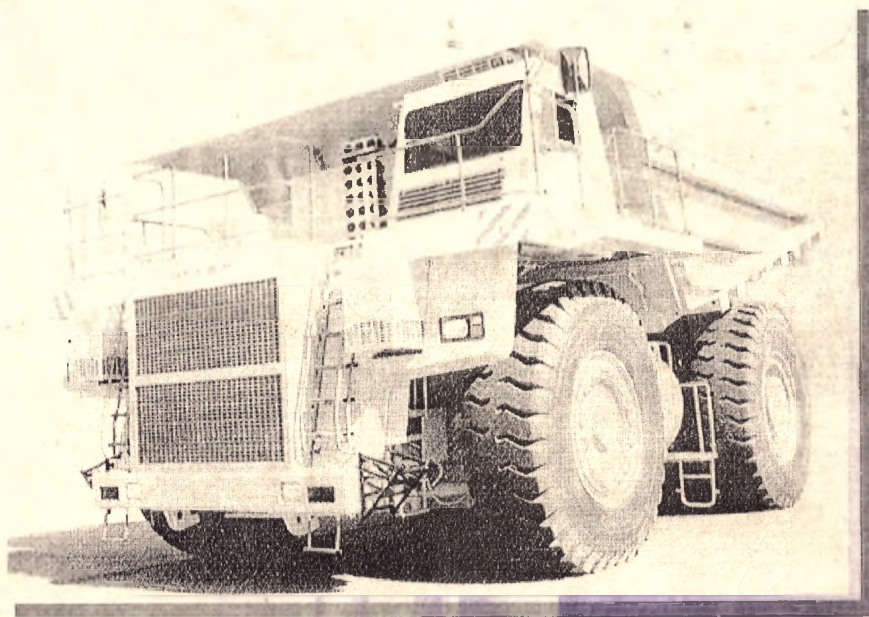


ВЛАСТЕЛИН рудников и карьеров



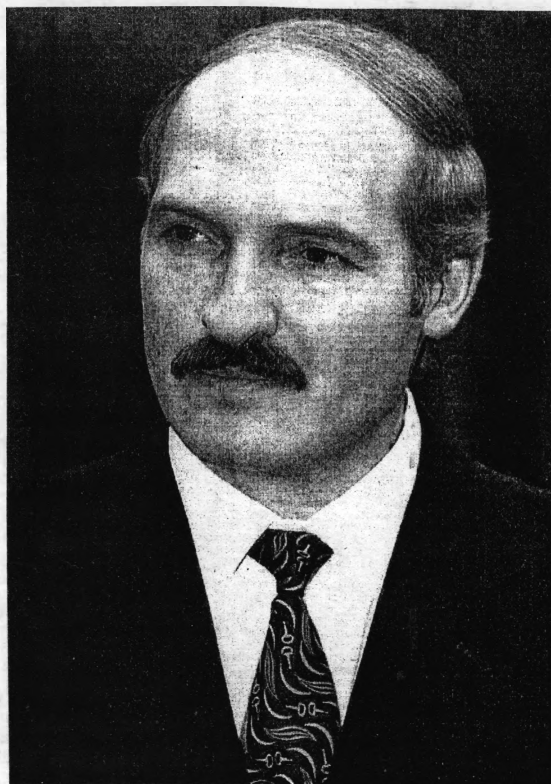
**самосвал нового поколения
БелАЗ 7513**

*мощность двигателя - 1500...1600 л.с.
грузоподъемность - 130...136 т
максимальная скорость - 45 км/ч*

Читайте в номере

НАУКА ПРОИЗВОДСТВУ	1
РАЗРАБОТКИ МАШИНО- СТРОИТЕЛЕЙ БЕЛАРУСИ	12
ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХ- НИКИ	19
ИСТОРИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ БЕЛАРУСИ	27

**№ 3 (12)
ИЮЛЬ - СЕНТЯБРЬ
2001**



ЖЫВЕ БЕЛАРУСЬ!

От имени научно-технической
интеллигенции

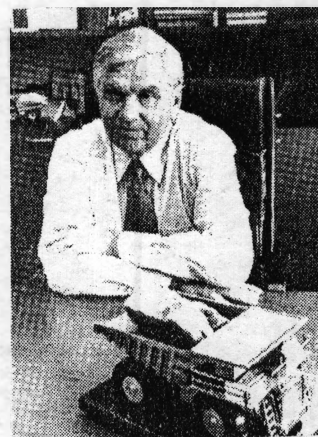
поздравляем Вас, уважаемый
АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ,
с переизбранием Президентом
нашей страны.

Крепкого Вам здоровья,
больших свершений на благо
белорусского народа.

Накануне главного праздника страны – Дня независимости были названы имена первых Героев Беларуси. Центральное правление ОО "БОИМ", редколлегия журнала "Инженер-механик" искренне поздравляют с этим событием замечательного машиностроителя, генерального директора ПО "БелАЗ" П.Л. Мариева.

Пусть лучезарная Звезда Героя Беларуси долгие-долгие годы освещает Ваш дальнейший творческий путь!

Крепкого Вам здоровья и радости в жизни, глубокоуважаемый Павел Лукьянович.



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, и.о. зам. гл. редактора А.Б. ЗУЕВ,

С.М. КРАСНЕВСКИЙ, Г.С. ЛЯГУШЕВ, М.Г. МЕЛЕШКО,

В.Е. ЧВЯЛЕВ, К.Г. ЧЕСНОВИЦКИЙ, В.А. ШУРИНОВ

Дизайн Людмила Ходарина.

Журнал издается на белорусском и русском языках.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Ответственность за содержание своих объявлений и рекламы.

а, 10. Тел. 264-43-85, 264-60-10, 226-73-36.

Подписано к печати 10.09.2001 г.

Тираж офсетная. Усл. печатных листов 5.

Цена номера договорная.

Физико-техническом институте НАН Б.

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

АСТАПЧИК С.А., академик НАН Беларуси, директор ФТИ НАН Беларуси

Когда-то немецкий профессор Г. Шлезингер сказал: "Дивиденды машиностроительных предприятий находятся на лезвиях режущих инструментов".

Каждый раз, когда на машиностроительные предприятия поступала новая сверхтвердая сталь или другой материал, перед специалистами вставала задача: где достать еще более твердые резы, чтобы ее обработать.

Развитие электроники, авиации, ракетостроения привело к использованию таких материалов, которые не обработаешь никакими из прежних способов. Назрела ситуация, что требовалась для своего разрешения настоящей революции – изобретения принципиально новых методов обработки, выводящих из традиционного руслу.

Первыми принялись решать эту задачу заводы, производившие грозное оружие – "катюши", т.к. никак не удавалось устранить брак при изготовлении в днище снарядов крохотных отверстий да еще наискось! В результате – вечные поломки сверл, и, как итог, тысячи снарядов с застрявшими в них обломками скопилось на складах, а фронт ждал снаряды.

И вот неожиданно для всех выход был найден недавними выпускниками Московского государственного университета Борисом и Натальей Лазаренко. Вместо привычных сверлильных станков работала миниатюрная молния. Именно она использовалась для разрушения и последующего извлечения поломанного сверла из стакана снаряда. Такое простое и эффективное решение легких ремонтных работ тут же было использовано инженерами многих других специальностей.

Именно применение электронного метода показало, что обработка металлов фактически происходит при встрече пучка, сгустка энергии с поверхностью твердого тела. Этого можно добиться и пучком фотонов, и пучком электронов в вакууме, и мощной струей несжимаемой жидкости. Важно, чтобы сгусток энергии можно было фокусировать.

В этой статье я хотел бы осветить технологии, которые достаточно



широко освоены машиностроительными предприятиями Беларуси и к разработке которых коллектив Физико-технического института НАН Беларуси имеет прямое отношение (патенты, ноу-хау, Госпремии) и которые сегодня имеют спрос и перспективу на освоение.

Лазерные технологии

Принципиальная основа всех лазерных технологий базируется на использовании уникального свойства когерентного источника света – лазера. Лазерное импульсное или непрерывное излучение позволяет сфокусировать энергию с удельной плотностью мощности 10^3-10^{12} Вт/см², что превосходит другие известные источники энергии (плазма, электронный луч, электрический разряд). Световой луч легко управляется с помощью компьютерных, электронных и механических систем, что позволяет создать технологии резки, сварки, сверления отверстий в металлических и неметаллических материалах, термоупрочнения и модификации поверхности твердых тел плоской и сложной пространственной геометрии.

В Беларуси работы в области создания лазеров и лазерных систем представлены в институтах Национальной академии наук (ИМАФ, ИФ, ФТИ, ИТМО), в вузах (БГУ, БГПА, БГУИР), отраслевых НИИ и КБ, предприятиях (концерн "Планар", ПО "Интеграл", БелОМО, МАЗ, МТЗ, БелАЗ). Флагманами в области электронного машиностроения и микроэлектроники являются концерн "Планар", ПО "Интеграл" и БелОМО, на которых широко освоены и развиваются принципиально новые и высокие технологии прямого (безмасочного) изготовления микросхем, методы трехмерной стереолитографии,

прямое лазерное инициирование полимеризации. Естественно, они же создают и уникальное прецизионное оборудование, конкурентоспособное на мировом рынке.

Лазерные методы особенно эффективны при обработке твердых и сверхтвердых материалов (СТМ), таких как природные и искусственные алмазы, различные виды корунда, нитрида бора при сверлении профильных каналов волоочильного инструмента (фильер), обточки ювелирных алмазов (концерн "Планар"), черновой заточки резцов, вырезки контура любой формы из плоских заготовок и т.п.

Независимо от назначения и типа применяемых лазеров лазерные установки имеют общую структурную схему: источник мощного оптического излучения – лазер; оптическую систему для формирования лазерного излучения – энергетический или силовой канал; устройство для закрепления и перемещения обрабатываемого объекта – координатный стол с приводом; систему управления работой лазера и координатного стола. В установках предусматривается также совмещенный с фокусирующей системой тракт для подачи газа в зону обработки для защиты фокусирующей оптики и удаления продуктов испарения.

Лазер обеспечивает энергетические и временные параметры воздействия, оптическая схема формирует пространственные характеристики пучка как инструмента обработки.

Последняя выставка "Металлообработка-2001" показала, что среди предприятий (страны СНГ) наблюдается определенное оживление в плане выпуска оборудования для этих целей и, в частности, комплектов машин термической резки. Это Одесса, С.-Петербург, Шатура и др. В Беларуси лазерные технологические комплексы на базе мощных СО₂-лазеров разрабатываются в ФТИ НАНБ. С нашей помощью созданы участки резки деталей на Минском электротехническом заводе им. В.И. Козлова, МоАЗ, БелАЗ (рис. 1). Выполнены разработки лазерного упрочнения и восстановления деталей и инстру-

инструмента для КЗТШ, ПО "Атлант" (прессо-штамповая оснастка), ПО "Беларускалий" (резцы шахтных машин), ОАО "Керамин" (лазерная сварка ролгангов печей), Локомотивные депо г. Лида и г. Барановичи (лазерное восстановление деталей).

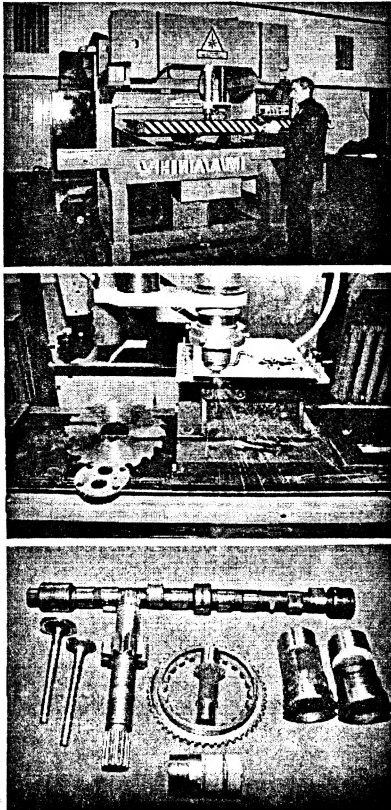


Рис. 1.

Работами зарубежных авторов (Германия, Франция, США, Япония) и специалистов Института электросварки им. Патона показано, что сочетание лазера и плазмы открывает новые возможности, например, для процессов сварки и наплавки. Обеспечивается увеличение скорости обработки, стабильности и воспроизводимости результатов процесса, снижение его себестоимости и др.

На машиностроительных предприятиях существует проблема восстановления литевых форм для литья алюминия, пластика, резины, в основном, наиболее нагруженных их зон (литниковая система, плоскости разъемов). Здесь перспективно использование методов локальной лазерной наплавки соответствующим наплавочным составом, т.к. стоимость некоторых форм достигает 10 тыс. \$ США из-за трудоемкости их изготовления и материалоемкости.

Неоспорима, при реализации такого рода технологий, окупаемость

средств.

С использованием метода лазерного легирования отработан процесс создания поверхностных слоев на деталях типа осей подшипников с твердостью до 68 ед. НРС.

Электроэрозионная обработка

Сегодня в мировой практике сложились два направления, размерно-чистой электроэрозионной обработки металлов, одно из которых использует проволочный электрод в качестве формообразующего инструмента, а другое - профильный электрод. Бурно развивавшееся в последние два десятилетия направление, основанное на использовании проволочного электрода, достигло высокого уровня автоматизации и совершенства, потеснив или, правильнее сказать, вытеснив второе направление. В то же время в машиностроении существует немало проблем (штамповое и инструментальное производство), которые могут быть решены только с помощью прошивания профильными электродами.

В Физико-техническом институте были разработаны и реализованы в штамповом и инструментальном производстве на предприятиях Беларуси патентованные технологии и оборудование, которые на порядок дешевле проволочных импортных технологий, а по точности и эффективности превосходят их (рис. 2).

Разработан комплекс технологических процессов формообразования полостей в матрицах разделительных штампов без слесарной доводки. Используются либо непосредственно пуансоны штампа, либо профильные электроды, с помощью которых изготавливаются полости в матрицах и рабочие части пуансонов. Стойкость штампов возрастает в 1,5-2,5 раза за счет равномерности зазора по профилю упрочнения поверхности. Трудоемкость изготовления снижается от 1,5 до 5 раз.

Разработаны технологические процессы формообразования профиля режущей кромки ножей для деревообработки и их последующей переточки. Стойкость инструмента возрастает в 1,5 раза. Обеспечивается идентичность профиля у комплекта ножей. Трудоемкость изготовления и переточки снижается в 1,5-3 раза.

Предложена технология изготовления рабочих полостей в фильерах для переработки картофеля и способы изготовления электродов-

инструментов. Существенно расширен ассортимент продукции за счет разнообразия форм полостей.



Рис. 2.

Магнито-импульсная обработка материалов (МИОМ)

Как и другие методы высокоэнергетического импульсного нагружения с помощью взрывчатых, горючих сжиженных и сжатых газов, электрического разряда в жидкости, МИОМ привлекает внимание исследователей и производителей возможностью получать высокие давления, не прибегая к созданию или использованию дорогостоящих сверхмощных прессов и сложной металлоемкой штамповой оснастки, в кратчайшие сроки при минимальных затратах провести необходимую обработку материала.

За четыре десятилетия использования МИОМ в производственной практике были созданы уникальные технологии штамповки, сборки и сварки изделий для аэрокосмической и атомной техники, освоены высокоэффективные ресурсо- и энергосберегающие производства в различных отраслях промышленности.

Сущность метода МИОМ заключается в воздействии на металлическую заготовку сильного импульс-

ного магнитного поля, создаваемого с помощью разряда накопленной в конденсаторной батарее электрической энергии на индуктор, расположенный в непосредственной близости от заготовки. При этом в последней индуцируются вихревые токи, взаимодействие которых с током индуктора приводит к возникновению импульсного давления до 400 МПа длительностью от десятков до сотен микросекунд, деформирующего заготовку со скоростью до 300 м/с.

Эта схема непосредственного преобразования электрической энергии в работу деформации заготовки эффективна для металлов с высокой электропроводностью. Деформирование металлических материалов с низкой электропроводностью (углеродистая или нержавеющая сталь, титан и др.) и неметаллических материалов целесообразно осуществлять с помощью "спутника" - промежуточного материала с высокой электропроводностью, помещаемого или непосредственно на обрабатываемую заготовку, или в комбинации с жидкой или эластичной средой, заменяющей один из основных элементов штампа - пуансон или матрицу.

Научно-исследовательские работы по МИОМ были начаты в Физико-техническом институте НАНБ в 1965 г. по инициативе академика В.П. Северденко, затем продолжены академиком В.Н. Чачиным и сотрудниками.

На рис. 3 представлены примеры изделий, получаемых на магнитоимпульсных прессах непосредственно воздействием магнитного поля с помощью формообразующих и разделительных операций по схемам обжима трубчатых заготовок на фигурные оправки или задачи в пальцевую матрицу, повторяющую конфигурацию наружной формы изделия, а также по схеме деформирования листовых заготовок по матрице и пуансону, имеющих форму получаемого изделия. При этом размеры пробиваемых отверстий равны или больше 10 толщин заготовки, высота отбортовки не более 10 толщин, коэффициент вытяжки - до 0,5, коэффициент обжатия - до 2, точность размеров с 7 по 12 квалитет, шероховатость поверхности - до 6 класса. Виды обрабатываемых материалов: медь, алюминий, магний и их сплавы, золото, серебро, малоуглеродистая сталь.

Методом магнитоимпульсной

сварки могут быть получены неразъемные, прочно-плотные и термостойкие, ниппельные, шарнирные и телескопические подвижные соединения в конструкциях из трубчатых деталей, трубопроводов низкого и высокого давления, опрессовки кабельных наконечников тросов, канатов, металлической арматуры на керамику, стекло, пластмассу, резину, древесину и т.д.

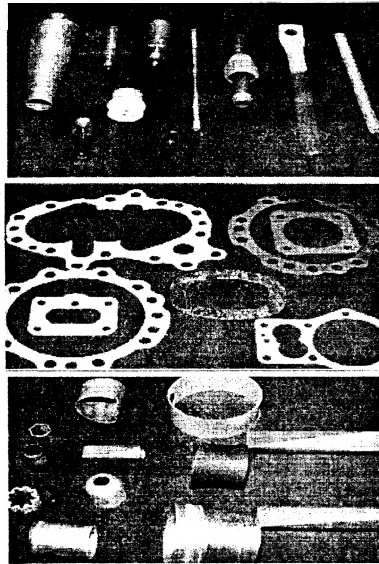


Рис. 3.

При определенных скоростных режимах деформирования и герметических соотношениях стыка соединяемых деталей возможно получать сварное соединение пар алюминий - алюминий, алюминий - медь, алюминий - сталь, цирконий - нержавеющая сталь и др.

В институте разработаны магнитоимпульсные прессы и технологии и освоены на МЗКТ и ГП МАЗ в производстве новых образцов автомобильной техники, в ремонтных работах на Минском авиаремонтном заводе при обработке сложнопровольных тонколистовых и трубчатых деталей из цветных металлов и малоуглеродистых сталей. Внедрение разработки позволяет существенно сократить сроки подготовки производства, обеспечить экономию капитальных затрат на штамповую оснастку в размере 300 тыс. руб. на 1 деталь, не менее, чем в 10 раз сократить расход инструментальной стали на изготовление оснастки.

Преимущества метода: многофункциональность, гибкость, высокое качество, минимум энергетических, материальных и эксплуатационных затрат, оперативность при подготовке нового производства; совмещение листоштамповочных и сборочных операций,

снижение затрат на штамповую оснастку от 5 до 20 раз; возможность вести листовую штамповку без контакта инструмента с заготовкой, сохраняя исходное качество металлических, пластиковых или лакокрасочных покрытий с высокой стерильностью процесса при сборке; высокая прочность, герметичность и термостойкость соединений, снижение в 1,5-2 раза контактного электросопротивления кабельных наконечников и соединительных муфт; возможность формирования сложнопровольных длинномерных изделий, в том числе высокопористых.

В перспективе переход на использование нового вида штампового оборудования может коренным образом изменить облик прессовых цехов, обеспечив ресурсо- и энергосбережение, экологическую чистоту и безопасность.

Резка струей высокого давления

Физическая сущность воздействия высокоскоростной струи на преграду основана на модели идеальной несжимаемой жидкости. Гидродинамическая теория формирования кумулятивных струй предложена М. Лаврентьевым, Б. Войцеховским и G. Virghoffom в начале 60-х годов.

Метод водно-абразивной резки, основанный на большой мощности водной струи, использует СП ООО "СПожиток" при Физико-техническом институте НАИБ для резки титана и стали, керамики и стекла, гранита и мрамора (рис. 4).

Основой водяных комплексов являются насосы высокого давления воды. Давление воды, создаваемое насосами, может достигать 4150 атмосфер, расход воды - до 40 л/мин. Добавив к водной струе высокого давления абразивный песок, можно повысить силу резки. Скорость воды, формируемой специальными сапфировыми соплами, составляет две скорости звука, а ее толщина - от 0,5 до 2 мм.

Благодаря большой мощности струи воды, резка материала осуществляется на молекулярном уровне, поэтому тип материала не имеет значения. Этот метод позволяет чисто и гладко разрезать самые прочные и твердые материалы. Это касается титана, нержавеющей стали, меди, латуни, алюминия, натурального камня, керамики, огнеупорного и пуленепробиваемого стекла, а также плексигласа, резины, бумаги, различных композиционных материалов.

Стационарные установки с применением координатных столов или роботов могут резать с точностью до 0,1 мм материалы толщиной до 80 мм. Скорость резки зависит от материала и его толщины.

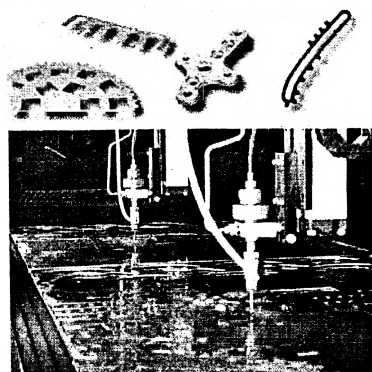
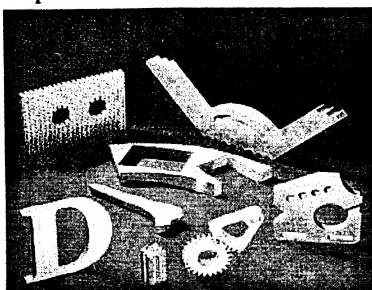


Рис. 4.

Скорость разрезания некоторых материалов:

Материал	Толщина, мм	Скорость реза, мм/мин
керамика	10	600
стекло	8	200
стекло	20	40
гранит	30	100
мрамор	30	80
титан	2	250
сталь	2	200
сталь нержавеющая	0,8	600
алюминий	2	800

Преимущества метода: резка во всех направлениях - любые контуры внутри и снаружи, острые углы и косые разрезы; минимальная ударная нагрузка на изделие, т.к. отсутствует прямое (непосредственное) соприкосновение с инструментом; сверление и резка одним и тем же инструментом; отсутствие микротрещин - возможна резка тонкостенных дорожек; нет механического, температурного и химического воздействия на обрабатываемую

поверхность; высокое качество реза, не требующее дополнительной обработки.

Краткий обзор высокоэнергетических методов обработки материалов можно проиллюстрировать таблицей, свидетельствующей о результатах, достигнутых на этом пути.

Энергосистемитель	Мин. площадь зоны контакта, см ²	Макс. плотность энергии, Вт/см ²
плазма пламени газовой горелки	10 ⁻²	5·10 ⁴
электродуговой разряд	10 ⁻³	10 ⁵
электронный луч	10 ⁻⁷	5·10 ⁸
луч лазера	10 ⁻⁸ ÷5·10 ⁻⁹	10 ³ ÷10 ¹²
водяная струя	3·10 ⁻² ÷2·10 ⁻⁴	

Физика указывает путь - по нему устремляется техника. Производство же отбирает самые эффективные технологии.

Уважаемый Станислав Александрович Астанчик!

Примите самые сердечные поздравления по случаю присвоения Вам почетного звания "Заслуженный деятель науки Республики Беларусь".

Желаем Вам крепкого здоровья и новых творческих успехов.

ВОЗЬМИТЕ НА ЗАМЕТКУ

Твердость минералов

По условной шкале Мооса твердость минералов оценивается десятибалльной системой. Эталонами твердости служат:

- Алмаз 10
- Корунд 9
- Топаз 8
- Кварц 7
- Полевой шпат 6
- Апатит 5
- Плавленый шпат 4
- Известковый шпат 3
- Гипс 2
- Тальк 1

Твердость по шкале Мооса определяется нанесением царапин эталонами твердости.

Буква "F" означает: в химии - фтор; в оптике - фокусное расстояние; в механике - сила; в математике - функция; в металлургии - запас прочности; в теплотехнике - фригория (единица холода); в электростатике - фарада (единица емкости).

Предел усталости некоторых металлов (кг/мм²)

Материалы	Статистическое временное сопротивление разрыву	Статистический предел текучести	Предел усталости при изгибе
Сталь строительная	35-45	20-22	17-18
Тоже высокого качества	55-70	30	23
Сталь хромоникелевая	115-130	95-105	48-52
Сталь кремнехромистая	90-110	75-85	40-55
Сталь марганцовокремнистая	70-90	60	30-40
Чугун литейный	28	-	6,5

Температура и процессы

Температура плавления (°C): вольфрама - 3370, осмия - 2500, платины - 1771, железа - 1539, золота - 1063.

Температура электросварки - 3000-3800°, термитной сварки - 3000°, нагрева стали под ковку - 950-1200°, коксование - 850-1150°, крекинг-процесса - 350-500°, паяние мягкими припоями - 190-440°.

Температура, при которой происходит измерение деталей калибрами - 18°. Температура "закалки холодом" - 70-100° ниже нуля, а жидкого воздуха - 194° ниже нуля.

ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПНЕВОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК



доц. САВИЦКИЙ В.П. доц. БОРИСОВ Н.К. доц. ЛЯГУШЕВ Г.С.
Могилевский государственный политехнический университет

Перемещение разнообразных сыпучих грузов в потоке воздуха широко используется во многих отраслях промышленности. Дополнительные проблемы возникают в том случае, когда сыпучий груз абразивен, например, транспортируется сухой песок, - тогда интенсивно изнашивается материал труб и в особенности на поворотных участках. В этих условиях следует исключить контакт абразивного груза с трубопроводом, поместив груз в капсулу, патрон или контейнер на колесном ходу, рис. 1.

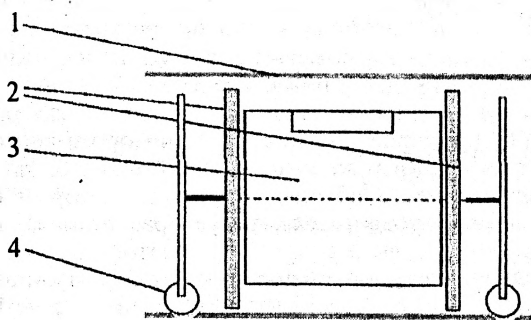


Рис. 1. Схема участка трубопровода с контейнером: 1 - трубопровод; 2 - манжетные уплотнения; 3 - корпус контейнера; 4 - колесный ход.

Транспорт грузов в контейнерах по трубопроводам, проблемы его эффективного использования и совершенствования, являющиеся достаточно актуальными, рассмотрены в [1], на примере пневмоконтейнерной установки КПТ-2, производительностью 280 т/ч; длиной трассы 49 км; диаметром трубопровода 1,22 м с 8 контейнерами и двумя пневмовозами в составе, числом составов - 25, массой состава с грузом - 44 т, интервалом пуска - 384 с.

В тоже время требуемая производительность 280 т/ч может быть обеспечена при использовании другой пневмоконтейнерной установки со следующими данными: диаметр трубопровода - 0,7 м, число контейнеров в составе - 2, масса состава с грузом - 1,57 т, интервал пуска - 32 с.

В этой установке существенно уменьшаются габариты участков погрузки и разгрузки. Так, в трубопроводе диаметром 1,22 м при 8 контейнерах с длиной порядка 3,7 м каждый и при двух пневмовозах (ориентировочно с такой же длиной) указанные участки будут примерно по 37 м каждый. В базисном варианте поэтому интервал пуска составов указан величиной

384 с. При таком значении интервала проблем конструирования установки практически немного. В предлагаемой нами установке с диаметром труб 0,7 м и при использовании составов только с двумя контейнерами длиной около 2,1 м каждый при одном пневмовеze участки погрузки и разгрузки получаются примерно по 6,3 м, т.е. короче в 5,87 раза. Габариты окажутся еще меньшими, необходимо лишь отказаться от применения пневмовозов и использовать капсулы конструкции, которая приведена на рис. 1. При этом существенно уменьшается металлоемкость установки, сокращаются расходы энергии на разгон и торможение составов контейнеров, которые имеют существенно меньшие массы. Однако, для показанного решения интервал пуска составов контейнеров должен быть не более 32 с. Известно, что в двухтрубных системах производительность их зависит лишь от частоты посылки, поэтому, основная цель для достижения такого интервала состоит в том, чтобы повысить интенсивность разгона и торможения составов контейнеров с грузом.

Пневмоконтейнерная установка имеет для погрузки и разгрузки механизмы, выполненные по схеме: двигатель, редуктор, тихоходное звено (участок трубопровода, заслонка, ходовое колесо и пр.), тормоз и соединительные муфты. В ней мотор-колесо со встроенным в его ступицу приводом [3] содержащим двигатель, тормоз, редуктор можно заменить более простой конструкцией мотор-колеса по а.с. № 1331671, кл. В 60 К 7/00. В этом случае открывается новое преимущество - высокая взрывобезопасность. Тяговое усилие обеспечивается за счет применения поршня-гайки при воздействии на них энергии сжатого воздуха. Недостаток его - ограничение пути перемещения такого колеса, определяемого количеством оборотов поршня.

Нами получено а.с. № 1602768, кл. В 60 К 7/00 на пневмомотор (рис. 2).

Путь передвижения мотор-колеса неограничен потому, что использован неподвижный вал 6 и винт 4 с правой, левой нарезками и переходными канавками [2]. Следовательно, предлагаются новые механизмы, состоящие только из тихоходного звена, оказываются ненужными все электрооборудование, редукторы, муфты, а приводы работают от источника сжатого воздуха.

В данной схеме при использовании энергии воздушного потока для передачи крутящего момента на мотор-колеса контейнера или пневмовоза можно сократить длины участков на движение составов с неустановившимися скоростями.

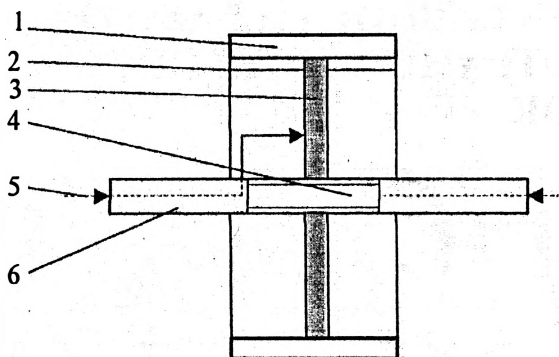


Рис. 2. Конструктивная схема пневмомотора: 1 – вращающийся цилиндр (ходовое колесо, барабан и т.п.); 2 – шлицы на 1 для передачи крутящего момента; 3 – поршень; 4 – правая, левая нарезки с переходными канавками на неподвижном валу 6; 5 – подача воздуха.

Для выяснения зон работоспособности мотор-колеса разработаны программы расчета крутящего момента, создаваемого на колесе от давления воздушного потока с использованием ЭВМ, а также для механизма перемещения заслонок в бункере с сыпучим материалом, при высыпании порции его в контейнер.

При конструировании и расчете колесного хода коэффициент трения качения f между ходовым колесом и поверхностью катания принимался по данным, имеющимся в технической литературе (табл. 1).

Поскольку для выяснения зон работоспособности мотор-колес вместе с переменными (p – давление воздушного потока; D_1, D_2 – больший и меньший диаметры поршня; α, ρ – углы соответственно подъема винтовой линии и трения) предполагается также варьировать диаметрами колес, то нами выведена и использована в программе расчета на ЭВМ формулы для расчета (а не выбора по табл. 1) коэффициента трения качения ходового колеса по рельсам плоскому (1) и с выпуклой головкой (2). Результаты расчетов сведены в табл. 2.

$$f = 0.0186 + 0.0571 \cdot D_{\text{ок}}, \quad (1)$$

и $f = 0.01143 + 0.1143 \cdot D_{\text{ок}}, \quad (2)$

где $D_{\text{ок}}$ – диаметр ходового колеса, м.

Эти расчеты могут быть использованы, например, при передаче с промежуточной разгрузкой участка трубопровода вместе с контейнерами на пункте приема груженых и отправки порожних составов. Такой участок перемещается на колесном ходу с обычным приводом, который может быть заменен пневмомотором.

Как видно, результаты расчетов по формулам (1) и (2) хорошо аппроксимируются с данными табл. 1.

Для того, чтобы упростить выбор пневмомоторов для любого вышеописанного случая, нами разработана дополнительная программа расчета с той целью, чтобы стало возможным применить подходящий пневмопривод без дополнительных исследований зон его работоспособности.

В качестве примера выборочные данные такого расчета на ЭВМ приведены в табл. 3.

Результаты получены при давлении воздушного потока 0.02 МПа. При диаметре мотор-колес 0.2 м работоспособность наступает при угле нарезки 32°, при диаметре 0.24 м – 23° и при диаметре 0.28 м – 17°. По такой же методике исследована работоспособность при давлении 0.016 МПа. При этом получены углы: для диаметра 0.2 м – 35°, для диаметра 0.24 м – 26° и для диаметра 0.28 м – 20°.

Следовательно, определены зоны применимости мотор-колес в контейнерном пневмотранспорте, с помощью которых возможно сокращение времени разгона и времени торможения составов и достижимо время пуска в пределах интервала 32 с.

На пункте доставки транспортируемого материала при конструировании механизма поворота контейнеров при их разгрузке мотор-колесо может быть использовано вместо обычного привода, который состоит из электродвигателя, редуктора, тормоза, соединительных муфт и открытой зубчатой пары. Следовательно, пневмомотор вместо поверхности катания имеет снаружи ведущую шестерню с диаметром D_7 . Может работать при использовании обычного для промышленных предприятий давления, которое составляет 0,4, 0,5 МПа, а также за счет создаваемого в пневмобуфере давления при торможении составов.

Таблица 1.

Значения коэффициента трения качения f между ходовым колесом и поверхностью катания из стали (литературные данные)

Тип рельса	Диаметр колеса ($D_{\text{ок}}$), мм / f				
	200...300	400...500	600...700	800	900...1000
Плоский	0.03	0.05	0.06	0.06	0.07
С выпуклой головкой	0.4	0.06	0.08	0.10	0.12

Таблица 2.

Значения коэффициента трения качения f (по формулам 1 и 2)

Тип рельса	Диаметр колеса ($D_{\text{ок}}$), мм / f				
	200..300	400..500	600..700	800	900..1000
Плоский	0.030..0.036	0.041..0.047	0.052..0.059	0.0643	0.070..0.078
С выпуклой головкой	0.034..0.046	0.057..0.069	0.080..0.091	0.103	0.114..0.126

Таблица 3.

Выборочные данные расчета на ЭВМ пневмомотора

Угол нарезки, град	Момент сопротивления, Н? м			Момент движущий, Н? м		
	Диаметр колеса, м					
	0.20	0.24	0.28	0.20	0.24	0.28
5	9.2	11	13	0.3	0.57	0.91
17	9.2	11	13	4.9	8.5	13.5
20	9.2	11	13	5.9	10.2	16.2
23	9.2	11	13	6.9	12.0	19.0
26	9.2	11	13	8.0	13.8	22.0
32	9.2	11	13	10.3	17.8	28.3
35	9.2	11	13	11.6	20.0	31.8

Использованная литература

1. Савицкий В.П.// Весці Акадэміі навук, серія фізіка-тэхнічных навук. – 1994, № 4, с. 41-44.
2. Савицкий В.П.//Весці Акадэміі навук, серія фізіка-тэхнічных навук. - 1995, № 3, с. 109-112.
3. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам.- М.: Машиностроение, 1987. - 560 с.
4. Курсовое проектирование грузоподъемных машин /С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С. Кузнецов и др.; Под ред. С.А. Казака. - М.: Высшая школа, 1989. – 319 с.

БОРТОВОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ ТОРМОЗНОГО МОМЕНТА

Одна из основных задач, стоящих перед экономикой Республики Беларусь в ходе ее радикального реформирования и интегрирования в мировую систему хозяйствования, заключается в повышении технического уровня, надежности и конкурентоспособности автомобильной техники.

Одним из путей решения этой проблемы является разработка методов бортового диагностирования технического состояния тормозных систем автомобилей, такого важного параметра как тормозной момент.

По нашей методике тормозной момент измерялся путем регистрации реактивного момента, воздействующего на суппорт тормозного механизма. При этом суппорт (рис.1) мог отклоняться относительно балки моста на некоторый угол за счет овальных отверстий 1 в нем и болтов 2, поставленных с зазором. Возникавший реактивный момент воспринимался двумя гидравлическими цилиндрами, закрепленными неподвижно относительно балки моста и гидравлически связанными между собой датчиком давления. В замкнутой гидравлической системе возникало избыточное давление, пропорциональное тормозному моменту, который измерялся с помощью датчика давления.

Система измерения тормозного момента (рис.2) состояла из четырех гидравлических цилиндров 1, обратного клапана 4 и датчика давления 5, которые связаны между собой с помощью трубопроводов и имеют замкнутую гидравлическую систему. Использовались гидравлические цилиндры одностороннего действия, применяемые в передних тормозных механизмах автомобилей семейства УАЗ. Обратный клапан 4 (мод.ОКБА) служит для заполнения системы жидко-



Ю.Д. КАРПИЕВИЧ,
к.т.н., зав. сектором
Проблемной научно-исследовательской
лаборатории

Белорусская государственная политехническая академия



В.Г. ИВАНОВ,
к.т.н., доцент кафедры
"Автомобили"

стью. Измерение давления в системе (измерение тормозного момента) выполнялось с помощью датчика давления 5 (мод. ЭДП-300). Удаление воздуха из системы осуществляется посредством перепускных клапанов 2.

На рис.3 показано конструктивное оформление кинематического замыкания подвижного суппорта через гидравлические цилиндры на балку моста. Толкатели 2, выполненные как одно целое с подвижным суппортом, сопряжены с поршнями гидравлических цилиндров 3. Последние крепятся кронштейнами 1 к балке моста.

Достоинством разработанной системы измерения тормозного момента является то, что она позволяет измерять тормозной момент как при движении автомобиля вперед, так и назад

Необходимо отметить, что качество и эффективность работы системы бортового диагностирования тормозов автомобиля и постановки правильного диагноза в значительной мере определяется достоверностью обрабатываемой ею информации, т.е. предполагает предварительное бортовое диагностирование датчиков тормозного момента.

Структурная схема системы бортового диагностирования датчиков тормозного момента 5 (рис. 2) показана на рис.4.

Ядром системы является микроЭВМ, в ПЗУ которой хранится программа диагностирования. Для связи микроЭВМ с объектом диагностирования используется устройство сопряжения, предназначенное для предварительной фильтрации входных информационных сигналов и преобразования их в стандартную для микроЭВМ форму.

Устройство отображения информации служит для

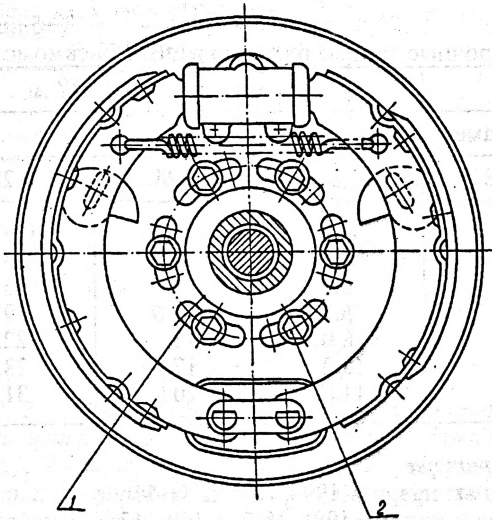


Рис. 1. Крепление тормозного механизма к фланцу балки моста

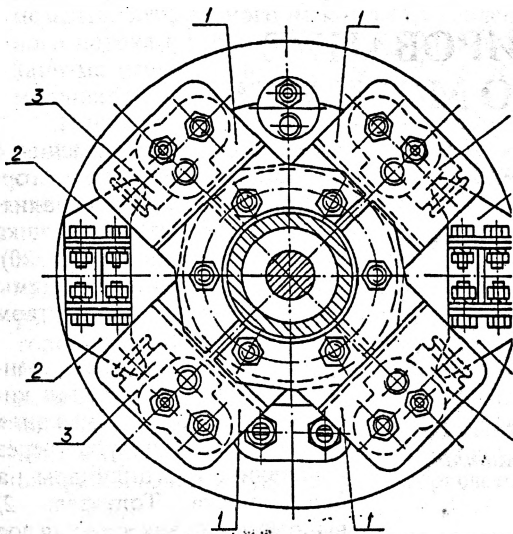


Рис. 3. Конструктивное оформление кинематического замыкания подвижного суппорта через гидравлические цилиндры на балку моста
1 - крестейны;
2 - толкатели;
3 - гидравлические цилиндры

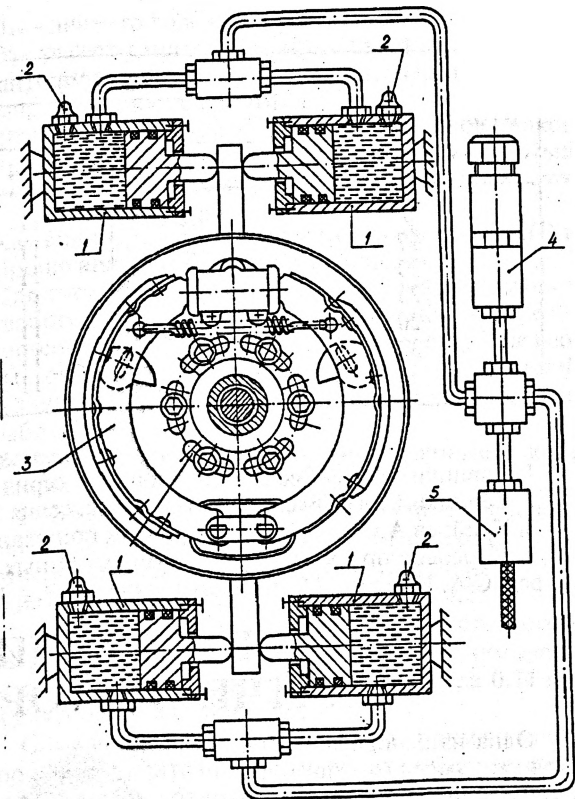


Рис. 2. Система измерения тормозного момента
1 - гидравлические цилиндры; 2 - перепускные клапаны;
3 - тормозной механизм; 4 - обратный клапан; 5 - датчик давления

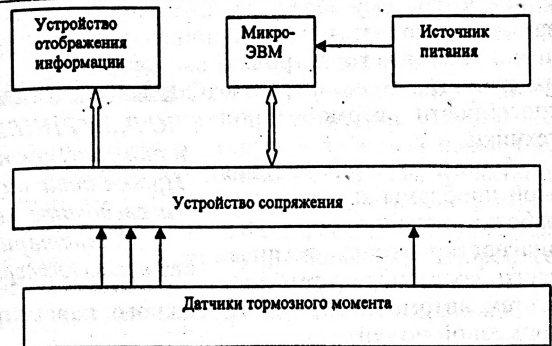


Рис. 4. Структурная схема системы бортового диагностирования датчиков тормозного момента

индицирования технического состояния датчиков тормозного момента. Источник питания используется для обеспечения функционирования системы бортового диагностирования датчиков тормозного момента.

В основу разработки методов и алгоритма бортового диагностирования датчиков тормозного момента были заложены программные методы контроля, постановка диагноза в которых производится путем сопоставления текущих значений информационных сигналов M_T с наперед заданными нижним M_{min} и верхним M_{max} пределами диапазона измерения датчика.

Система бортового диагностирования датчиков тормозного момента начинает свою работу при включении бортовой сети автомобиля с обработки информационных сигналов от датчиков тормозного момента.

Все возможные состояния измерительного канала датчика тормозного момента могут быть отнесены к одной из ниже перечисленных групп:

- неисправность, при которой значения информационных сигналов от датчика тормозного момента меньше допустимого нижнего предела диапазона его измерения - $M_T < M_{min}$;

- неисправность, при которой значения информационных сигналов от датчика тормозного момента больше допустимого верхнего предела диапазона его измерения - $M_T > M_{max}$;

- значения информационных сигналов от датчика тормозного момента находятся в пределах возможного диапазона его измерения, т.е. отражают реальную картину тормозного момента $M_{min} \leq M_T \leq M_{max}$.

Таким образом, если контролировать текущие значения информационных сигналов от первичных преобразователей тормозного момента и сравнивать их с соответствующими пороговыми значениями, то можно сделать заключение о техническом состоянии датчиков тормозного момента.

МОДУЛЬНЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МАШИНЫ СЕРИИ СИ И МЕТОДЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИЗНОСОУСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

ЕЛОВОЙ О.М., Институт механики машин НАН Беларуси

Модульные испытательные машины серии СИ предназначены для работы в научно-исследовательских лабораториях, технических университетах и лабораториях на предприятиях машиностроительного и металлургического профиля. Они позволяют проводить как традиционные испытания на трение и изнашивание, на механическую усталость (при консольном изгибе образца с вращением), так и комплексные испытания на фрикционно-механическую усталость (ФМУ), контактно-механическую усталость (КМУ) и фреттинг-усталость (ФУ) [1 - 4]. Разработчиком и изготовителем модульных машин серии СИ является Научно-производственное объединение «ТРИБОФАТИКА». Машины созданы с использованием 10 изобретений. Модульный принцип построения машин позволяет в широком диапазоне скоростей и нагрузок реализовать не только стандартные и общеизвестные методы испытаний, но и проводить оригинальные исследования моделей силовых систем (например, пар "колесо - рельс"; "вал - втулка" и т. д.).

ИСПЫТАНИЯ НА ФРИКЦИОННО-МЕХАНИЧЕСКУЮ УСТАЛОСТЬ

Схема испытаний на ФМУ представлена на рис. 1,

а.

Цилиндрический образец 1 одним концом закреплен в шпинделе 2 и вращается с угловой скоростью ω . На другом его конце приложена вертикальная изгибающая нагрузка Q (вверх или вниз). А к его рабочей зоне диаметром $d = 10$ мм прижимается под действием контактной нагрузки F_N закрепленный неподвижно контробразец 3, например, пластина или частичный вкладыш. Таким образом, в рабочей зоне образца одновременно возникают максимальные контактные и изгибные напряжения.

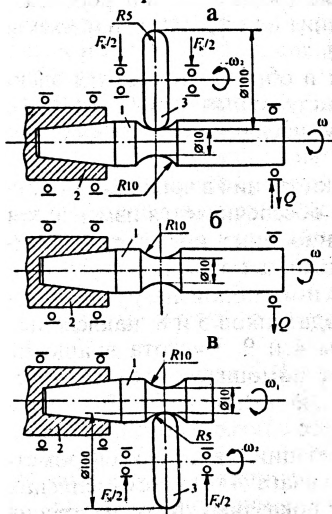


Рис. 1 Схемы испытаний на фрикционно-механическую усталость (а), механическую усталость (б) и трение скольжения (в) (обозначения в тексте)

Нетрудно видеть, что, имея машину для реализации схемы испытаний согласно рис. 1, а, можно проводить:

- износоусталостные испытания на фрикционно-механическую усталость (рис. 1, а) с варьированием величин F_N , Q и ω ;
- испытания на механическую усталость при изгибе с вращением (рис. 1, б) с варьированием величин Q и ω . В этом

случае контробразец 3 снимают, так что $F_N = 0$;

- испытания на трение и изнашивание при скольжении (рис. 1, в) с варьированием величин F_N и ω . В этом случае изгибающая нагрузка отсутствует ($Q = 0$), а образец 1, с целью экономии материала, делают укороченным.

ИСПЫТАНИЯ НА КОНТАКТНО-МЕХАНИЧЕСКУЮ УСТАЛОСТЬ

Эта схема (рис. 2, а) отличается от схемы испытаний на фрикционно-механическую усталость (рис. 1, а) тем, что неподвижно закрепленный контробразец заменен на вращающийся ролик 3. При этом образец и ролик могут в общем случае вращаться с разными угловыми скоростями ω_1 и ω_2 . Имея машину для реализации схемы испытаний согласно рис. 2, а, можно проводить:

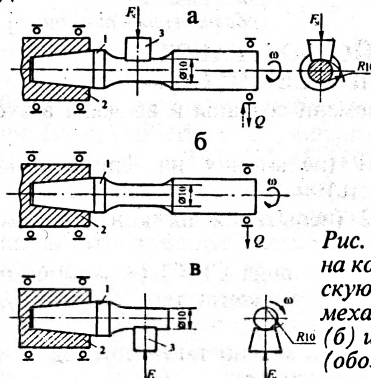


Рис. 2. Схемы испытаний на контактно-механическую усталость (а), механическую усталость (б) и трение качения (в) (обозначения в тексте)

- износоусталостные испытания на контактно-механическую усталость (рис. 2, а) с варьированием величин F_N , Q , ω_1 и ω_2 ;

- испытания на механическую усталость при изгибе с вращением (рис. 2, б) с варьированием величин Q и ω_1 . В этом случае ролик 3 снимают, так что $F_N = 0$ и $\omega_2 = 0$;

- испытания на трение качения или трение качения с проскальзыванием (рис. 2, в) с варьированием величин F_N , ω_1 и ω_2 . В этом случае изгибающая нагрузка отсутствует ($Q = 0$), а образец 1, с целью экономии материала, делают укороченным.

ИСПЫТАНИЯ НА ФРЕТТИНГ-УСТАЛОСТЬ

В отличие от схем испытаний на фрикционно-механическую усталость (см. рис. 1, а) и контактно-механическую усталость (см. рис. 2, а), в этом случае (см. рис. 3, а) к рабочей зоне вращающегося цилиндрического образца 1, изгибаемого нагрузкой Q , прижимают диаметрально противоположной контактной нагрузкой F_N два контробразца 3, называемых мостиками фреттинга. Мостиками фреттинга можно сообщать окружное (со скоростью v_1) или осевое (со скоростью v_2) колебательное движение малой амплитуды либо возбуждать оба движения одновременно. Имея машину для реализации схемы испытаний согласно рис. 3, а, можно проводить:

- износоусталостные испытания на фреттинг-усталость (см. рис. 3, а) с варьированием величин F_N , Q , ω , v_1 и v_2 ;

– испытания на механическую усталость при изгибе с вращением (рис. 3, б) с варьированием величин Q и ω . В этом случае мостики фреттинга не монтируются, так что $F_N = 0$, $v_1 = v_2 = 0$;

– испытания на фреттинг при осевом и/или окружном проскальзывании (рис. 3, в) с варьированием величин F_N , v_1 и v_2 . В этом случае изгибающая нагрузка отсутствует ($Q = 0$), а образец 1, с целью экономии материала, делают укороченным.

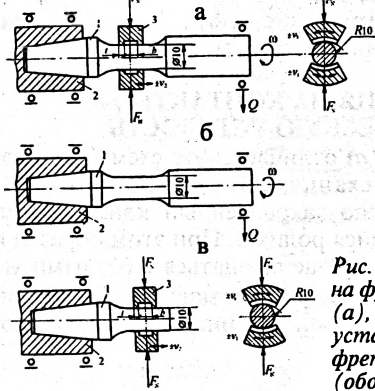


Рис. 3. Схемы испытаний на фреттинг усталость (а), механическую усталость (б) и фреттинг (в) (обозначения в тексте)

УСТРОЙСТВО И РАБОТА МАШИН СЕРИИ СИ

К настоящему времени созданы и введены в эксплуатацию:

- машина СИ-01 (испытания на фрикционно-механическую усталость);
- машина СИ-02 (испытания на контактно-механическую усталость);
- полнокомплектная машина СИ-03 (испытания на фрикционно-механическую и контактно-механическую усталость).

На всех этих машинах можно также проводить и испытания на фреттинг-усталость.

Технические характеристики машин приведены в таблице.

Машины серии СИ состоят из следующих модулей:

- испытательной установки 3, которая содержит узлы и механизмы, необходимые для закрепления и испытания образцов или моделей силовых систем;
- специальных столов 1 и 6;
- электрошкафа 4, встроенного в тумбу стола и содержащего силовую пускорегулирующую аппаратуру, электронные блоки управления приводами образца, контрообразца и нагрузателей;
- блока информационно-управляющей системы (ИУС) 2, включающего в себя первичные датчики оборотов и частот вращения, нагрузок, температуры, вибрации, линейного износа и др., электронный блок, содержащий усилители и АЦП для преобразования сигналов датчиков и аварийных сигналов в цифровые последовательности для передачи в ПЭВМ, ЦАП для управления приводами вращения образца, контрообразца и нагрузателей;
- ПЭВМ с принадлежностями 5 и программным обеспечением.

Взаимосвязь составных частей испытательной установки машины СИ-03 показана на схеме (рис. 4).

Электрошпиндель 1 привода образца вращает вал, в котором закреплен испытываемый образец 19.

Электродвигатель 13 привода контрообразца через гибкий вал 3 вращает вал, на котором закреплен контрообразец – ролик 2. В этом случае на машине реализуется трение качения. Электродвигатель 13 постоянного тока с по-

мощью тиристорного блока управления по команде ИУС позволяет изменять в широком диапазоне и поддерживать с высокой точностью заданную частоту вращения контрообразца, обеспечивая заданную скорость проскальзывания пары трения.

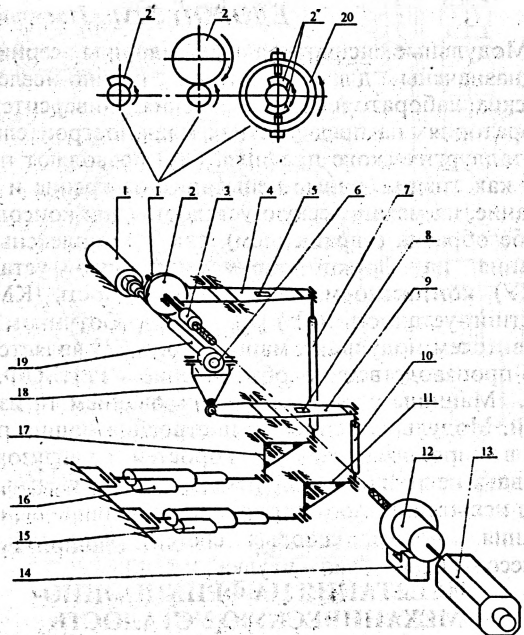


Рис. 4. Принципиальная схема испытательной установки машины СИ-03 (обозначения в тексте)

Контрообразец 2 прижимается к рабочей поверхности образца 19 с помощью электромеханизма 16 через систему рычагов 17, 7, 5, создавая заданную контактную нагрузку.

Вместо вращающегося контрообразца – ролика 2 на рычаге 4 может быть установлена кассета с неподвижным контрообразцом 2', или динамометрическое кольцо 20 с мостиками фреттинга 2''. В этом случае в используемой на машине силовой системе (образец - контрообразец) реализуется трение скольжения или фреттинг (см. схемы испытания – поз. I на рис. 4).

Изгибные напряжения в образце создаются электромеханизмом 15 через систему рычагов 11, 10, 9, 18 и обойму 6 с подшипником, насаженным на хвостовик вращающегося образца.

Расположение площадки трения в зоне растяжения или в зоне сжатия образца обеспечивается изменением направления (соответственно вниз или вверх) изгибающей силы Q , действующей на образец.

Величины контактной и изгибной нагрузок определяются с помощью тензодатчиков 5 и 8, наклеенных на нагружающие пружины 4 и 9. Частота вращения контрообразца измеряется с помощью оптоэлектрического датчика 14. Линейный износ либо сближение осей пары трения измеряется с помощью индуктивного датчика, параметры вибрации – виброакселерометром, установленным на рычаге 4 в зоне крепления контрообразца (на схеме не показаны). Момент трения измеряется с помощью моментомера 12, смонтированного на валу электродвигателя 13.

На машинах реализованы специально разработанные методы измерения и регистрации износа (сближения осей) как интегральным способом (через любые промежутки времени), так и дискретным (в определенных восьми точках по периметру поверхности опасного сечения образца) [5, 6].

Таблица – Технические характеристики модульных машин серии СИ

Наименование показателей	Значение		
	Машина СИ-01	Машина СИ-02	Машина СИ-03
Пара трения	Цилиндр-колодка	Цилиндр-ролик	Цилиндр-колодка цилиндр-ролик
Диаметр рабочей части образца, мм	10	10	10
Размеры контрообразца, мм	10×10×11,5	∅ 100	10×10×11,5 ∅ 100
Диапазон частот вращения образца, мин ⁻¹	40–4000	3000	600–6000
Диапазон частот вращения контрообразца, мин ⁻¹	–	50–500	50–500
Диапазон изгибающих нагрузок, Н	70–700	70–700	70–700
Диапазон контактных нагрузок, Н	10–500	50–1000	10–2000
Предел допускаемой погрешности измерения нагрузок, %	2	2	2
Диапазон измерения суммарного износа образца и контрообразца, мкм	0,5–50 10–4000	0,5–50 10–3000	0,5–50 10–4000
Предел допускаемой погрешности измерения суммарного износа образца и контрообразца, %, не более	5	5	5
Диапазон измерения момента трения, Н·м:			
– при трении скольжения	0,01–1,2	–	0,01–1,2
– при трении качения	–	0,2–20	0,2–20
Предел допускаемой погрешности измерения момента трения, %, не более	3	3	3
Установленная мощность электрооборудования, кВт	2	2,5	2,5

Машина СИ-01 для испытаний на фрикционно-механическую усталость отличается от машины СИ-03 тем, что испытуемый образец приводится во вращение двигателем постоянного тока с бесступенчатым регулированием частоты (диапазон частот вращения 40 – 4000 мин⁻¹). Привод контрообразца на этой машине отсутствует, так как в процессе испытаний реализуется только трение скольжения.

Машина СИ-02 для испытаний на контактно-механическую усталость отличается от машины СИ-03 тем, что испытуемый образец приводится во вращение асинхронным электродвигателем переменного тока с номинальной частотой вращения 3000 мин⁻¹. Широкий диапазон скоростей проскальзывания обеспечивается за счет изменения частоты вращения привода контрообразца – ролика. Привод контрообразца на этой машине аналогичен приводу контрообразца на машине СИ-03.

В настоящее время в рамках трибофатики разрабатывается специальная серия машин для испытаний при высоких скоростях нагружения. Такие машины получили название суперскоростные и будут использоваться для ускоренных испытаний [7]. Создана машина с частотой испытаний до 18000 мин⁻¹. Предусматривается увеличение частоты испытаний до 60000 и далее, возможно, до 8000 мин⁻¹. При этом размеры объектов испытаний остаются неизменными.

Машины серии СИ снабжены информационно-управляющей системой (ИУС), построенной на базе современной компьютерной техники. ИУС позволяет с высокой точностью осуществлять управление, измерение и регистрацию параметров испытаний.

Основные достоинства машин серии СИ: полная автоматизация испытаний; отсутствие механических передач, что существенно повышает точность результатов испытаний и уменьшает габариты машины; низкая материалоемкость и энергоемкость; унификация и стандартизация объектов испытаний; проведение испытаний моделей силовых систем; бесступенчатое регулирование параметров нагружения (скорости вращения образца и контрообразца, контактной и из-

гибной нагрузок) в широком диапазоне с высокой точностью; удобство обслуживания машин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданы и изготавливаются три модификации машин серии СИ, которые имеют модульную конструкцию, что позволяет легко изменять их конфигурацию и технические характеристики в зависимости от реализуемых схем испытаний и требований заказчика. Кроме того, потребитель может приобрести машину с ограниченным набором модулей для проведения испытаний только по одной схеме, а затем постепенно оснащать ее комплектами модулей для проведения всего комплекса испытаний. Машины серии СИ позволяют реализовывать новые технологии комплексных износоусталостных испытаний. Технические требования к машинам серии СИ и методы износоусталостных испытаний стандартизованы. Машины введены в эксплуатацию на некоторых предприятиях и организациях Беларуси.

Использованная литература

1. СТБ 1067-97. Трибофатика. Машины для износоусталостных испытаний. Общие технические требования. – Минск: Госстандарт, 1997. – 10 с.
2. СТБ 994-95. Трибофатика. Термины и определения. – Минск: Белстандарт, 1995. – 98 с.
3. ГОСТ 30638-99. Трибофатика. Термины и определения. – М.: Госстандарт, 1999. – 99 с.
4. Сосновский Л.А. Методы износоусталостных испытаний материалов// Заводская лаборатория. – 1990. №6. – С. 90 - 95.
5. Трибофатика-95: Ежегодник / Под общей ред. Сосновского Л.А. Вып. 1. Машины серии СИ для износоусталостных испытаний/ Авт.: Белиц Ф.Ю., Богданович А.В., Высоцкий М.С. и др.; Под ред. Высоцкого М.С. – Гомель: НПО "ТРИБОФАТИКА", 1996. – 80 с.
6. Сосновский Л.А., Еловой О.М., Марченко А.В. Некоторые особенности повреждения при фрикционно-механической усталости// Заводская лаборатория. – 1998. №12. – С. 39 - 42.
7. СТБ 1233-2000. Методы износоусталостных испытаний. Ускоренные испытания на контактно-механическую усталость. – Минск: Госстандарт, 2000. – 18 с.

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТРАКТОРОВ "БЕЛАРУС"

МЕЛЕШКО М.Г., генеральный конструктор ПО МТЗ,
заслуженный работник промышленности Республики Беларусь,
лауреат Государственной премии Республики Беларусь

Разработка научно обоснованной системы машин является ведущим элементом индустриализации сельского хозяйства, определяющим качественно новый этап в формировании материально - технической базы производства. Повышение эффективности сельскохозяйственной техники должно основываться на научных принципах оптимизации структуры, состава и параметров энергетических средств, сельскохозяйственных машин и орудий, совершенствовании индустриальных технологий производства и современных методик проектирования комплексной механизации.

На рынках идет жесткая конкуренция за выживание. И чтобы остаться на них, производитель должен быть конкурентоспособен, учитывать разнообразные запросы клиентов, предлагать продукцию с различными потребительскими свойствами. Именно этими принципами руководствуется конструкторский коллектив МТЗ, основательно работая над техникой, способной удовлетворить разнообразные запросы покупателей.

Тракторы "Беларус" покупают во многих странах мира. Завод получил и сегодня получает большое количество положительных отзывов. Но эти отзывы не вызывают самозауспокоенности, а ясно отражают необходимость интенсификации дальнейшего поиска новых конструкторских решений. Ведущим направлением нашей технической политики является: расширение номенклатуры тракторов; улучшение функциональных параметров и на этой основе повышение потребительских свойств машин; снижение их материалоемкости и повышение энергоемкости; повышение рентабельности производства тракторов.

Мы доводим условия работы на наших тракторах до требований мировых стандартов. На основные модели получены сертификаты международных испытательных центров, а так же стран СНГ. На них обеспечена хорошая обзорность рабочей зоны, комфортная кабина с требуемыми параметрами безопасности, соответствующее требованиям эргономики расположения органов управления трактором и при-



боров контроля за работой его агрегатов и систем.

Необходимо отметить, что неизменным остается принцип, гарантирующий надежность тракторов МТЗ, - система испытаний машин. Она начинается еще в конструкторских бюро с просчета вариантов на ЭВМ. Продолжается в специализированных лабораториях, где на десятках стендов в методически отработанных режимах идут всеобъемлющие испытания. Дальше, на заводской испытательной базе, тракторы подвергаются жестким испытаниям на круговых автоматизированных полигонах и проходят полевые испытания в различных почвенных условиях. При этом, в ходе отработки конструкции, проверяются тягово - динамические свойства тракторов их агрегатирование с комплексом машин и орудий, соответствие требованиям безопасности труда, производительность и топливная экономичность при выполнении разнообразных операций и многое другое, а весь объем полученных данных используется для дальнейшего совершенствования машин.

Мы продолжаем модернизацию хорошо зарекомендовавшего себя семейства тракторов МТЗ-80/82, сохраняя удачные решения и внедряя в конструкцию более совершенные новые разработки. Это касается как улучшения отдельных узлов, так и создания новых модификаций.

По основным технико-экономическим показателям: мощности, топливной экономичности, весовым параметрам, сроку службы, эти машины соответствуют современному

уровню мирового тракторостроения, а по некоторым: удельной массе, универсальности, наличию рабочего и вспомогательного оборудования - опережают лучшие зарубежные аналоги.

Новое семейство тракторов конструктивно построено на принципах типизации агрегатов и систем, типизации внешних форм, единстве компоновочных решений при различном назначении моделей и мощности двигателя.

Цикл создания включает несколько основных этапов: проведение маркетинговых исследований, научно - технический поиск прогрессивных решений, проектирование, изготовление образцов, испытания, доводка конструкции. Сокращение сроков, как отдельных этапов, так и создание машин в целом для достижения требуемых показателей надежности, зависит от методологии построения и увязки конструкторских решений от выбора схемы до ее исполнения. Нами реализована методология, базирующаяся на разработке унифицированного семейства тракторов "Беларус" и их модификаций на использовании в конструкции тракторов типизированных узлов и агрегатов с технической и экономической обоснованной степенью унификации. Преемственность конструкторско - технологических решений позволяет сокращать сроки создания и доводки конструкции, а применение унифицированных деталей и узлов положительно сказывается на рентабельности производства и эксплуатации тракторов.

Это достигается: созданием параметрических рядов машин с рационально выбранными интервалами между каждой из них; закладкой в конструкцию резервов развития и последовательным использованием этих резервов по мере необходимости. Это избавляет от необходимости периодической замены устаревших моделей, обеспечивает на долгие годы стабильный выпуск одной конструкции, дает большой экономический эффект и является одним из главных способов снижения стоимости.

Мы используем критерии подобия в том числе и геометрического, обеспечивающих идентичность па-

раметров энергетической и силовой напряженности деталей машин, следим за применением унифицированных составляющих машин. Это в большой степени относится к узлам, системам и деталям, не зависящим от передаваемой мощности. Модернизируем отдельные узлы и системы с целью использования при других условиях работы.

Весь отмеченный комплекс вопросов рассматривается по двум причинам. Во - первых, построение типоразмерного ряда тракторов (типаж) является основной частью общей системы развития технологии сельскохозяйственного производства. Во - вторых, развитие и совершенствование сельскохозяйственных машин и орудий, разработка новых и повышение эффективности используемых технологических процессов в основном зиждется на достигнутом уровне совершенства энергетических средств. Возможность выполнения совмещенных операций путем одновременного использования сельскохозяйственных машин и орудий на передней и задней навесных системах трактора обеспечивает сокращение трудовых затрат, повышение топливной экономичности, уменьшение количества негативных воздействий на почву; использование в агрегате с трактором комбинированных машин и орудий. Активный привод для машин позволяет более рационально потреблять подводимую энергию при возделывании культур, отличающихся размерами междурядий, условиями обработки, высотой стеблестоя и восприимчивостью к механическому воздействию. Весь этот широкий круг задач решается путем совершенства и рациональности построения типажа тракторной техники.

Внедрение в производство высокопроизводительного оборудования и прогрессивных технологий при рациональной смене объектов производства и всевозрастающей сложности новых конструкций, расширения и углубления специализации, требуют комплексной отработки конструкции изделия на технологичность, соблюдение стандартов и унификации как при конструкторской, так и при технологической подготовке производства.

Под унификацией здесь понимается приведение к единообразию на основе рационального числа их разновидностей. Применение в конструкции трактора унифицированных составных частей позволяет в 2...3 раза уменьшить количество

конструкторской документации в 1,5... 2 раза сократить сроки разработки изделий и объемы испытаний. Этот принципиальный подход использован при создании или выборе базовых конструкций тракторов на основе типоразмерного ряда и разработке на этом основании перспективного типажа тракторов МТЗ, модификаций для широкого потребления в различных областях народного хозяйства.

При этом предусматривается преемственность технических решений путем заимствования составных частей трактора из других конструкций или предшествующих разработок (одна из которых может быть базовой и другого типоразмера), или из других одновременно создаваемых. В основном эти два направления используются одновременно и степень использования первого заимствования определяется коэффициентом применяемости, а второго - коэффициентом преемственности.

Смысл данной концепции заключается в том, что при создании определенной модели трактора прорабатываются возможности создания на его базе семейства тракторов как в определенном диапазоне мощностей, так и модификаций для различных областей промышленности. На этом этапе может быть использована в качестве исходной конструкции модель машины, находящейся на производстве.

Совсем не обязательно, что вся гамма базовых тракторов различной мощности и их модификаций должны быть поставлены на производство одновременно. Это зависит от возможностей производства, востребованности рынка, но разработка конструкции до создания опытных образцов должна выполняться одновременно.

Одним из очень ответственных моментов при данном подходе является тщательное изучение востребованности сельским хозяйством или другими отраслями промышленности всех моделей типоразмерного ряда, определение их ниши на мировом рынке - т.е. проведение полного маркетингового исследования.

Учитывая, что внедрение машин, как правило, будет последовательным, очень важным является уровень заложенных в конструкцию резервов развития с целью использования по мере необходимости.

Данный подход обеспечивает прежде всего: заметное сокращение подготовок производства за счет

частичного применения во всей гамме машин унифицированных узлов и деталей, в основном, не связанных с передачей мощности или узлов и деталей с незначительными конструктивными изменениями; создание типизированных конструкций, которые влекут типизацию технологических процессов с возможностью изготовления на одном и том же переналаженном оборудовании. Типизация схемных и конструктивных решений сокращает сроки доводки конструкции, т.к. прослеживаются одинаковые закономерности протекания статических и динамических процессов.

Разработанная концепция развития конструкций перспективных моделей тракторов включает типоразмерный ряд всей мощностной гаммы тракторов нашего завода. Условно ее можно разделить на три группы:

- малогабаритные двух - и четырехколесные тракторы от 8 до 35 л. с.;
- универсально - пропашные тракторы мощностью 60.. 130 л. с.;
- тракторы общего назначения мощностью 150... 300 л.с.

Ниже рассматриваются основные модели типоразмерного ряда, приводятся некоторые характеристики машин (см. таблицу).

Минитрактор МТЗ-08 мощностью 8 л.с. или как его называют мотоблок (рис. 1) уже долгие годы служит крестьянам для выполнения почти всего комплекса сельхозработ на приусадебных участках. Он претерпел некоторую модернизацию по изменению внешнего дизайна и систем управления. Кроме того, на Сморгонском агрегатном заводе выпускается к нему первоочередной комплекс сельхозмашин: плуг, борона, окучник, фреза и др. В агрегате с полуприцепом обеспечивается транспортировка грузов массой до 500 кг.

Для выполнения сельхозработ на малоконтурных участках, применения в коммунальных службах с различными приспособлениями на Сморгонском агрегатном заводе выпускается минитрактор МТЗ-082 (рис. 2). Это четырехколесная машина выполнена с шарнирно - сочлененной рамой имеет мощность 12 л.с. Здесь имеется гидронавесная система для агрегатирования с сельхозмашинами, вал отбора мощности для работы с агрегатами с активным приводом. В сочетании с набором агрегатов можно выполнять первоочередной комплекс работ: вспашку, боронование, культи-

ку, междурядную обработку, кошение трав.

В коммунальном хозяйстве - уборку улиц, тротуаров, в особенности в стесненных условиях, где нельзя применить крупногабаритную технику.

Следующим из семейства малогабаритных тракторов является 35-ти сильная модель МТЗ-320 и его модификации (рис. 3). Это трактор тягового класса 0,6 выпускается, как с одним, так и с двумя ведущими мостами, с кабиной и без кабины. Может комплектоваться как задней, так и передней навесной системой и ВОМ. Кроме этого может агрегатироваться почти со всем комплексом сельхозмашин трактора Т-25.

Получили дальнейшее развитие наиболее массовые универсально - пропашные тракторы "Беларус". Начато производство тракторов мощностью 90 л.с. в двух вариантах с низкопрофильной МТЗ-922 (рис. 4) и полнопрофильной МТЗ-923 (рис. 5). Эти модели являются глубокой модернизацией зарекомендовавших тракторов МТЗ -82 с малой кабиной и МТЗ-952 с унифицированной кабиной.

На этих тракторах применены узлы и агрегаты повышенного технического уровня. Дизель 4-х цилиндровый с турбонаддувом мощностью 90 л.с. Трансмиссия, синхронизированная 14/4, трехдисковые рабочие тормоза, автоматическая блокировка дифференциала заднего моста, по заказу комплектуется реверс редукторами и КП 18/4. Передний ведущий мост повышенной несущей способности балочного типа с дифференциалом повышенного трения и планетарно - цилиндрическими конечными передачами. Гидрообъемное рулевое управление. Навесная система на основе гидроподъемника, с обеспечением силового, позиционного и смешанного регулирования рабочего процесса на орудии. Кабина низкопрофильная или полнопрофильная с улучшенными условиями труда оператора. Эргономичный пост управления.

Универсально - пропашной трактор кл. 2,0 т. МТЗ-1222 (рис. 6), предназначен для выполнения полевых, транспортных и общехозяйственных работ в агрегате с навесны-

ми, полунавесными, прицепными, полуприцепными и монтируемыми машинами, является дальнейшим развитием конструкции трактора МТЗ-1221.

На тракторе применены узлы и агрегаты повышенного технического уровня. Дизель 6-ти цилиндровый с турбонаддувом мощностью 130 л.с. Муфта сцепления фрикционная двухдисковая, сухая постоянно замкнутого типа с гидростатическим управлением. Трансмиссия, синхронизированная коробка передач 16/8 (по заказу 24/12), трехдисковые рабочие тормоза, автоматическая блокировка дифференциала заднего моста, автоматический привод переднего ведущего моста. Передний ведущий мост повышенной несущей способности балочного типа с дифференциалом повышенного трения и планетарно - цилиндрическими конечными передачами. Гидрообъемное рулевое управление. Вал отбора мощности двухскоростной независимый. Навеска на основе электрогидравлической системы "BOSCH". Кабина полноразмерная повышенной комфортности, по заказу комплектуется дополнительным сиденьем, возможна установка реверсивного поста управления. Эргономичный пост управления.

На базе модели МТЗ-1522 разработан новый сельскохозяйственный трактор общего назначения кл. 3,0 т., МТЗ-1523 (рис. 7), предназначенный для выполнения полевых, транспортных и общехозяйственных работ в агрегате с навесными, полунавесными, прицепными, полуприцепными и монтируемыми машинами.

На тракторе применены узлы и агрегаты повышенного технического уровня. Дизель 6-ти цилиндровый с турбонаддувом мощностью 150 л.с. Муфта сцепления фрикционная двухдисковая, сухая постоянно замкнутого типа с гидростатическим управлением. Трансмиссия, синхронизированная коробка передач 16/8 (по заказу 24/12), трехдисковые рабочие тормоза, автоматическая блокировка дифференциала заднего моста, автоматический привод переднего ведущего моста. Передний ведущий мост повышенной несущей способности балочного типа с дифференциалом повышен-

ного трения и планетарно - цилиндрическими конечными передачами. Гидрообъемное рулевое управление. Вал отбора мощности двухскоростной независимый. Навеска на основе электрогидравлической системы "BOSCH", с обеспечением силового, позиционного и смешанного регулирования рабочего процесса на орудии. Кабина полноразмерная повышенной комфортности, по заказу комплектуется дополнительным сиденьем, возможна установка реверсивного поста управления. Эргономичный пост управления.

И включает типоразмерный ряд сельскохозяйственный трактор общего назначения кл. 5,0 т., колесной формулой 4x4, предназначенный для выполнения работ с широкозахватными с/х машинами для предпосевной обработки почвы и выполнения уборочных работ в составе высокопроизводительных комплексов (рис. 8).

На тракторе применены узлы оригинальной конструкции. Дизель с турбонаддувом и промежуточным охлаждением мощностью 250...300 л.с. с несущим картером. Муфта сцепления фрикционная, сухая постоянно замкнутого типа с гидростатическим управлением. Трансмиссия с переключением под нагрузкой с помощью фрикционных муфт с электрогидравлическим управлением, переключением диапазонов синхронизаторами без разрыва потока мощности 24/12 (с ходоуменьшителем - 36/24), многодисковые тормоза, работающие в масле, гидроуправляемая муфта блокировка дифференциала заднего моста, автоматический привод переднего моста. Передний ведущий мост высокой несущей способности соосного типа. Гидрообъемное рулевое управление. Навеска на основе электрогидравлической системы "BOSCH". Кабина полноразмерная повышенной комфортности, с кондиционером и отопителем, возможна установка реверсивного поста управления. Эргономичный пост управления.

По своему техническому уровню тракторы Беларус-992, Беларус-1223, Беларус-1523 и Беларус-3022 соответствуют современным мировым стандартам.

В конструкторское бюро принят новый инженер. Спустя некоторое время директор спрашивает начальника КБ:
- Ну, как новенький? Он производит впечатление

очень трудолюбивого работника.
- Это его единственное достоинство.
- Трудолюбие?
- Нет, умение производить впечатление.



MTZ-320

Рис. 3



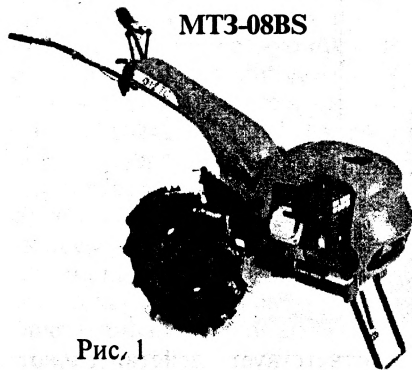
MTZ-082

Рис. 2



MTZ-1222

Рис. 6



MTZ-08BS

Рис. 1



MTZ-923

Рис. 5



MTZ-922

Рис. 4



MTZ-1523

Рис. 7



MTZ-2522

Рис. 8

Технические характеристики тракторов семейства MTZ - "Беларус"

Тип трактора	08BS	082	320	922	923	1222	1523	2522
	мотоблок	мини-трактор	универсальный	универсально-пропашной				общего назначения
Тяговый класс	0,1	0,2	0,6	1,4	1,4	2	3	5
Колесная формула	2x2	4x4	4x4	4x4	4x4	4x4	4x4	4x4
Мощность двигателя, кВт (л.с)	6,6 (9,0)	8,0 (11,0)	24,6 (33,5)	65 (89)	65 (89)	96 (130)	114 (155)	184...220 (250...300)
Удельный расход топлива, г/кВт ч	340	350	280	237	237	226	227	218
Диапазоны скоростей, км/час:								
вперед	2,6...11,4	2,8...17,7	1,0...25,0	2,6...37,1	2,7...38,1	2,2...37	1,8...32	0,4...40
назад	3,0...5,35	4,0...12,9	1,8...13,3	5,4...12,2	5,6...12,6	3,8...16	2,7...15,5	0,4...18
Грузоподъемность навесной системы (на оси подвеса), кг:								
передней	-	-	550	-	-	-	-	-
задней	-	240	1200	4000	4000	7000	7000	10000
Масса трактора эксплуатационная, кг	115	400	1670	4050	4200	6180	6180	9800
Агротехнический просвет, мм	300	300	560	560	560	600	600	550

"ПОЛЕСЬЕ" – ТЕХНИКА СЕГОДНЯШНЕГО И ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ



В соответствии с поручением Президента Республики Беларусь ГСКБ ПО "Гомсельмаш" в 1997-2000 гг. создало три конструкции зерноуборочных комплексов семейства "Полесье". Их пропускная способность - от 6 до 12 килограммов зерна в секунду. По своим агротехническим показателям, а также по показателям технической и технологической надежности и условиям труда эти машины вышли на уровень лучших зарубежных аналогов.

По расчетам специалистов ГСКБ, для эффективной уборки зерновых в республике общий парк зерноуборочных машин, сформированный на базе вышеуказанных комбайнов "Полесье", должен составлять около 13,7 тысячи машин. В том числе 4800 ед. КЗР-10, 200 - КЗС-10 и 8700 ед. КЗС-7.

В минувшем сезоне на полях страны работало 360 зерноуборочных комплексов "Полесье". В частности, 171 комплекс КЗР-10, в состав которых входит универсальное энергетическое средство УЭС-2-250А, приступил к работе на селе с начала уборочной. Из 353 универсальных энергетических средств УЭС-2-250А - 41 агрегат, кроме уборки зерновых, использовался также с навесной косилкой-плющилкой КПР-6 на кошении трав, 78 - на заготовке кормов из трав, 178 - на уборке кукурузы на силос; 41 - кукурузы на зерно, 19 - со свеклоуборочным комбайном КСН-6 на уборке сахарной свеклы.

При этом средняя наработка на одно энергосредство составила: 442 тонны с площади более 200 гектаров на уборке зерновых колосовых, 397 тонн с площади

около 115 гектаров кукурузы на зерно, 4095 тонн с площади 275 гектаров силоса, 342 гектара на кошении трав на сено, 1906 тонн с площади 50 гектаров на уборке свеклы.

Установлено, что при уборке пшеницы и ржи урожайностью около 4 тонн зерна с гектара комплекс КЗР-10 обеспечил производительность за час основного времени 14,6 тонны пшеницы и 15,0 тонны ржи. В тех же условиях производительность комбайна "Дон-1500Б" была ниже соответственно на 20 и 10 процентов.

Удельный расход топлива КЗР-10 за смену составил 2,98 кг/т при уборке пшеницы и 2,87 кг/т. При уборке ржи. А у "Дона-1500Б", соответственно, 3,25 кг/т и 2,93 кг/т.

Общие потери на уборке озимой пшеницы оказались практически одинаковыми, а на уборке ржи у комплекса КЗР-10 они были ниже в 2,8 раза, чем у комбайна "Дон-1500Б".

По данным Белорусской МИС, на уборке озимой ржи в очень тяжелых условиях (высота растений 122 см, влажность соломы 35,3%, полеглость - 24%) коэффициент надежности технологического процесса комплекса КЗР-10 составил 0,99 при нормативном значении 0,98 и производительности 15 тонн в час.

Результаты трехлетних испытаний комплексов КЗР-10 в Беларуси, Украине и России, опыт их эксплуатации в хозяйствах нашей страны в 1999-м и 2000 годах показали, что нарекания на неудовлетворительную работу комплексов КЗР-10 с тангенциально-роторным МСУ на высокостебельных, влажных и засоренных хлебах не

соответствует действительности. Напротив, многие специалисты отметили преимущества КЗР-10 на уборке зерновых повышенной влажности и засоренности в сравнении с комбайнами классической компоновки,

Испытания также подтвердили: в сравнении с аналогами, используемыми на уборке зерновых, кормов и сахарной свеклы, суммарная конструкционная масса 4 уборочных комплексов "Полесье" ниже на 16 тонн (в 1,6 раза). Экономия от снижения материалоемкости равна по стоимости 220 тоннам дизельного топлива, которого будет достаточно для эксплуатации УЭС на протяжении 10 лет при 590-часовой годовой загрузке.

Вместе с тем в сравнении с эксплуатируемыми в Республике Беларусь комбайнами "Мега-218", "Джон Дир-2264", "Кейс-Лида 1300", "Бизон-Нью Холл Анд BS-Z110" из-за их высокой цены использование УЭС-2-250А только на уборке зерновых обеспечивало годовой экономический эффект от 11,5 до 31,3 тыс. долл. США в ценах 2000 года.

В то же время комплексы, работавшие только с одним зерноуборочным адаптером, в сравнении с комбайнами "Дон-1500Б" были, как правило, неэффективны.

Если же говорить об использовании энергосредства УЭС-2-250А с двумя адаптерами (КЗР-10 и КПК-3000), то годовой экономический эффект в сравнении с комбайнами "Дон-1500Б" и КСК-100А обеспечивается в размере 2,5 тыс. долларов в ценах минувшего года. При использовании

трех адаптеров (КЗР-10 + КПК-3000 + КПК-6) эффект увеличивается до 15,5 тыс. долларов, а при четырех адаптерах возрастает до 18,3 тыс. долларов.

Согласно расчетам, для получения оптимального экономического эффекта хозяйствам республики необходимо эксплуатировать УЭС-2-250А не менее чем с тремя адаптерами: на зерноуборке (в составе КЗР-10), на кормоуборке (в агрегате с КПК-3000) и на кошении трав в валок (с КПК-6). А при наличии в хозяйстве посевов сахарной свеклы - и на уборке корнеплодов (в агрегате с КСН-6).

Расчет годового объема работ, который может быть выполнен

только одним энергосредством, дает возможность специалистам сельского хозяйства формировать структуру посевных площадей, позволяющую с максимальной эффективностью использовать приобретаемые машины в одном хозяйстве или использовать уборочные комплексы на базе УЭС-2-250А на кооперативной основе. ГСКБ на основе реального опыта эксплуатации УЭС-2-250А с 4 адаптерами считает целесообразным и рекомендует на первом этапе планировать суммарный годовой объем работ, как минимум, на уровне 1500 гектаров, что гарантирует годовую экономию в сравнении с используемыми в настоящее время машинами в раз-

мере не менее 18 тыс. долларов.

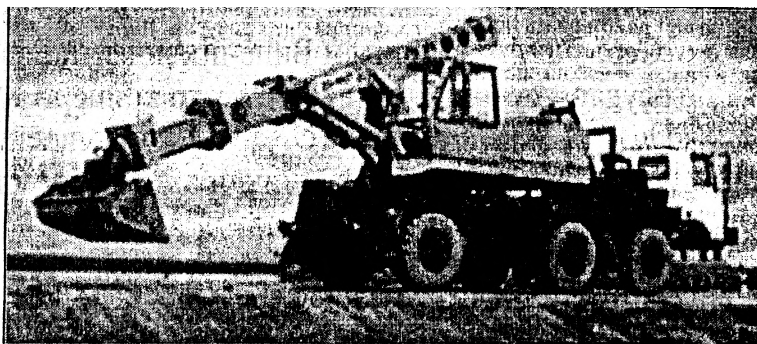
В небольших хозяйствах, где отсутствует возможность загрузки энергосредства до нормативного уровня с 3-4 адаптерами, для максимального использования потенциала УЭС-2-250А целесообразно применять комплексы "Полевье" в составе машинно-технологических станций и в межхозяйственных отрядах.

На снимке "Полевье-РОТОР" КЗС-10.

В. ШУРИНОВ, генеральный конструктор по зерноуборочной и кормоуборочной технике Минпрома РБ, д.т.н.

"р"

БЕЛОРУССКИЕ ЭКСКАВАТОРЫ ПОТЕСНИЛИ СЛОВАЦКИЕ. НАДОЛГО ЛИ?



Белорусские предприятия дорожной отрасли волей-неволей встают перед дилеммой: какую технику покупать? Импортную - качественную, но дорогую, или отечественную - дешевую, но уступающую зарубежным аналогам. Чаще всего перевешивает отечественная. Но если еще несколько лет назад это происходило главным образом из-за низкой цены, то теперь нередко преимущество отдается и из-за хороших качественных показателей. Появились предприятия, выпускающие машины не хуже зарубежных. Кроме того, в Беларуси высокий научно-технический потенциал, который используется еще не полностью. И Комитет по автомобильным дорогам стремится всячески стимулировать тех, кто производит технику высокого качества.

К таким относится и предприятие "Святовит". Создано оно в 1997 году. До этого приходилось

закупать дорожные экскаваторы на словацком заводе, который функционирует еще со времен СЭВа. И поставлял свои машины в Беларусь он еще по социалистической кооперации. Однако это дорого обходилось нам. И "Святовит" создавали в поселке Коханово Толочинского района как альтернативу словацкому заводу.

Выпустить экскаватор - не такая уж и большая проблема. Но как сделать машину, не уступающую мировым аналогам? Далеко не все верили, что "Святовит" сможет такое. Поэтому первым делом на предприятии начали переламаывать психологию работников. И это удалось.

Сегодня на предприятии работает всего 85 человек. Однако оно по годовым объемам выпускаемых трех видов экскаваторов уже превосходит словаков. А по отзывам специалистов, техника

превосходит и по качеству. Свидетельством тому является спрос на нее. В прошлом году реализовано экскаваторов на 3 миллиона долларов. Основными потребителями их являются белорусские дорожные организации. Однако растет объем экспорта в Россию. Также поставляют их в Китай, другие страны. Поступили новые интересные предложения на экспорт. Потребителей устраивает не только качество экскаваторов, но и их цена, которая в два раза ниже, чем в других европейских государствах.

На "Святовиге" с первого дня была отменена работа по принципу "купил-продал-забыл". На каждый проданный экскаватор установлен гарантийный срок в 12 месяцев. Однако и после истечения его потребитель уверен, что предприятие не оставит его, постарается сделать все в случае неисправности машины и зачас-

тую специалисты "Святовита" выезжают в дорожные организации, чтобы узнать, как проявляет себя их техника.

Недавно на предприятии в рамках специального семинара прошел конкурс на лучшего оператора. В нем рассматривались такие показатели, как опыт эксплуатации дорожных экскаваторов за долгий период, наработка экскаваторного оборудования, пробег машины, количество отказов за год. Руководство предприятия с вниманием выслушало все замечания и предложения. Так, экскаваторщик из ДСУ-12, раскорчевывая пни при реконструкции Минской кольцевой дороги на технике "Святовита", встретился с определенными трудностями. Это подтолкнуло инженеров предприятия к созда-

нию подвески к экскаватору в виде челюстного захвата. Поставлена цель увеличить число рабочих органов машины, что повысит универсальность производимой техники. Оператору не потребуется раз за разом выходить из кабины экскаватора. Сидя в ней, можно будет выдвигать шасси, объезжать любые препятствия.

Однако далеко не все безоблачно на "Святовите", который выпускает, фактически лучшие дорожные экскаваторы в СНГ. Предприятие должно развиваться, у него есть перспективные планы. Однако пока двигаться дальше не может. Ибо не ощущает необходимой поддержки. Недавно, к примеру, руководство "Святовита" попросило выделить ему дополнительные площади" на

которых можно было бы развернуть новое производство. Однако последовал отказ. Кто от этого выиграл? Все в проигрыше. "Святовит" белорусским организациям продает машины по фиксированным ценам. И несет ощутимые финансовые издержки. Однако никаких льгот за это ему не предоставляют. А ведь, как считают на предприятии, сегодня на международном рынке дорожных экскаваторов складывается выгодная ситуация, и возникшие ниши можно заполнить белорусскими машинами, которые уже успели себя проявить в разных странах с хорошей стороны. Если упустить время, то можно многое потерять. Ведь российские конкуренты не дремлют.

"Р"



ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Сердечно поздравляем Вице-президента Белорусского государственного энергетического концерна "Белэнерго" **Владимира Геронимовича КОРДУБУ** с присвоением почетного звания "Заслуженный работник промышленности Республики Беларусь".

Желаем крепкого здоровья и новых творческих успехов.

В МИРЕ КОМПЬЮТЕРОВ

12 ТРИЛЛИОНОВ ОПЕРАЦИЙ В СЕКУНДУ

Запущен в эксплуатацию мощнейший в мире суперкомпьютер от IBM. Его мощность – свыше 12 триллионов операций в секунду.

Суперкомпьютер построен корпорацией IBM по заказу американского правительства и носит название ASCI White. Его мощность – 12,3 трлн. терафлопов (т.е. более 12000000000000 операций в секунду).

Между прочим, это на 23% больше, нежели предусмотрено контрактом между IBM и правительством. Применяться этот "компью-монстр" будет для моделирования процессов, протекающих при иницировании ядерных зарядов и их старении. Работы будут проводиться в Ливерморской национальной лаборатории. К 2005 году планируется создать суперкомпьютер с производительностью 100 триллионов операций в секунду, который будет способен самостоятельно рассчитать ядерный взрыв.

В новом суперкомпьютере 8192 процессора SP3 с тактовой частотой 375 МГц, объем оперативной памяти ASCI White составляет 6 Тб, а дисковой – 166 Тб (это примерно 3000000 книг).

Масса ASCI White составляет 106 т, а занимаемое пространство равно по площади двум баскетбольным площадкам.



Жемчужины мысли

"Случайные открытия делают только подготовленные умы"

Б. Паскаль

"Придет время, когда наука опередит фантазию"

Ж. Верн

"Трудных наук нет, есть только трудные изложения"

А. Герцен

Геннадий Шингарев

СОВЕТНИКИ ВСЕВЫШНЕГО

(Продолжение. Начало см. № 2(11) 2001 г.)

4

Итак, общительный, многогранный, брызжащий всевозможными идеями, догадками, планами, проектами Лейбниц – и суровый, скованный, "аутичный" Ньютон, строгий в отношении к другим, а еще больше к самому себе, снедаемый внутренней тревогой и противоречиями своей сложной и скрытной натуры.

Лейбниц – кумир ученых женщин, наставник брауншвейгских принцесс, перед которыми он разглагольствует в парке Герренгаузен, где за кустами боярышника мелькает его черный ниспадающий на плечи парик!

Лейбниц, мечтающий о едином христианстве, о едином человечестве, полный веры в прогресс.

И Ньютон с его пуританской непримиримостью, ненавистью к католицизму и Риму, с его подозрительностью, вечной боязнью врагов, с его припадками благочестия и убеждением, будто комета 1680 года была послана, чтобы испепелить землю; лишь по особой милости божьей она промахнулась, на Страшный суд недалеко и близится исполнение сроков. Ньютон, чья жесткая, лаконичная, почти лишенная эпитетов латынь так резко отличается от текучего и ветвящегося слова Лейбница, от его щедрого многословия. Ньютон, стоящий на прочном фундаменте фактов, с недоверием относящийся ко всякому априоризму, "словесности", и предостерегавший от смешения домыслов с действительностью, – и Лейбниц с его "геометрическим" и философским подходом к наметившейся научной проблеме, мгновенно угадавший в исчислении бесконечно малых неисчерпаемый по своим возможностям метод, или, как он выразился однажды, "всеобщий принцип изъяснения законов природы".

Коротко говоря, разнице характеров соответствовало контрастное мировоззрение, различная научная и теоретическая философия обоих протагонистов.



Ньютон и Лейбниц были почти ровесники – англичанин старше на три с половиной года. Выходцы из разных социальных слоев (Ньютон – сын небогатого землевладельца, Лейбниц – сын профессора), они в конце концов заняли приблизительно одинаковое общественное положение. Ньютон, обласканный королевой Анной, был возведен в рыцарское достоинство, после смерти Гука стал президентом Королевского общества и мало-помалу из робкого и настороженного провинциала превратился в сановного главу британской науки, даже в ее самодержца. Лейбниц был милостиво удостоен баронского титула и назначен первым президентом Берлинской академии наук. В своей стране он был почитаем не меньше, чем Ньютон – в своей.

Повсюду, куда он ездил с поручениями своих владык, – а ездил он много, не в пример Ньютону исколесил полконтинента в тряских колымагах, под цоканье копыт, – повсюду он сумел завязать обширные связи, сумел оказаться в центре европейского научного мира и многие годы, до последних дней, обменивался новостями со своими иностранными корреспондентами. Таков он был – провинциал и европеец, житель чахлого городка Ганновер с десятитысяч-

ным наследием и почетный гость Парижа, где в конце XVII века насчитывалось полмиллиона, ученый слуга при дворе третьестепенного феодального князька и некоронованный глава международной "литературной республики" философов и ученых.

Лейбниц однажды сказал: "Кто знает меня по опубликованному, тот меня не знает". Лишь двадцать три десятка его произведений было напечатано при его жизни, из крупных сочинений – одна только "Теодицея". Некоторые важнейшие работы увидели свет в XX веке. И наше время взирает на Лейбница во многом другими глазами, чем на него смотрели даже в середине прошлого столетия, когда мудрость Лейбница все еще поставлялась на рынок идей в бесцветной упаковке его эпигона Хр. Вольфа. Еще не так давно эту мудрость вычитывали из "Теодицеи" и "Монадологии", полагая, что здесь поставлена последняя точка. Но "кто меня знает таким, тот меня не знает". Архив Лейбница, собранный в Королевской библиотеке Ганновера и в хранилищах бывшей Прусской академии наук, – это сотни тысяч страниц, густо; исписанных с обеих сторон: автор был близорук и, как все близорукие люди, писал мелко. В этих Гималаях погребено 15300 писем – то, что удалось отыскать до сих пор – иные; из которых представляют собой целые трактаты – конспекты будущих и по большей части ненаписанных ученых трудов.

"У меня столько нового в математике, столько мыслей в философии..." С ума сойти, до какой степени он не сосредоточен. Пожалуй, только один человек может соперничать с ним в этом неумении, в этом нежелании остановиться на чем-нибудь одном

– Леонардо да Винчи. Письма посвящены метафизике, алгебре, астрономии, механике, геологии, медицине, насосным машинам, правилам ведения войны, политическим прогнозам; составить предметный указатель к этим письмам – безнадежная задача: легче сказать, чего в них нет. Адресатов – около тысячи. И какие адресаты!

Здесь и русский царь Петр Первый, о котором Лейбниц при первом знакомстве заметил, что ему, "конечно, не хватает наших манер, но ума ему не занимать". В одном из писем на имя Петра рукою Лейбница набросан чертеж: реки Волга и Дон, обращенные излучинами друг к другу, соединены прямой линией – каналом. В другом послании преподаны советы, как одолеть Карла XII, и высказано предположение, что в будущем центр всемирной цивилизации переместится в Россию.

Довольно часто в письмах мелькает имя Ньютона. Вот отрывок из письма шотландцу Бернету де Кемни.

"[Такой-то] сообщил мне, что он имел честь беседовать с г-ном Ньютоном: тот познакомил его со своим сочинением о цветах, однако сказал, что пока не намерен его обнародовать. Усерднейше прошу вас, сударь, если будете в Лондоне, выполнить сие поручение от моего имени и ради общего блага... Назначение рода человеческого состоит в познании божьих чудес, а так как господин Ньютон – один из тех людей мира, кто всего более может этому способствовать, то было бы непростительным с его стороны позволить себе отступить перед преградами, кои отнюдь не являются непреодолимыми. Чем выше его талант, тем больше обязательств он на него налагает. Ибо, думается мне, для достижения великой цели, к которой идет человечество, люди, подобные Архимеду, Галилею, Кеплеру, г-ну Декарту, г-ну Гюйгенсу, г-ну Ньютону, важнее, чем полководцы, и по меньшей мере равны великим законодателям... Итак, передайте г-ну Ньютону, что я не оставляю его в покое. Коль скоро

труд его о цветах закончен, автор не имеет права медлить с его опубликованием, так как следствием этого труда могут быть новые замечательные открытия...

5

Открытие дифференциального и интегрального исчисления было подготовлено достижениями многих умов. Многие и в их числе Паскаль, Декарт, Ферма, Гюйгенс, наконец, рано умерший учитель Ньютона Исаак Барроу, каждый своим путем, приблизились к этому открытию. В конечном счете, изобретение анализа было венцом работы многих веков. Но среди непосредственных предшественников первым нужно назвать Галилея. Именно он в конце XVI века установил первый динамический закон – закон свободного падения тел, которое, как теперь каждый узнает в школе, представляет собой классический пример равноускоренного движения.

Тем самым математика, говоря высоким слогом, впервые подала руку физике. Античные математики имели дело с неподвижными геометрическими образами; с Галилеем математика усваивает понятие о непрерывно происходящем изменении, идею текучести вещей, и перед ней открывается мир физических явлений.

Спасаясь от чумы, поразившей Кембридж, летом 1665 г. двадцатидвухлетний Ньютон уехал на родину в Вусторп. Здесь, в деревенском уединении, совершился небывалый и никогда уже не повторенный взлет его гения, когда, как было доказано окончательно в 1965 году, через триста лет, он рассчитал соотношение центробежной и центростремительной сил в круговращении Земли, догадался о сложном составе света, открыл разложение бинома и произвел переворот в математике. К этому времени, к двум золотым годам, проведенным в деревне, если верить Кондуитту, относится ставшая легендой история с яблоком.

Из Вулсторпа Ньютон привез черновую рукопись, где на первой странице, вместо заголовка, было написано: "Нижеследующие

предложения достаточны, чтобы решать задачи с помощью движения".

Знал ли кто-нибудь о существовании этого манускрипта? Едва ли. Как и клочок бумаги с пунктами договора о разделе отцовского наследства, на обороте которой была записана первая версия закона всемирного тяготения, рукопись с первым изложением метода производной была разыскана и опубликована три века спустя. Сам автор, вероятно, считал ее потерянной. Но в 1716 году он вспомнил о ней в одном письме, которое, как он надеялся, будет показано Лейбницу. Ньютон указал, что шесть предложений, излагающих "общий метод решения задач, касающихся движения", были записаны им 16 мая 1666 года.

Летом 1669 года Ньютон подытожил результаты применения придуманного им метода для решения разных задач в мемуаре под названием "Анализ при помощи бесконечных уравнений". Он не решался отдать в печать и эту рукопись. О ней узнал лишь его учитель, единственный человек, которого, он считал своим подлинным другом, но учитель не любил конспирации и по собственному почину, рискуя рассердить Ньютона, послал рукопись в Лондон, Джону Коллинзу.

Так великое изобретение Ньютона перестало, наконец, быть тайной. Коллинз был ученым секретарем Королевского общества. От него о методе услышали другие, в том числе будущий секретарь общества Генри Ольденбург. Человек опытный и предусмотрительный, Коллинз снял копию со статьи Ньютона, а оригинал возвратил автору.

Много лет, спустя, этой копией размахивали как уликой против Лейбница, как доказательством, что Лейбниц во время его визита в составе немецкого посольства в Лондон читал работу Ньютона: Не мог не читать. Ведь найдена же в Ганноверской библиотеке, среди других записей этих лет, тетрадь с собственноручными выписками Лейбница из статьи Ньютона.

Но в злополучной ганноверской тетрадке отсутствует дата. Из переписки Лейбница с Ольденбургом, завязавшейся после отъезда Лейбница, хорошо видно, что в это время он еще не был знаком с Коллинзом, даже не виделся с ним, - следовательно, не мог получить от него никаких документов. С другой стороны, в выписках использованы обозначения дифференциала, которых нет у Ньютона: они принадлежат самому Лейбницу.

6

Готфрид Вильгельм барон фон Лейбниц - Никола Ремону де Монфору (январь 1714 г.)

"Будь я менее, обременен делами, я, может быть, дал бы общий метод изложения идей, в коем все истины разума были бы сведены к некоему математическому выражению. Это было бы одновременно и всеобщим языком, или способом записи, однако не имело бы ничего общего с теми, какие были предложены до сих пор, так как и буквенные обозначения, и самые слова здесь служили бы руководством для разума, а ошибки (кроме фактических) были бы не чем иным, как ошибками в математических расчетах".

Ему же (март 1714 г.)

"Если мне удалось пробудить у выдающихся людей интерес к исчислению бесконечно малых, то это потому, что сумел представить несколько важных примеров того, как можно использовать его на практике. Г-н Гюйгенс, узнав кое-что о нем из моих писем, сначала отнесся к нему пренебрежительно. Он даже не предполагал, что здесь может скрываться какой-то секрет, но потом убедился, каких поразительных результатов можно достичь с помощью этого исчисления, и уже незадолго до своей кончины принялся его изучать".

Эти строки написаны менее чем за три года до смерти, но то, о чем в них говорится, что показалось странной фантазией даже его поклоннику, ученику и последователю Лопиталю, составителю первого учебника дифференциального исчисления, манило

философа с давних пор, со времен юношеской диссертации о комбинаторном искусстве, может быть даже с детства. В разных местах, по разным поводам Лейбниц возвращается к своему "общему методу", называя его: то комбинаторным искусством, то искусством знаков, то универсальной характеристикой. Понимал же он под этим то, что можно было бы назвать сверхматематикой - или даже сверхнаукой.

То, что брезжило в уме Лейбница, было грандиозней.

Под Универсальной Характеристикой подразумевалась система символов, охватывающих все понятия - математические, физические, философские и даже нравственные. Все представления о вещах, все знание человека о мире, как и о самом себе, может быть закодировано с помощью конечного числа "характеров", которыми можно оперировать, совершая над ними математические действия, так, как алгебра оперирует буквами, представляющими собой абстракции низшего порядка. В конкретной ситуации буквы означают числа. Здесь же нам предстоит иметь дело не со знаками величин, не с символами идей, понятий, первичных истин и элементарных отношений. Создать алфавит мышления. Заменить рассуждения на любую тему формализованными выкладками, которые с железной необходимостью, приводят к единственно правильному ответу, подобно тому, как математические преобразования приводят к единственно верному результату - а уж там ваше дело, какой конкретный смысл вы вложите в этот результат. Решать с помощью Универсальной Характеристики (мы бы сказали - универсального алгоритма) какие угодно задачи: научные, государственные, житейские; предсказывать все логически мыслимые возможности, заложенные в данной ситуации, прогнозировать любые исходы, к которым приведет то или иное начинание, которыми разрешится та или другая коллизия... Вот о чем он мечтал.

"Трудное было для него легким, легкое - трудным..." Это Лейбниц пишет о себе.

Как случилось, что, совершив подвиг открытия дифференциального исчисления, он не сумел сделать то, что представлялось несравненно более легким, - доказать, что он открыл его сам, своим умом дошел, без чьей-либо подсказки?

Последнее двадцатилетие XVII века - время распространения математических идей Лейбница на континенте, или, как принято в таких случаях говорить, время триумфального марша. О том, какие формы принимал этот марш, можно судить, по эпизоду с Вальтером Чирнгаузом, весьма одаренным математиком, в высокой степени наделенным способностью хватать все новое на лету. Вооружившись письмами Лейбница, Чирнгауз опубликовал в "Ученых записках" его результаты, забыв сообщить публике, от кого он их узнал. Тогда Лейбниц напечатал (в октябре 1684 года) в тех же "Записках" мемуар, где на семи страницах излагается квинтэссенция его метода. В истории науки - это скрижаль, подобная тридцатистраничной статье Эйнштейна. Мемуар называется так: "Новый метод максимумов и минимумов, а также касательных, для коего не являются препятствием ни дробные, ни иррациональные величины, и особый для этого род исчисления". Открытие, возведенное миру, универсально, поскольку оно может служить моделью для решения разнообразных математических и естественнонаучных проблем; метод Лейбница открывает "некую много более высокую Геометрию, которая распространяется на труднейшие и прекраснейшие задачи прикладной математики, и едва ли кому, - тут в голосе автора слышится торжество, - едва ли кому удастся заняться с той же легкостью такими вещами, не пользуясь нашим дифференциальным исчислением или чем-нибудь подобным ему". Кажется, впервые здесь употреблен в печати этот термин.

Он остается невозмутим, даже когда один из корреспондентов, Отто Менке, сообщает ему о том, что в какой-то английской статье изобретение анализа приписывается Ньютону. Разве не вся Европа свидетель, кто истинный создатель дифференциалов? И потом, каждый идет своим путем. Если по другую сторону Ламанша кому-то удалось повторить его открытие, что ж, он не ревнив и согласен поделиться своей славой.

Он отвечает:

"Я не думаю, чтобы г-н Ньютон стал приписывать его себе целиком, разве что некоторые изобретения относительно бесконечных рядов... Г-н Меркатор, родом из Германии, первым пришел к этому, а Ньютон развил дальше; я же достиг этого совсем другим способом. Я согласен признать, что у г-на Ньютона могли быть свои принципы, исходя из которых ему удалось; решить квадратуру, но ведь один человек не в состоянии охватить все: один создает одну комбинацию, другой другую..."

Вся эта пора в жизни Лейбница словно залита ровным золотистым светом. Мягкие удлиненные тени. Закат столетия. Он знаменит, обласкан вельможами, обеспечен (жалованье придворного историографа – 600 талеров). Он любим и любит.

Когда в декабре 1676 года, после долгих переговоров с тогдашним герцогом, Лейбниц поступил на брауншвейгскую службу, Софии-Шарлотте было 12 лет (ему – 34). Она была младшей сестрой будущего правителя – курфюрста Эрнста-Августа. Шестнадцати лет ее выдали замуж за бранденбургского принца Фридриха, тщеславного фата, одержимого мечтой всех немецких князьков – превратить свой жалкий провинциальный двор в Версаль. Впоследствии он сделался прусским королем и разорил казну на лукулловы пиры, танцы и тряпки.

"Почтеннейший герр Лейбниц, по которому так сохнет королева..." - ехидничал Эрнст-Август. Двести пятьдесят писем философа адресовано Софии-Шарлотте. Они дают представление о том, каковы были темы их долгих бесед во время наездов Лейбница в замок Лютценбург близ Берлина. Из воспоминаний об этих беседах родился "Опыт Теодицеи о благодати божьей, человеческой свободе и происхождении зла", многостраничный, выпендренный, высокоученый нерукотворный памятник, который Лейбниц воздвиг своей королеве.

Можно упомянуть о том, что этой дружбе страна обязана своей Академией наук. "Науку я ставлю превыше всего в мире,

однако для правильной работы требуется организация, - писал Лейбниц в конце 1697 года. – Не находите ли вы нужным учредить для сей надобности Академию?" Официальное основание "Научного общества" (как первоначально называлась Прусская академия) состоялось спустя три года, 11 июля 1700 года. Лейбниц был назначен первым президентом академии.

Первого февраля 1705 года София-Шарлотта неожиданно умерла.

Лейбниц заперся в своем доме и никого не принимал. Иностранцы послы официально выразили ему соболезнование. Лейбниц прекратил все свои занятия. Он сидел в высоком кресле, в комнате с занавешенными окнами, без парика, лысый, с шишкой на голове, устремив сухие глаза на желтый лепесток огня, и груды бумаг на его столе медленно покрывались пылью. Письма зарубежных друзей лежали без ответа. Пришла весна, он все сидел. Ходили слухи, что он болен. Лишь в июле он как бы пришел в себя и воспел Софию-Шарлотту в веле-речивых стихах.

Почти в это же время на его горизонте появился Фацио де Дюей.

Продолжение в сл. номере

ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА

ШКОДА Н.И., к.т.н., БГПА

(продолжение. Начало см. № 2(11) 2001 г.)

В физику термин "энергия" ввел в 1807г. английский физик Томас Юнг. Во времена Ломоносова данный термин не существовал, однако несомненно, что в приведенной выше выдержке под словом "сила" надо понимать энергию.

Лишь столетие спустя этот закон благодаря работам Майера, Гельмгольца, Джоуля получил всеобщее признание. Несомненность того, что Ломоносов от-

крыл его первым, полностью установлена. В 1842г. появилась публикация естествоиспытателя Майера "Размышления о силах неживой природы". Его формулировка первого закона термодинамики в основном была философски умозрительной. В 1847г. была издана монография немецкого врача Гельмгольца "О сохранении силы", где подчеркивается общее значение первого начала как закона сохранения энер-

гии, дается его математическая формулировка и приложение к технике. В 1856г. Джоуль экспериментально доказал существование этого закона.

В 1824г. увидел свет труд выдающегося французского ученого Сади Карно "Размышления о движущейся силе огня и о машинах, способных развивать эту силу", в котором он указал причины несовершенства тепловых машин

пути повышения их коэффициента полезного действия (КПД), (один из них – это утилизация тепловых потерь), сформулировал второй закон термодинамики, идеальный цикл тепловых машин (цикл Карно), обладающий наивысшим термическим КПД, и другие важные положения термодинамики.

В 1755г. Л.П. Эйлером выведены дифференциальные уравнения равновесия и движения жидкостей и газов, указаны некоторые интегралы этих уравнений и сформулирован закон сохранения массы применительно к жидкости. Эйлер исследовал также некоторые вопросы движения применительно к практическим задачам судостроения и конструирования гидравлических машин.

Д.И. Бернулли впервые ввел термин "гидродинамика" в вышедшей в свет в 1738г. книге под таким названием. Он установил зависимость между удельными энергиями при движении жидкости, которая в настоящее время называется уравнением Бернулли, оно имеет фундаментальное значение, так как выражает закон сохранения энергии движущейся жидкости. Кроме того, он исследовал задачу о давлении струи жидкости на пластину.

Из многочисленных экспериментальных исследований движения жидкости в трубах укажем на опыты с трубками малого диаметра французского врача и испытателя Пуайзеля (1799-1869гг.), изучавшего движение крови в сосудах, и опыты английского физика Рейнольдса (1842-1912 гг.), установившего в 1883г. закон подобия течений в трубах (критерии Рейнольдса).

Зарождение и развитие авиации в конце XIX и начале XX в. обусловили расширение работ по аэродинамике летательных аппаратов. И здесь, прежде всего, следует упомянуть Н.Е. Жуковского (1847-1921 гг.), которого называли "отцом русской авиации", Д.И. Менделеева (1834-1907 гг.) и С.Д. Чаплыгина (1869-1942 гг.).

В 1880г. Д.И. Менделеев опубликовал работу "О сопротивлении жидкостей и воздухоплаванию", в которой были высказаны важные положения о механизме сопротивления движению тел в жидкости и даны основные пред-

ставления о пограничном слое. В XX в. данный труд нашел дальнейшее развитие.

Мировую известность получила работа Н.Е. Жуковского "О гидравлическом ударе в водопроводных трубах" (1899 г.), выяснившая причину аварий на московском водопроводе и механизм гидравлического удара.

Прочитанный в Математическом обществе в 1905г. и опубликованный в 1906г. доклад "О соединенных вихрях" явился теоретической основой для определения подъемной силы крыла аэроплана. Он имел большое значение не только для авиации, но и для современного турбомашиностроения. Н.Е. Жуковский, как Эйфель (1832-1923гг.) во Франции и Прандтль (1875-1950 гг.) в Германии, был создателем экспериментальной аэромеханики в России. Он основал известный всему миру Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), ныне носящий его имя.

Работы Чаплыгина и Жуковского в области гидродинамики, связанные с исследованием трения в смазочных слоях, способствовали созданию в СССР надежных подшипников турбин и других машин с большой частотой вращения. В 1904 г. они обобщили свои теоретические исследования в совместной статье "О трении смазочного слоя между шипом и подшипником".

С.А. Чаплыгин, много лет бывший директором ЦАГИ, развил теорию обтекания крыла и решеток профилей. Дальнейшие исследования в области неустановившегося обтекания крыла потенциальным потоком выполнили Н.Е. Кочин, А.И. Некрасов, М.В. Келдыш, М.А. Лаврентьев, С.А. Христианович, Л.И. Седов и др.

Следует отметить существенный вклад ученых в дело применения основных теоретических положений термодинамики к теории тепловых машин. Это введение Ж. Гюи и А. Стодолой понятия работоспособности теплоты, или максимальной работы, которую можно получить от имеющегося количества теплоты в заданном интервале температур. В 1956г. Р. Рант дал этой величине название "эксергия". В отличие от энтропии (это понятие в

1865 г. ввел Клаузиус), всегда возрастающей в реальных процессах, и энергии, количество которой строго сохраняется согласно первому закону термодинамики, эксергия - запас работоспособности, или это то количество полезной работы, которое можно получить от имеющейся теплоты в заданном интервале температур.

Основы теплоэнергетического машиностроения закладывались в Московском высшем техническом училище (МВТУ), в котором исследования по теплотехнике возглавлялись профессорами В.И. Гриневецким, К.В. Киршем, Н.И. Мерцаловым, Л.К. Рамзиным, Б.М. Ощурковым, а также учеными Московского энергетического института и Теплотехнического института, в первую очередь профессорами М.П. Вукаловичем, В.А. Кириллиным, И.И. Новиковым, Д.А. Тимротом, Н.Б. Варгафтикам, А.В. Щегляевым, Е.Я. Соколовым и др.

В 1901г. В.И. Гриневецкий опубликовал труд, в котором изложил тепловую расчет котлов. В 1906г. он же издал работу "Экономика рабочего процесса паровой машины". В ней для анализа рабочего процесса в паровых машинах была применена энтропийная диаграмма. В книге "Теория рабочего процесса паровых машин" (1907г.) этого же ученого изложены исследования общих уравнений термодинамики применительно к водяному пару, а в труде "Тепловой расчет рабочего процесса" (1908г.), построенном на общих положениях термодинамики, Гриневецкий заложил начало научно обоснованной теории двигателей внутреннего сгорания. Она оказала огромное влияние на развитие двигателестроения.

Следует особо отметить, что современные дизель-моторы работают по смешанному циклу. Первым в январе 1897 г. предложил и в 1904 г. построил и провел успешные испытания двигателя с таким циклом профессор Густав Васильевич Тринклер, после Октябрьской революции принимавший активное участие в создании многих отечественных двигателей и работавший в Горьковском институте инженеров водного транспорта.

Большое значение в области исследования топков паровых котлов, котельных установок, котловых процессов имели труды К.В. Кирша и Л.К. Рамзина. Н.И. Мерцалов и Б.М. Ошуров известны своими учебниками по

термодинамике.

В Советском Союзе в больших масштабах проводились теоретические и экспериментальные исследования в области теплотехники и гидромеханики, строились мощные двигатели внутреннего

сгорания, паровые котлы и паровые турбины. Успехи этих наук в определенной степени способствовали развитию самолето- и ракетостроения и установок атомной энергетики.

ПАРОВЫЕ И ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ

К паровым и газовым турбинам относится лопаточные тепловые двигатели. Хотя действующие модели турбин Герона Александрийского (Египет), жившего в I в. до н. э. - I в. н. э. и Густова де Лавала, сконструировавшего и использовавшего такое устройство в 1883 г., вращались за счет возникновения реактивной тяги при истечении пара из коленчатых трубок - сопел по принципу известного Сегнера колеса и не имели лопаток.

Активная турбина известна с 1629 г., когда итальянский архитектор Дживовани Бранка создал проект колеса, которое должно было вращаться при ударе струи пара по прямым лопаткам. Такое паровое колесо работало подобно древнейшему механическому двигателю - водяному колесу, известному еще в Древнем Риме.

Появлению практически пригодных паровых турбин предшествовал длительный период поисков рациональных принципов использования струи и соответствующих конструкций. Поэтому создание паровой турбины нельзя приписать какому-то одному изобретателю или конструктору.

Первую активную одноступенчатую турбину для вращения генератора электрического тока сделал тот же де Лаваль в 1889 г. Он применил новые оригинальные конструкции: а) расширяющегося сопла ("сопла Лавала"); б) диска равного сопротивления, допускающего окружные скорости до 400 м/с; в) гибкого вала, надежно работающего при сверхкритических числах оборотов; г) цилиндрические замки для крепления лопаток в диске ("хвосты" Лавала); д) высокопрочные никелевые сплавы для дисков и лопаток; е) редуктор с шевронными зубчатыми колесами; ж) "разрушитель вакуума" - устройство для повышения давления в конденсаторе при слишком больших

оборотах турбины.

Можно оспаривать приоритет Лавала во всех этих решениях, однако нужно отдать ему должное - почти все упомянутые выше элементы турбины были изобретены им заново и этим извлечены из забвения, доведены и соединены в работоспособную конструкцию. Хотя турбина Лавала не стала основным типом турбин, поразительно то, что более чем за 100 лет в одной из самых динамичных областей техники формы сопел, лопаток, диска турбины претерпели в общем незначительные изменения.

С 1884 г. начали получать известность многоступенчатые паровые турбины английского инженера Чарльза Парсонса, во многом отличающиеся от турбин Лавала. В турбинах Парсонса, составляющих сегодня основу большой энергетики, пар срабатывал на ряд последовательно расположенных ступеней давления, роль сопел выполняли как неподвижные (направляющие), так и подвижные рабочие лопатки. В этой турбине использовались и активный, и реактивный принципы движения, так как часть внутренней энергии пара преобразовывалась в энергию паровой струи на направляющих лопатках, выполнявших роль сопел, а часть - на рабочих. Но исторически сложилось так, что эти активно-реактивные турбины называли просто реактивными.

Следствием многоступенчатой конструкции стало осевое давление на ротор. Парсонс изобрел двухпоточную турбину, в которой пар подводился к средней части ротора, разработал узлы крепления лопаток в роторе, нашел новый путь уравнивания осевой силы с помощью думисов - укрепленных на валу турбины дисков, применил лабиринтные уплотнения. Именно Парсонс впервые начал выражать

мощность турбин в киловаттах - единицах, использовавшихся ранее в электротехнике.

Первый патент на газовую турбину был выдан в Англии Джону Барберу в 1791 г., причем в нем уже содержалось описание основных узлов современной газотурбинной установки, хотя и в примитивной конструктивной форме.

Впервые применить турбину для вращения винтов судна предложил в 1892 г. талантливый русский инженер-механик П.Д. Кузьминский. Тогда же он начал, а в 1897 г. завершил постройку опытной газотурбинной установки для быстроходного катера, которая отличалась оригинальностью и смелостью решения сложных технических задач. Однако инициатива изобретателя не была поддержана чиновниками морского ведомства и царским правительством, не верившими в способность отечественных инженеров претворить в жизнь смелые технические идеи.

Французские инженеры Арманго и Лемаль в 1907 г. сообщили о проведенных испытаниях газотурбинной установки с центробежным компрессором и камерой сгорания при постоянном давлении. КПД установки оказался равным всего 3%.

С 1918 г. начали применять в авиационных двигателях турбонаддувные агрегаты с газовой турбиной, работающей на выпускных газах двигателя внутренне-го сгорания.

Первая успешно работающая стационарная газотурбинная установка была построена в 1938 г. фирмой Броун-Бовери (Швейцария) для работы на жидком топливе. Испытания показали, что при полезной мощности 4000 кВт абсолютный электрический КПД установки достигает до 17,4%.

Конструкторам газовых турбин приходится решать еще более

сложные задачи, чем конструкторам паровых турбин. Прежде всего, для проточной части газовой турбины требуются весьма стойкие и жаропрочные материалы, так как при относительно невысокой температуре газов стгорания (хотя и большей, чем пара) КПД установки будет слишком мал. Кроме того, приемлемые значения КПД всей газотурбинной установки получаются только при достаточно высоких КПД самой турбины и компрессора. Эти обстоятельства примерно до 1940 г. в значительной мере сдерживали конструктивное развитие газотурбинных установок. К этому следует добавить ошибки в 40-50-х гг. прошедшего столетия в оценке преимуществ газовых турбин и реактивных двигателей руководящими лицами СССР, считавшими, что не стоит всем этим заниматься, поскольку данные машины дают более низкое значение КПД, чем хорошо освоенные поршневые. Правда, КПД действующих газовых турбин до сих пор ниже, чем у поршневых машин и паровых турбин, но другие преимущества этих двигателей (легкость, компактность) настолько велики, что они открыли новую эру в реактивной авиации и системах перекачивания природного газа.

Расчет паровых и гидравлических турбин основан на струйной теории движения жидкости, важнейшие положения которой сформулированы членом Петербургской академии наук Леонардом Эйлером еще во второй половине XVIII в. Однако струйная теория не могла полностью объяснить процесс работы пара в турбине. В начале XX в. она была дополнена вихревой теорией движения газа, созданной Н.Е. Жуковским. В последующем академик С.А. Чаплыгин разработал ряд важнейших вопросов газодинамики, связанных с воздействием струи на группы изогнутых лопаток (решетки). Большую роль в развитии методов расчета и конструкции паровых и газовых турбин сыграли В.М. Макаровский, Б.С. Стечкин, В.В. Уваров, Г.С. Жирицкий, И. И. Кириллов и др.

Первым в России начал строить турбины Санкт-Петербургский металлический завод (позднее производственное объединение

турбиностроения "Ленинградский металлический завод" (ЛМЗ)). Этот завод в 1907 г. выпустил первую паровую турбину мощностью 200 кВт. В 1907-1913 гг. завод изготовил 26 паровых турбин, наибольшая мощность в одном агрегате составляла 1250 кВт.

В 1924 г. ЛМЗ выпустил первую турбину мощностью 2 МВт, а в 1931 г. – конденсационную паровую турбину мощностью 50 МВт. С 1933 г. ЛМЗ начал изготавливать теплофикационные турбины с промежуточным отбором пара мощностью 25 МВт, которые затем в ряде модификаций получили широкое распространение на отечественных теплоэлектроцентралях (ТЭЦ).

В 1934 г. начал работать Харьковский турбогенераторный завод (ХТГЗ) (позднее ПО "Турбоатом"), предназначенный для выпуска мощных турбин и турбогенераторов в комплекте.

В 1937 г. ЛМЗ выпустил паровую турбину АК-100-1 мощностью в 100000 кВт, которая в то время была самой мощной из числа работавших при 3000 об/мин. С 1937 г. приступил к серийному производству паровых турбин небольших и средних мощностей Невский завод имени Ленина.

Непосредственно перед Великой Отечественной войной была закончена постройка Уральского турбомоторного завода (УТМЗ), специализирующегося на паровых турбинах с отбором пара 50-250 МВт.

Паровые турбины небольшой мощности с 1950 г. начал также выпускать Калужский турбинный завод.

В 50-х гг. в качестве стандартных начальных параметров пара приняты: давление 8,8 МПа и температура 753 К. В 1951 г. на ЛМЗ разработана конструкция конденсационной паровой турбины мощностью 150 МВт при частоте вращения 50 с⁻¹ на начальном давлении пара 16,6 МПа и температуре 823 К. В 1952 г. эта турбина построена. Ее особенностью было наличие промежуточного перегрева пара до 793 К. По своему конструктивному выполнению и техническим данным это была одна из первых в мире турбин подобного типа и мощности.

В дальнейшем для повышения

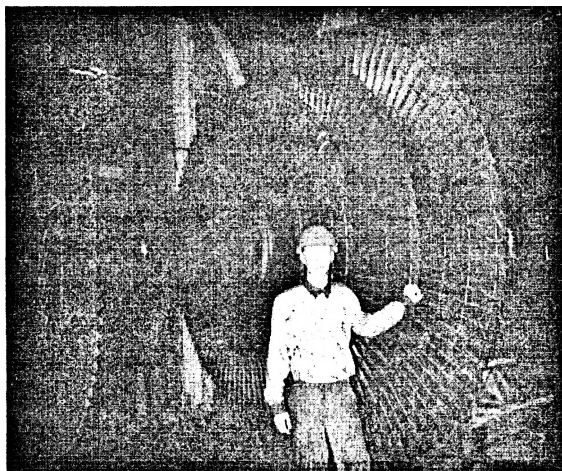
экономичности паротурбинных станций решено поднять начальные параметры пара: давление до 12,8 МПа и температуру до 838 К. Одновременно ЛМЗ выпускал теплофикационные паровые турбины типа Т-50 и ПТ-50 соответственно с одним и двумя регулируемы отборами пара мощностью 50 МВт на начальные давление 12,8 МПа и температуру 798 К. В 1958 г. ЛМЗ построил турбину К-200-130 мощностью 200 МВт на давление 12,8 МПа с промежуточным перегревом пара до 838 К.

Следующий этап развития турбиностроения – создание турбин на сверхкритические начальные параметры пара. Это турбины ХТГЗ и ЛМЗ мощностью 300 МВт, созданные в 1960 г. и рассчитанные на начальные параметры пара 23,5 МПа и 833 К с промежуточным перегревом до 883 К, а также двухвальная агрегат ЛМЗ мощностью 800 МВт и одновальная турбина ХТГЗ мощностью 500 МВт, выпущенные в 1965 г., энергоблоки "котел-турбина" мощностью 150-800 МВт.

В 50-х гг. развернулось строительство газовых турбин. В 1957 г. на ЛМЗ создана газовая турбина мощностью 12 МВт, работающая на газе подземной газификации угля, а в 1969 г. – мощностью 25 МВт для ГРЭС, в этом же году на Краснодарской ТЭЦ вступил в действие головной образец газовой турбины ГТ-100-750 мощностью 100 МВт с начальной температурой газа 1023 К. Развитие ядерной энергетики потребовало создания паровых турбин, приспособленных к специфическим особенностям атомных электростанций (АЭС), работающих с реакторами различного типа, на низких начальных параметрах пара и высокой его влажности.

Современная мощная энергетическая турбина (а ее единичная мощность сегодня доходит до 1400 МВт) – это сложнейшая машина, состоящая из десятков тысяч деталей, большинство из которых не стандартные, а специфические.

За рубежом в последние 10 лет наблюдается быстрое развитие теплоэнергетических технологий с радикальным улучшением их эффективности: повышение па-



Двухпоточный ротор низкого давления теплофикационной турбины 250 МВт

раметров и КПД газотурбинных (ГТУ с КПД 38-42 %) и парогазовых установок (ПГУ с КПД 54 - 60 %), рост экономичности традиционных энергоблоков (до 45-48 %).

Энергетические газотурбинные установки мощностью до 30 МВт (КПД составляет 34-38 %) разработаны в России в большом количестве на базе современных авиационных и судовых газотурбинных двигателей. ЛМЗ несколько лет производит ГТУ мощностью 156 МВт. ОКБ "Машпроект" (г. Николаев, Украина) разработало и совместно с заводом "Рыбин-

ские моторы" изготовило энергетическую установку ГТЭ-110. Имеются проекты энергетических ГТУ мощностью 180 и 240 МВт, разработанные ЛМЗ совместно с Пермским ОКБ "Авиадвигатель".

Для будущей энергетики в России активно проводится работа по вводу в действие новой, в корне переработанной модификации конденсационной турбины мощностью 300 МВт и пылеугольных энергоблоков с суперкритическими параметрами пара мощностью 500—600 и даже 900 МВт.

НА ДОСУГЕ

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

на вопросы, поставленные в журнале "И-М" № 2

(стр. 11)

- Просто влюблялись и притягивались.
- Осадка корабля не изменилась бы.

Из блокнота механика Гайкина (стр. 46)

- 2 не равно 1. В уравнении нельзя сокращать подобные члены, равные нулю.

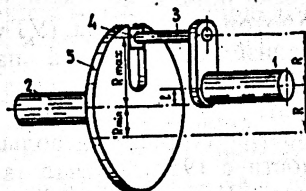
- Ремень охватывает шкивы лучше, когда они вращаются по часовой стрелке. В этом случае нижняя часть ремня прижата к шкивам вследствие того, что она натянута, а верхняя, прогибаясь благодаря своему весу, также прижимается к шкивам.

Сила трения больше, чем при вращении против часовой стрелки. Скольжение ремня начнется при большей нагрузке на шкив, а значит, и мощность можно будет передать большую, чем при враще-

нии в противоположном направлении.

- Бронзу сверлят сверлом с углом при вершине, равным 140°, для стали этот угол равен 118°, для эбонита - 90°, для твердой резины - 60°.

Задача № 1 (стр. 48)



На ведущем валу 1 имеется кривошип 3 с ползуном 4. На ведомом валу 2 жестко посажен диск 5 с радиальным пазом, в который заходит ползун 4. Оси валов сдвинуты между собой на размер l . Поэтому кривошип при своем круговом движении то удаляется, то при-

ближается к центру ведомого вала 2, действуя на различные по длине радиусы ведомого диска 5. Таким образом, при постоянной скорости кривошипа 3 диск 5 и ведомый вал 2 вращаются то ускоренно, то замедленно.

Ответы на кроссворд (стр. 48)

ПО ГОРИЗОНТАЛИ: 4. Продукт 6. Плашка 7. Сланац 8. Штурвал 9. Кодекс 12 Метчик. 15. Седов 18. Резистор 19. Горизонт 20. Патон 21. Ставка. 23. Аникст 25. Процесс 28. Железо 29. Работа 30. Антонов

ПО ВЕРТИКАЛИ: 1. Прокат 2. Скалка 3. Колпак 5. Трание 9. Клиренс. 10. Дрезина 11. Статика 12. Матрица 13. Человек. 14. Контакт 15. Строп 16. Дебит 17. Вагон 22. Комета 24. Нартов 26. Резина 27. Статор.

ИЗ БЛОКНОТА МЕХАНИКА ГАЙКИНА

Хлеб из нашей пекарни очень не вкусен. В журнале я вычитал, что он вкуснее, когда в нем больше муки. С этим и пошел я к пекарю, Федору Николаевичу.

- Не лезь не в свое дело! Каждый болванчик несет свой чемоданчик!

После этого я понял, какой большой чемодан несет

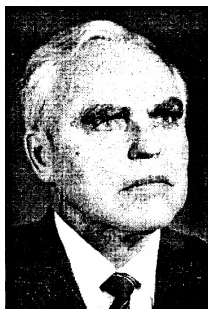
наш пекарь.

Вчера с Жерой Жеребцовым поехали за грибами. Половину пути проехали со скоростью 90 км/ч, потом попали в пробку и "ползли" по 30 км/ч. Задумали подсчитать какова же была средняя скорость?

Жора сказал 60 км/ч, я - 45 км/ч. Кто из нас прав?

МИНСКИЙ ЧАСОВОЙ ЗАВОД

А.В. КАЗАНЦЕВ



Об авторе

Алексей Васильевич Казанцев. Родился в 1922 году в Челябинской области, в крестьянской семье. Трудовой путь его начался в 1942 году. После ранения на фронте был демобилизован из армии. В 1948 году закончил Челябинский механико-машиностроительный институт. Работал технологом, начальником цеха, главным технологом, начальником производственного отдела на Челябинском часовом заводе.

В 1954 году назначен директором Златоустовского часового завода, а с февраля 1963 года – директором Минского часового завода. В сентябре 1963 года после присоединения Витебского завода часовых деталей был назначен генеральным директором ПО "Луч". В 1966 году ПО было упразднено и А. В. Казанцев вновь назначен директором МЧЗ. Работал на заводе до ухода на пенсию в феврале 1987 года.

Производство приборов времени и особенно малогабаритных наручных часов базируется на высококоразвитом прецизионном станкостроении, требует специалистов высокой квалификации. Поэтому производство часов в основном сосредоточено в промышленно развитых странах. Дело не только в удовлетворении потребностей населения в бытовых часах, но и в стремлении развивать отрасли точного приборостроения.

В начале пятидесятых годов в бывшем Советском Союзе часовую промышленность составляли тринадцать заводов Главчаспрома Министерства машиностроения, на которых производились часы и детали к ним. В 1950 году в стране всего было произведено 7,566 млн. часов, в том числе 2,150 млн. наручных и карманных. Предприятиями часовой промышленности Главчаспрома выпущено 7,518 млн. штук, в том числе 1,987 млн. наручных и карманных часов. Производство часов быстро росло и уже в 1953 году их выпуск составил 12,516 млн. штук, в том числе 4,595 млн. наручных и карманных.

Несмотря на значительное увеличение производства бытовых часов, потребность населения в них не удовлетворялась. К тому же их ассортимент был весьма ограниченным. Не выпускались часы с центральной секундной стрелкой, с противоударным и пылевлагопроницаемым устройствами. Назрела необходимость в увеличении выпуска бытовых часов и расширении их ассортимента. Советом Министров СССР было принято постановление № 2224 от 22 августа 1953 года "О расширении ассортимента и об увеличении выпуска наручных и карманных часов до размеров, обеспечивающих выпуск их в 1954 году 6,5 млн. штук и в 1955

году до 8 млн. штук". Предусматривалось увеличение мощностей действующих предприятий, а также строительство новых заводов.

Постановления Совета Министров СССР и Совета Министров БССР № 1134 от 22 сентября 1953 года положили начало созданию часовой промышленности в Белоруссии. Строительство завода в Минске предполагалось осуществить в период с 1954 по 1960 год.

Дирекцию строящегося Минского часового завода с 1 декабря 1953 года возглавил Григорий Иванович Можаяев. Участник партизанского движения в Белоруссии он с 1947 по 1953 год работал заместителем министра пищевой промышленности. Имея большой опыт хозяйственной и партийной работы, со свойственной ему энергией включился в новое для него дело.

К 1 января 1954 года дирекция строящегося завода состояла из четырех человек.

Разработка проекта строительства завода, особенно его технологической части требовала участия квалифицированных специалистов, знающих специфику часового производства. Одним из первых таких специалистов на Минский часовой завод прибыл с Пензенского часового завода Д.В. Шейнерт. Приказом министра машиностроения СССР № 312 от 31 декабря 1954 года он был назначен главным инженером строящегося завода, а в декабре 1955 года назначен главным инженером Минского часового завода и работал в этой должности до ухода на пенсию.

Разработка проекта строительства Минского часового завода выполнялась Ленинградским Гипромашприбором и Минским Белпромпроектом. В феврале 1954 года газета "Советская Белоруссия" писала: "Коллектив Белпромпроекта

разрабатывает техническую документацию на строительство Минского часового завода, который будет выпускать наручные часы марки "Заря" - самые маленькие и изящные из выпускаемых в Советском Союзе. Корпуса завода будут многоэтажные, просторные здания с большими окнами. Вечером цеха будут освещаться электролампами дневного света. Проектируется кондиционирование воздуха, в цехах будет поддерживаться постоянная температура и влажность воздуха".

Гипромашприбором совместно с дирекцией завода было разработано проектное задание на строительство завода, которым предусматривалось создание мощностей на МЧЗ для производства двух миллионов наручных часов типа "Заря", запасных частей к часам на два миллиона рублей и трехсот штук специальных станков.

В основу разработки технологической части проекта нового завода закладывались технические решения передовых отечественных заводов 1-го и 2-го Московских и Пензенского, которые отличались передовой для того времени технологией производства с применением полуавтоматического и автоматического оборудования, использованием преимуществ поточных линий при обработке деталей и сборке часов. Например, для сборки часов было предусмотрено использование конвейеров, применяемых на Пензенском часовом заводе. Использовалась также передовая технология часовых заводов промышленно развитых стран: так для обработки деталей с жесткими допусками в проекте было заложено применение автоматов высокой точности швейцарской фирмы "Бехлер".

Завод предполагалось строить на

ИСТОРИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ БЕЛАРУСИ

главной магистрали Минска. Это предъявляло высокие требования к оформлению корпусов предприятия. Архитектурный совет города неоднократно рассматривал на своих заседаниях внешнее оформление корпусов завода, особенно тех, которые должны были находиться на проспекте Ф. Скорины.

Проектными институтами в короткие сроки была изготовлена и выдана техническая документация на строительство объектов первой очереди завода. Уже в конце 1953 года было начато строительство первого механического корпуса, временной котельной, компрессорной, станции перекачки и сетей энергоснабжения.

Начало строительства – всегда дело трудное, а особенно это было сложно в годы, когда страна еще переживала последствия войны. Не хватало квалифицированных рабочих-строителей. Из-за отсутствия строительной техники многие работы приходилось выполнять вручную. В дефиците были строительные материалы. Сложности возникали и с доставкой материалов – не хватало автотранспорта. Несмотря на все трудности, строительные работы не прерывались и в зимний период. К концу апреля 1954 года был возведен фундамент: 1-го механического корпуса.

Параллельно со строительством корпусов перед администрацией завода встала задача подготовки производства. Налаживать производство пришлось с нуля. Подготовку производства нужно было начинать с подготовки специалистов-часовщиков.

В 1954 году начался набор учеников и рабочих. В течение года было принято 85 человек. Вначале всем пришлось помогать строителям. В августе 1954 года на Пензенский часовой завод была отправлена на переквалификацию первая группа рабочих (30 человек).



Группа рабочих МТЗ на Пензенском часовом заводе

Специалистов пришлось привлекать и с действующих часовых за-

водов. В 1954-1955 годах большая группа специалистов в соответствии с приказом начальника Главчаспрома была переведена с ПЧЗ.

На завод прибывали также молодые специалисты. Так, например, за 1955-1957 годы – 88 человек, из них 34 – с высшим образованием. В 1957 году на завод прибыла большая группа молодых специалистов, окончивших Калязинский машиностроительный техникум.

Администрацией завода принимались меры по подготовке ИТР. Передовые рабочие направлялись заводом в вузы на обучение с отрывом от производства. Завод выплачивал им стипендию. Оказывалась помощь студентам вечерних отделений и учащимся вечерних школ, им предоставлялись дополнительные оплачиваемые отпуска для подготовки и сдачи экзаменов. Студенты вечерних отделений назначались на инженерные должности. В 1957-1958 годах на вечерних и заочных отделениях вузов и техникумов занимались 57 человек и в школах рабочей молодежи – 120 человек.

В 1959 году по ходатайству администрации МЧЗ в Минском политехникуме было открыто вечернее отделение для подготовки специалистов из числа рабочих завода. Первый выпуск техников-механиков по специальности "Производство приборов времени" состоялся в 1963 году. На вечернем отделении техникума было подготовлено большое количество рабочих – они получили среднетехническое образование.

Молодые специалисты со свойственной им энергией включились в создание нового завода. Они участвовали в освоении деталей часов, руководили созданием отдельных подразделений завода.

К середине ноября 1955 года строительно-монтажные работы в первом корпусе, по временной планировке, были закончены. В корпусе было смонтировано 83 вида оборудования в количестве 203 единиц. В числе смонтированного оборудования: специальное технологическое оборудование, оборудование инструментального участка и оборудование ремонтного участка. Для особо точных работ было закуплено швейцарское оборудование – координатно-расточные станки фирмы "Гаузер", профильно-шлифовальные – фирмы "Шаублин", автоматы продольно-фасонного точения фирмы "Бехлер" и другие.

В 1955 году были сданы в эксплуатацию первые 4- и 12-квартирные дома для работников завода.

В 1955 году и начале 1956 года на заводе были сформированы партийная, профсоюзная, комсомольская организации, которые активно участвовали в заводской жизни. В конце 1955 года секретарем партбюро была избрана М.А. Балашова, в июне 1958 года ее сменил Г.Е. Бондаренко. Позже секретарями парткома избирались Ф.К. Громыко, Л.П. Яновский, длительное время партийную организацию возглавлял Е.С. Хоревский, затем В.В. Чикин, и последним секретарем парткома завода был В. И. Асанович.



Секретарь партбюро Ф.К. Громыко среди участниц Великой Отечественной войны после награждения медалями. 1965 г.

В августе 1955 года секретарем комитета комсомола был избран П. И. Клиндюк. В дальнейшем секретарями комитета избирались В.А. Грушенкова, Л.Г. Смирнова, Г. А. Довнар и другие.

В январе 1956 года председателем профкома избрали Н.Я. Никифорова – мастера инструментального цеха, в сентябре – Г.Е. Бондаренко. Продолжительное время председателем профкома работала Б.А. Зеленкович (1968-1983).

Вводом первой очереди завода в эксплуатацию были созданы условия для освоения производства часов. Предстояло наладить массовое производство часов "Заря". Это малогабаритные женские часы калибра 18 мм на 16 рубиновых камнях. Многие размеры деталей часов не превышают 1 мм. К точности исполнения размеров деталей и чистоте поверхностей предъявляются высокие требования.

Наш завод безвозмездно получил техническую документацию с Пензенского часового завода на часы "Заря".

Большой объем работ выполняли другие часовые заводы по изготовлению инструмента, деталей,

живания процесса сборки часов. Это было началом освоения широкой гаммы часов. Закладывались основы высокого качества и производительности труда.

Постановлением СНХ ВССР в сентябре 1963 года было создано ПО "Луч", которое объединило Минский часовой завод и Витебский завод часовых деталей – филиал. Руководство объединением было возложено на руководящий состав МЧЗ, директором филиала назначен А. Ф. Ситников, а в июле 1964 года его сменил Н. М. Платоненков, главным инженером назначен В. Ф. Пизик.

На изготовление деталей часов Витебский завод был переведен решением Совнархоза в 1958 году. В следующем году завод изготовил и поставил МЧЗ 1201,1 тысячи анодированных корпусов для часов "Заря", а в 1960 году – почти 500 тысяч штук.

В 1961 году завод начал изготавливать и поставлять позолоченные корпуса-браслеты. В 1963 году было освоено и изготовлено 11 тысяч гибких браслетов.

Завод продолжал строиться. В 1964 году введен в действие новый производственный корпус площадью 5500 квадратных метров. В него перебазируются цеха основного производства. В этом же году завод начал поставку корпусов часов заводам РСФСР – 1-му, 2-му МЧЗ и ПЧЗ. За год было поставлено 452,4 тысячи штук из изготовленных 1,12 млн. корпусов. В 1965 году выпуск их достиг 2,42 млн. корпусов.

В 1964 году были приняты меры по укреплению производственно-дисциплинарной дисциплины. Было принято решение о внедрении системы комплектовщиков с кладовыми на участках. Комплектовщики вместе с мастером должны были своевременно обеспечивать рабочих деталями, а также вести учет деталей на участке. В бригадах вводились графики, которые отражали ежедневно состояние производства и НЗП. Эти мероприятия значительно улучшили обеспечение рабочих деталями для работы и повысили уровень учета незавершенного производства.

В 1964 году, используя опыт Пензенского часового завода, во 2-м сборочном цехе началось вне-

дрение технологического процесса сборки часов "Луч-1800" с безвинтовым балансом и двойным регулятором. При этом предусматривался новый прибор для регулирования точности хода часов. Экономия от внедрения прибора составила почти 20 тысяч рублей. В следующем году этот процесс был освоен всеми сборочными бригадами.

В этом же году сборочные цехи перешли на работу по методу бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления.



Передовые сборщицы второго сборочного цеха, слева направо:

Г. Кудрявцева, О. Сорокина, Р. Погребняк (Калейникова), К. Примак

Благодаря этому методу работы был внедрен ряд технических мероприятий, повышающих качество сборки. В часах "Луч-1800" внедрен волосок из сплава НХТА; заводная пружина из нержавеющей стали вместо углеродистой, на операции ладка хода внедрены проекторы (П-40) на всех калибрах часов. Повысилось качество сборки часов. Так, в 1965 году отсев с длительных испытаний по всем изделиям снизился до 8,6% против 10,4% в 1964 году.

К 1965 году строительномонтажные работы на заводе в основном были закончены. На головном предприятии было смонтировано 1850 единиц оборудования, в том числе 1120 единиц технологического. Численность персонала завода составляла 4374 человека. Мощности МЧЗ на конец года превышали 25 миллионов рублей, что обеспечивало дальнейший прирост производства.

Наметились пути дальнейшего развития предприятия. В области совершенствования системы управления положено начало созданию автоматизированной системы уп-

равления (АСУП), внедрению новой системы планирования и экономического стимулирования и мероприятий научной организации труда. Предусмотрено дальнейшее повышение технического уровня, качества и расширение ассортимента выпускаемых часов по внешнему оформлению, а также часов на новых принципах действия с использованием новейших достижений электроники и электротехники, освоение электронно-механических часов. Разрабатывался обширный план дальнейшей механизации и автоматизации действующего оборудования, внедрения новых агрегатных станков и широкого внедрения манипуляторов и робототехнических комплексов. Все эти меры должны были обеспечить рост объемов и повышение экономической эффективности производства.

В сравнении с 1958 годом выпуск продукции увеличился более чем в два раза. Всего изготовлено 1265773 часов "Луч-1800", "Луч-2209" и "Луч-1300". Кроме часов завод выпускал станки для приборостроительной промышленности, приборы и запасные части.

За десять лет хозяйственной деятельности Минский часовой завод стал крупным приборостроительным предприятием с высоким уровнем организации производства и технического развития. Он вошел в число передовых предприятий часовой промышленности СССР.

Могу уверенно сказать: самое главное достояние завода – высококвалифицированный коллектив рабочих, ИТР и служащих, любящих свое дело и преданных своему предприятию.

Работники завода считали его вторым домом и опорой в жизни. Они трудились не только за деньги. Наиболее важными в решении многих вопросов считались моральные критерии. В 1966 году за достижение высоких производственных показателей большая группа работников завода была награждена орденами и медалями Союза ССР. Хочется закончить историю периода становления завода словами Н. А. Некрасова: "Воля и труд человека дивные дивы творят".

УМЕЛО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЭНЕРГИЮ СЖАТЫХ ТЕЛ

28 июня 2001 года Проматомнадзор и ОО "БОИМ" провели семинар "ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНОГО И КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ"

Были заслушаны и обсуждены доклады:

Соблюдение технологической дисциплины и безопасного ведения техпроцессов химической, нефтеперерабатывающей др. взрывоопасных производств. **Еськов Валентин Михайлович** – заместитель начальника управления Проматомнадзора.

Организация технического обслуживания и повышение эффективности в эксплуатации насосного и компрессорного оборудования. **Белявский Станислав Владимирович** – начальник компрессорной станции ОАО "Минский подшипниковый завод".

Опыт эксплуатации оборудования автомобильных газонаполнительных станций. **Голубов Александр Павлович** – ведущий инженер отдела ГНКС концерна "Белтрансгаз".

Требования безопасности в эксплуатации вспомогательного оборудования насосных и компрессорных установок. **Вольнец Борис Евгеньевич** – главный государственный инспектор Проматомнадзора.

Диагностирование и обеспечение надежной работы компрессорных установок. **Платонов Александр Григорьевич** – директор Новополоцкого центра технической диагностики "Химотест", к.т.н.

Обеспечение безопасной и эффективной эксплуатации аммиачных компрессорных установок. **Волков Василий Викторович** – главный специалист концерна "Белгоспицетром".

Торцовые уплотнения насосного и компрессорного оборудования. **Вербицкий Владимир Георгиевич** – главный конструктор Могилевского завода торцовых уплотнений.

Анализ неполадок и причин выхода из строя аммиачных и воздушных компрессорных установок. **Чермердовский Сергей Васильевич** – прораб холодильного производства ОАО "Мясомолмонтаж".

Диагностирование и обеспечение надежной работы насосных установок. **Шипко Владимир Александрович** – инженер отдела диагностики и надежности ПО "Нафтан".

В этом номере мы продолжили публикацию докладов, сделанных на семинаре ОО "БОИМ" "Обеспечение безопасной и эффективной эксплуатации электрического оборудования" 6 марта 2001 г. и на семинаре 28 июня 2001 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

В связи с тем, что доля энергии и энергоресурсов в себестоимости выпускаемой продукции весьма динамична, проблема их учета волнует и производителей, и потребителей.

В нашем институте еще в семидесятых годах впервые были разработаны и серийно освоены на Вильнюсском заводе электроизмерительной техники многоканальные системы энергоучета, позволяющие в темпе процесса определять как объемы энергопотребления с разбивкой по зонам суток и отчетным периодом, так и совмещенную потребляемую мощность для организации двухставочных тарифов, введенных в Союзе с 1969 г. и действующих в различных вариантах и сейчас на территории СНГ [1].



ЗАБЕЛЛО Е.П.,
д.т.н., заведующий отделом
автоматизации учета энергии
РУП БелТЭИ

Но на сегодняшний день эти системы не могут обеспечить учет, контроль и управление энергопотреблением одновременно на уровне агрегата, цеха, завода и предприятий Энергонадзора, с учетом тарифов на энер-

гию и мощность. Поэтому новые технические средства должны иметь в основе современную элементную микроэлектронную базу и программное обеспечение, их стоимость должна быть экономически обоснована, они должны обеспечивать режимное взаимодействие потребителей энергии и поставщика с тем, чтобы энергосистема получала свою выгоду от выравнивания суточного графика нагрузок, а потребителю, выравнивающему этот график, было обеспечено снижение платы за электропотребление и мощность. Безусловно, подобная модернизация требует значительных финансовых средств, но, как показывают расчеты, она экономически обоснована.

При этом следует иметь в виду

и отдельные сложности.

Каждый потребитель энергии самостоятельно выбирает комплект средств измерений и коммерческого учета согласно Госреестру приборов, разрешенных Госстандартом Республики Беларусь не всегда опираясь на объективные сведения об их возможностях и технических характеристиках.

Из-за разнообразия внедренных и внедряемых средств коммерческого энергоучета, особенно, если в состав сети входят интеллектуальные средства сбора данных, многоканальные системы энергоучета разных типов, модемы, радиостанции, отдельные компьютеры и компьютерные сети, отсутствует возможность организации их централизованного обслуживания, ремонта и своевременной поверки, а также синтеза в многоуровневую сеть.

По традиции построением автоматизированной сети учета, контроля и управления энергопотреблением (АСКУЭ) занимаются энергетики, что ограничивает их возможность влиять на энергосбережение, обусловленное модернизацией технологических процессов и режимами работы агрегатов.

С целью снижения негативных последствий от отсутствия координации работы по самооснащению потребителей средствами энергоучета, в нашем институте по заказу концерна "Белэнерго" были разработаны следующие документы: "Типовое техническое задание на создание многоуровневой автоматизированной системы учета, контроля и управления выработкой, передачей, распределением и сбытом энергии в энергосистеме Республики Беларусь" (утверждено в 1998 г.) и "Концепция построения АСКУЭ" (утверждена в 1999 г.): Согласно этим документам разрабатываются технические задания на создание АСКУЭ энергосистем производственных объединений, в которых определяются требования к системе в целом, режиму работы, защите информации от несанкционированного доступа и внешних воздействий, сохранно-

сти информации при аварийных отключениях. В этих же заданиях формируются требования к характеристикам средств первичного энергоучета, устанавливаемых потребителями на границах раздела балансовой принадлежности электрических и тепловых сетей, и, таким образом, предложена логически завершенная система построения многоуровневой сети энергоучета, в которой осуществляется не только оперативный контроль выработки, передачи, распределения и потребления энергии, но и обеспечивается возможность управления этим процессом на взаимовыгодных началах, т.е. с соблюдением интересов как поставщика энергии (энергосистемы), так и ее потребителей.

Одним из факторов взаимовыгодности является новая система тарифов на электрическую энергию, дифференцированных по зонам суток и система тарифов, двухставочно-дифференцированных. Отличие второй системы от первой заключается в том, что осуществляется возврат к контролю совмещенной электрической получасовой мощности на пиковых интервалах нагрузок энергосистемы и, соответственно, возврат к оплате за эту совмещенную мощность при дифференцировании платы за энергию, потребляемую в трех зонах суток - ночной, полупиковой и пиковой. Первой системой позонных тарифов потребитель может пользоваться на основании "Временной инструкции расчетов потребителей (абонентов) за электрическую энергию по зонам суток" введенной в действие с 1 ноября 1996 г. Согласно инструкции основная плата за договорную мощность отсутствует, а оплата электроэнергии проводится по трем зонам суток с учетом коэффициента 0,6; 1,15 и 2,05 к базовому тарифу, принимаемому за единицу. Вторая система позонных тарифов находится пока в стадии доработки по замечаниям оппонентов и пользователей. Однако, как показал первый опыт, на новые тарифы перешло несколько десятков потребителей, которые без каких-либо режим-

ных мероприятий перенесли на грузки в провальную часть графика. Причин здесь несколько:

- потребитель сразу однозначно определил нецелесообразность перехода на позонные тарифы ввиду того, что оплата по ним выше, чем по прежним и что отсутствуют регулировочные мероприятия, способствующие выравниванию графика нагрузки,

- потребитель сомневается в том, что предложенная система стабильна и не будет изменена в ближайшее время,

- руководство промышленных предприятий плохо проинформировано о возможных выгодах режимного взаимодействия с энергоснабжающей организацией, о формах этого взаимодействия и своих обязательствах, связанных с этой процедурой,

- у потребителя отсутствуют финансовые возможности модернизации системы энергоучета.

Анализ показывает, что практически на каждом предприятии имеется определенная возможность "деформации" графиков своих электрических нагрузок с переносом их части в ночные зоны, где тариф в 3-4 раза ниже, чем в зонах утреннего и вечернего пиков. Имеется и другая зона льготных тарифов - это выходные и праздничные дни, пока, к сожалению, не приравненные в полной мере к ночным, как это делается в России, а ориентировочно в два раза выше. Вопрос, на наш взгляд, не является исчерпанным и может быть предметом дискуссии при обсуждении проблем дальнейшей модернизации тарифных систем.

Касаясь второй и третьей возможных причин, необходимо принять к сведению, что эти системы будут нежесткими, адаптируемыми к ситуации и стоимости на рынке энергии и мощности в разное время. В этих условиях потребитель должен иметь современную электронную техническую базу в виде электронных счетчиков, сумматоров, многоканальных систем, модемной и иной связи и автоматизированных рабочих мест операторов,

пьютерами, обеспечивающими оперативную передачу данных не только своим пользователям, но и на верхний уровень - в местные Энергонадзоры концерна "Белэнерго". Подобная система сбора, обработки и передачи информации об энергии и мощности (в некоторых случаях в 3-6 минутных циклах на пиковых интервалах нагрузки) является необходимым условием организации режимного взаимодействия между потребителем и поставщиком энергии.

О четвертой причине. Наши расчеты по ряду предприятий, решивших модернизировать системы энергоучета, показали, что, как правило, эта модернизация окупается за 0,5-1 год, т.е. является высокоэффективным мероприятием и находится по важности в ряду первоочередных.

В пользу модернизации говорит и ряд других обстоятельств, среди которых совершенствование систем оплаты за реактивную мощность в связи с режимом падения электрических нагрузок, необходимость учета темпов набора и сброса нагрузок при регулирова-

нии ими и качества энергии регулируемого действующим стандартом.

Только в 2000г. специалистами нашего института совместно со специалистами Новополоцкого завода "Измеритель" и Гомельского КБ "Луч" разработаны и подготовлены к серийному производству блок учета энергии (БУЭ) на 16 каналов учета, предназначенный для использования как в качестве самостоятельного изделия, так и изделия, встраиваемого в программно-технический телемеханический комплекс "СИРИУС", изготавливаемый заводом "Измеритель"; многоканальная система для организации энергоучета на промышленных предприятиях "ЭРКОН-2", являющаяся модернизированным вариантом серийно выпускаемой системы "ЭРКОН-1" (КБ "Луч"); универсальный радиодатчик широкого назначения, встраиваемый в радиосеть любого низовое устройство или систему энергоучета, если известен протокол обмена с ним по последовательному интерфейсу. Таким

образом, каких-либо сложных проблем с выбором технических средств АСКУЭ в настоящее время нет, так как наряду с отечественными разрешены к применению и ряд приборов и систем зарубежного производства.

Задачи централизованного контроля и управления режимами электропотребления могут быть успешно решены, при условии придания службам и отделам главных энергетиков предприятий функций управления нагрузками, что связано с их перукомплектацией специалистами-электрониками и программистами.

Использованная литература

1. Забелло Е.П. Тарифы и тарифные системы на электрическую энергию как способ косвенного управления электрическими нагрузками. Журнал "Энергоэффективность", № 9, 2000 г. с. 14-17.

2. Забелло Е.П. Многоуровневые сети учета, контроля и управления электропотреблением. Журнал "Промышленная энергетика" № 6, 1994г., с. 18-21.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ТЕКУЩИХ РЕМОНТНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Одной из наиболее трудоемких функций управления и одновременно одной из труднейших проблем в смысле отыскания приемлемой методологии ее автоматизации является принятие рациональных решений по разрешению заявок на выполнение различного рода текущих ремонтных отключений основного оборудования энергосистем (ООЭ).

Составление графика текущих ремонтных отключений ООЭ представляет собой весьма сложную многокритериальную задачу принятия решений, формализованная постановка которой должна учитывать множество разнообразных и противоречивых факторов в информацион-



О.И. АЛЕКСАНДРОВ,
доцент, БГПА



Д.Г. ГОРЯЧКО,
сотрудник НПО
"Агат"

ном, организационно-хозяйственном, режимно-техническом, экономическом и социальном аспектах.

Разработка графика текущих ремонтных отключений является необходимой составной частью многоступенчатого автоматизированного процесса планирования ремонтов, имеющего целью

повышение маневренности управления трудовыми ресурсами и ремонтно-техническими средствами с учетом динамики изменения режима энергосистемы, надежности электроснабжения потребителей, степени готовности производственных подразделений энергосистем к проведению ремонтов, технологичности и экономичности

производства ремонтных работ, обеспечения желаемой структуры скользящих графиков выхода на работу ремонтного персонала, исключения излишних директивных требований по многократному оформлению заявок на вывод оборудования в ремонт по мере приближения намеченного срока ремонта.

Цель оптимизации сроков ремонтов ООЭ в месячном разрезе заключается в наилучшем удовлетворении набора разнообразных требований к искомому решению, которые сформулированы таким образом, чтобы обеспечить реализацию процедуры поиска оптимального решения, соответствующей указанным выше общим принципам и учитывающей возможности обеспечения необходимой исходной информации, приемлемого времени решения и упорядочения требований, исходя из реальной степени значимости и сложности решаемых задач.

В настоящее время для наиболее эффективного решения указанных задач используются современные автоматические средства обработки и представления информации, которые входят в состав автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) электрических подстанций 110–330 кВ, обеспечивающих решение информационно-измерительных, контрольно-диагности-

ческих и управленческих задач в реальном масштабе времени.

К сожалению, в республике Беларусь до недавнего времени не было единой системы АСУ ТП подстанций, а использовались различные комплексы телемеханики и телеизмерений, которые не могли в полной мере решить все функциональные задачи. И только совсем недавно, на нескольких подстанциях, были введены в эксплуатацию АСУ ТП подстанций 110–330 кВ "АГАТ – 2000", разработанные научно-исследовательским республиканским унитарным предприятием "НИИ средств автоматизации НПО АГАТ".

Комплекс программно-технических средств АСУ ТП "АГАТ – 2000" предназначен для автоматизации контроля технологических процессов систем электроснабжения и выполняет следующие функции, которые ранее не были реализованы на подстанциях:

1. Сбор, обработка и хронологическая регистрация аналоговой и дискретной информации о

работе основного оборудования энергосистемы.

2. Диагностика состояния оборудования и контроль параметров режима, вышедших за пределы установленных норм.

3. Контроль энергопотребления.

4. Автоматическое составление и ведение суточных ведомостей.

5. Автоматическое регулирование напряжения согласно диспетчерскому графику.

6. Мнемоническое отображение электрических схем подстанций в реальном масштабе времени с указанием состояния коммутационной аппаратуры.

7. Накопление и анализ ретроспективных статистических данных.

Это далеко не полный перечень задач решаемых данными АСУ ТП. Объем и структура функциональных задач, реализуемых на подстанциях, определяется в зависимости от класса подстанции исходя из основных положений по созданию АСУ ТП подстанций.

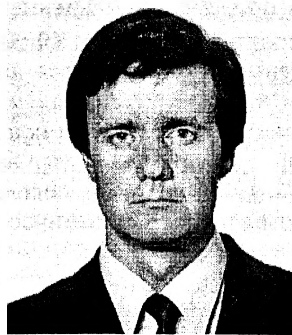
ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС) предназначена для компримирования и заправки природного газа давлением 20 МПа в качестве моторного топлива.

На предприятии "Белтрансгаз" эксплуатируется 24 АГНКС с 5-ю типами поршневых компрессоров:

-2ГМ4-1,3/12-250 (Россия, з-д "Борец") - четырехступенчатый компрессор, 1-3, 2-4 ступени двойного действия, двухскоростной; электроприводной, мощность на валу 160/75 кВт, давление во всасывающем патрубке - 0,98-1,18 МПа.

-4ГМ2,5-1,2/10-250 (Украина МН ПО им. Фрунзе) - горизонтальный четырехступенчатый, четырехрядный, 3-4 ступень двойного



*А.П.Голубов,
ведущий инженер
производственного отдела по
эксплуатации АГНКС
Государственного
предприятия "Белтрансгаз"*

действия, электроприводной, мощность на валу 132 кВт, давление во всасывающем патрубке - 0,6-1,2 МПа.

-2BVTN/3 (Италия, "Нуово Пи-

ньоне") - трехступенчатый вертикальный, 2-3 ступень двойного действия, электроприводной, мощность на валу 132 кВт, давление во всасывающем патрубке - 0,6-1,2 МПа.

-4HR3KN-200/210 (з-д Цвикау Машиненфабрик, бывшей ГДР) - четырехступенчатый, 1-2 ступень - вертикальное, 3-4 ступень - горизонтальное расположение и двойного действия, электроприводной, мощность на валу 295 кВт, давление во всасывающем патрубке - 0,3-0,5 МПа.

- 2НВ2К-160/100 (з-д Хемиллагенбаукомбинат, бывшей ГДР) - двухступенчатый, горизонтальный, электроприводной, мощность на валу 94,6 кВт, давление во всасывающем патрубке - 2,5-3,5 МПа.

В состав компрессорной установки входят: стационарная компрессорная установка (СКУ), межступенчатая аппаратура с системой газопроводов, трубопроводы предохранительных клапанов, система охлаждения, маслосистема и продувочные трубопроводы.

Компрессоры снабжены арматурой, которая позволяет осуществить необходимые эксплуатационные операции, как вручную, так и автоматически. На технологической части АГНКС в основном установлены шаровые ручные, электро- и пневмозадвижки. Ремонт пневмоприводов ПП 0,5-3/3, ПП 1-3/3, ПП 2-3/3 и шаровых кранов Ду 10, 15, 20 Ру 32 МПа являются наиболее актуальным вопросом эксплуатации.

Смазка цилиндров осуществляется принудительно с помощью смазочного насоса высокого давления, привод которого производится через промежуточный вал непосредственно от коленчатого вала. Применяемое в компрессорах масло - МГД-14М.

Цилиндры и картер компрессора представляют собой чугунные отливки, содержащие в себе клапанные гнезда и полости для охлаждения газовых пространств. Обычно цилиндры гильзуются. На всех компрессорах применяются кольцевые пластинчатые клапана. В зависимости от типа СКУ в качестве коренных подшипников применяются подшипники качения и скольжения.

Промежуточным звеном между шатуном и штоком служит крейцкопф, который представляет собой цельнолитую из модифицированного чугуна деталь. Особый способ крепления его к штоку позволяет регулировать величину зазора между торцами поршня и цилиндра в крайних точках.

Уплотнение штоков камерное, осуществляется рядом уплотняющих колец радиально прижимающимися браслетными пружинами. В качестве материала для сальниковых уплотнений по штоку применяется флубон 20, поршневые кольца изготавливаются из капралона МР ТУ6-05-

988-66 (ПА6 блочный сорт 1 ТУ 6-05-988-87).

Основная сложность в эксплуатации оборудования состоит в обеспечении запасными частями, т.к. все компрессорные установки импортной поставки. Изготовление быстроизнашивающихся деталей (уплотнение штоков, поршневые и направляющие кольца) и гильзы, производятся на производственной базе подразделения предприятия - ремонтно-наладочном управлении "Белгазэнергоремонт". Там же выполняются ремонтно-восстановительные работы и другие работы, связанные с изготовлением конструкторской документации и разработкой технологической карты ремонта.

Чтобы оценить разницу между АГНКС и АЗС, где производится отпуск готовой продукции, ниже приведем описание технологического процесса производства компримированного природного газа.

Природный газ из внешних газопроводов низкого давления через блок входных кранов, затем через первичный сепаратор и сетчатый фильтр, где происходит его (газа) очистка от механических примесей и капельной влаги, подается на всас компрессорной установки.

После каждой ступени сжатия газ проходит охлаждение в холодильниках со 140 до 40 °С. Охлаждение осуществляется антифризом принудительно водяными насосами в замкнутом цикле, и проходит по принципу "труба в трубе". Периодически выполняется промывка труб химическим составом.

После последней ступени давлением 24,4 МПа газ поступает на установку осушки, основным элементом которой является адсорберы. При повышении точки росы осушаемого газа до минус 50°С производится переключение адсорберов, один из которых после этого подвергается регенерации. Контроль за соблюдением ГОСТа на газ осуществляется влагомером типа "Байкал".

Далее осушенный газ поступает в аккумуляторы. Давление газа в аккумуляторах регулируется ав-

томатически по мере раздачи его через газозаправочные колонки. Отпуск газа производится давлением 19,6 МПа и при достижении этого давления в баллонах автомобиля отсекается, настроенном на это давление обратным клапаном. Коммерческий отпуск и учет газа в производится автоматизированной компьютерно-кассовой системой "ГАЗ-У".

Кроме того, каждая АГНКС снабжена системами электропитания, автоматики и контроля. При возникновении аварийных ситуаций предусмотрено дистанционное отключение подачи газа на АГНКС с одновременной продувкой технологических линий и аккумуляторов на свечу.

В помещении компрессорного отделения предусмотрен автоматический контроль уровня загазованности помещения. При загазованности помещения более 1% газа по объему включается вытяжная вентиляция и звуковая сигнализация.

Помещения АГНКС оснащены пожарной сигнализацией. При возникновении пожара автоматическое выключается приточная и вытяжная системы вентиляции.

Обслуживание механической, электрической части и автоматического управления и контроля выполняется строго по графику планово-предупредительных работ (ППР). При эксплуатации компрессорных установок применяются следующие виды технического обслуживания: ежедневное;

- техническое обслуживание (ТО-1) - через 500 ч; техническое обслуживание (ТО-2) - через 1500 ч; текущий ремонт (Т-1) - через 3000 ч; текущий ремонт (Т-2) - через 6000 ч; средний ремонт (С) - через 12000 ч; капитальный ремонт (К) - через 36000 ч.

Результаты технического обслуживания и ремонтов фиксируются в журнале контроля технического состояния узлов и деталей компрессорной установки.

Согласно установленному регламенту, нормативно-технической и конструкторской документации в целях повышения безопасности и надежности эксплуа-

тации оборудования АГНКС выполняется следующий примерный комплекс работ: вибродиагностика оборудования и трубопроводной обвязки; контроль состояния подшипников качения без вскрытия компрессора; дефектоскопия сварных соединений, толщинометрия и испытания на прочность и герметичность трубопроводов и сосудов, работающих под давлением; техническая диагностика и освидетельствование аккумуляторов газа и других сосудов, работающих под давлением.

Также контролю подвергаются заправочные шланги, производится тарировка предохранительных клапанов.

За оценкой технического состояния и качества ремонта можно судить по производительности компрессора и расходу электроэнергии до и после ремонта.

Для обеспечения правильного содержания, эксплуатации и ремонта оборудования на АГНКС выполняются работы и заполняются журналы учета работы компрессорной установки: сменный

(оперативный), проверки загазованности помещений; дефектов и неисправностей; регистрации заправочных шлангов; регистрации газоопасных работ, выполняемых без наряда-допуска; регистрации нарядов-допусков; учета противоаварийных тренировок; эксплуатации, технического обслуживания и ремонта вентиляционных установок; учета и освидетельствования сосудов; осмотров и проверок противопожарного оборудования и первичных средств пожаротушения; проверки состояния условий труда и т.д.

Кроме того, для обеспечения надежной безопасной эксплуатации газовых объектов, в том числе и АГНКС на предприятии введена 3-х ступенчатая система контроля.

Характерным показателем надежности работы оборудования АГНКС является наработка на отказ. В 2000 году она по предприятию составила свыше 40 тыс. моточасов.

На надежность работы оборудования сказываются такие при-

чины, как вибрация СКУ, разрушение пластины клапана, износ деталей шаровых кранов, потеря герметичности уплотнений и т.д. Как показала практика, возникающие за последнее время отказы в основном связаны со скрытыми дефектами и не обусловлены недостатками в эксплуатации оборудования. Большая часть отказов приходится на систему управления и электроснабжения.

Многолетний опыт эксплуатации выявил слабые места в оборудовании АГНКС, снижающие надежность работы и безопасность станций. Ежегодно на предприятии разрабатывается и выполняется комплекс мер по увеличению надежности эксплуатации газовых объектов, проводятся технические советы. Одним из таких мероприятий явилась замена системы автоматического управления компрессорных установок PS-2000 на более современную.

Проводимые мероприятия позволяют обеспечивать необходимую безопасность и надежность работы оборудования АГНКС.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОЙ РАБОТЫ В ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

к.д.н. ПЛАТОНОВ А.Г., директор Новополоцкого центра технической диагностики "Химотест" г. Новополоцк

По статистическим данным времен Советского Союза в различных отраслях промышленности и аграрного комплекса компрессорные установки потребляли около 10% всей вырабатываемой электроэнергии.

Кроме основной части компрессорной установки, в ее состав входят сложные по конструктивному исполнению различные типы теплообменников, влагомаслоотделителей, буферные емкости, трубопроводы, системы смазки и охлаждения и привода.

Давление нагнетания компрессорных установок на предприятиях Беларуси достигает 2500 атмосфер.

Если по центробежным компрессорам имеется нормативно-техническая документация, по-

зволяющая проводить диагностирование, обслуживание и ремонт, например, "Методические рекомендации по проведению диагностических виброизмерений центробежных компрессорных машин и центробежных насосных агрегатов предприятий" - МХНП СССР (РДИ), "Центробежные электроприводные нефтяные насосные агрегаты. Эксплуатационные нормы вибрации. Руководящий документ" - Миннефтехимпром СССР, то по поршневым компрессорам такая документация отсутствует. Устарела документация по обслуживанию и ремонту компрессорных установок сверхвысокого давления. Отсутствует документация по проведению качественного диагностирования поршневых компрессорных установок.

Поэтому сегодня основное внимание следует уделить вопросам диагностирования и повышения надежности работы поршневых компрессорных установок.

Одной из основных причин не надежной работы поршневых установок является повышенная вибрация межступенчатых аппаратов и трубопроводов. Вследствие этого происходят поломки элементов аппаратов, разрывы трубопроводов, выходы из строя контрольно-измерительных приборов.

Существует две причины вибрации.

Первая и основная - пульсирующий поток газа, другая - колебания компрессора и его фундамента, которые передаются на примыкающие к цилиндру уча-

стки трубопроводов или на опоры более отдаленных участков.

Степень пульсации (неравномерности) $\delta = 2\Delta p/p$ может достигать 20% и вызывать значительные динамические усилия. Здесь Δp - амплитуда колебаний давления газа; p - среднее давление в трубопроводе.

Так, в трубопроводах полиэтиленовых компрессоров сверхвысокого давления при среднем давлении 2100 атм измерениями были зафиксированы размахи колебаний $2\Delta p$ до 150 атм, что соизмеримо с давлениями нагнетания компрессоров высокого давления [1].

Особенно опасны колебания столба газа в газопроводных системах в условиях резонанса, когда частота свободных колебаний равна частотам возмущающих сил, т.е. $f_0 = m \cdot n$, где m - порядок гармоники; n - частота вращения вала в об/с.

Часто используемые на практике попытки жесткого крепления трубопроводов и аппаратов без устранения причины вибрации - повышенной пульсации давления газа, как правило, не приводят к положительным результатам. Возникает повышенная вибрация в других местах газопроводных систем.

Особенно не следует крепить с помощью неподвижных опор трубопроводы и аппараты на стороне нагнетания цилиндров компрессоров без учета самокомпенсации тепловых деформаций, так как при этом возникают дополнительные температурные напряжения, что приводило к многочисленным случаям разрывов трубопроводов под давлением.

Для снижения уровня пульсации давления газа существуют несколько методов: отстройка колебаний давления столба газа от резонансных; установка расчетных буферных емкостей у цилиндров компрессоров со стороны всасывания и нагнетания; установка диафрагм-гасителей в местах пучности колебательной скорости столба газа.

Кроме того, осуществляется отстройка частоты свободных колебаний механических систем газопроводов от частоты колебаний остаточной допустимой пульсации давления газа, с целью недопущения резонансных колебаний.

Новополоцким центром технической диагностики "Химо-

тест" в настоящее время разработана методика вибродиагностирования поршневых компрессоров, согласованная с Проматомнадзором РБ, на ее применение получена лицензия.

На практике имеют место отказы, связанные с некачественным изготовлением деталей компрессора или ошибками, допущенными в процессе эксплуатации.

Так при замене импортного минерального масла на отечественное синтетическое в клапанных коробках чугунных литых цилиндров наблюдалось растворение защитного слоя стенок цилиндра и попадание остатков песка со стенок в сальники. Это приводило к их быстрому износу.

При внедрении рацпредложения по замене конструкции поршня без уплотнительных колец на поршни с уплотнительными кольцами в поршневых канавках не были сделаны галтели с целью снижения напряжений. В процессе эксплуатации произошел отрыв сегмента торцевой части поршня, попадание этой части между поршнем и крышкой. В результате имела место разгерметизация цилиндров. Таких примеров можно привести не мало.

Многие поршневые компрессорные установки находятся в эксплуатации более 25-30 лет, исчерпали свой нормативный ресурс.

Поэтому ее диагностирование в полном объеме, включающее натурные обследования, сложные расчеты по которым выявляется техническое состояние и определяется возможный остаточный ресурс, является первостепенной задачей для продолжения безопасной работы различных производств.

Перед проведением диагностирования изучается техническая и ремонтная документация, особенно, на предмет возможных конструктивных изменений деталей и замены материалов.

Проводятся внешний и внутренний осмотры; определение геометрических размеров и форм оборудования; замер толщины стенок элементов оборудования; дефектоскопия сварных швов и основного металла (ультразвуковым, радиографическим и цветным методами); замеры твердости металла; металлографический контроль; испытания на проч-

ность и плотность пробным давлением.

Натурно обследуются и отбраковываются лишь основные детали компрессора (рама, коленчатый вал, шатун, крэйцкопф, поршень, цилиндр, крышка цилиндра) при наличии трещин усталости или недопустимых занижениях диаметров шеек коленчатого вала и завышениях диаметра цилиндра. Не принимаются во внимание изнашиваемые детали, подлежащие плановой замене (шатунный болт, палец крэйцкопфа, уплотнительные элементы штоков, поршневые кольца, клапаны и другие).

Различные аппараты и трубопроводы компрессорной установки требуют проведения натуральных обследований в полном объеме.

При внутреннем осмотре аппаратов особое внимание следует уделять застойным зонам, местам скопления влаги и коррозионных продуктов, местам изменения направления потоков, зонам входных и выходных штуцеров.

По результатам натуральных обследований производится отбраковка деталей или разрабатываются технические решения по устранению выявленных дефектов.

При анализе работоспособности необходимо учитывать нагрузки действующие на основные детали компрессора, межступенчатую аппаратуру и трубопроводы,

Термодинамический расчет компрессора выполняется по программе, разработанной Новополоцким центром технической диагностики "Химотест", которая реализует методику расчета поршневого компрессора М.И.Френкеля [2] и позволяет определить нагрузки на элементы компрессорных установок.

Целью акустических расчетов является определение расчетной величины степени неравномерности давления δ (или относительного размаха колебаний давления газа) в рассматриваемой ступени компрессора.

Акустический расчет состоит из расчетной оценки эффективности гашения пульсации давления газа буферными емкостями и расчета частотных характеристик колебательного процесса в трубопроводах, выполняемых по методикам и программам также разработанным Новополоцким центром технической диагности-

ки "Химотест".

Из основных деталей собственно компрессора расчет на прочность проводится для коленчатого вала, шатуна и крейцкопфа. По результатам расчета определяются запасы усталостной прочности, которые сравниваются с допустимыми.

Расчет литых чугуновых деталей (рама, направляющая, цилиндр) вследствие сложности геометрических характеристик этих деталей не выполняется - их состояние оценивается по результатам натурных исследований.

Расчеты на прочность аппаратов и трубопроводов выполнены по разработанным программам, которые реализуют методики [3] и [4]. Полученные расчетом толщины стенок трубопроводов и аппаратов сравниваются с фактическими замеренными толщинами стенок и принимаются решения об их дальнейшей эксплуатации.

Прогнозирование ресурса компрессорных установок основывается, главным образом, на расчете прочности основных элементов оборудования с учетом результатов натурного обследования. Без расчетной оценки, с учетом только положительных результатов натурного обследования, устанавливается 10-летний срок остаточного ресурса для ряда основных деталей компрессоров, ввиду отсутствия в них механического или коррозионного износа и затруднительности анализа их напряженного состояния. Это чугуновые литые детали компрессоров - рама и направляющая. При установлении ресурса чугуновых цилиндров расчеты прочности не ведутся, но учитывается, как показано ниже, возможность их предельного механического износа.

Основными повреждающими факторами для деталей компрессоров и элементов их газопровода является износ (механический или коррозионный) и накопление усталостного повреждения из-за многократного воздействия на них переменных нагрузок.

Ограничение ресурса основных деталей собственно компрессора по механическому износу производится только для двух деталей: коленчатого вала (лимитируется предельное уменьшение диаметра коренной и шатунной шеек вала) и цилиндра (лимитируется предельное увеличение

диаметра цилиндра). Нормы предельного износа цилиндров и шеек валов берутся по [5].

По коррозионному износу ограничивается ресурс для аппаратов и трубопроводов компрессорных установок. Расчет ресурса по коррозионному износу основывается на результатах измерения фактических толщин стенок в процессе натурного обследования и расчетного определения минимальной толщины стенки из условий прочности.

Расчетный ресурс (в годах) основных силовых элементов оборудования определяется по формуле:

$$F = (S_{\phi} - S_{отб}) / C_k,$$

где: S_{ϕ} - фактическая толщина силового элемента, мм; $S_{отб}$ - отбраковочная толщина силового элемента, мм; C_k - скорость коррозии, мм/год.

В качестве фактической толщины силового элемента принимается минимальное значение, определенное методом ультразвуковой толщинометрии. Это допущение обеспечивает некоторый запас в проводимом расчете.

Расчетная отбраковочная толщина определяется из условий прочности для всех аппаратов и трубопроводов.

Скорость коррозии, принимаемая постоянной, рассчитывается по формуле:

$$C_k = (S_{исп} - S_{\phi}) / n,$$

где: $S_{исп}$ - исполнительная толщина рассматриваемого элемента, мм; S_{ϕ} - фактическая толщина, принимаемая равной минимальному замеренному значению, мм; n - число лет эксплуатации элемента.

Ресурс по коррозионному износу рассчитывается по программе, органически входящей в программу расчета на статическую прочность. Если по расчету значение ресурса превышает 10 лет, то оно принимается равным 10 годам.

В программе расчета определяется условный коэффициент запаса прочности:

$$n_{\phi} = [\sigma] / \sigma_{\phi},$$

где: $[\sigma]$ - допускаемое нормативное напряжение; σ_{ϕ} - фактическое напряжение при минимальной замеренной толщине стенки.

Для обеспечения прочности должно удовлетворяться следующее условие: $n_{\phi} \geq 1,0$.

По накопленному усталостному повреждению ресурс детали определяется от двух испытываемых

детальными типов переменных нагрузок: циклической длительной (тип нагружения 1) и малоцикловой - "пуск-остановка" (тип нагружения 2).

Наличие остаточного ресурса определяется по значению накопленного усталостного повреждения от всех видов переменных нагрузок при числе циклов нагружения, которое будет иметь место к концу прогнозируемого периода, т.е. через 10 лет.

К исходным данным расчета относятся напряжения в расчетной точке элемента и механические характеристики материала деталей (предел прочности σ_b , предел текучести σ_t , относительное сужение поперечного сечения образца Ψ , модуль упругости материала E). Механические свойства определяются по рабочим чертежам, стандартам и по [6].

Расчет ресурса деталей компрессоров и элементов их газопровода с учетом напряженного состояния проводится по методике [7].

В качестве предельного состояния деталей согласно этой методике принято образование трещин в опасных сечениях. В расчетах принято, что коэффициент запаса прочности по напряжениям $n_{\sigma} = 2,0$, по числу циклов - $n_N = 10,0$.

Условие прочности:

$$a_1 + a_2 \leq (a_N),$$

где: a_1, a_2 - усталостное повреждение соответственно для 1 и 2-го типов нагружения, $[a_N] = 1,0$ - предельное значение накопленного усталостного повреждения.

Для аппаратов компрессоров (газоохладителя и буферных емкостей) расчет ведется с учетом концентрации напряжений в сопряжении патрубка аппарата с обечайкой или днищем.

Расчет максимального напряжения в сопряжении патрубка с обечайкой проводится по методике [7].

Номинальные напряжения при действии давления P в соответствии с методикой подсчитываются по формуле:

$$\sigma_{\text{н}} = P \frac{D + H}{2H}$$

Коэффициент концентрации α определяется в зависимости от отношений D_1/D и H_1/H . Поправочный коэффициент α берется в зависимости от отношения H/D , где D и D_1 - внутренние диаметры обечайки и патрубка;

H и H_1 – толщины стенок обечайки и патрубка.

Максимальное напряжение:

$$\sigma_{\text{до}} = \alpha \cdot \alpha \cdot \sigma_{\text{н}}$$

Значения максимальных давлений и амплитуд давлений берутся по данным термодинамического и акустического расчетов.

Число циклов длительной

циклической прочности (тип 1) для деталей компрессора $N_{\text{ик}}$ определяется с учетом максимальной фактической наработки к моменту обследования τ_{max} компрессора данной марки (из всех компрессоров данной марки, установленных в рассматриваемых технологических установках), а также с учетом дополнительной 10-летней наработки в течение

8000 часов в год:

$$N_{\text{ик}} = 60 \cdot n \cdot \tau_{\text{max}} + 48 \cdot 10^5 \cdot n,$$

где: n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Для примера в таблице представлены данные по числу циклов для группы исследованных компрессоров, находящихся в эксплуатации 24-26 лет.

Марка компрессора	τ_{max} , Ч	n , мин ⁻¹	$N_{\text{ик}}$
5Г-600/42-60	187134	167	$2,77 \cdot 10^9$
5Г-300/15-30	168670	187	$2,8 \cdot 10^9$
5Г-125/13-60	151971	187	$2,59 \cdot 10^9$
2М16-32/35-50	170016	375	$5,63 \cdot 10^9$
4М16-45/35-55	85759	375	$3,73 \cdot 10^9$

Число циклов длительной циклической прочности для газопроводов и аппаратов: $N_{\text{иг}} = 2N_{\text{ик}}$, если основная гармоника пульсаций давления – вторая (цилиндры всех компрессоров – двойного действия).

Данные по числу циклов "пуск-остановка" (нагрузки типа 2) представляются заказчиком и как правило не превышает величины $5 \cdot 10^2$ за 25-30-летний срок эксплуатации.

По результатам диагностирования: натурных обследований и расчетного анализа составляется технический отчет и заключение, в которых даются оценка технического состояния и рекомендации по повышению надежности работы отдельных видов оборудования или его замене. Устанавливается ресурс на основные детали компрессора и на каждую единицу оборудования. Либо указывается, что на определенные детали и виды оборудования ресурс исчерпан. Отметим, что работы по повышению надежности работы оборудования поршневых компрессорных установок проводятся постоянно в течении длительного периода.

В качестве примера можно привести компрессорные установки 2 каскада на давление 2500 атм в производстве полиэтилена высокого давления на РУП ПО "Полимир", которые были при-

няты в эксплуатацию в 1973 году. В течение всего периода эксплуатации компрессорные установки являлись самыми ненадежными агрегатами технологической линии из-за частых поломок деталей и оборудования. По результатам обследований были разработаны и внедрены технические решения: замена поршней 1 ступени на плунжеры; межступенчатых холодильников с применением труб на 2500 атм; фанарей газовых цилиндров на стальные и газовых клапанов на комбинированные; напыление штоков и втулок цилиндров. Осуществлены мероприятия по снижению уровня вибрации и другие.

Это позволило повысить надежность эксплуатации уникального компрессорного оборудования.

Работа оборудования компрессорных установок проходит в более нагруженном состоянии по сравнению с аналогичным оборудованием, не входящем в их состав. Это связано с тем, что помимо малоцикловых переменных нагрузок "пуск-остановка" (количество циклов $5 \cdot 10^2$ за 25-30 лет эксплуатации) оборудование компрессорных установок дополнительно имеет циклическую длительную нагрузку, определяемую скоростью вращения вала компрессора. За указанный период эксплуатации 20-25 лет

число циклов этой нагрузки достигает значений $10^9 \cdot 10^{10}$.

Имеется решение Проматомнадзора РБ о необходимости диагностирования оборудования, работающего под давлением со сроком эксплуатации 20 и более лет. Представляется целесообразным принять такое решение по диагностированию оборудования компрессорных установок.

Использованная литература

1. Надежность и безопасность производств полиэтилена высокого давления. Сб. научн. трудов, под редакцией А. Г. Платонова, Л., ОНПО "Пластполимер", 1983, с. 112.
2. Френкель М.И. Поршневые компрессоры. Машиностроение. Л., 1969, с. 743.
3. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
4. ГОСТ 24755-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.
5. Общие технические условия на ремонт поршневых компрессоров. Министерство нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР, Волгоград, 1985, с. 362.
6. Марочник сталей и сплавов, под редакцией В.Г. Сорокина - Л., Машиностроение, 1989, с. 639.
7. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов энергетических установок (ПНАЭ Г-7-002-86) Госатомнадзор СССР. М., Энергоатомиздат, 1989, с. 525.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

ВОЛКОВ В.В., концерн "Белгоспищепром"

Компрессоры потребляют огромное количество энергии, могут представлять определенную экологическую опасность, отказы в работе компрессоров приводят к большим убыткам из-за остановки обслуживаемых производств. Эффективная работа компрессорного оборудования в равной степени зависит от уровня прикладной теории, совершенства методов и процесса проектирования, уровня технологии и качества изготовления, качества монтажа, эксплуатации, обслуживания и ремонта.

В системе предприятий концерна "Белгоспищепром" применяются воздушные, углекислотные, а также хладоновые и аммиачные компрессорные агрегаты, последние в составе холодильных установок.

Сложности и трудности в эксплуатации вышеуказанного оборудования заключаются в том, что износ основного парка составляет порядка 90% и, следовательно, требуется особо тщательное внимание к нему со стороны обслуживающего персонала. Как показывает опыт и анализ для производства ремонтных работ требуется дорогостоящие запасные части. Из-за дефицита финансовых средств некоторые детали изготавливаются в мастерских предприятий, не всегда соответствующих требованиям качества. В данной обстановке напрашивается вывод своевременного и качественного диагностирования, но стоимость этих услуг еще достаточно велика.

Выход из сложившейся ситуации - это соблюдение сроков постановки на ремонт и соблюдение регламента планово-предупредительных ремонтов.

Качество и безопасность эксплуатации можно частично, а в некоторых случаях полностью компенсировать автоматизацией, требуются лишь надежные приборы автоматики.

В пищевой промышленности в основном применяются поршневые воздушные компрессорные установки, производительностью до 20 м³/мин и давлением до 0,9 МПа. Они используются для обеспечения сжатым воздухом

пневмоинструмента, пневмосистем технологических линий, а также для передувки сыпучих продуктов.

Одной из проблем, возникающей при эксплуатации данного оборудования, является работа электродвигателей. Это связано с тем что, не во всех конструкциях компрессоров предусмотрены байпасные линии. Для облегчения пуска, необходимо, на нагнетательной линии компрессора предусмотреть байпасный трубопровод с соленоидным клапаном, который открывается на заданное время при помощи реле времени.

Основными факторами, вызывающими износ воздушных компрессорных установок, является динамические нагрузки, высокие температуры, трение, коррозия и др.

Углекислотный трехступенчатый компрессор 2УП, применяемый в установке для сжижения углекислоты удобен при проведении ремонта, имеет хороший доступ ко всем рабочим частям. Выносной масляный холодильник доступен к разборке и ремонту. Цилиндр 3-ей ступени гильзованный, что позволяет в случае износа гильзы произвести ее замену. Смазка цилиндров осуществляется при помощи четырехплунжерного лубрикатора. На цилиндрах 1-2-3 ступеней установлены обратные клапана для подачи смазки, но они не надежны, т.к. отсутствует регулировка пружины, поэтому приходится передельвать клапана, либо переходить на форсунки. Водяная рубашка охлаждения 3-ей ступени в компрессорах 2УП 1979г. выпуска - стальная, а у компрессоров 1986г. - чугунная, и она быстрее выходит из строя. В компрессорах 2УП выпуска 1986г. вместо кольцевых клапанов на 1-ой ступени установлены клапана типа "ПИК", которые в эксплуатации на углекислоте ненадежны, т.к. их прямочная конструкция, не обеспечивает полное закрытие клапана, поэтому происходит перепуск углекислоты с 3-ей на 1-ую ступень. Это приводит к замерзанию охлаждающей воды, и возможному разрыву рубашки охлаждения. Теплообменники и

конденсаторы выпуска 1979г. разборные, что позволяет регулярно свободно производить очистку от накипи, масляных отложений механическим способом, а выпуска 1986г. - цельносварные, (возможна только дорогая химическая очистка). Выпускаемые в последнее время углекислотные компрессоры на базе компрессора 2,5ВМ-14/9, неудобны в эксплуатации. В них уменьшен картер, и при замене вкладышей, либо шатунного болта приходится производить полную его разборку, либо сдвигать гильзу крейцкопфа. Промежуточный холодильник громоздкий и при ремонте необходим грузоподъемный механизм, гильзы 1-ой ступени пропускают воду. Теплообменники оребренные - быстро заиливаются, что ухудшает теплообмен. Отсутствие масляного холодильника - приводит к перегреву масла.

Основные проблемы в эксплуатации хладоновых компрессорных установках связаны с переводом оборудования на работу с озонобезопасными хладагентами, а также с проблемами механического плана характерными для всех остальных компрессоров.

Согласно Монреальскому протоколу (сентябрь 1987г.) хладагенты R12 и R502 запрещены к использованию через 10 лет, а R22 к 2015 году со снижением производства с 2004 года.

Для существующих установок, работающих на R12 и R502 могут быть использованы переходные хладагенты R22 и смеси FX56, DP40, FX10, HP80, и др. позволяющие переоборудовать эти установки с минимальными доработками.

Существующие установки работающие на R12 и R502 не допускают применения хладагена R134a по ряду причин, наиболее существенная из которых - это качество масла. Используемые до настоящего времени с хладагентами R12, R502, R22 масла совершенно несовместимы с хладагентами R134a. Поэтому компрессоры, предназначенные для работы с новыми хладагентами, заправляются специальным маслом,

называемым "эфирное масло". Эфирные масла чрезвычайно гигроскопичны. Предельное время их пребывания на воздухе 15 минут. Поэтому количество воды, которое попадает в контур одновременно с маслом, может оказаться очень большим. Кроме того смесь эфир + R134a + вода может образовывать крайне агрессивную и опасную фторводо-

родную кислоту. Эфирные масла не допускают смешивания. Максимально допустимое содержание минерального масла в эфирном не должно превышать 1%.

Как показывает опыт и проведенный анализ, подавляющее количество неисправностей аммиачных компрессорных установок, происходит в следствие нарушения обслуживающим пер-

соналом правил безопасной эксплуатации. Характерные из них - это неправильные пуски. Перед запуском необходимо сдренировать всасывающую и нагнетательную магистраль от возможного скопившегося жидкого аммиака; предупредить "влажный ход" компрессора - переполнение отделителя жидкости; неисправности приборов автоматики.

ПО СЛЕДАМ СЕМИНАРА

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

В процессе эксплуатации воздушных компрессорных установок ЧМ10-100/8, К-250-61-2 и других многоступенчатых агрегатов выявлены наиболее уязвимые их стороны.

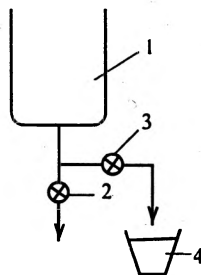
Наиболее проблемным является предотвращение попадания воды в цилиндры компрессора или турбины из системы охлаждения. Из-за износа и коррозии трубных пучков (вода не сжимаема), может при пуске агрегата произойти гидравлический удар и агрегат полностью будет выведен из строя. Рекомендуется на поршневых компрессорах после каждого промежуточного и концевого холодильника врезать контрольный вентиль между холодильником и основным промежуточным вентилем (рис. 1). После остановки компрессора основной вентиль закрыть, а дополнительный открыть и по нему контролировать постоянно отсутствие течи холодильника. После снятия головки цилиндров или крышек водяной полости в местах подачи смазки на цилиндры необходимо после сборки компрессора вскрывать несколько клапанов и после подачи воды на компрессор контролировать отсутствие ее в цилиндрах.

На турбокомпрессорах рекомендуется от каждого компрессора полностью отсоединять продувку от коллектора с выводом в машинный зал в удобное место, т.к. в сжатом воздухе отсутствует масловоздушная смесь, что позволяет контролировать постоянно и при работе агрегата влаж-



КОЛБ Н.В., начальник цеха
ОАО "Доломит"

ность воздуха, т.к. это очень важно для предотвращения коррозии рабочих колес. Это позволяет сохранить агрегат в случае течи холодильника при гидроударах на насосной станции и др. причинах: старения пучков, износ их в результате больших скоростей сжатого воздуха, недостатков конструкции.



1 - влагоотделитель промежуточного или концевого холодильника; 2 - основной вентиль продувки холодильника; 3 - контрольный вентиль; 4 - ведро или ванночка

Рис. 1.

При попадании воды в турбину происходит вывод из строя всех лабиринтных уплотнителей, возможен прогиб вала ротора турбины. Все турбинные пучки необходимо после ремонта опрессовывать на пробное давление в трубной части.

На промежуточных холодильниках поршневых компрессоров ЧМ10-100/8 и др. можно найти и устранить возникшую течь без выемки трубного пучка установить фланцы, отглушить заглушками Ø≠2 мм корпус холодильника от цилиндров и подать в корпус холодильника сжатый воздух с давлением не более 2,5 атм через дополнительный вентиль. При помощи зажженной свечи обследовать каждую трубку. Отклонение пламени покажет какие трубки или их вальцовка пропускают воду. Их необходимо заглушить с двух сторон конусными заглушками.

При непрерывном производстве на турбокомпрессорах часто забиваются грязью трубные пучки масляных холодильников из-за малого сечения трубок, что требует остановки агрегата из-за увеличения температуры масла и подшипников. Применение схемы с установкой грязевика и отмывкой его через обратную подачу достигается отмывка холодильника на ходу компрессора без очистки. Дополнительно можно подать сжатый воздух в пробковый кран для слива воды из холодильника в целях рыхления грязи.

Операцию можно повторить 2-3 раза. В случае сильного загрязнения подать сжатый воздух через шланг и вентиль 8 рис. 2.

Одной из причин вывода турбокомпрессора из строя, о которой мало кто и догадывается (по опросу специалистов на семинаре) может быть изменение враще-

ния вала агрегата в обратную сторону из-за заедания обратного клапана, устроенного с гидроцилиндром для смягчения удара при остановке, когда не успевает еще автоматически открыться помпажный клапан и закрыться нагнетательная задвижка (отключение компрессора от общей сети) сжатого воздуха.

При этом главный масляный насос не создает давления масла, т.к. вращается в обратную сторону. Отсутствие смазки на подшипниках приводит к их выплыванию.

Сменный персонал при приеме-сдаче смены должен проверять состояние обратного клапана открытием помпажного клапана и проверкой рычагом на его полное закрытие. При ремонте компрессора необходимо периодически менять масло в гидроцилиндре. Масло должно быть чистое, без примесей, проверять и чистить перепускные отверстия, обеспечит легкость поворота вокруг оси гидроцилиндра на валу.

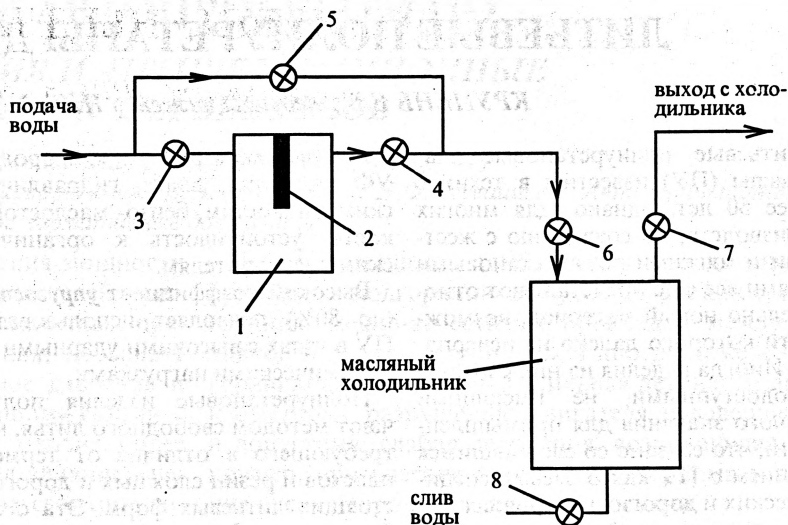


Рис. 2.

1 – грязевик Ø 219 × 600; 2 – перегородка; 3...7 – задвижки; 8 – вентиль

Болт, на котором установлен его необходимо проверить на гидроцилиндр, должен быть длиннее, чтобы обеспечить зазор, или в др. модификациях – не закручивается до конца и шплинтуется. Сальники нельзя сильно затягивать. После ревизии клапана,

его необходимо проверить на легкость хода в присутствии ответственного лица. По опыту эксплуатации на рабочем компрессоре сальники подтягивать запрещено.

СОВЕТЫ СПЕЦИАЛИСТАМ

- Зачастую на предприятиях приходится заливать подшипники баббитом вручную. Работа требует большого опыта. Не всегда есть печи для поддержания определенной температуры. Как правило, соблюдая технологию заливки, не всегда удается добиться требуемого качества, а баббит очень дорогой, и для ответственных машин не рекомендуется к повторному применению.

Рекомендуется для небольших вкладышей:

1) корпус вкладыша считается готовым к нанесению полуды, если приложить к нему спичку, и она воспламенится;

2) баббит готов к заливке, если опустить в него на проволоке бумажку, и она сначала обуглится, а потом воспламенится;

3) заливка получается качественной, если после лужения нанести тонкий слой баббита, чтобы закрыть полуду от окисления.

- Если заросла труба не-

большого диаметра водяным камнем, необходимо нагреть ее, опустить в воду, после охлаждения отстучать и промыть водой. Труба будет как новая.

- Перед установкой уплотнительных медных и латунных шайб необходимо их нагреть до красна, опустить в воду. Шайбы станут мягкими и будут надежным уплотнением.

КОНСТРУКТОРАМ И РЕМОНТНОМУ ПЕРСОНАЛУ

В агрегатах и узлах, в которых имеются большие ускорения при пусках и их больших количествах и значительных маховых моментах, возрастают напряжения смятия и среза в шпоночных соединениях прямоугольного типа, т.к. при установке шпонки имеется зазор.

Рекомендуется применять круглые шпонки в количестве 2

штук вместо прямоугольных. После напрессовки втулок, муфт необходимо засверлить в соединении отверстия, обеспечить разверткой точный размер отверстия и чистоту. Штифты изготавливать из соответствующей стали шлифованные. Перед установкой штифтов их необходимо опустить в жидкий азот на проволоке (руками нельзя – при

большой минусовой температуре возникает отморозение рук). После остывания их и соответственно уменьшения диаметра быстро установить в отверстие и запрессовать молотком. Штифты изготавливаются с размером на 0,01 мм больше отверстия, не более. Данное сопряжение обеспечивает надежную гарантию работы узла агрегата.

ЛИТЬЕВЫЕ ПОЛИУРЕТАНЫ ДЛЯ ТЕХНИКИ

КРУПЕНЬ Е.В., ведущий инженер НПО "Кредо-диалог"

Литьевые полиуретановые эластомеры (ПУ) известны в технике более 50 лет, однако, для многих производств, по сравнению с жесткими и мягкими полиуретановыми пенами все еще представляют относительно новый материал, возможности которого далеко не исчерпаны. Иногда изделия из них считают малодоступными, не имеющими важного значения для промышленности, что связано со сложившимся мнением о ПУ как о весьма специфических и дорогих материалах.

Занимая по свойствам промежуточное положение между резинами и жесткими пластиками, полиуретаны способны с высокой эффективностью заменять их, а в ряде случаев – цветные и черные металлы. Выпускаемый промышленностью набор сырьевых материалов создает бесконечные возможности по варьированию и прогнозируемому заданию свойств ПУ, не достижимых другими материалами. Важнейшее свойство, благодаря которому полиуретаны нашли применение в технике – выдающаяся *абразивная и гидроабразивная износостойкость*. Это свойство сочетается с высокой *прочностью на разрыв и раздир*, обеспечивая долговечность изделий из ПУ в 2-10 раз выше, чем из других материалов. При твердости, сопоставимой с твердостью конструкционных пластиков, ПУ все еще сохраняют присущие эластомерам свойства.

ПУ выделяются из ряда эластомеров в 2-3 раза более высоким *сопротивлением рубящим ударам, низким коэффициентом трения, хорошими электроизоляционными свойствами*.

Насыщенная химическая структура ПУ обеспечивает им высокую

устойчивость к озону и кислороду, УФ радиации, влаге, гидравлическим жидкостям, бензо-маслостойкость, устойчивость к органическим растворителям.

Высокий коэффициент *упругости* (до 80%) позволяет использовать ПУ в узлах с высокими ударными и динамическими нагрузками.

Полиуретановые изделия получают методом свободного литья, не требующего в отличие от термопластов и резин сложных и дорогостоящих литьевых форм. Эта особенность в сочетании с подверженностью различным видам механической обработки позволяет оперативно и без ощутимых затрат решать проблему изготовления мелкосерийных и штучных изделий, включая импортозамещение.

Предпочтение литьевым ПУ отдается тогда, когда особенно важны физикохимические свойства эластомеров в ответственных деталях предприятий машино-, прибор-, -автомобилестроения, в которых резины заменены на ПУ.

В связи с многообразием сырьевых материалов, невозможно полностью определить области применения деталей из ПУ.

Набор типовых изделий из ПУ довольно широк (см. фото) – это: футеровки циклонов и гидроциклонов, галтовочных барабанов, шаровых мельниц, загрузочных бункеров, сита, износостойкие покрытия; литые шины для внутривозвездского транспорта, грузоподъемных механизмов, тележек, дорожной техники; ролики и желоба конвейерные, подающие, протяжные, опорные, для спортивного инвентаря; валы полиграфические, клеенамзочные, ракелы, барабаны бумагоделательных машин; уплотнения,

манжеты, грязесъемники, кольца, эластичные муфты, прокладки, мембраны; амортизаторы, плиты для штамповки и вырубки металлов, кожи и др., молотки, киянки; эластичные и жесткие формообразующие элементы, покрытие пуансонов и матриц; втулки всех видов, сайлент-блоки для грузовых автомобилей и др. техники; опорные части автодорожных мостов и путепроводов и др.

Использование ПУ покрытий и деталей позволяет также существенно снизить уровни шума и вибраций при работе машин и механизмов.

Более высокая стоимость изделий из литьевых ПУ компенсируется в итоге сокращением простоев оборудования и издержек на его ремонт, создавая таким образом значительную экономию. Стоимость крупногабаритного изделия определяется в основном стоимостью сырья, производственные издержки на единицу веса изделия уменьшаются при увеличении его веса. Существует ряд примеров, где ПУ представляются единственно приемлемым материалом.

Выпуск пользующейся успехом продукции и обеспечение высокого ее качества существенно зависит от качества комплектующих изделий. Присутствие на рынке ПУ в большом количестве так называемых "дешевых систем" в виде изделий и полуфабрикатов, как правило, с низкими эксплуатационными характеристиками, требует взвешенного подхода от потребителя в выборе поставщиков.

Справки по тел. в Минске:
264-87-00, 264-01-76



Набор типовых изделий из ПУ

УДАРИМ АВТОПРОБЕГОМ ПО... ДЕТОНАЦИЯ И АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕНЗИНОВ

(Продолжение. Начало см. № 2(11) 2001 стр. 44)

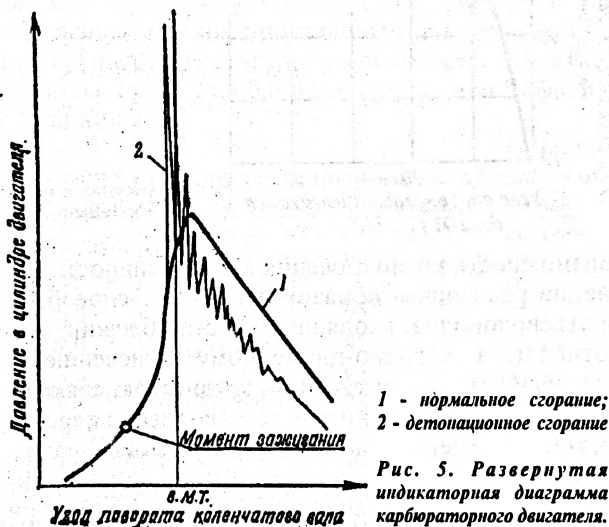
В данной главе использованы материалы из книги В.Н. Алексева и Н.Ф. Кувайцева "Автотранспортные эксплуатационные материалы" и другие нормативные документы.

Одним из основных путей повышения мощности и экономичности автомобильных двигателей является увеличение степени сжатия. В известных пределах оно улучшает условия сгорания, повышает максимальное и среднее эффективное давление и уменьшает потери тепла с отработавшими газами.

Однако при повышении степени сжатия более определенной величины, а также под влиянием некоторых других условий нормальное сгорание горючей смеси нарушается и переходит в детонационное, при котором в зависимости от интенсивности детонации более или менее ухудшаются все показатели работы двигателя.

Детонационное сгорание характеризуется образованием ударной волны, очень быстро передвигающейся в камере сгорания, увеличением скорости распространения пламени до 2000-2500 м/с, резким местным повышением давления и нарушением теплового режима двигателя. Внешне детонация проявляется в звонких металлических стуках в двигателе, в периодическом появлении в отработавших газах черного дыма или желтого пламени. При этом двигатель перегревается, и мощность его падает.

Детонация возникает в конце нормального сгорания, когда большая часть смеси уже сгорела. При сравнении развернутых индикаторных диаграмм работы двигателя в нормальном и детонационном режимах (рис. 5) видно, что вначале кривые 1 и 2 совпадают, т.е. процесс сгорания в обоих случаях протекает одинаково, а в конце сгорания в случае детонации на диаграмме появляется резкий рост (пик) давления, а на линии выпуска – постепенно затухающая вибрация давления.



1 - нормальное сгорание;
2 - детонационное сгорание

Рис. 5. Развернутая индикаторная диаграмма карбюраторного двигателя.

Резкое повышение температуры при детонации приводит к подгоранию выпускных клапанов, прогоранию медно-асбестовых прокладок между головкой и блоком цилиндров, а иногда даже к прогоранию днища поршней. Сильная детонация ведет к быстрому разрушению двигателя и совершенно недопустима; слабая детонация, возникающая, например, при разгоне автомобиля, терпима в течение очень непродолжительного времени.

Возникновение детонации в двигателях по существующей теории связывают с образованием и распадом углеводородных перекисей. Сгорание бензина – это процесс окисления углеводородов до конечных продуктов, т.е. CO_2 и H_2O . Однако при окислении углеводородов на промежуточных стадиях образуются другие продукты, первичными из которых являются перекиси.

Перекиси содержат реакционно-активную группу атомов кислорода и представляют собой непрочные, легко разлагающиеся вещества. Чем выше температура, тем быстрее и в большем количестве образуются и разлагаются перекиси, реагируя при этом с молекулами других углеводородов и вызывая образование новых перекисей, активных остатков и свободных радикалов (молекул, потерявших атомы водорода) углеводородов. Цепь последовательных реакций окисления продолжается и развивается, особенно если в молекулах углеводородов под влиянием внешних условия (главным образом – повышенной температуры) ослаблены внутримолекулярные связи.

Образование новых молекул перекисей под влиянием активных остатков разложившихся перекисей является цепной реакцией окисления, протекающей с очень большой скоростью. Интенсивное окисление углеводородов сопровождается свечением рабочей смеси с выделением 10-15% общей теплоты сгорания и называется холодно-пламенным окислением ($t \approx 500^\circ\text{C}$). Но если молекулы углеводородов достаточно прочны и их внутримолекулярные связи еще не ослаблены, то цепные реакции окисления не получают развития и обрываются.

В свете этой теории детонационное сгорание бензина в двигателях объясняют следующим образом. Свежая горючая смесь, поступившая в цилиндр и смешавшаяся с находившимися там остаточными отработавшими газами, в ходе сжатия нагревается. К концу хода сжатия давление смеси достигает в зависимости от конструкции двигателя 8-12 кгс/см², а температура 330-380° С. При этом в смеси начинаются реакции окисления с образованием перекисей, концентрация которых, однако, еще очень ма-

ла.

В конце такта сжатия рабочая смесь зажигается искрой свечи (рис. 6). В этот момент в зоне электрического разряда развивается высокая температура, под влиянием которой воспламеняются находящиеся вблизи пары бензина. Около свечи формируется очаг пламени, и рабочая смесь начинает гореть. Образовавшийся фронт пламенного горения устремляется от свечи в противоположную часть камеры сгорания. Позади фронта пламенного горения находятся конечные продукты сгорания с температурой 2000-2500° С, а впереди – несгоревшая еще рабочая смесь.

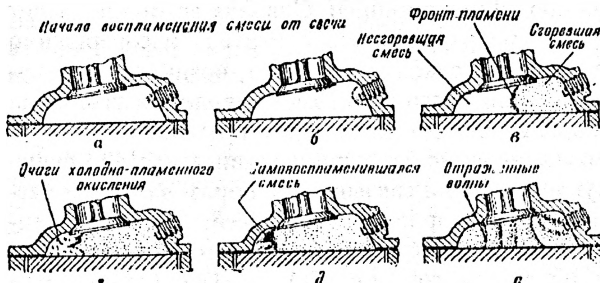


Рис. 6. Схема детонационного сгорания в двигателе: а - зажигание смеси искрой свечи; б - формирование очага горения; в - нормальное движение фронта пламени; г - образование очагов холодно-пламенного окисления в несгоревшей смеси; д - образование детонационной волны; е - движение отраженных волн

По мере нарастания давления в зоне сгоревших газов, достигающего 35-50 кгс/см², происходит выравнивание давления по всей камере сгорания; сгоревшая часть рабочей смеси как бы поджимает несгоревшую, отчего в последней температура повышается до 380-450° С. Под влиянием этого в несгоревшей части смеси интенсифицируются процессы окисления и повышается концентрация перекисей.

Если концентрация перекисей в несгоревшей части рабочей смеси окажется ниже критической, то фронт пламенного горения без существенного изменения скорости его движения достигнет противоположных стенок камеры сгорания и процесс сгорания в целом пройдет нормально. Если же концентрация перекисей и активных продуктов их распада в несгоревшей части рабочей смеси достигнет критической величины, то начнутся цепные реакции окисления с образованием множества очагов горения. Так как рабочая смесь оказывается подготовленной к горению (много перекисей), то она сгорает с большой скоростью, и резким повышением давления, в результате чего формируется ударная волна, передвигающаяся по камере сгорания со сверхзвуковой скоростью. Под ее влиянием мгновенно воспламеняются соседние слои рабочей смеси, а сама ударная волна оказывается совмещенной с фронтом пламенного горения – образуется детонационная волна.

Высокая температура в детонационной волне приводит к диссоциации продуктов сгорания (распаду СО₂ и Н₂О) и, как следствие этого, к падению мощности двигателя, повышению удельного расхода бензина и появлению дыма и пламени в отработавших газах;

На возникновение и интенсивность детонации решающее влияние оказывает температура смеси в

конце хода горения: чем она выше, тем в большей степени ослабевают внутримолекулярные связи в углеводородах, тем подготовленные оказываются они к реакциям холодно-пламенного окисления с образованием перекисей, тем больше вероятность возникновения детонации и тем интенсивнее она протекает. Все факторы, влияющие на температуру рабочей смеси, подразделяют на конструктивные и эксплуатационные.

К конструктивным факторам относятся: степень сжатия двигателей, диаметр цилиндров, форма камеры сгорания, количество и место расположения свечей, материал головки и поршней и т. п. При увеличении степени сжатия повышаются температура и давление в камере сгорания. Увеличение диаметра цилиндра снижает удельную поверхность охлаждения камеры сгорания, что приводит к повышению температуры смеси. Использование вместо чугуна алюминиевых сплавов в качестве материала для головки и поршней улучшает отвод тепла из камеры и снижает температуру горючей смеси.

К эксплуатационным факторам относятся: состав горючей смеси, угол опережения зажигания, температура окружающего воздуха и самого двигателя, частота вращения коленчатого вала и др. При сгорании смеси состава, близкого к стехиометрическому, в единицу времени выделяется наибольшее количество тепла. В этом случае в камере сгорания повышается температура, что усиливает детонацию. При бедных и богатых смесях детонация уменьшается. При раннем зажигании смесь одновременно поджимается как поршнем, движущимся к верхней мертвой точке, так и фронтом пламени. В результате температура в несгоревшей части смеси повышается выше обычной и начинается детонация (рис. 7). Летом детонация в двигателях проявляется сильнее, чем зимой.

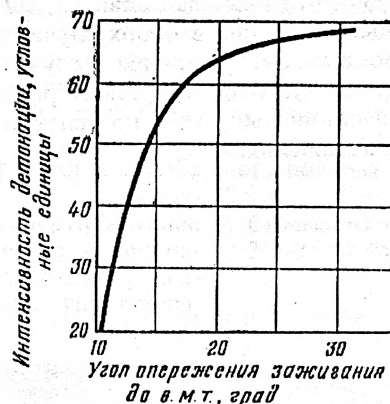


Рис. 7. Зависимость интенсивности детонации от угла опережения зажигания

Возможность возникновения и интенсивность детонации решающим образом зависят от способности углеводородов, входящих в состав бензина, сопротивляться холодно-пламенному окислению с образованием перекисей. Чем труднее окисляются углеводороды и медленнее идет накопление перекисей, тем выше детонационная стойкость бензина

При одинаковом групповом составе лучшими антидетонационными качествами обладает бензин облегченного фракционного состава, т. е. с мень-

шим молекулярным весом.

Оценка детонационной стойкости бензина основана на сравнении ее с детонационной стойкостью эталонов.

В качестве эталонов приняты два индивидуальных химически чистых углеводорода: изооктан (2,2,4-триметилпентан) и нормальный n-гептан (C₇H₁₆). Изооктан обладает высокой детонационной стойкостью, условно принятой за 100 октановых чисел, а гептан – низкой детонационной стойкостью, условно принятой за 0. Смеси этих эталонов в зависимости от их объемного соотношения имеют промежуточные значения детонационной стойкости. Например, детонационную стойкость смеси из 78% изооктана и 22% гептана оценивают октановым числом 78.

Таким образом, октановое число – это показатель детонационной стойкости бензина, численно равный проценту изооктана по объему в эталонной смеси.

Для обеспечения бездетонационной работы двигателя следует применять бензин с октановым числом, принятым для конструкции данного двигателя. Если октановое число бензина ниже требуемого для данного двигателя и условий эксплуатации, то вполне вероятно возникновение детонации. Величина требуемой детонационной стойкости (октанового числа) бензина в первую очередь зависит от степени сжатия и диаметра цилиндров: чем они больше, тем выше должно быть октановое число. Зависимость между этими параметрами двигателя и требуемым октановым числом бензина приведена ниже в формуле и в табл. 1:

$O.ч_{иссл} = 125,4 - 413/\epsilon + 0,183D$, где D – диаметр цилиндров, мм; ϵ – степень сжатия.

Условия эксплуатации машин вносят свои поправки в требования к величине октанового числа бензина. В первую очередь это поправка на температуру воздуха: чем она выше, тем больше должно быть октановое число. Если за нормальную, принять температуру, равную 15-20° С, то ее повышение на каждые 10° С в зависимости от степени сжатия двигателя требует увеличения октанового числа бензина в таких пропорциях: при степени сжатия 6,0 октановое число увеличивается на 1,0-1,5 единицы, при 7,0 на 0,6-0,8 единицы, при 8,0 на 0,4-0,5 единицы.

Таблица 1
Зависимость требуемого октанового числа бензинов от степени сжатия и диаметра цилиндра двигателей

Степень сжатия	Требуемые октановые числа при диаметре цилиндров двигателя, мм		
	60	90	120
6,0	65...66	72...73	77...78
7,0	75...76	82...83	87...88
8,0	84...85	90...91	95...96
9,0	90...91	95...96	100...102
10,0	95...96	100...101	106...107
11,0	97...98	104...105	110...112

При понижении температуры воздуха требования к октановому числу соответственно снижаются.

Повышение температуры воды в системе охлаждения двигателя с 80 до 110° С влечет за собой необходимость использования бензина с октановым числом на 2,5... 3,0 единицы больше. Следовательно, чтобы избежать детонации, нельзя допускать перегрева двигателя.

При эксплуатации автомобилей в высокогорных условиях можно применять бензин с октановым числом примерно на 2 пункта ниже на каждый километр высоты над уровнем моря. Это объясняется обогащением смеси в связи с понижением барометрического давления.

Знать зависимость октанового числа от температуры окружающего воздуха, двигателя, условий местности и т. п. необходимо для правильного понимания непосредственной взаимозависимости конструкции, условий эксплуатации и качества бензина. На практике корректировка октанового числа бензина на местах проводится чрезвычайно редко. В основном используются стандартные бензины при соответствующей регулировке системы питания двигателей.

Способы повышения октановых чисел бензинов. В последние годы резко повысились требования к детонационной стойкости автомобильных бензинов, вызванные форсированием двигателей.

Детонационную стойкость бензинов повышают несколькими способами: в процессе производства путем современных методов каталитической переработки дистиллятов, облегчением фракционного состава базовых бензинов, добавлением к базовым бензинам высокооктановых компонентов и применением антидетонаторов.

Каталитические крекинг и риформинг позволяют получать бензины с повышенными октановыми числами. Облегчение фракционного состава бензинов ведет к улучшению их антидетонационных свойств, однако этот прием не получил широкого распространения, так как легкоиспаряющиеся бензины не пригодны для использования летом.

Гораздо чаще октановое число бензинов повышают методом добавления к базовым бензинам высокооктановых компонентов и антидетонаторов, таких как изооктан, алкилбензин, алкилбензол, кумол и др. При их добавлении к базовым бензинам в количестве 15-40% получаются смеси с повышенной детонационной стойкостью.

Наибольшее распространение как антидетонатор получил тетраэтилсвинец, сокращенно ТЭС, который в чистом виде представляет собой бесцветную маслянистую жидкость плотностью 1640 кг/м³, нерастворимую в воде, но хорошо растворимую в легких нефтепродуктах, спирте и эфире.

Тetraэтилсвинец чрезвычайно ядовит. Он поражает организм человека через кожу, дыхательные пути и пищевой тракт. Ядовитым становится и этилированный бензин. Работа с этиловой жидкостью и с этилированным бензином требует строгого соблюдения установленных правил техники безопасности.

Значительно более токсичными становятся и отработавшие газы, так как они содержат остатки ТЭС, а также различные ядовитые свинцовистые соединения, образовавшиеся при горении.

Учитывая это, а также наличие радиационного фона было принято постановление Совета Министров БССР от 23.05.90 г., № 126 "О переходе в 1990-92 годах на использование в республике неэтилированного бензина". В настоящее время такой бензин в Беларуси не производится и не завозится на ее территорию.

Одним из самых простых и эффективных способов предупреждения детонации является установка более позднего зажигания. Можно добиться даже полного прекращения детонации, особенно в том случае, если разница между требуемым октановым числом бензина и фактическим не очень велика. Например, необходим бензин с октановым числом 76, а имеется в наличии с октановым числом 72. В этом случае можно полностью исключить детонацию путем установки зажигания на меньший угол опережения. Конечно, мощность и экономичность работы двигателя несколько снизятся. Однако, чем больше разница между величинами октановых чисел бензина рекомендуемого и бензина-заменителя, тем меньше возможность избежать детонации. Так, если для данного двигателя требуется бензин с октановым числом 93, а в наличии имеется с октановым числом 72, то применением более позднего зажигания возникшую детонацию устранить не удастся.

Если октановое число бензина больше требуемого для данного двигателя, то детонации, естественно, не будет. Для реализации запаса детонационной стойкости бензина целесообразно увеличить угол опережения зажигания. Это приводит к некоторому повышению мощности двигателя и снижению расхода бензина. Так, использование в двигателях, для которых требуется бензин с октановым числом 72, бензина с октановым числом 76 позволяет получить прирост мощности 3-4% при наивыгоднейшем угле опережения зажигания.

Однако в двигателях со сравнительно небольшой степенью сжатия высокооктановые бензины не дают особого эффекта. Например, использование бензина с октановым числом 85-90 в таком двигателе не дает прироста мощности выше тех же 3-4% и может даже сопровождаться перегревом двигателя и падением мощности.

Правильность установки угла опережения зажигания проверяют пробными заездами. Зажигание

считается установленным правильно, если появившиеся в начале разгона легкие детонационные стуки в двигателе по мере ускорения движения автомобиля пропадают. Если стуки не исчезают, то зажигание установлено слишком раннее; если стуки при разгоне не появляются, то зажигание установлено позднее.

Рабочая смесь иногда детонирует даже при нормальном октановом числе бензина. Это бывает в случаях перегрева двигателя из-за тяжелых условий эксплуатации или вследствие его плохого технического состояния, а именно: из-за высокой температуры окружающего воздуха, перегрузки машины, приводящей к напряженной работе и перегреву двигателя, плохого охлаждения головки цилиндров, вызванного нагаром на стенках камеры сгорания или накипью в системе охлаждения. В этих случаях достаточно устранить причину повышенного теплового состояния двигателя (рационально загрузить машину, удалить нагар и накипь и т. п.), чтобы детонационное сгорание прекратилось.

Явление детонации иногда смешивают со сгоранием при калильном зажигании смеси, наступающим до ее воспламенения искрой свечи, что наблюдается чаще всего в двигателях с большой степенью сжатия.

Калильное зажигание происходит преждевременно от частиц тлеющего нагара или от раскаленных электродов свечи. Преждевременная вспышка оказывает противодействие движению поршня к верхней мертвой точке, сгорание смеси сопровождается глухими стуками, падением мощности и перегревом двигателя. Внешне это действительно похоже на детонацию, но если выключить зажигание, то двигатель будет продолжать работать, тогда как при детонационном сгорании он в случае выключения зажигания тотчас останавливается.

Для предупреждения калильного зажигания в высокооктановые бензины иногда вводят антинагарные присадки – трикрезил-фосфат и другие.

Замечено, что калильное зажигание чаще всего возникает при длительной работе двигателя на постоянном режиме и на богатой смеси. Поэтому при появлении калильного зажигания рекомендуется перевести на некоторое время двигатель на бедную смесь и переменный режим, чтобы выжечь образовавшийся нагар.

В следующем номере журнала мы познакомим читателей с особенностями работы дизельных двигателей.

Подвез шофер девушку. Девушка выходит из машины и бросает на сиденье десятку.

Шофер:

- Вы меня этим червонцем оскорбляете!

Девушка:

- А сколько бы вы хотели?

- Ну хотя бы двадцатку.

- Я не позволю себе оскорблять Вас дважды...

Естественный отбор - это изъятие денег у мужа после получки.

Афоризм сродни мини-юбке: коротко и ясно.

Много будешь знать, не дадут состариться.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НАСЫЩЕННОГО РЫНКА

ГУБАРЬ С.Н., доцент, к.т.н.

Одна из основных причин сокращения объёма финансирования ремонтных работ – снижение объёма производства. На потребление (спрос) калийных удобрений сказался не только кризис экономики бывших стран СССР, но и общее

состояние мировой экономики. В 90-е годы мировое потребление калийной продукции снизилось почти на четверть, а в странах бывшего СССР и Восточной Европы – с 10 млн. т. до 2-х млн. т. К₂O в год. В общей сложности месторож-

дения калийных солей известны менее чем в 20-ти странах. При этом добыча калийных руд [1] осуществляется только в 14 странах (см. таблицу).

Предложение калийных удобрений превышает спрос на 25%.

Запасы и добыча калийных руд по странам мира (млн. т. К₂O)

Страна	Запасы	Производственные мощности	Добыча по годам			Ожидаемая производственная мощность в 2003г
			в 1998 г.	94	96	
Канада	14506	13,2	8,0	8,0	9,1	13,4
Россия	20346	6,3	2,5	2,5	5,3	6,3
Республика Беларусь	1482	5,7	2,5	2,55	3,5	5,7
Германия	1220	3,75	3,3	3,4	3,5	3,8
Прочие	2643	6,63	5,35	5,68	6,41	7,22

В ближайшие годы ожидается рост спроса в странах Азии, Латинской Америки, Восточной Европы и СНГ. Наиболее перспективным для ПО "Беларуськалий" будет рынок Латинской Америки. Освоение Прикаспийского месторождения, равного по объёму запасов Старобинскому, обеспечит рынок Кавказа и Средней Азии [1]. Из-за разных цен на энергоносители и высокой доли транспортных расходов (порядка 35%) Белорусские калийные удобрения становятся не конкурентно способными на рынках России.

ПО "Беларуськалий" не может влиять на мировые цены, стоимости международных перевозок. Основными направлениями снижения удельных затрат и издержек остаются технические, технологические и организационные решения. Очень важным представляется совершенствование технологии добычных работ и переработки руды – это селективная выборка, при которой уже на стадии выемки руды идёт разделение породы с частичной закладкой в выработанное пространство пустой или малопригодной к промышленной переработке, что позволяет значительно уменьшить объём поднимаемой на поверхность и перерабатываемой руды и снижает нагрузку на обогащающее оборудование.

Амортизационные отчисления, являясь одним из основных источников капиталовложений, вместе с тем недостаточно выполняют воспроизводственную функцию, что подтверждается наличием изношенного на 80÷85% оборудования, а отдельные единицы отработали

по 2÷3 нормативных срока. Снижение амортизационных отчислений происходит в основном по двум причинам: из-за роста доли изношенного оборудования (ИО), амортизация по которому не начисляется, и отставания восстановительной стоимости ИО от фактической стоимости производства нового оборудования.

Затраты на поддержание в работоспособном состоянии ИО соизмеримы со стоимостью вновь вводимого. Рассмотрим управление уровнем восстановления ресурса и стоимостью ремонта оборудования. На формирование свойств отремонтированного изделия основное влияние оказывает качество используемых элементов (запчастей) и качество сборки и наладки.

При ремонте используются: покупные; изготовленные собственными силами; восстановленные и бывшие в употреблении элементы машин, имеющие соответственно потенциальный ресурс R₁, R₂, R₃, R₄ и начальную стоимость С₁, С₂, С₃, С₄. Как правило, выдерживается соотношение С₂ > С₁ > С₃ > С₄.

Стоимость бывших в употреблении деталей часто равна нулю, остаточная стоимость их не учитывается.

Удельный вес трудоёмкости восстановления в общей трудоёмкости ремонта различен и меняется в связи с совершенствованием системы ремонта. Для проходческого оборудования он составляет в среднем 21%, для очистных комбайнов – 27%, механизированных крепей – 32%. В горной промышленности восстанавливаются и повторно используются до 40% повреждённых деталей. При этом затраты на вос-

становление колеблются в пределах 30÷40% от их первоначальной стоимости [2].

Так, если на сборку *n* изделий (машин, агрегатов и т.п.) нужно *k_in* деталей

$k_i n = k_i (n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$,
(где *k_i* - количество однотипных деталей в изделии; *n₁*, *n₂*, *n₃*, *n₄* - количество покупных, изготовленных, восстановленных или бывших в употреблении деталей) и при этом *n_i* изменяется в пределах 0 ≤ *n_i* ≤ *n*, то фактическая суммарная стоимость деталей одного вида С_{Σ_i} может колебаться в значительных пределах 0 ≤ С_{Σ_i} ≤ *k_in*С_{2_i}.

Исходя из вышеизложенного можно сформулировать задачу управления потоками запчастей *n₁*, *n₂*, *n₃*, *n₄* таким образом, чтобы суммарная стоимость деталей одного вида (а значит и ремонта в целом) оставалась не выше заданной.

Аналогично, из рассмотрения потенциального ресурса разных групп деталей R₁, R₂, R₃, R₄ вытекает вторая задача – управляя потоками деталей *n₁*, *n₂*, *n₃*, *n₄*, мы управляем временем безотказной работы до замены элемента оборудования и, соответственно, временем начала и составом очередного ремонта.

Фактический срок службы Т_ф определяется потенциальным ресурсом элемента в момент установки и условиями использования по назначению. Требование минимизации затрат на обслуживание предполагает замену элемента, когда остаточный ресурс его станет меньше межконтрольной или межремонтной наработки.

Централизованный ремонт с од

ной стороны сокращает затраты на ремонт, а с другой – усложняет определение даты замены элемента при эксплуатации. В условиях единого собственника суммарная стоимость оборудования и его элементов (оборотный фонд, запчасти) остаётся у него. Если же основные и ремонтные подразделения экономически независимы, то возникает проблема с перераспределением стоимости и ресурса. Передав оборудование в первый ремонт и оплатив условно постоянную цену заказчик может получить изделие из бывших в употреблении деталей, т.е. с условно нулевой стоимостью. Эта проблема также требует разрешения. Возможно установление дифференцированной платы за ремонт в зависимости от уровня восстановления. Каждая из вышеназванных проблем решается в разных странах, а зачастую и на разных предприятиях, по-разному. В ряде стран перешли к планово – диагностической системе ремонта, когда неопределённость назначения даты ремонта (замены) элемента уменьшается средствами технической диагностики. Уменьшить неопределённость даты ремонта можно за счёт детализации учитываемых параметров. В настоящее время осуществляется разработка и внедрение систем диагностики и контроля работы комбайнов, которые позволяют контролировать основные параметры работы агрегатов.

Колебание спроса на продукцию вызывает соответствующее колебание загрузки оборудования и ремонтных служб. В условиях меняющейся загрузки оборудования процессы изнашивания имеют свою специфику. Особенности технологии сильвинитовых обогатительных фабрик (СОФ) делают целесообразной работу на полную мощность только части секций (технологических цепочек). Требуется затраты на поддержание в работоспособном состоянии незагруженного оборудования. Эксплуатация ИО или работа оборудования не на номинальных режимах вызывает повышенный расход энергии, порождает ряд социальных проблем. Нельзя, например, пропорционально уменьшить количество занятых рабочих и финансирование вспомогательных служб. Отсюда рост удельных издержек при работе с неполной загрузкой.

Процесс ремонта технологического оборудования представляет совокупность организационно – технологических способов частичного восстановления ресурса (свойств, качеств) изделия, что по-

зволяет трактовать его как объект организации и планирования. Техническое состояние оборудования зависит как от предприятия – изготовителя, так и от предприятий, эксплуатирующих и ремонтирующих его.

Опыт повышения эффективности ремонтных служб крупных производственных объединений России показал, что наиболее рациональной формой отношений в новых экономических условиях является коммерческий расчёт. Для специализированных ремонтных предприятий в связи с неравномерностью загрузки предоставляется возможность изготавливать любую продукцию и выполнять любые услуги для получения максимальной прибыли при наличии мощностей, свободных от централизованного заказа. Полученная в этом случае прибыль остаётся в распоряжении предприятия и распределяется в соответствии с участием в ней соисполнителей.

Переход от планово – предупредительных систем ремонта к планово – диагностическим и системам ремонта по техническому состоянию оборудования позволяет значительно экономить средства за счёт более полного использования ресурса элементов оборудования и сокращения объёма разборочно – сборочных работ при увеличении межремонтных периодов. За рубежом считается целесообразным финансирование диагностики в размере до 10÷15% от стоимости оборудования. Расчёты российских авторов [3] показали, что оправданными затратами считаются 4÷5% стоимости диагностируемого оборудования.

За время существования ПО "Беларускалий" менялись: нагрузка на секцию от 70 до 200 т в час (по сухому продукту); параметры длительности межремонтного периода: "наработка", "календарное время", "наработка"; организация ремонта, как для отдельных групп оборудования, так и в целом по объединению (от индивидуального по месту эксплуатации до централизованной на специализированных предприятиях). Для отдельных типов оборудования на разных рудоуправлениях "мирно уживаются" разные способы организации ремонта. При этом в объединении действуют единые нормативы. Аналогичная ситуация и в ряде других отраслей.

Перераспределяя затраты между техническими, технологическими и организационными мероприятиями на совершенствование технического обслуживания (ТО), ремонта оборудования и способов их орга-

низации, обеспечивающих требуемый уровень восстановления расходуемого ресурса, можно удовлетворить требования любой условно принятой структуры ремонтного цикла. Опыт "системы ВАЗ" [4] для управления ТОР на ряде предприятий бывшего СССР показал её эффективность. В ней рассматривается два состояния оборудования: работоспособное (исправное), не работоспособное (не исправное). Объединение источников финансирования текущего и капитального ремонтов, а также ремонтных служб, позволило устранить противоречия при распределении средств на ТО, текущие и капитальные ремонты, определении стоимости и качества проведенного ремонта.

Структура ремонтного цикла и межремонтные периоды носят вероятностный характер и являются предметом соглашения групп лиц. Это подтверждается тем, что в разных отраслях промышленности для одноимённого оборудования продолжительность межремонтных периодов и трудоёмкость ремонтов существенно различаются [5]. Современное производство – сложная самообучающаяся и саморазвивающаяся система, в которой очень трудно выделить и отдельно регулировать одну из её составляющих функций. Рыночные отношения требуют учёта динамики изменения как внутрисистемных параметров, так и влияние внешней среды на экономику предприятий.

Используемая литература

1. Жарков М.А., Соколов А.С. Калийные соли. Ресурсы, добыча, международная торговля./ Горная промышленность №6, 1999.
2. Предупреждение разрушения деталей забойного оборудования. Шубина Н.Б., Грязнов Б.П., Шахтин И.М. и др. М. 1985.
3. Дубовский В.Г., Осотов В.Н., Шилов В.И. О концепции развития системы диагностики электроэнергетического оборудования в регионе Урала. – Электрические станции, 1998, №3
4. Ивуть Р.Б. Организация ремонта и обслуживания в объединении "АвтоВАЗ" и возможности использования его опыта в машиностроении. В сб. Экономика и организация вспомогательного производства на предприятиях и в объединениях. Л. 1979.
5. Сиягин Н.Н., Афанасьев Н.А., Новиков С.А. Система планово – предупредительного ремонта оборудования и сетей промышленной энергетики. М. 1978.



Полочаночка

Любуясь цветами веснушек,
Забрел я в пшеничное поле.
Под шум золотистых колосьев
Я во поле том заблудился.
Забыл я и время и место
Под сенью небес голубых.
Заносчивый пик Эвереста
У ног распростерся моих!
Чудесней не сыщешь картину.
В ней явь и волшебные сны...
Я падаю в бездну, в пучину,
В кипящее море весны.

Алексей Zubov

С 3 по 5 декабря 2001 года Белорусская государственная политехническая академия совместно с Институтом механики машин НАН Б проводят

Международную научно-техническую конференцию АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИКИ И ПРОЧНОСТИ В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКЕ

Тематика конференции: механика твердого тела, жидкостей и газов, машин, приборов, аппаратуры; компьютерная механика; механика структур и интеллектуальных материалов; мехатроника; биомеханика; геомеханика; технологическая механика.

Материалы конференции будут публиковаться в нашем журнале.

Оргкомитет конференции: БГПА, кафедра "Теоретическая механика", пр. Ф. Скорины, 65
г. Минск, тел. (017) 232-74-25, 232-22-63

ВЫШЛИ В ПЕЧАТИ

В.Б. Дойников, В.Н. Гревцов

В помощь персоналу, обслуживающему сосуды, работающие под давлением. 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: БОИМ, 2001. – 261 стр.

В книге рассматриваются вопросы устройства и работы сосудов, работающих под давлением. Описывается устройство и принцип действия арматуры, контрольно-измерительных приборов, катодной защиты и сигнально-блокировочных устройств автоклавы, а также приводятся краткие сведения по физике, надзору, содержанию, обслуживанию и ремонту сосудов.

Книга предназначена для повышения квалификации рабочих и инженерно-технических работников, обслуживающих сосуды, работающих под давлением, и может служить практическим пособием для учащихся профессионально-технических училищ и техникумов.

Второе издание переработано в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденным совместным приказом-постановлением МЧС и Минтруда №33/45 от 30.04.1998г.

М.П. Слука, Л.М. Ковалев, В.С. Ермаков, О.М. Пацко

Под общ. ред. Д.И. Королькова

Электроустановки во взрывопожароопасных зонах: Практическое пособие. – Мн.: БОИМ, 2001. – 251 стр.

В книге рассмотрены вопросы конкретизации и соответствия действующих нормативных документов в области обслуживания электроустановок во взрыво- и пожароопасных зонах с международными и национальными документами других стран мира.

Освещены вопросы проектирования, монтажа, наладки, эксплуатации, ремонта электроустановок во взрывоопасных и пожароопасных зонах.

Книга является пособием для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, монтажом, эксплуатацией и ремонтом электроустановок во взрывопожароопасных зонах.

Она также будет полезна для студентов высших учебных заведений, а также слушателей курсов повышения квалификации по обслуживанию взрыво- и пожароопасных.

В.Б. Дойников, Ю.П. Прохнич

Пособие для стропальщиков: (В вопросах и ответах). – Мн.: БОИМ, 2001. – 227 стр.

В пособии приведены сведения о грузах, таре, элементах грузозахватных устройств, съемных грузозахватных приспособлениях, строповке и кантовании грузов; изложены обязанности стропальщика, знаковая сигнализация при перемещении грузов и др. вопросы по организации и безопасному проведению стропальных работ.

Пособие предназначено для рабочих и инженерно-технических работников, связанных с подъемом и перемещением грузов, и может быть использовано при профессиональной подготовке и повышении квалификации стропальщиков.

Заказать и приобрести книги можно в Белорусском обществе инженеров-механиков (ОО "БОИМ"), г. Минск, ул. Комсомольская 11 – 4В, тел./факс 226-73-36, а также в магазинах "Академкнига" г. Минск и "Светоч" г. Гродно.

РАЗРАБОТКИ

Акционерного общества
"Минский часовой завод"

Вряд ли



селективные
модели

selective
models

sprektive
melle

ше

найдешь

