного способа управления и использовать преимущества непрерывного способа управления с сохранением управляющей элементной базы. Непрерывный способ управления создает предпосылки для перехода к интеллектуальным системам управления сцеплением — системам третьего поколения. При этом сочетается цифровое (микропроцессорное) управление, основанное на использовании информационной системы и вектора функций управления, и аналоговое (непрерывное) регулирование приводов.

Разработанный привод сцепления при данном способе управления состоит из педали 1, датчика положения педали 2, усилителя электрических сигналов 3, электрораспределителя 4, исполнительного цилиндра 5.

Электрораспределитель 4 состоит из электромагнита 6, штока 7, пружины 8, поршня 9, пружины 10, клапана 11, пружины 12. Полость электрораспределителя *A* постоянно соединена с атмосферой, полость *B* — с рабочей полостью *D* исполнительного цилиндра 5, полость *C* — с питающей пневмомагистралью транспортного средства.

Исполнительный цилиндр 5 состоит из поршня 13, возвратной пружины 14, штока 15. Рабочая полость *D* исполнительного цилиндра 5 постоянно соединена с полостью *B* электрораспределителя 4.

Привод сцепления работает следующим образом.

Когда педаль 1 полностью отпущена, датчик положения педали 2 не подает сигнал на усилитель электрических сигналов 3, который не подает усиленный электрический сигнал на обмотку электромагнита 6.

Электромагнит 6 находится в обесточенном состоянии, шток 7 — в исходном крайнем верхнем положении. Рабочая полость *D* исполнительного цилиндра 5 через полость *B* электрораспределителя 4 соединена с полостью *A* и атмосферой. Поршень 13 и шток 15 под действием возвратной пружины 14 находятся в исходном крайнем левом

положении. Сцепление полностью включено.

При нажатии на педаль 1 датчик положения педали 2 подает сигнал, пропорциональный величине перемещения педали 1, на усилитель электрических сигналов 3, который подает соответственно усиленный электрический сигнал на обмотку электромагнита 6. Под действием нарастающей электромагнитной силы шток 7 начинает перемещаться вниз пропорционально величине перемещения педали 1. Пружина 8 сжимается и воздействует на поршень 9. Поршень 9, сжимая пружину 10, своим седлом упирается в клапан 11 и отсоединяет полость *B* от полости *A* и соответственно выхода в атмосферу. При дальнейшем перемещении поршня 9 вниз клапан 11 открывается, пружина 12 сжимается и полость *C* сообщается с полостью *B* исполнительного цилиндра 5. Сжатый воздух из питающей пневмомагистральной транспортного средства поступает через полость *B* в рабочую полость *D* исполнительного цилиндра 5, давление в которой начинает увеличиваться, поршень 13 и шток 15, сжимая пружину 14 начинают перемещаться вправо, сцепление начинает выключаться.

При отпускании педали 1 датчик положения педали 2 пропорционально величине отпускания педали 1 уменьшает сигнал, подаваемый на усилитель электрических сигналов 3, который пропорционально снижает величину электрического сигнала на обмотке электромагнита 6. В результате электромагнитная сила соответственно уменьшается, шток 7 начинает перемещаться вверх пропорционально величине отпускания педали. Усилие пружины 8 уменьшается и поршень 9 под действием пружины 10 и давления в полости *B* перемещается вверх вместе с клапаном 11. При этом клапан 11 закрывается, пружина 12 занимает свое исходное состояние и полость *C* отсоединяется от полости *B*. При дальнейшем перемещении поршня 9 вверх его седло отсоединяется от клапана 11 и полость *A* сообщается с полостью *B*. Сжатый воздух из рабочей полости *D* исполнительного цилиндра 5 через полости *B* и *A* поступает в атмосферу. Давление в рабочей полости *D* исполнительного цилиндра 5 уменьшается, поршень 13 и шток 15 под действием сжатой пружины 14 начинают перемещаться влево, сцепление начинает включаться.

Когда педаль 1 остановлена в каком-то промежуточном или крайнем положении в процессе выключения сцепления, величина выходного

сигнала датчика положения 2 не будет изменяться, электрический сигнал, подаваемый с усилителя электрических сигналов 3 на обмотку электромагнита 6 также не будет изменяться. Величина электромагнитной силы соответственно будет оставаться постоянной и шток 7 остановится в каком-то неподвижном промежуточном или крайнем состоянии, соответствующем заданному положению педали 1. В связи с тем, что в процессе выключения сцепления полость С сообщается с полостью В, поступление сжатого воздуха и давление в полости В будет увеличиваться. Усилие со стороны поршня 9, находящегося под действием данного давления и пружины 10 начнет также возрастать и превысит усилие пружины 8. Тогда поршень 9 вместе с клапаном 11 начнет перемещаться вверх, сжимая пружину 8. Перемещение поршня 9 вместе с клапаном 11 будет продолжаться до тех пор, пока клапан 11 не закроется. В этот момент времени полость С отсоединится от полости В и поступление сжатого воздуха и следовательно увеличение давления в полости В прекращается. Увеличение усилия со стороны поршня 9, находящегося под действием давления в полости В и пружины 10 также прекратится и оно станет равным усилию пружины 8. Дальнейшее движение поршня 9 и клапана 11 при неподвижном штоке 7 становится невозможным. Давление в рабочей полости Д исполнительного цилиндра 5 соответствует давлению в полости В и не изменяется. Положение поршня 13 и штока 15 фиксируется и соответствует какому-то промежуточному положению педали 1.

атмосферы и уменьшение давления в полости В прекратится. Падение усилия со стороны поршня 9, находящегося под действием давления и пружины 10 также прекратится, и оно станет равным усилию пружины 8. Дальнейшее движение поршня 9 и клапана 11 при неподвижном штоке 7 становится невозможным. Давление в рабочей полости Д исполнительного цилиндра 5 соответствует давлению в полости В и не изменяется. Положение поршня 13 и штока 15 фиксируется и соответствует какому-то промежуточному положению педали 1.

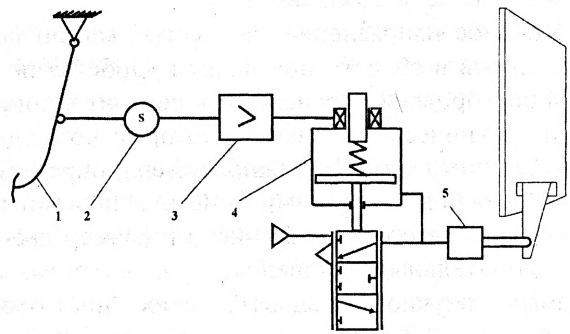


Рис. 1 Схема привода сцепления

Когда педаль 1 остановлена в каком-то промежуточном положении, в процессе включения сцепления, величина выходного сигнала датчика положения 2 не будет изменяться, соответственно, электрический сигнал, подаваемый с усилителя электрических сигналов 3 на обмотку электромагнита 6 также не будет изменяться. Величина электромагнитной силы соответственно остается постоянной и шток 7 остается неподвижным в каком-то промежуточном положении, соответствующем заданному положению педали 1. В связи с тем, что в процессе включения сцепления полость В сообщается с полостью А и атмосферой, давление в полости В будет снижаться. Усилие со стороны поршня 9, находящегося под действием данного давления и пружины 10 начнет также падать и станет меньше усилия пружины 8. Тогда поршень 9 начнет перемещаться вниз под действием пружины 8. Перемещение поршня 9 будет продолжаться до тех пор, пока поршень 9 не упрется своим седлом в клапан 11. В этот момент времени полость В отсоединится от полости А и

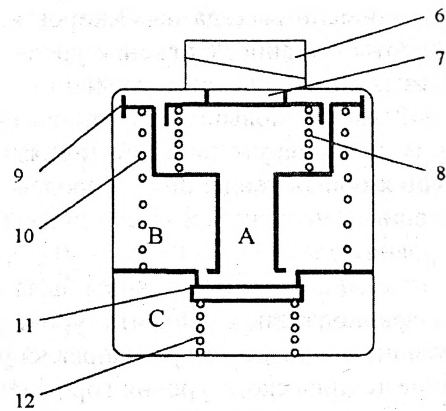


Рис.2 Схема электрораспределителя

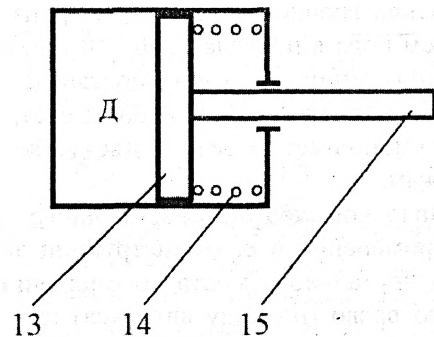


Рис.3 Схема исполнительного цилиндра

ТРАНСМИССИЯ ГОРОДСКОГО АВТОБУСА

Основные направления в современном городском автобусостроении состоят в конструировании и производстве автобусов, органически вливающих в интерьер городов. Это относится к стилю внешнего облика с новейшими технологиями производства и к высокой динамичности, позволяющей не стеснять напряженное движение потоков городского транспорта, и к степени комфортабельности пассажиров.

Основное направление творческой мысли конструкторов в области повышения удобства пользования городским транспортом состоит в поиске таких технических решений, которые позволили бы увеличить темп пассажирообмена, определяемого, в основном, такими конструктивными параметрами автобусов, как число и размер дверей и накопительных площадок, уровень пола. По данным научно-исследовательских институтов увеличение в 2 раза таких параметров, как площадь накопительных площадок в зоне дверей и общей ширины дверей вызывает уменьшение удельного времени выхода пассажиров на 5,18% и 14,9% соответственно; снижение уровня пола в 2 раза вызывает уменьшение удельного времени выхода в 2 раза и повышает среднюю скорость сообщения на маршруте на 5,6%. В связи с этим наблюдается общая тенденция в городском автобусостроении в увеличении числа дверей и снижении уровня пола.

В середине 70-х в странах Европы была сделана попытка законодательно снизить уровень пола при помощи комплекса мер, направленного на повышение технического уровня городских автобусов. Довольно жесткие по тому времени требования (432 мм) в последующем были пересмотрены в сторону увеличения, и значительная часть европейских городских автобусов производилась с уровнем пола в пределах 560-710 мм, причем в ряде конструкций «низкопольность» обеспечивалась либо за счет пандуса, либо за счет управления пневмоподвеской при подъезде автобуса к остановкам.

Оригинальной чертой современного автобуса стало применение в его конструкции так называемого порталного моста со смещенным максимально влево (по ходу автобуса) главным редуктором и бортовыми передачами, обеспечивающими ступенчатую (по высоте) передачу крутящего момента от входного фланца моста до

ступиц колес с целью создания свободного пространства над балкой картера и низкого уровня пола в этом промежутке. При этом главная пара выполняется неортогональной (80°) для максимального смещения двигателя к левому борту автобуса. Такая конструкция ведущего моста широко используется в городских автобусах лидеров европейского автобусного производства, представляющих собой объединение высоких технологий, современного дизайна и высокой степени комфортабельности за счет решения комплекса компоновочных задач.

Необходимость решения актуальных для современного городского автобуса задач, какими на сегодняшний день являются вопросы, связанные с темпом пассажирообмена, требует создание специальных конструкций трансмиссий, обеспечивающих значительное снижение уровня пола.

Первым этапом на пути создания оптимальной конструкции трансмиссии с заданными свойствами является обоснование компоновочной схемы автобуса и кинематической схемы его ведущего моста как основного узла, влияющего на уровень пола в пространстве между колесными нишами.

На рис. 1 приведены фотографии городских автобусов лидеров мирового автобусостроения — Mercedes и Scania. Характерной особенностью данных автобусов является удобство посадки и высадки пассажиров, что для городских перевозок имеет немаловажное значение. Отсюда можно сделать вывод о приоритетном развитии в городском автобусостроении конструкций с низким уровнем пола.

Высокие требования, предъявляемые к компоновочным характеристикам городских автобусов, предопределили основные схемы их трансмиссий. Схема компоновки автобуса выбирается на основе анализа отечественного и зарубежного опыта разработки и эксплуатации городского автобусного парка с учетом современных тенденций в компоновке трансмиссии (схемы «а — з» на рис. 2) при обеспечении необходимых тягово-скоростных свойств и управляемости (особенно это касается сочлененных автобусов — схемы «в, з, л, о, п, р»). При этом необходимо отметить, что не все схемы позволяют обеспечить низкий уровень пола, учитывая необходимость расположения узлов и агрегатов трансмиссии (схемы «и» — «р»).



Рис. 1. Городские автобусы Mercedes и Scania

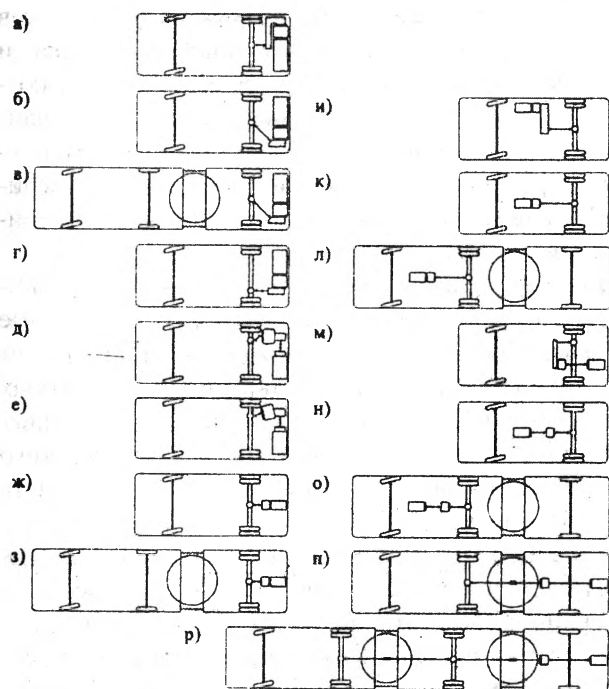


Рис. 2. Компонировочные схемы автобусов

Из рис. 2 видно большое разнообразие применяемых схем автобусных компоновок. Следует отметить, что вариант с передним расположением двигателя (и коробки передач) как таковой изжил себя по причине неблагоприятного распределения осевых нагрузок на дорогу и уменьшения пе-

реднего свеса. Кроме того, к недостаткам такой компоновки следует отнести сложности при изоляции салона от двигателя, а также применении многосвальной трансмиссии.

При расположении двигателя внутри базы (схемы на рис. 2 и, к, л, н, о) распределение осевых нагрузок на дорогу улучшается незначительно, однако наличие люков в полу салона, затрудненный доступ к силовому агрегату в этом случае, в отличие от первого варианта, сложность защиты двигателя от загрязнения снизу можно также отнести к недостаткам этой компоновочной схемы. Кроме того, данная конструкция в значительной мере определяет положение (высоту) пола автобуса, что наиболее важно для городского автобуса.

В силу указанных причин на сегодняшний день наиболее приемлемой для использования в городских условиях оказывается схема трансмиссии с задним расположением двигателя (схемы на рис. 2 а-з, м, п, р). К ее преимуществам можно также отнести: хорошее распределение осевых нагрузок, надежная изоляция двигателя и трансмиссии от салона, хороший доступ к двигателю, возможность снижения уровня пола до уровня первой ступеньки. Именно последнее достоинство стало определяющим при выборе компоновочной схемы современного городского автобуса.

Однако, если компоновка низкого уровня пола в пространстве над передней осью не вызывает значительных трудностей (за исключением незначительных изменений конструкции передней оси), то для создания низкого уровня пола между нишами ведущих колес требуется применение специальных конструкций ведущих мостов (см рис. 3 и 4).

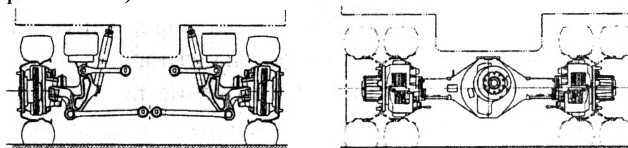


Рис. 3. Классическая компоновка салона в пространстве над передней осью и задним ведущим мостом

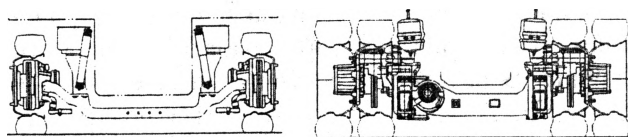


Рис. 4. Современная компоновка салона в пространстве над передней осью и задним ведущим мостом

Выбор кинематической схемы ведущего моста является одним из основных, следующих за вы-

бором схемы компоновки автобуса, этапов, учитывая определяющую роль элементов данного узла на положение уровня пола.

Ряд вариантов конструктивных решений ведущих мостов, позволяющих обеспечить снижение уровня пола, обладая в определенных вопросах явными преимуществами, в то же время не могут в полной мере отвечать главному требованию к трансмиссиям такого типа, учитывая то незначительное пространство, которое они позволяют высвободить для компоновки салона автобуса.

Выделяя основные требования при проектировании ведущего моста городского автобуса, сле-

дует отметить его значительную ограниченность с одной стороны компоновочными параметрами салона автобуса (по максимальным габаритам) и прочностными свойствами — с другой стороны (по минимальным габаритам).

В связи с этим возникает необходимость постановки к решению оптимизационной задачи по нахождению параметров ведущего моста, отвечающего всем требованиям, предъявляемым к трансмиссии автобуса городского типа, а также создания имитационной модели трансмиссии как средства решения указанных задач.

УДК 629.113 – 585

АВТОКОЛЕБАНИЯ В ЦИФРОВЫХ ПРИВОДАХ СЦЕПЛЕНИЙ

Ю.М. Захарик, к.т.н., Ан.М. Захарик, к.т.н., Ал.М. Захарик, к.т.н.

Алгоритм работы электронного блока управления рабочими процессами в приводах с электропневмоклапанами впуска и выпуска может базироваться на основе функционирования релейного элемента с пороговыми значениями, равными нулю, $\chi_0 = 0$. В начальный момент времени (точка 0, рис. 1.) регулируемая величина P и задающее воздействие P_f совпадают. Подается команда на отключение электромагнитного клапана впуска (клапан выпуска закрыт). Однако, в последующие моменты времени не наблюдается совпадения величин P_f и P из-за запаздывания срабатывания электромагнитного клапана. Давление P возрастает в течение времени $\Delta t = \Delta t_1 = \Delta t_2$. Так как на участке 0-1 переходного процесса давление в исполнительном цилиндре P превышает задаваемое давление P_f , то электронным блоком формируется сигнал на включение электромагнитного клапана выпуска, чтобы обеспечить снижение регулируемой величины P . В момент времени t_1 клапан выпуска открывается и происходит снижение давления P на участке 1-2. В точке 2 обесточивается электромагнитный клапан выпуска ($U_n = 0$). Однако, ожидаемой выдержки давления P не происходит из-за запаздывания срабатывания этого клапана. В результате регулируемая величина P на участке 2-3 продолжает снижаться по отношению к задающему воздействию P_f . В точке 3 формируется команда на включение впускного клапана и процесс регулирования повторяется.

Сравнивая переходные процессы при использовании релейных элементов с положительным

гистерезисом и без зоны нечувствительности в системе управления, можно сделать вывод об уменьшении максимального отклонения ΔP_m регулируемой величины на 12,8 % при работе системы без гистерезиса. Это объясняется тем, что в первом случае отключение клапана впуска и включение клапана выпуска осуществляется позже: через промежуток времени, когда управляющий сигнал сменил знак. И в том, и в другом случае управление осуществляется по средней величине давления в полости исполнительного цилиндра.

Логично предположить, что дальнейшее снижение максимального отклонения ΔP_m в системе управления такого типа можно достичь за счет увеличения быстродействия электромагнитных клапанов. Так, указанная величина ΔP_m , по сравнению с ранее рассмотренной для переходного процесса, изображенного на рис. 1, может быть уменьшена на 10 ... 30 %.

Анализ процессов, протекающих в приводе, показывает, что уменьшение амплитуды колебаний регулируемой величины сопряжено с увеличением частоты срабатывания клапанов. Различие состоит в том, что данный результат достигается в первом случае за счет повышения быстродействия электромагнитных клапанов, в другом — за счет настройки параметров электронного блока управления. Необходимо отметить, что сопутствующее увеличение частоты колебательного процесса увеличивает цикловую нагруженность клапанов.

Рассматриваемые процессы в системе управления не устраняют особый вид установившегося процесса – автоколебания. Как видно из рис. 1, при отсутствии внешних колебательных воздействий на начальном участке переходного процесса ($\dot{P}_f = 0$) возникают устойчивые колебания с постоянной амплитудой. Такой режим может возникнуть при парковке автомобиля, когда задающее воздействие P_f в течение определенного времени остается постоянным на каком-либо заданном водителем уровне. Это приводит к непроизводительному расходу энергоносителя, ускоренному износу поршневых уплотнений исполнительного цилиндра и клапанов, вызванному возвратно-поступательным характером перемещения подвижных элементов. Перечисленные выше методы лишь снижают интенсивность колебательного процесса, не устраняя его полностью.

Для исключения автоколебательного процесса в исполнительном механизме в систему управления необходимо дополнительно вводить зону нечувствительности. Если при положительном гистерезисе отключение электромагнитного клапана выпуска осуществлялось на участке 2-3 переходного процесса, без зоны нечувствительности в точке 2, то, очевидно, для достижения совпадения требуемого и действительного давления необходимо клапан обесточить несколько раньше – на участке 1-2 с учетом времени запаздывания клапана Δt_2 . Дальнейшее снижение величины отклонения давления ΔP_m можно осуществить за счет введения в систему управления релейного элемента с отрицательным гистерезисом. Однако, в этом случае допускаются переключения клапанов внутри гистерезиса, что приводит к снижению устойчивости системы.

Последующее улучшение качества регулирования процессов в электропневмоприводе сопряжено с необходимостью коррекции зоны нечувствительности.

На основании комплекса проведенных испытаний установлено, что при снижении текущего давления в рабочей полости цилиндра P при одной и той же длительности импульса $T_n = 0,012$ с для клапана с запаздыванием Δt_1 и Δt_2 происходит уменьшение исследуемого параметра ΔP . Полученная закономерность изменения амплитуды ΔP сопряжена с нелинейным характером изменения давления P в рабочей полости исполнительного цилиндра. Причем, более высокому значению текущего давления P в силовом цилиндре соот-

ветствует более интенсивное снижение регулируемой величины. Так как величина порога регулирования определяется интенсивностью снижения давления, следовательно, необходимо регулировать зону нечувствительности в зависимости от текущего давления.

Процесс опорожнения цилиндра описывается зависимостью, левая часть которой представляет собой интенсивность изменения регулируемой величины $\dot{P} = dP/dt$. Предположив, что за конечный временной интервал переходного процесса Δt включения величина \dot{P} остается постоянной, для данного интервала можно записать $\dot{P} = \Delta P / \Delta t$. Тогда кривая переходного процесса $P(t)$ заменяется кусочно-линейной функцией. При релейном регулировании, с точки зрения минимизации максимального отклонения ΔP_m , необходимо обеспечить совпадение требуемого и действительного давления в цилиндре после выдачи команды на отключение клапана, который закрывается лишь через временной интервал Δt_2 . Это требование будет выполнено при $\chi_0(\dot{P}) = \Delta P = \dot{P} \cdot \Delta t_2$. Тогда условие исключения автоколебаний в системе будет выглядеть следующим образом:

$$\chi_0(\dot{P}) \geq \dot{P} \cdot \Delta t_2$$

В случае использования быстродействующих клапанов с запаздыванием Δt_2 меньше 0,01 с, предположение о постоянной скорости изменения давления в течение невысокой длительности указанного временного интервала можно считать вполне приемлемыми, что подтверждается также результатами испытаний.

При ступенчатом входном воздействии в первые моменты времени уменьшение регулируемой величины происходит не мгновенно, а с интенсивностью, определяемой величиной пропускной способности клапана выпуска, находящегося в открытом положении (предполагается, что к моменту времени $t = 0$ произошло его открытие). При выполнении условия $P_f \leq P_1 + \chi_0$ выдается команда на отключение клапана, который закрывается лишь через временной интервал Δt_2 . Величина ΔP_1 при этом определяет ошибку регулирования, которую необходимо свести к нулю. Предположим, зона нечувствительности χ_0 предварительно подобрана таким образом, чтобы обеспечить полное совпадение задаваемого давления P_2 и давления P в исполнительном цилиндре. Для этого случая $\Delta P_2 = 0$. В дальнейшем, настроенный исходя из данного условия, порог ре-

гулирования принят постоянным. При задании давления P_3 ($P_3 < P_2$) возникает ошибка регулирования ΔP_3 . Появление такой ошибки связано с тем, что, как следует из рис. 1, меньшей величине текущего давления соответствует меньшая скорость снижения регулируемой величины. Следовательно, после отключения электромагнитного клапана регулируемая величина снижается на меньшую величину за промежуток времени Δt_2 по сравнению с ранее рассмотренной. В случае, если задаваемое давление P_1 будет меньше P_2 , по которому предварительно был настроен порог регулирования χ_0 , давление в рабочей полости цилиндра P будет опережать задаваемое P_1 на величину $-\Delta P_1$.

текущее давление P в цилиндре, но и скорость изменения входной величины \dot{P}_f , задаваемой водителем. В случае, если производная \dot{P}_f равна нулю, то зона нечувствительности, определяемая по выражению $\chi_0(\dot{P}) = \dot{P} \cdot \Delta t_2$, как было показано ранее, полностью исключает ошибку ΔP_1 . Однако, при изменении задаваемого давления ($\dot{P}_f \neq 0$) появляется составляющая ΔP_f , которая показывает, на какую величину произошло снижение задаваемого давления за временной интервал Δt_2 после снятия управляющего воздействия с обмотки электромагнита. Приняв линейное изменение \dot{P}_f за промежуток времени Δt_2 , обозначим $\chi'_0 =$

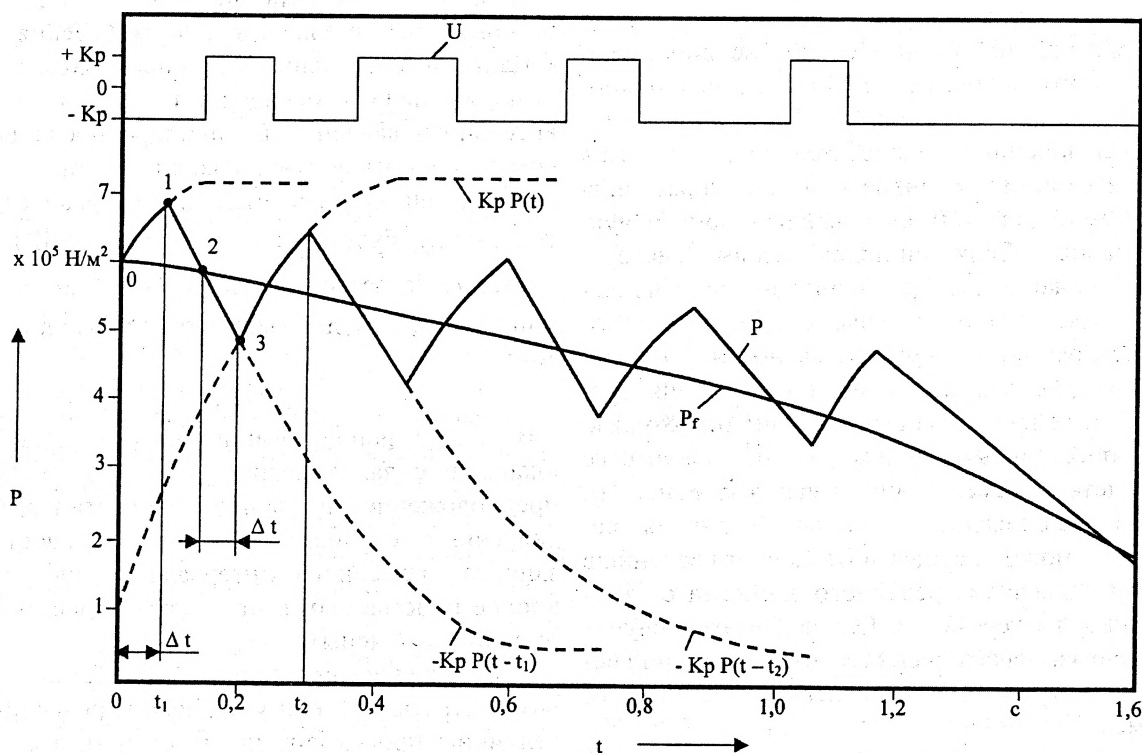


Рис. 1. Результаты моделирования переходного процесса в системе управления сцеплением без зоны нечувствительности

Таким образом, зону нечувствительности χ_0 необходимо корректировать: для давление P_1 : $\chi'_0 = \chi_0 + \Delta P_1$, что эквивалентно более раннему отключению электромагнитного клапана, для давления P_3 : $\chi'_0 = \chi_0 - \Delta P_3$, что эквивалентно более позднему отключению клапана. В случае "подвижного" порога регулирования, зависящего от текущей величины давления в рабочей полости цилиндра $\chi_0(\dot{P}) = \dot{P} \cdot \Delta t_2$, величина ΔP_1 будет сведена к нулю в диапазоне рабочих давлений.

Установлено, что на выбор величины порога регулирования χ_0 оказывает влияние не только

$= \Delta P_f = \dot{P}_f \cdot \Delta t_2$. Тогда величина скорректированного порога $\chi_0(\dot{P})$ должна быть уменьшена на χ'_0 для полного совпадения задаваемого и действительного давления. С учетом вышесказанного, результирующая величина зоны нечувствительности определяется следующим образом:

$$\chi_0(\dot{P}, \dot{P}_f) = (\dot{P} - \dot{P}_f) \cdot \Delta t_2.$$

При сравнении с ранее рассмотренными переходными процессами максимальная величина отклонения на участке включения уменьшилась на 28%.

БИТВА В ПУТИ

Каждый год в августе отмечается день железнодорожника. Это одна из основных отраслей народного хозяйства. Она играет стратегическую роль во всех глобальных процессах, происходящих в стране. Сегодня хочется отметить вклад тружеников стальных магистралей в дело Победы в дни ВОВ.

Велика заслуга железнодорожников в период ВОВ. Оценивая их работу на первом этапе войны М.И. Калинин отмечал «Наши железнодорожники проделали гигантскую работу. Проявили повсеместно настоящий героизм. На тысячи километров с запада на восток они перекинули горы оборудования, материалов, зерна и миллионы спасавшихся от фашистских варваров людей. Страна этого не забудет и высоко ценит работников железнодорожного транспорта за проделанную работу».

В 1941 г. в труднейших условиях, под огнем противника, из прифронтовой полосы было вывезено около 30 тысяч поездов. В течение нескольких месяцев в глубь страны было перебазировано более 1360 крупных предприятий, в том числе сотни из Республики Беларусь. На тысячи километров перемещена целая индустриальная держава. Это был беспримерный подвиг народа.

Был высокоорганизованным и поток с востока на запад, на фронт. Составы с войсками, вооружением, снаряжением, продовольствием шли на фронт по часам. Характер работы железнодорожников требовал строгой дисциплины и единоначалия. Указом президиума Верховного Совета СССР от 15 апреля 1943 года на железных дорогах было введено военное положение, по которому все рабочие и служащие железнодорожного транспорта на период войны считались мобилизованными и закреплялись для работы на железных дорогах. Введена была воинская дисциплина на транспорте.

Великая Отечественная война жестко продиктовала железнодорожникам свои требования: бесперебойно держать связь фронта и тыла, своевременно доставлять на фронт войска, вооружение, боеприпасы, продовольствие. Наряду с осуществлением военных перевозок железнодорожники выполняли большие объемы перевозок различных грузов для работы промышленности тыла, питающего фронт.

На протяжении всех лет войны шла упорная борьба за быстрое продвижение поездов.

Фронтные колонны паровозов совершали скоростные рейсы, делая в сутки по 450-500 км.

На железных дорогах рождались ценные инициативы поиска повсеместного использования резервов повышения пропускной способности дорог. Например, машинисты паровозных колонн южно-уральской дороги провели более 9 тысяч тяжеловесных поездов, в которых дополнительно перевезено около 7 млн. тонн грузов. Отмечены изумительные примеры массовой

трудовой доблести железнодорожников. Машинист южно-уральской дороги Терехов вел воинский поезд. В пути он обнаружил неисправность в топке паровоза, что угрожало остановкой. Машинист при невыносимой жаре в топке, укутался одеждой и рискуя жизнью устранил неисправность на ходу. Поезд с воинским грузом продолжал маршрут без остановки.

Период борьбы за Сталинград особенно богат героическими подвигами железнодорожников.

Под огнем противника прокладывались новые железнодорожные пути. Железнодорожные рельсы и шпалы часто снимались с недействующих магистралей. Из соседних дорог направлялись специалисты в помощь напряженным участкам дорог. На многих направлениях к фронту поезда шли вслед один за другим на расстоянии видимости сигналов. Железнодорожники и члены их семей стояли день и ночь на постах с сигналами на многих трассах на расстоянии 1—1,5 км друг от друга. Длина поездов часто превышала длину станционных путей. Поезда не останавливали, и они продолжали движение.

Деятельность работников советских железных дорог в суровой и сложной обстановке Великой Отечественной войны отражала нерушимую сплоченность и монолитность советского тыла. Экономика Советского государства, в том числе его железной дороги, с честью выдержали жестокие испытания. Советские железные дороги служили надежными коммуникациями действующей армии.

Напряженная обстановка царил у железнодорожников в ходе операции «Багратион» в Белоруссии. Командование фронтов хорошо позаботилось о всестороннем боевом и материальном обеспечении войск. Железнодорожникам пришлось за три недели доставить на фронты свыше 1,4 млн. вагонов, более 75 тыс. вагонов с техникой, боеприпасами, горючим, продовольствием. Надо было восстанавливать разрушенные мосты, станционное обустройство, построить заново многие километры железнодорожных путей. Важной задачей считалось сохранение в тайне замыслов военных операций, чтобы достичь внезапности наступления. Выдвижение огромных масс войск проводилось скрытно, с соблюдением строжайшей маскировки.

И с этой задачей железнодорожники справились, что способствовало успеху наступающих войск.

После освобождения Белоруссии от немецко-фашистских оккупантов, по железным дорогам в республику шла неоценимая помощь для восстановления и развития народного хозяйства.

Традиции железнодорожников времен Великой Отечественной войны не должны быть забыты. Они нам дороги.

*Богдан Агафья Тимофеевна,
ветеран-железнодорожник станции
Оренбург южно-уральской железной дороги*

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ ПРОВЕЛО СЕМИНАРЫ:

10.07.2003г.

«Современные технологии и оборудование для защиты от коррозии конструкций, оборудования и трубопроводов»

Были заслушаны и обсуждены доклады:

Государственная научно-техническая программа «Новые материалы и защита поверхностей» – *Ильющенко А.Ф.* – д.т.н., директор Института порошковой металлургии НАН Беларуси

Технология и оборудование для защиты от коррозии подземных сооружений (сталь, бетон) – *Яркович А.К.* – НИКТИ СП с ОП

Технология антифрикционных покрытий с последующим лазерным модифицированием – *Девойно О.Г.* – д.т.н., БНТУ

Защита от коррозии систем газоснабжения – *Струцкий О.Г.* – зам. начальника управления систем газоснабжения, концерн «Белтопгаз»

Оборудование для гальванических покрытий и очистки промывных вод – *Чирков Ю.М.* – зам. директора УП «Газпромдиагностика»

Защита черных металлов покрытием «ZINGA» – *Казак И.В.* – рук. отдела покрытий, группа компаний «Ost», Бельгия

Практика защиты строительных конструкций и сооружений (сталь, бетон) – *Цубо А.И.* – гл. инженер УП «Белспецэнерго»

Порошковые краски фирмы «RAL» (Италия) – *Курига Н.И.* – директор научно-производственного РУП «Микрон-ВИП»

4.09.2003г.

«Котельные и теплосети — подготовка к осенне-зимнему сезону 2003-2004 гг.»

Проблемы и пути повышения надежности и энергоэффективности теплотехнического хозяйства республики – *Тур И.В.* – начальник ПТО Комэнергоэффективности

Когенерация в теплоснабжении. – *Ганжа В.Л.* – д.т.н., профессор, зав. лабораторией рациональной энергетики ИТМО им. Лыкова

Рациональный вводно-химический режим работы котельных установок как резерв энерго- и ресурсосбережения – *Хайютина Е.С.* – рук. группы «Белэнергоремналадка»

Неисправности в работе промышленных водогрейных и паровых котельных установок, их предупреждение и устранение – *Локтик А.Д.* – вед. специалист, Минская областная инспекция Госпроматомнадзора

Примеры решений в выборе основного и вспомогательного оборудования, а также видов топлива в УП «Жилтеплосервис» – *Боровик Т.Ф.* – гл. теплотехник, г. Пуховичи

Экспресс диагностика и производственный контроль топочного режима котлов – *Чередниченко И.К.* – СП «Природоохранные и энергосберегающие технологии»

Состоялся осмотр постоянной действующей выставки «Энергосбережение — XXI век»

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ЦИНКОВАНИЯ

В.И. Гуцин, ООО «Полимерпокрытие», г. Минск

«Холодное цинкование» — современный метод долговременной защиты стали от коррозии. Заключается в использовании лакокрасочных композиций, содержащих в качестве пигмента высокодисперсный порошок цинка. Композиции наносятся на поверхность изделий традиционными лакокрасочными способами. После высыхания образуют покрытия с высоким содержанием цинка, которые осуществляют эффективную протекторную (катодную) защиту стали аналогично цинковым металлическим покрытиям (горячеоцинкованным, гальваническим, металлизирован-

ным). Благодаря этому метод получил название «холодное цинкование».

ООО «Полимерпокрытие» является официальным представителем в РБ российского разработчика и производителя составов и систем для холодного цинкования- ЗАО НПП ВМП. В настоящее время ВМП производит 6 составов на цинковой основе, 4 на алюминиевой, а также специальные покрытия ЛКМ.

Эти материалы предназначены для защиты в следующих условиях эксплуатации:

- атмосферные условия всех климатических зон.

типов и категорий размещения;

- морская и пресная вода, водные растворы солей;

- питьевая вода (ЦВЭС и ЦИНОЛ);

- нефть и нефтепродукты.

Цинкнаполненные материалы используются:

- в качестве самостоятельных защитных покрытий;

- в качестве грунтовок в комплексных системах защиты в сочетании с покрывными композициями производства НПП ВМП, а также с другими лакокрасочными материалами;

- для ремонта цинковых металлических покрытий.

Толщина покрытия и количество наносимых слоев зависят от условий эксплуатации объекта. Для обеспечения длительной защиты в атмосферных условиях рекомендуется нанесение покрытий толщиной 80—120 мкм (2—3 слоя), в жидких средах (вода, нефть, нефтепродукты) — толщиной 120—160 мкм, при этом ориентировочный расход композиции в первом случае составляет — 0,5—0,6 кг/м²; во втором — 0,6—1,0 кг/м².

Свойства покрытий

Цвет — серый. Содержание цинка в сухом покрытии — более 80 %.

Высокие физико-механические и защитные свойства: адгезия — 1 балл; прочность при ударе — не менее 50 см; сохранение защитных свойств в условиях промышленной атмосферы умеренного климата - не менее 10 лет (при условии дробеструйной очистки поверхности и толщине покрытия не менее 40 мкм).

Термостойкость — до 150 °С (кратковременно до 200 °С); у ЦИНОТЕРМА — до 35 °С, кратковременно — до 400 °С.

Покрытия пожаробезопасны, относятся к материалам, не распространяющим пламя по поверхности.

Технология нанесения

Условия нанесения— композиции наносятся в заводских и полевых условиях при температурах от -15 до + 40 °С.

Подготовка поверхности. Рекомендуется дробе(песко)-струйная очистка до степени 2 по ГОСТ 9.402-80 или Sa 2,5 в соответствии с требованиями ISO 8501-1:1998.

Способы нанесения: пневматическое и безвоздушное распыление, кисть, валик.

Сушка — естественная. Покрытия быстросохнущие: у большинства композиций время высыхания 1 слоя при 20 °С «наотлип» — не более 30 минут.

По описанной технологии в Беларуси защищаются:

- *автомобильные и железнодорожные мосты* (ж/д мост через р. Неман Бараноичи-Лида, пешеходный мост в г. Осиповичи);

- *дорожные ограждения* (элементы МКАД, элементы дорожных ограждений Бобруйского моста);

- *опоры линий электропередачи* (осветительные столбы — заказчик ОАО «Белсельэлектросетьстрой»);

- *металлические конструкции промышленных зданий и сооружений* (склад калийных удобрений РУП ПО «Беларуськалий», СОК «Олимпийский» г. Минск);

- *резервуары для хранения топлива и нефтепродуктов;*

- *трубы и резервуары в системах горячего и холодного водоснабжения* (емкости для технической воды ЗАО «Белспецэнерго» в г. Барановичи);

- *гидросооружения;*

- *речные и морские судна.*

Специалисты ООО «Полимерпокрытий» осуществляют консультационную поддержку и помощь в проведении этих работ.

БЛОК-СХЕМЫ ПЛАНОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ В СИСТЕМАХ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.Ф. Дядичкин (ОО «БОИМ»)

В целях обеспечения безопасной эксплуатации систем газоснабжения производственных объектов закон республики Беларусь о газоснабжении № 176-3 от 4.01. 2003 года и Правила безопасности в газовом хозяйстве обязывают газоснабжающие организации разрабатывать планы локализации и ликвидации возможных аварий, пожаров, осуществлять подготовку эксплуатационных работников к действиям при возникновении чрезвычайных ситуаций. Газовые службы промышленных и коммунально-бытовых предприятий

такие планы составляют в виде текстовых документов, отпечатанных на отдельных листах писчей бумаги произвольно, так как методических рекомендаций по их составлению нет. Пользоваться такими планами в случае проведения аварийных работ или для подготовки работников систем газоснабжения предприятий к действиям в аварийных ситуациях не совсем удобно в связи с тем, что они не отражают взаимосвязь отдельных событий аварийных ситуаций в комплексе всего плана и его отдельных элементов.

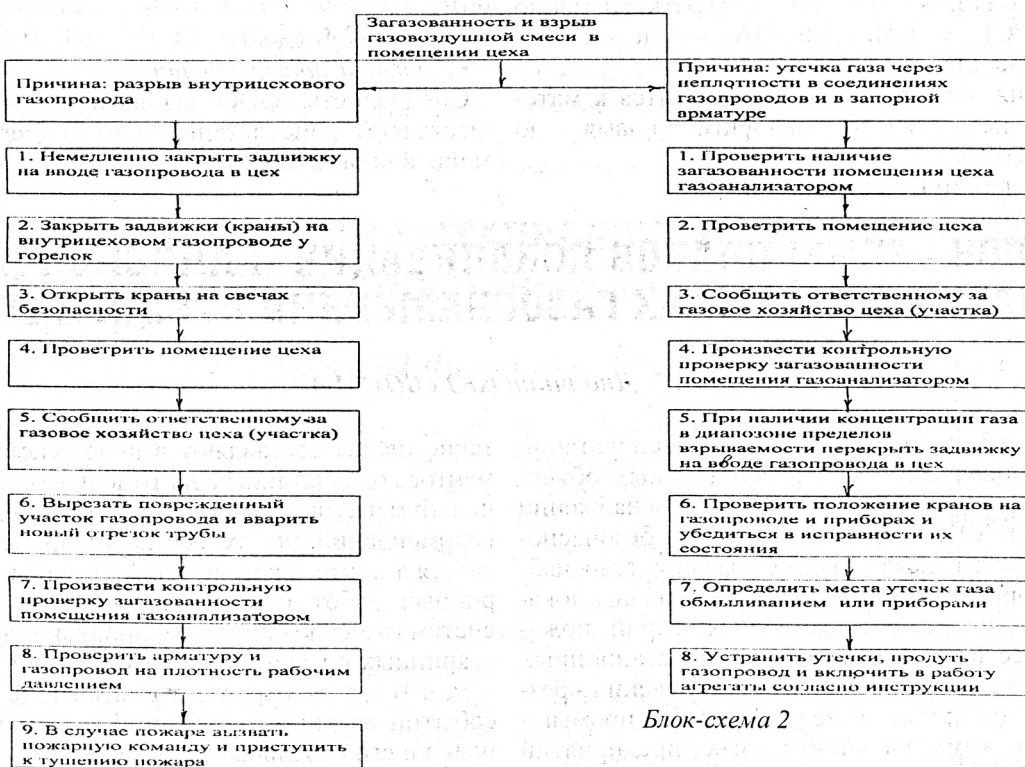
Ниже в статье предлагаются простые, удобные для понимания, восприятия и применения блок-схемы планов локализации и ликвидации следующих аварийных ситуаций:

1. Взрывы газозудной смеси в помещении цеха промышленного предприятия.

2. Внезапное прекращение горения газа и взрывы в топках газопользующих установок и агрегатах цеха.

Регулярное изучение планов локализации и ликвидации возможных неполадок в работе обору-

дования газопользующих установок и агрегатов газифицированных предприятий персоналом, занятым обслуживанием такого оборудования, позволяет своевременно и правильно оценить ими обстановку, выявить причины аварий и принять оперативное грамотное решение по их устранению. Приведенные в статье блок-схемы планов были опробованы на занятиях в процессе обучения обслуживающего персонала на ряде предприятий, получили одобрение и могут быть рекомендованы к широкому применению.



МЕХАНИКА И УПРАВЛЕНИЕ МАШИНАМИ

И.И. Артоболевский

(Одна из последних публикаций академика)

Нелегко прогнозировать будущее любой науки, особенно в наш век научно-технической революции. Еще великий Д.И. Менделеев писал: «Границ научному познанию и предсказанию предвидеть невозможно». Вот почему я заранее прошу не упрекать меня в возможной субъективности изложения или недостаточной его убедительности.

Я хочу попробовать на базе уже достигнутого в науке о машинах очень осторожно наметить путь ее дальнейшего развития. Но для этого необходимо хотя бы кратко осветить историю развития теории машин и механизмов.

Читатель может спросить: какой смысл говорить о прошлом этой науки, когда так широк и многообещающ спектр проблем будущего? В подкрепление своей постановки вопроса я сошлюсь на слова одного из наших современников, крупнейшего физика, создателя квантовой механики В. Гейзенберга. Он писал: «Чтобы обозреть прогресс науки в целом, полезно сравнить современные проблемы науки с проблемами предшествующей эпохи и исследовать те специфические изменения, которые претерпела та или иная важная проблема в течение десятилетий или даже столетий».

Но решив изложить прошлое науки о машинах, я, естественно, должен хотя бы приближенно установить начало ее зарождения. Это особенно трудно сделать в нашем случае, так как простые и сложные машины применялись еще в глубокой древности.

Еще во второй половине II века до нашей эры знаменитый представитель александрийской школы Герон создавал грузоподъемные и военные машины, турбины и даже простейшие автоматы для раздачи воды.

В конце I века нашей эры Марк Витрувий описывает созданные им машины и грузоподъемные сооружения, в которых он применял пространственную зубчатую передачу, архимедов винт, полиспасты и другие механизмы.

Уже в IX—X веках изобретаются часы с зубчатыми передачами. О возможности создания различных машин пишет Бекон в XIII веке. Особенно развитие машинная техника получает в период Возрождения. Здесь можно указать на знаме-

нитого гениуса Л.Б. Альберти, в сочинениях которого имеется описание различных механизмов, необходимых для строительства зданий. В его трудах мы впервые встречаемся с попыткой представить машину как совокупность отдельных механизмов.

Эпоха Возрождения неразрывно связана с именем гениального Леонардо да Винчи. Обнаруженные недавно две большие рукописи Леонардо да Винчи, носящие название «Мадридский кодекс I» и «Мадридский кодекс II», показывают, что Леонардо не только вплотную подошел к понятию механизма, но и пытался дать систематику механизмов и их деталей. Он рассматривает механизмы зубчатых передач различных видов, кулачковые, храповые, рычажные и другие механизмы и их детали. Крупнейший знаток технологического творчества Леонардо Ладислав Рети в книге «Неизвестный Леонардо» пишет о том, что Леонардо сформулировал свои идеи относительно связи теории с практикой в форме двух постулатов. Первый — «Книга о науке механизмов должна предшествовать книге об их применении». Второй — «Механика есть рай математических наук. Посредством ее достигают плода математики».

Таким образом, Леонардо впервые поставил вопрос о необходимости создания науки о механизмах и широком использовании математических методов в создании конструкций машин. Если обратиться к совокупности тех механизмов, которые рассматривал Леонардо в «Мадридском кодексе» и в «Атлантическом кодексе», то, как свидетельствует А.М. Брицио, в них содержится все 22 элемента, из которых состоят машины, описанные в классическом труде Ф. Рело «Кинематика машин». Таким образом, Леонардо более чем на три века опередил ученых XIX столетия в понимании того, что каждая машина может быть создана из совокупности одних и тех же механизмов. Он еще не использует понятия механической модели механизма, его кинематической схемы, но вплотную подошел к пониманию необходимости применения математических описаний механики машин и механизмов.

После эпохи Возрождения наука о машинах и механизмах долгое время носила чисто эмпири-

ческий, изобретательский характер. Создавались отдельные машины и механизмы, а теоретические обоснования этих конструкций, как правило, отсутствовали. Но даже эти новые машины открывали целые эпохи в развитии техники. Здесь в первую очередь надо упомянуть о Д. Уатте, как создателе паровой машины и ряда механических устройств, о русских изобретателях и конструкторах Кулибине, Ползунове, Нартове и других. К XVIII столетию относятся открытия, связанные с новыми конструкциями текстильных машин. Д. Кей изобрел свободно летящий челнок, Аркрайт — прядильную машину, Картрайт предложил конструкции механических станков и т. д. В начале XIX столетия Г. Модели был изобретен суппорт токарного станка.

Первые теоретические работы после Леонардо да Винчи относятся к XVIII веку. Здесь можно указать на семитомное сочинение Я. Лейпольда «Театр машин». Он так же, как Леонардо, выделяет отдельные механизмы, подробно описывает зубчатые зацепления и даже пишет об элементах зубчатых редукторов. Выдающуюся роль в становлении науки о машинах сыграли работы гениального математика и механика Л. Эйлера. Эйлер посвятил машинам большое количество трудов. Эйлер впервые указал на то, что машины и механизмы надо рассматривать не в состоянии покоя, а в движении, т. е. рассматривать кинематику механизмов как отдельную науку. Ему также принадлежат работы по теории трения, по зубчатым колесам, передачам с гибкой нитью и т. д.

Работы Л. Карно были в какой-то степени развитием идей Эйлера и являются первой попыткой сформулировать задачи динамики машин.

Крупнейшим вкладом в науку о машинах были труды Г. Монжа, относящиеся к концу XVIII и началу XIX века. Выдающийся геометр Монж поставил геометрию на службу инженерным наукам, создав начертательную геометрию, этот изящнейший аппарат кинематики машин и механизмов. Он развил идею о механизмах как преобразователях движения отдельных звеньев. Из выдающихся ученых, внесших значительный вклад в теорию машин, мы должны указать на А. Бетанкура. Составленные им совместно с Ланцем таблицы механизмов поражают своим богатством видов простейших машин и механизмов. В трудах Бетанкура, Ланца и Ашетта все большее внимание уделяется проблемам систематики механизмов. Ашетт, пожалуй, впервые пытается сформулировать наличие в каждой машине трех основных частей: двигателя, передаточных меха-

низмов и исполнительного органа. Понятие кинематики, в том числе и в приложении к машинам, было сформулировано А.М. Ампером в его первой таблице «Классификация человеческих знаний или синоптические таблицы наук и искусств».

В первой половине XIX столетия рядом ученых эффективно развиваются вопросы динамики машин. Так, Л. Пуассон рассматривает вопрос о построении уравнений движения машины в самом общем виде. Г. Кориолис также изучает вопросы динамики машины в самом общем виде с учетом сил, на нее действующих. Целую эпоху в науке о машинах составили труды Ж.В. Понселе. Ему принадлежит фундаментальный труд «Курс механики в приложении к машинам».

Крупным вкладом в науку о механизмах в середине XIX столетия явилась работа английского ученого Р. Виллиса, посвященная теории механизмов. Им создана классификация механизмов, основы которой до сих пор не потеряли своего значения. Важнейший вклад в теорию механизмов и машин внесли такие ученые, как Ф. Савари, М. Шаль, Т. Оливье, являвшиеся создателями кинематической геометрии и обобщенной теории зубчатых зацеплений.

Становление русской школы по теории механизмов относится к середине XIX века и непосредственно связано с именем П.Л. Чебышева. Чебышев явился основоположником теории структурного и метрического синтеза механизмов. Он глубже, чем кто-либо из его предшественников, понял роль математики в решении задач синтеза механизмов. Его труды стали тем фундаментом, на котором впоследствии были развиты аналитические методы синтеза механизмов, получившие такое широкое распространение и развитие в наше время.

Во второй половине XIX века публикуются работы выдающегося немецкого ученого Ф. Рело. Им вводятся важнейшие в теории механизмов понятия о кинематической паре и кинематической цепи. В определении механизма подчеркивается принцип замкнутости кинематической цепи, образующей механизм. Его «Теоретическая кинематика» может быть признана трудом энциклопедическим, охватывающим все стороны учения о механизмах. Идеи Рело легли в основу методов структурного, кинематического и динамического анализа механизмов и до сих пор не потеряли своего значения.

Продолжение в следующем номере

УДАРИМ АВТОПРОБЕГОМ ПО...

ПРОБЛЕМЫ ТРЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКЕ
ДВЕ СТОРОНЫ ОДНОЙ МЕДАЛИ*(Продолжение. Начало см. в № 2(11) - № 2 (19) 2003 г.)*

Ориентация молекул на твердой поверхности начинается тотчас после образования первичной мономолекулярной пленки и распространяется далее, пока не будет достигнуто устойчивое состояние ориентации, максимальное у твердой поверхности и ослабевающее по мере удаления от нее (в удаленных от поверхности слоях тепловое движение молекул превалирует над эффектом ориентации).

Рентгеноструктурные исследования показывают, что ориентация полярных молекул простирается далеко за пределы мономолекулярного слоя, достигая в отдельных случаях до 500 рядов, что соответствует толщине примерно 1,0 мкм.

Смазывающие свойства адсорбированной пленки связывают с ее расклинивающим действием при относительном скольжении, поверхностей. Расклинивающее действие возникает на основе прочной связи молекул поверхностно-активных веществ с поверхностью трения, в результате чего граничная пленка как бы сопротивляется своему "утончению". В ней развивается противодействие, стремящееся вызвать отталкивание поверхностей, разделенных пленкой, причем оно растет с уменьшением зазора. Адсорбированные молекулы, попадая в микротрещины твердого тела, быстро распространяются в глубь трещины и оказывают на стенки значительное расклинивающее действие, могущее привести даже к разрушению поверхностных слоев металлов (эффект Ребиндера).

Адсорбированная пленка при всех своих достоинствах успешно защищает поверхности трения лишь при умеренных давлениях и температурах, которые имеют место в подшипниках скольжения, шарнирных соединениях и т.п.

Полярность молекул, входящих в состав смазочного материала, зависит от строения молекул и их размеров.

Алкановые углеводороды нормального строения не полярны, а наибольшей полярностью обладают ароматические углеводороды несимметричного строения. Особенно большая полярность у кислородных и сернистых соединений, а также смолистых веществ. Полярность возрастает с увеличением относительной молекулярной массы или вязкости нефтепродукта и оценивается вели-

чиной дипольного момента, численно равного величине заряда, умноженного на расстояние между полюсами.

Смазывающие свойства нефтепродуктов улучшаются в направлении бензины → керосины → дизельные топлива → маловязкие масла → высоковязкие масла.

К веществам, содержащимся в маслах и обладающим высоким поверхностно-активными свойствами, относятся высокомолекулярные кислоты, сернистые соединения смолистые вещества.

В процессе очистки при производстве основная масса этих веществ удаляется из масла, что приводит к ухудшению его расклинивающих (противозносных) свойств. В результате этого перочищенные масла оказываются непригодными для смазки деталей, работающих при повышенных нагрузках.

В процессе применения и хранения масло окисляется с образованием кислот, смол и прочих продуктов, обладающих повышенной полярностью. Поэтому использованное масло, как правило, лучше свежего по расклинивающим свойствам. Однако окисление масла нельзя рассматривать как способ улучшения этих свойств, так как продукты окисления вызывают коррозию и осадкообразование в двигателях.

В целях улучшения расклинивающих свойств к маслам иногда добавляют высокомолекулярные жирные кислоты, синтетические эфиры, животные жиры и растительные масла, например касторовое.

Образование полирующего химического слоя происходит в местах непосредственного контакта трущихся поверхностей, где развиваются высокие температуры (точки вспышки). К числу активных элементов масла, взаимодействующих в этих условиях с металлом, относятся сера, хлор и фосфор. В результате химических реакций получают соответственно сульфиды хлориды и фосфиды. Указанные соединения плавятся при температуре ниже, чем основной металл. По механическим свойствам продукты реакции более пластичны, текучи, чем основной металл. В результате этого в местах непосредственного контакта трущихся поверхностей схватывания (сваривания) металлов не происходит, так как образовавшиеся легкоплавкие продукты выступают в роли

своеобразной смазки (рис. 19). Поскольку точки вспышки прежде всего возникают на острых выступах поверхностей, то в этих точках и начинается химическая реакция. Высота выступов постепенно уменьшается, а поверхности становятся гладкой. В этом и заключается полирующий эффект смазочного материала. В результате уменьшения неровностей нагрузка распределяется уже на большую поверхность, а удельное давление и температура снижаются.



Рис. 19. Схема полирующего действия смазочного материала: а – возникновение "точек вспышки"; б – образование продуктов взаимодействия активных элементов смазочного материала с металлом; в – пластичный сдвиг продуктов взаимодействия (полирование): 1 – трущиеся детали; 2 – смазочный материал; 3 – продукты взаимодействия.

Полирующий эффект наблюдается в механизмах, работающих при высоких удельных давлениях и температурах в зубчатых передачах, особенно гипоидных, высоконатруженных подшипниках качения, иначе говоря, там, где возникает молекулярно-механическое изнашивание.

Полирующее свойство улучшают введением в масло 3-5%, а иногда и более полирующих присадок, которые иногда называют также противосварочными, противозадирными присадками, для сверхвысокого давления – все эти термины практически одинаковы по смыслу.

При выборе присадок предусматривают, чтобы их активный элемент выделялся и вступал в реакцию с металлом лишь в условиях высоких температур и не вызывал коррозии металла при умеренных температурах.

Поскольку свойства химических пленок, содержащих серу, хлор и фосфор, неодинаковы, практикуется комбинация элементов в присадках: могут быть присадки с одним элементом, двумя и даже тремя.

К числу присадок, содержащих серу, относятся ОТП, ЛЗ-23к и др. Из хлорных присадок широко известен совол, получаемый хлорированием дифенила (производного бензола). Фосфорные присадки получают, как правило, на основе фосфорной кислоты. Примером присадки, содержащей серу и фосфор служит присадка ЭФО. Присадка хлорэф-40 относится к хлорфосфорным присадкам. Присадка Л-309/2 является трехкомпонентной.

Смазывающие свойства масел оценивают по их химическому составу, физико-химическим показателям и по данным испытания на машинах тре-

ния, среди которых наиболее распространена четырехшариковая, основной составной частью ее является пирамида из четырех подшипниковых шариков. Три нижних шарика пирамиды закреплены неподвижно на одной плоскости в чашке машины, куда заливается испытываемое масло, а верхний шарик закрепляется во вращающемся шпинделе (рис. 20). При испытании верхний шарик прижимается к нижним, в результате на них образуются круглые пятна износа, диаметр которых зависит от режима испытаний (удельного давления, частоты вращения, температуры в чашке) и смазывающих свойств масла.

Оценка поведения масла по данным испытаний на четырехшариковой машине не всегда совпадает с его поведением в реальных условиях эксплуатации, поэтому наиболее правильную оценку смазывающих свойств получают при стендовых испытаниях на двигателях, коробках передач, ступицах колес и т.п. Критериями оценки смазывающих свойств масел при этом являются интенсивность изнашивания рабочих деталей, определяемая обмером или взвешиванием деталей, и количество продуктов износа, содержащихся в испытываемом масле.

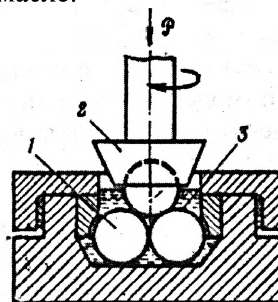


Рис. 20. Рабочий узел четырехшариковой машины: 1 – неподвижные шарикоподшипники (3); 2 – вращающийся шпиндель с четвертым шариком; 3 – испытываемое масло.

В двигателях внутреннего сгорания, агрегатах трансмиссий и других системах смазочное масло неизбежно подвергается химическим превращениям. В результате этого изменяются первоначальный состав масла, его физико-химические свойства и образуются вещества, вредно отражающиеся на состоянии трущихся деталей.

Способность масла противостоять изменению своих свойств под воздействием кислорода, температуры и других факторов называется химической стойкостью.

В основе химических превращений масла лежат реакции окисления, крекинга, полимеризации и др. Главное значение имеют процессы окисления масла.

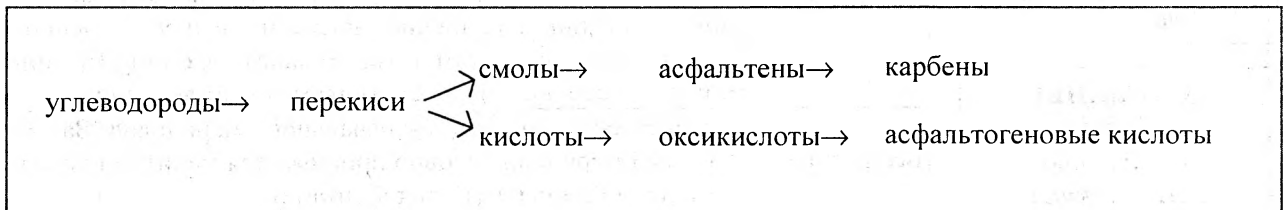
Окисление углеводородов входящих в состав смазочного масла, подчиняется тем же закономерностям, что и окисление горючего, и протека-

ет до двум основным направлениям, выражаемый следующей схемой: смолы - полужидкие вещества темно-коричневого цвета и нейтрального характера. По своему строению это полициклические высокомолекулярные соединения, содержащие кислород и серу. Асфальтены и карбены являются нейтральными продуктами превращения смол и представляют собой твердые вещества черного цвета. Кислоты и большинство оксикислот - жидкие вещества. Асфальтогеновые кислоты по внешнему виду похожи на смолы.

Скорость окисления и характер образующихся продуктов зависят от химического состава масла,

Высокотемпературные отложения возникают там, где на тонкий слой масла действует высокая температура. К ним относятся лаковые отложения и нагар.

Лаковые отложения образуются в основном в двигателях внутреннего сгорания, но обнаруживаются и на сепараторах сильно нагретых подшипников качения. Место образования лака в двигателе - это поверхность поршня, канавки поршневых колец, поршневые кольца, верхняя головка шатуна. По своему составу лаковые отложения представляют собой оксикислоты, асфальтены и другие продукты глубокого окисления масла.



температуры, величины поверхности соприкосновения масла с кислородом, наличия катализаторов и антиокислителей. Относительно легче окисляются алкановые углеводороды, наличие в молекуле ароматических колец повышает устойчивость к окислению. Масла практически начинают окисляться при 50-60 °С, причем скорость окисления возрастает по мере повышения температуры. Наиболее интенсивно термоокислительные процессы развиваются при 275-300 °С и выше.

Окисление в объеме (картере) протекает медленнее, так как доступ кислорода к нижним слоям затруднен, а в тонком слое, например, на поверхности поршня, оно интенсивнее. Быстрее всего масло окисляется в распыленном состоянии, так как в этом случае поверхность контакта масла с кислородом воздуха самая большая.

Что касается катализаторов, то ими являются мелкие частицы взноса большинства металлов трущихся поверхностей.

Вещества, замедляющие окисление, содержатся как в самом масле (смолы ароматические углеводороды), так и добавляются при его изготовлении в количестве 0,1-0,5%. Это так называемые антиокислительные присадки: производные фенола (ионол) и вещества, содержащие серу и фосфор (присадки ДФ-11, ВНИИ НП-360 и др.).

Однако условия окисления масла в системах смазки, особенно в двигателях, настолько благоприятны, что полностью затормозить этот процесс не удается. Тогда прибегают к другой мере - стараются уменьшить вред, который приносят продукты окисления появлением высокотемпературных и низкотемпературных отложений, коррозии трущихся деталей.

Лаковые отложения ухудшают теплопроводность деталей, вызывают пригорание колец, в результате чего уменьшается мощность двигателя из-за потери компрессии увеличиваются потери энергии на трение, усиливается изнашивание, часто сопровождаемое поломкой колец и заклиниванием поршней. Забивание масло съемных колец и дренажных отверстий на поршне увеличивает расход масла и его загрязнение.

Степень лакообразования зависит от теплового режима двигателя, технического состояния поршневой группы и качества применяемого масла. Чем напряженнее тепловой режим двигателя, тем процесс интенсивнее. Этому же способствует и повышение степени сжатия карбюраторных двигателей. К лакообразованию ведет и плохое техническое состояние цилиндропоршневой группы. При увеличении прорыва газов из камеры сгорания в картер двигателя лакообразование и пригорание колец усиливается вследствие повышения температуры масляной пленки.

На лакообразование влияют термоокислительная стабильность и моющие свойства масла. Термоокислительная стабильность характеризует устойчивость масла против окисления в тонком слое при повышенной температуре. Она определяется временем в минутах, в течение которого образуется лаковая пленка стандартной прочности. Обычно это время находится в пределах 20-40 мин. Чем больше оно, тем стабильнее масло.

Моющие свойства характеризуют устойчивость масла к химическим превращениям и его способность удерживать в себе в форме дисперсии продукты окисления, препятствуя их отложению на нагретых деталях в виде лаковой пленки.

Продолжение в следующем номере

Вам выбирать!

| | |
|----------------------------------|----|
| ГОДОВЩИНЫ И ЮБИЛЕИ | 1 |
| <i>Беспокойные сердца</i> | 18 |
| РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ | 20 |
| <i>Битва в пути</i> | 39 |
| СЕМИНАРЫ | 40 |
| ИСТОРИЯ И ТЕОРИЯ МЕХАНИКИ | 43 |
| <i>Страница автомеханика</i> | 45 |
| <i>Вам выбирать</i> | 48 |

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

от механика И.И. Гайкина

1. Когда появился первый подъемный кран?
2. Когда появился первый пожарный автомобиль?
3. Кто изобрел универсальную паровую машину?
4. Кто изобрел гребной винт?
5. Кто сконструировал зубчатую передачу?
6. Кто сконструировал первый тепловой паратмосферный двигатель?

Самым непонятным в нашем мире является то, что он все-таки понятен.

Альберт Эйнштейн

МНОГОЛИКОЕ ВРЕМЯ

| | |
|--------------------|--|
| Эфемеридное | Время, являющееся независимой переменной в уравнениях движения небесных тел. |
| Звездное | Применяется в астрономии, за основу принята продолжительность суток, равная периоду вращения Земли вокруг своей оси относительно системы неподвижных звезд. |
| Солнечное | Определяется по изменению часового угла Солнца. Различают истинное солнечное время и среднее солнечное время в зависимости от того, по какому Солнцу (истинному или среднему) осуществляют отсчет времени. |
| Всемирное | Среднее солнечное время начального меридиана. За начальный меридиан условно принимается меридиан обсерватории в Гринвиче (Великобритания). |
| Местное | Определяется для данного места на Земле; зависит от географической долготы места и одинаково для всех точек на одном меридиане. |
| Поясное | Среднее солнечное время, определяемое для 24 основных географических меридианов, отстоящих на 15° по долготе. Поверхность Земли разделена на 24 часовых пояса, в пределах каждого из которых поясное время совпадает со временем проходящего через них основного меридиана. |
| Декретное | Постановлением СМ СССР 24 октября 1980 в СССР введен следующий порядок исчисления времени: поясное время плюс один час (постоянно в течение года), с дополнительным переводом часовой стрелки на один час вперед в летнее время. Перевод осуществляется в ночь с последней субботы на воскресенье в марте и соответственно в сентябре. Декретное время вводится для экономии топливно-энергетических ресурсов. |

Ж "И-М" издается с июля 1998 года. Выходит один раз в три месяца. Подписной индекс 00139.

Учредитель - Белорусское общество инженеров-механиков

Журнал зарегистрирован в Госкомитете РБ по печати, свидетельство № 1132 от 21 апреля 1998 года

Главный редактор академик НАН Б С.А. АСТАПЧИК

Редакционная коллегия: М.С. ВЫСОЦКИЙ, Ю.М. ЗАХАРИК, А.Б. ЗУЕВ,
С.М. КРАСНЕВСКИЙ, М.М. КОМАРОВСКИЙ, Д.И. КОРОЛЬКОВ, Г.С. ЛЯГУШЕВ,
Е.И. МЕДВЕЦКИЙ, М.Г. МЕЛЕШКО, И.А. СОЛОДУХА,
К.Г. ЧЕСНОВИЦКИЙ, В.А. ШУРИНОВ

Компьютерный набор, верстка, дизайн Людмила Ходарина.

Журнал выходит на русском и белорусском языках.

Мнение авторов публикуемых материалов может не совпадать с мнением редакции.

Заказчики несут ответственность за содержание своих объявлений и рекламы.

Наш адрес: 220141, г. Минск, ул. Купревича, 10. Тел. 264-43-85, 264-60-10, 226-73-36.

Лицензия ЛП № 245 от 9.03.2003 г. Подписано к печати 24.09.2003 г.

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печатных листов 5.

Тираж 600 экз. Заказ № 275. Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в Физико-техническом институте НАН Б.



ОАО «ОРГПИЩЕПРОМ»

монтажно-наладочные, диагностические и ремонтные работы

| | | | |
|---|---|---|---|
| Технологическое оборудование, внутренние системы отопления и водоснабжения, внутренние сети электроснабжения | ⇒ | ◀ | Монтаж и наладка |
| АСУ, электрооборудование, заземляющие устройства, электрозащитные средства | ⇒ | ◀ | Наладка, электрофизические испытания и измерения, составление исполнительных схем электроснабжения и освещения, выдача паспортов на заземлители |
| Системы вентиляции и кондиционирования | ⇒ | ◀ | Наладка, инвентаризация источников выбросов загрязняющих веществ, аэродинамические испытания на соответствие санитарно-гигиеническим требованиям, составление экологического паспорта, выдача рекомендаций по реконструкции |
| Паровые котлы — давлением до 4,0 МПа (40 кгс/см ²) и водогрейные — мощностью до 200,0 МВт Сосуды, работающие под давлением 1–4 групп (с правом выдачи или восстановления паспортов) Технологическое оборудование, резервуары, трубопроводы пара и горячей воды 1–4 категории | ⇒ | ◀ | Неразрушающий контроль, техническое диагностирование, расчет ресурса безопасной эксплуатации |
| Системы автоматизации и электроустановки взрывоопасных производств | ⇒ | ◀ | Проектирование, монтаж, наладка, сервисное обслуживание |
| Котлы и хлебопекарные печи | ⇒ | ◀ | Испытания, наладка |
| Воздушные компрессоры | ⇒ | ◀ | Ремонт |
| Разработка удельных норм расхода энергоресурсов | | | |
| Высококвалифицированный персонал. Современное технологическое оснащение. Лицензии и аккредитации на все виды выполняемых работ и услуг. | | | |
| Ул. Минина, 21, к. 2, 220014, г. Минск, т./ф. (017) 226 25 24, т. 226 27 16, 226 25 27 | | | |



ОДО «ИНТЕРПОДШИПНИК» г. Лида

▲ Подшипники со склада и под заказ ГПЗ, INA, FAG, NSK, Timken, ZKL, FLT
(любые типоразмеры, минимальные сроки, гарантия качества)

▲ Промышленные фильтры HUPRO (США)

▲ Кольца стопорные DIN 471, DIN 472, ГОСТ 13942-86, 13943-86

▲ Промышленные вентиляторы и турбины Venti Oelde (Германия)

▲ Приборы для вибродиагностики механизмов и
балансировки в собственных опорах

т/ф. (01561) 204136 28439 т. (017) 2378129 моб. (029) 6157983

1970-1980



МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД

40 лет

