

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ межотраслевой научно-популярный
и производственно-практический ЖУРНАЛ

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК



№ 3 (28)

июль - сентябрь

2005

Белорусское общество инженеров-механиков ОО «БОИМ»
выполняет следующие проектно-конструкторские работы в области
устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов:

- * проектирование реконструкции грузоподъемных кранов (увеличение или уменьшение пролета мостовых и козловых кранов; удлинение или укорочение длины стрелы самоходных, башенных, стационарных кранов; увеличение высоты подъема груза; усиление крана для повышения грузоподъемности; переоборудование крюковых кранов на грейферные или магнитные; перенос кабины на козловом кране для улучшения зоны обзора, исходя из местных условий работы крана; изменение привода крана);
- * проектирование усиления отдельных узлов (элементов металлоконструкций или механизмов) ремонтируемых кранов;
- * разработка технической документации по восстановлению элементов крана после аварии (в случае отсутствия у владельца крана чертежей и техусловий завода-изготовителя крана);
- * проектирование грузоподъемных кранов всех видов (узлов и деталей);
- * составление дубликатов паспортов кранов;
- * проектирование наземных, подвесных, опорных крановых путей и площадок для установки самоходных стреловых кранов;
- * расчет фактической группы режима работы крана;
- * проектирование производства работ на монтаж и демонтаж кранов;
- * проектирование съемных грузозахватных приспособлений и траверс;
- * проектирование производства работ кранами, в том числе и несколькими кранами, подни-

мающими один из

ельсовых крановых путей с путями заводского транспорта, в
си, разгрузки автомашин, полувагонов и складирования грузов
ных площадок, стеллажей и т.п.;

зоподъемных приспособлений (например, для выполнения мон-
ь которых превышает крановую: мачты, шевры, порталы

: и передвижных ремонтных площадок и посадочных площа-
ла в зданиях с кранами;

зохода вдоль крановых путей опорных мостовых кранов на
отдельных зданий.

МАТЕРИАЛЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ

(Хроника вклада белорусских ученых)

С.А. Астапчик, академик НАН Беларуси

Всегда тенденция развития и создание новых материалов диктовались требованиями практики. Современные машины и механизмы в энергетике, на транспорте работают при все возрастающих силовых нагрузках, повышении рабочих температур, воздействии агрессивных сред. Комплекс этих факторов потребовал в начале 20-го века изысканий специальных сталей и сплавов, твердых и сверхтвердых, жаропрочных, жаростойких и коррозионостойких. Вторая мировая война и послевоенный период гонки вооружений, создание ядерного и термоядерного оружия, ракетно-космической техники, авиации, подводного флота еще в большей мере стимулировали эту гонку как в бывшем СССР, так и в странах антигитлеровской коалиции. Без новых конструкционных материалов, способных выдерживать температурные режимы работы в тысячи градусов, обладать способностью сопротивляться статическим и динамическим нагрузкам, износу, коррозии и др. воздействиям, невозможен научно-технический прогресс. На наш взгляд в Белоруссии были сделаны серьезные научные открытия, накоплен «свой» научный и практический опыт, выросли профессиональные кадры и соответствующие производства, которые и в конверсионном плане (переход на мирную продукцию) обеспечивают существенную перспективу в народно-хозяйственном комплексе Республики.

Крупнейшим, выдающимся событием 20 века стало синтезирование искусственных алмазов. Придя на смену быстрорежущим инструментальным сталям сверхтвердые композиционные сплавы и металлообрабатывающий инструмент на основе искусственных алмазов и алмазоподобных материалов произвели буквально революцию в обработке металлов резанием и в бурении горных пород — стойкость инструмента повысилась в десятки и сотни раз.

Трудно перечислить все отрасли промышленности, в которых в настоящее время используются алмазы, поэтому отметим только основные:

- заточка и доводка твердосплавных режущих инструментов, обработка деталей машин и измерительных инструментов из твердых сплавов и легированных сталей, хонингование и суперфиниширование деталей из чугуна и стали;
- обработка (резка, шлифование и сверление) изделий из высокопрочных материалов — различного вида керамики, корунда, стекла и др. неметаллических материалов;
- обработка полупроводников (резка) и ферритов (резка и шлифование);
- обработка (резка, шлифование, полировка и сверление) строительного и поделочного камня, бетона;
- точение цветных металлов и сплавов, а также точение различного вида пластмасс;
- волочение проволоки из меди, вольфрама, молибдена и проволоки для металлокорда;

Мировое производство синтетических алмазов (млн. карат)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Белоруссия						30	25	25	25	25	25	25
Китай	15	15	15	15	15	15,5	15,5	15,5	15,5	16	16,5	16,5
Чехия						5	5	5	5	5	5	3
Франция	4	4	5	4	3,5	3,5	3,5	3	3	3,5	3	3
Греция	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75
Ирландия	60	60	60	60	60	65	65	60	60	60	60	60
Япония	25	25	25	30	30	32	32	32	32	32	32	32
Польша						0,098	0,271	0,256	0,250	0,250	0,21	0,20
Румыния	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	3	3
Россия					80	80	80	80	80	80	80	80
Словакия	5	10	10	10	10	5	5	5	5	5	5	3
ЮАР	55	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
Швеция	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Украина						10	8	8	8	8	8	8
США				90	90	103	104	115	114	125	140	208
Всего	241	325	329	423	418	440	434	440	439	451	463	467

- правка шлифовальных кругов;
- бурение скважин.

Впервые порошки искусственных алмазов были получены в Швеции (1953-57 гг.), а затем в 60-х годах в США и СССР (Институт высоких давлений) Верещагиным А.Ф., в Украине (Институт сверхтвердых материалов) В.Н. Бакуловым и в Институте физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси Сиротой Н.Н., Мазуренко А.М., Шипило В.Б. и др.

Сегодня в результате целенаправленной политики и финансовой поддержки Государства, в рамках ГНТП «Алмазы» (инициатор и научный руководитель Витязь П.А.) в Беларуси сформировалась целая наукоемкая отрасль производства сверхтвердых материалов и продукции на их основе, обеспечивая на 35-40% внутренний рынок, ранее импортировавшихся в объеме 20-22 млн. карат в год из стран ближнего и дальнего зарубежья. Созданы мощности и адаптированы к промышленному производству известные и новые технологии синтеза порошков алмаза и нитрида бора, получения инструмента на их основе, разработаны образцы нового оборудования. Объем выпуска товарной продукции за 1996-2003 гг. составил более 14 млрд. рублей, в т.ч. на экспорт в сумме 8 млрд.

Усилиями академических институтов ФТТП, Физико-технического, концерна порошковой металлургии — главных идеологов этого направления, а также РАУП «Гомельское ПО «Кристалл» — основного производителя алмазной продукции в Республике, и УП КБТМ-СО (концерн Планар), специализирующегося в области оборудования для массового производства алмазной продукции, РБ способно обеспечить внутренний рынок и поставки на экспорт.

Среди конструкционных материалов последних лет широкое применение в различных отраслях промышленности получили титан и сплавы на его основе. Высокая удельная прочность, коррозионная стойкость и достаточная жаропрочность позволяет ему успешно конкурировать с другими материалами. Тенденция повышения механических, технологических и эксплуатационных характеристик требует разработки и совершенствования технологических процессов изготовления и обработки. Важное место в технологическом процессе производства титановых сплавов принадлежит операциям нагрева. Использование традиционных приемов нагрева в печах сопротивления сопровождается интенсивным окислением и газонасыщением. Элементы азот, кислород, водород, проникая в кристаллическую решетку титана, образуют окалину и твердые растворы внедрения, характеризующиеся высокой твердостью и хрупкостью. Об-

разование твердого альфирированного слоя на поверхности снижает механические свойства титановых деталей, усложняет дальнейшую механическую обработку, а также увеличивает расход металла из-за необходимости удаления этого слоя.

В настоящее время существует множество приемов, позволяющих в той или иной мере предотвратить окисление и газонасыщение. Для этой цели применяются вакуумные печи, печи с защитной атмосферой, защитные обмазки. Однако, использование вакуумного нагревательного оборудования или печей с защитными атмосферами повышает и без того высокую стоимость титановой продукции и не позволяют в полной мере варьировать температурно-временными параметрами нагрева. Вместе с тем следует иметь в виду, что при температурах ниже границы $\alpha+\beta \rightarrow \beta$ превращения титановые сплавы имеют низкую пластичность и высокое сопротивление деформированию, а нагрев и деформация в β -области не всегда обеспечивают необходимый уровень механических свойств. Это связано с тем, что при нагреве в β -область в течение нескольких минут формируется крупнозернистая β -превращенная структура.

Первые опыты по применению индукционного нагрева в СССР для термической обработки технического титана и сплавов ВТ5-1 и ВТ3-1 были проведены сотрудниками ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси» под руководством профессора М.Н. Бодяко. Экспериментально установлены зависимости механических свойств сплавов от температуры и скорости нагрева. Большой объем исследований процессов разупрочнения, протекающих в холоднодеформированных титановых сплавах в условиях высоких скоростей нагрева, и их теоретический анализ были выполнены в 70-80 годах. Установлено смещение температурных границ рекристаллизации, показана принципиальная возможность формирования мелкозернистой зеренной структуры за счет активизации скорости зарождения новых зерен и подавления скорости их роста. Выявлена возможность снижения в 10-20 раз окисления и газонасыщения поверхностных слоев титановых сплавов при ускоренном нагреве в β -область.

Совместно с Днепропетровским трубным институтом разработаны режимы скоростного отжига титановых труб и тонкостенных труб для изготовления сильфонов (рис. 1). С применением процессов моделирования на образцах совместно с ВИЛСом разработаны режимы непрерывного отжига листовых материалов, фольги из технического титана и титановых сплавов.

Весьма эффективным оказалось применение скоростных методов нагрева при изготовлении крепежных изделий (рис. 2).

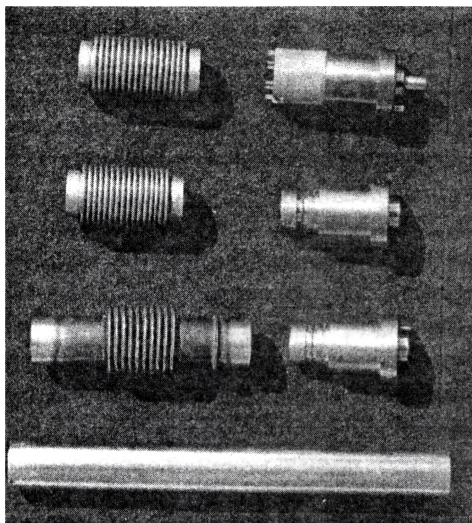


Рис. 1. Сильфоны и тензопреобразователи, изготовленные из титана и его сплавов с применением скоростных методов термообработки

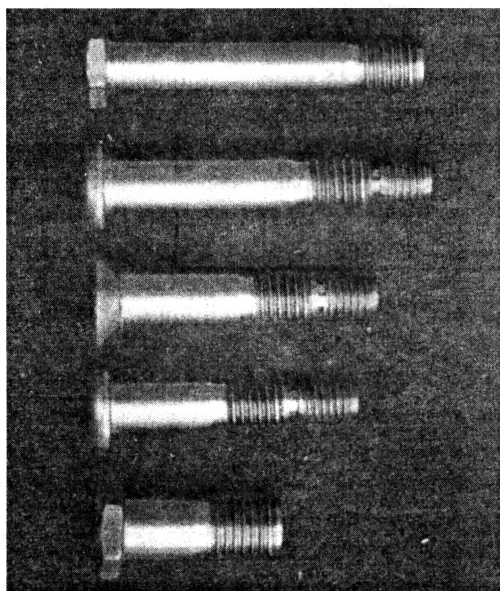


Рис. 2. Метизные изделия, изготовленные из закаленных титановых прутков с применением скоростного нагрева

Физико-техническим институтом НАН Беларуси совместно с ВИЛСом разработан способ электротермической обработки прутков высокопрочных титановых сплавов, позволяющий повысить способность материала к холодному деформированию и сохранить на требуемом уровне прочностные свойства.

Фундаментальные исследования по скоростной термической обработке послужили теоретической базой при выполнении правительственного задания, которое было поручено Физико-техническому институту и НИИ Стали по освоению и организации серийного выпуска титанового крепежа для авиации, защитных титановых элемен-

тов для бронежилетов. Исходя из результатов ранее выполненных работ был теоретически обоснован выбор марки серийного титанового сплава, скорректирована технология прокатки и термической обработки листовых полуфабрикатов. Исследовано влияние параметров индукционного нагрева, скорости охлаждения на механические и технологические свойства термоупрочненных титановых элементов. Изучено влияние толщины упрочненных слоев и их твердости на ударную вязкость, напряжение среза и противоположную стойкость. Для успешного выполнения задания был разработан принципиально новый непрерывный технологический процесс поверхностной электротермической обработки и специальное оборудование для его реализации.

По постановлению директивных органов СССР в 80-90-х годах Физико-техническому институту НАН Беларуси было поручено разработать принципиально новые градиентные материалы на основе высокопрочных титановых сплавов, защищающих от автоматического стрелкового оружия (автомат АКМ, АК-74, М-16). Базируясь на многолетних фундаментальных исследованиях в институте был разработан новый технологический процесс, спроектирована и изготовлена серия оригинальных высокопроизводительных установок для изготовления защитных элементов. В соответствии с решением Госплана СССР на площадях института было организовано массовое производство броневых титановых элементов для принципиально новых конструкций бронежилетов. За период с 1983 по 1992 год было обработано около 2000 тонн титанового листа, изготовлено около 4 млн. защитных элементов, позволивших изготовить около 300 тыс. бронежилетов для оснащения Вооруженных сил и органов правопорядка. Бронежилеты, оснащенные титановыми защитными элементами, были приняты на вооружение, широко применялись в Афганистане и в настоящее время являются основными защитными средствами армий стран СНГ (рис. 3). За комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке технологических процессов и оборудования для серийного производства бронежилетов в 1988 году сотрудникам института присуждена Государственная премия БССР и премия Совета Министров СССР.

За пять последних лет по заказу МВД, Службы безопасности и др. организаций Республики выпущено более 5000 изделий на общую сумму около одного миллиона долларов США.

В 1992-1994 гг. по решению Кабинета Министров Беларуси в институте разработаны принципиально новые конструкции легких бронежилетов 2-го уровня защиты с применением высокопрочных синтетических тканей типа СВР, КЕВЛАР и защитных титановых элементов для оснащения органов правопорядка Беларуси. Взамен многоэлементной конструкции разработаны титановые и стальные моноблоки с градиентной структурой, обеспечивающие 3-й уровень защиты.

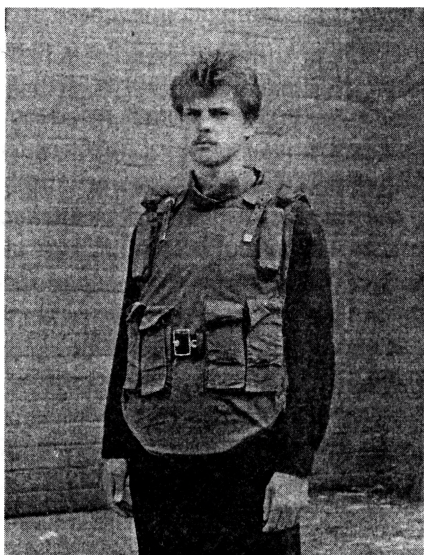


Рис. 3. Бронежилет серийный для офицерского состава

Серийное производство бронеизделий по заказу МВД Республики Беларусь и других силовых структур было организовано в 1994 году на малом государственном предприятии «ТЕХНОМАГ» ФТИ НАН Беларуси.

В настоящее время на научно-производственном республиканском унитарном предприятии «ТЕХНОМАГ» Физико-технического института НАН Беларуси организовано расширенное производство бронежилетов всех классов защиты, не уступающих, а зачастую и превосходящих по качеству зарубежные аналоги. Разнообразие выпускаемых изделий способно удовлетворить запросы представителей всех профессий, чья деятельность сопряжена с необходимостью обеспечения личной безопасности.

УП «ТЕХНОМАГ» может производить до 1000 единиц высококачественных изделий в месяц. За десять лет работы внедренческого предприятия за счет импортозамещения сэкономлено более 2 млн. долларов

На предприятии и в институте в настоящее время активно проводятся работы по разработке и организации изготовления нового массового армейского бронежилета.

Сплавы алюминия, также как и титановые сплавы, обладают высокой удельной прочностью, кор-

розионной стойкостью и успешно применяются в авиации, ракетной технике, прецизионном машиностроении. И те и другие (титановые и алюминиевые) имеют существенный недостаток — низкую контактную прочность, и тем не менее сегодня машины десантников изготавливаются из титановой и алюминиевой брони, обеспечивая мобильную переброску вооружения и мотострелков, и надежную пулевую защиту, т.к. любая стальная броня уязвима против кумулятивных и других современных средств поражения, которые прожигают эту броню толщиной до 700 мм.

Физико-технический институт внес заметный вклад в разработку и создание порошковых алюминиевых сплавов на основе системы алюминий-графит, полученных из отходов алюминиевых сплавов, разработав патентованную технологию. Получен диплом международной выставки «Гений 96». За период 1997-2000 гг. институт совместно с Минским моторным заводом поставил на сборку двигателей Д-243 ММЗ более 15 тонн подшипников скольжения (втулок) взамен бронзы, сэкономив более 500 тыс. долларов США. Отлил из вторичных сплавов поршень с нирезистом практически на всю программу завода (диплом и Премия Минпрома РБ) (рис. 4).

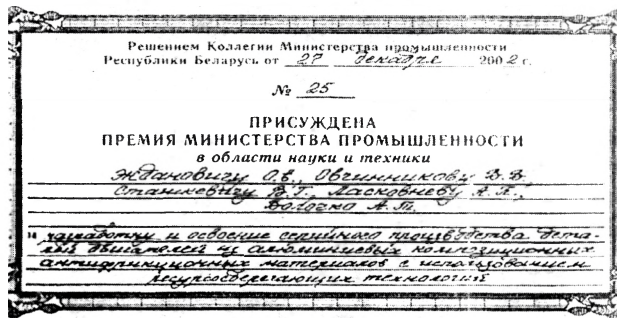


Рис. 4. Свидетельство о присуждении Премии Минпрома

УП «ММЗ» и его смежники нуждаются в переработке до 500 тонн алюминиевой стружки и более 100 тонн шлака. На заводе создан и отлаживается комплекс по переработке стружки, обеспечивающий получение биметаллических поршней с нирезистовой вставкой (Fe-Cu-Ni сплав) и поставку первичных алюминиевых сплавов для основного производства с максимально допустимыми процентами примесей по железу для АК5М4 до 1%, АК9 не более 0,8%, АК12М2МгН — 0,7%. Разработаны технология получения материала на основе шамота и магнезита (содержащих 40-45% Al₂O₃) и ноу-хау-технологии изготовления футеровок плавильных печей, элементов литниковых систем форм, огнеупорных обмазок и покрытий.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ НОЖЕЙ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КПК-3000

В.В. Ивашко¹, В.С.Голубев¹, А.А. Дюжев², Н.Ф. Соловей²

¹ Физико-технический институт НАН Беларуси, ² РКУП «ГСКБ»

В процессе уборки растительной массы ножи кормоуборочных комбайнов испытывают абразивный, эрозионный и коррозионный износ, вызывая затупление режущей кромки и образование зазора между ножами и противорежущей пластиной. Данное обстоятельство вызывает в процессе работы дополнительные нагрузки на механизмы комбайна, повышенный расход горючего, снижает скорость уборки и качество измельчаемой травяной массы.

Важным условием эффективной работы режущего инструмента в данных условиях является создание условий для самозатачивания. С этой целью режущие кромки ножей кормоуборочных комбайнов упрочняют методами наплавки или термической обработки.

Для повышения эксплуатационных свойств ножей ПО «Гомсельмаш» использует индукционную наплавку, нанося на режущую кромку слой сплава типа ПГ-С27 толщиной 0,7-1,0 мм и шириной 20 мм, твердость которого составляет 54 ед. HRC. Режимы оплавления подобраны таким образом, что после охлаждения твердость основного материала составляет 35-40 HRC.

Фирма «Lund» (Германия) применяет оригинальные методы нанесения износостойких карбидов хрома и вольфрама на режущие кромки ножей кормоуборочных комбайнов. Металлографические исследования таких покрытий показали, что толщина их составляет 0,2-0,3 мм, а твердость отдельных составляющих микроструктуры 800-1600 HV. По результатам химического анализа предполагается, что материалом для изготовления таких ножей служит сталь (40-50)ХМ. Твердость стали после нанесения покрытия и термоупрочнения составляет 45-55HRC.

Следует отметить, что питающе-измельчительный аппарат импортных комбайнов по способу резания существенно отличается от отечественного. Также можно отметить существенную разницу полевых угодий, используемых для выращивания кормов. Наличие камней, неровностей, металлических предметов во время уборки трав на наших полях во многих случаях приводят к преждевре-

менному выходу из строя или к поломке ножей.

На основании проведенного анализа технологических процессов, характера износа и причин преждевременного выхода ножей из строя были сделаны следующие предположения:

1. Для получения износостойкого композиционного покрытия ножа, содержащего в своем составе материалы с твердостью равной либо близкой к твердости карбида вольфрама, могут быть использованы методы индукционной или лазерной наплавки, лазерного легирования или лазерной термической обработки на глубину не более 0,5-0,7 мм.
2. Рабочая часть ножей должна обладать достаточно высокой твердостью (50-56 HRC) и ударной вязкостью, исключая при этом хрупкое выкрашивание режущих элементов ножа в процессе работы.

Для проведения исследований были выбраны серийно используемые листовые заготовки из сталей 65Г и 40Х. Ножи, изготовленные из данных сталей с целью их упрочнения, подвергали высокочастотной термической обработке, включающей нагрев режущей кромки, закалку и отпуск. Выбор режимов нагрева осуществляли на основании предварительных исследований. Для этого образцы нагревали на установке электроконтактного нагрева УКН-3, позволяющей моделировать любые термические циклы по заданной программе. Регистрацию и измерение температуры осуществляли с помощью электронного самопишущего прибора КСП-4 и хромель-алюмелевых термопар диаметром 0,2 мм. На основании проведенных исследований ножи из стали 40Х закачивали с температур, обеспечивающих объемное упрочнение режущей части ножей до 52-55 HRC, при сохранении работы разрушения 150-180 Дж. Сталь 65Г упрочняли до 60HRC, при этом ударная вязкость составляла $KCU=8-14 \text{ Дж/см}^2$.

Поверхностное упрочнение ножей лазерной закалкой проводилось на CO_2 – установке непрерывного действия «Комета-2» с выходной мощностью ~ 1 кВт. С целью предотвращения отпуска в

процессе лазерного нагрева было предусмотрено принудительное охлаждение водой предварительно упрочненной части ножа. Сканирование лазерным лучом поверхности проводили в диапазоне скоростей 5-30 мм/с. Минимальный шаг нанесения лазерных дорожек составлял ~1-2 мм. Металлографический анализ показал, что при минимальных скоростях сканирования наблюдается частичное оплавление поверхностного слоя. Микроструктура поверхностно-упрочненного слоя стали 40X представляет собой мелкодисперсный мартенсит и около 5% остаточного аустенита. Глубина упрочненного слоя составляла 0,5-0,8 мм, максимальная микротвердость на стали 40X – 7500 – 8000 МПа, на стали 65 Г – 8000-8500 МПа.

В процессе лазерной наплавки использовали порошок системы NiCrBSi — типа ПГСП-4. Наплавляемый слой предварительно наносился на рабочую поверхность ножа газоплазменным способом. При лазерном оплавлении твердость упрочненного слоя составляла 57-61 HRC

При лазерном легировании поверхностного слоя ножей использовали тугоплавкие карбиды и бориды на основе вольфрама, бора и др. Толщина предварительно наносимого слоя составляла ~ 0,1 мм, лазерная обработка проводилась в инертной атмосфере аргона. В результате проведенных экспериментов лучшие результаты по глубине и качеству легированных слоев были получены при диаметре пятна воздействия 1,5-2,0 мм и скорости сканирования 5-10 мм/с. При дефокусировке лазерного излучения, приводящей к увеличению пятна воздействия, происходило снижение глубины зоны легирования и ухудшалась ее однородность, повышалась шероховатость поверхности. С дальнейшим увеличением диаметра пятна расплавление поверхности не наблюдали, однако, при этом могла происходить наплавка порошкового слоя на образец. Следует отметить, что с ростом скорости сканирования происходило снижение ширины зоны расплава с 2,0 до 0,5 мм, глубины зоны термического влияния с 500 до 200 мкм. Подобное отличие в размерах зоны лазерного воздействия, по-видимому, связано с различными оптическими и теплофизическими свойствами используемых порошков, а также с модовым составом лазерного излучения. В большинстве случаев зона легирования была однородной, перемешивание легирующих элементов в расплаве происходило во всем объеме. Качество поверхности было достаточно высоким.

Ножи после объемного термического упрочнения

режущей кромки с применением высокочастотного нагрева подвергали лазерному легированию, лазерной наплавке или лазерной закалке по оптимальным режимам, а затем передавали в ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике для проведения стендовых и полевых испытаний.

Стендовые испытания на износ проводили на специальном стенде. Лезвия ножей затачивали так, чтобы радиус режущей кромки был не более 0,1 мм. Для измерения линейного износа параллельно лезвию на расстоянии 25 мм от кромки наносилась линия, которая разбивалась 9 точками на равные участки по длине лезвия. В этих точках замеряли линейный износ ножей в процессе испытаний. Режущие кромки ножей вертикально погружались в ванну с сухим песком на глубину 80 мм. В процессе стендовых испытаний ножи совершали колебания в горизонтальной плоскости с частотой 300 колебаний в минуту. Амплитуда колебаний составляла 60 мм. Через 25 часов испытаний проводили замеры линейного износа. В результате проведения сравнительных стендовых испытаний было установлено, что ножи, претерпевшие лазерное легирование, показали повышенное сопротивление износу по сравнению с серийными ножами, используемыми в дисковом измельчителе комбайна КПК-3000.

В дальнейшем часть ножей, претерпевших объемное упрочнение с применением токов высокой частоты и поверхностное методами лазерного легирования, лазерной наплавки или лазерной закалки, были установлены на ротор измельчителя для проведения сравнительных испытаний в полевых условиях. Ножи (12 шт.) устанавливались в измельчителе одновременно и располагались по типу лопастей вентилятора. Линейный износ ножей и характер повреждений оценивали после наработок силосной массы в количествах 680, 1405 и 1917 тонн. После этого ножи подвергали заточке и повторно измеряли линейный износ после наработки силосной массы 800 и 1940 тонн. Было установлено, что линейный износ в зависимости от наработки силосной массы имеет экспоненциальную зависимость (рис. 1).

Из полученных данных было установлено, что в полевых условиях наибольшее сопротивление линейному износу (среднее значение по 9 точкам) показали ножи, обработанные по серийной технологии. Близкие значения были получены на ножах, претерпевших комбинированную обработку, включающую объемную закалку ТВЧ и лазерное легирование. Ножи после высокочас-

тотной и лазерной заковки отличались наименьшим сопротивлением износу, причем ножи из стали 65Г были более износостойкими, чем ножи из стали 40Х.

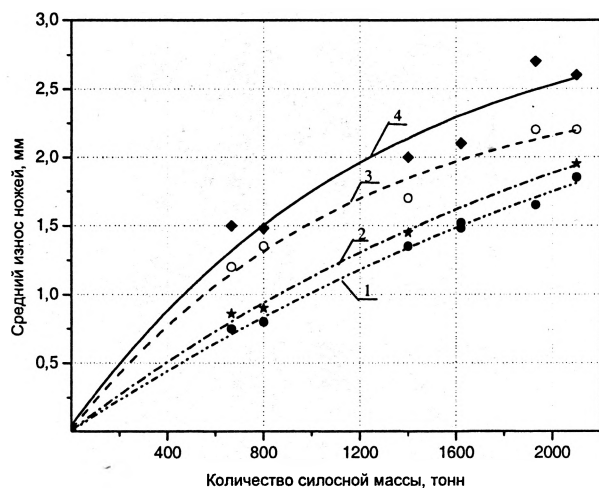


Рис. 1. Средний износ режущей кромки ножей комбайна «Полесье - 3000» в зависимости от количества заготовленной силосной массы в полевых условиях: 1 — наплавка ТВЧ сталь 65Г; 2 — лазерное легирование сталь 40Х; 3 — лазерная закалка сталь 65Г; 4 — лазерная закалка сталь 40Х

Следует отметить, что износ ножей в процессе эксплуатации происходит неравномерно по длине режущей кромки. После наработки 680 тонн минимальный линейный износ 0,2-0,8 мм наблюдается той части лезвия ножа, которая находится на расстоянии 25-75 мм от края и вращается с минимальной линейной скоростью. Далее следует участок длиной 150-200 мм, на котором происходит максимальный износ, составляющий в зависимости от вида поверхностного упрочнения от 1,0 до 3 мм. Причем меньшее значение линейного

износа характерно для серийных ножей. По мере продвижения по режущей кромке линейный износ на участке длиной 100-150 мм плавно снижается до 0,5-1,5 мм. Для последнего участка длиной 50-75 мм наблюдается существенный разброс значений — от 0,5 до 2 мм. Такой характер износа ножей, установленных на комбайне КСК-3000 характерен и при дальнейшей наработке силосной массы 1400 и 2000 тонн.

Проведение испытаний комбайна на полях с наличием крупных рытвин и ямок не позволило осуществить четкое копирование поверхности жаткой. Этот этап испытаний характеризовался появлением большого числа выбоин и зазубрин на режущей кромке ножей.

Визуальный анализ ножей в процессе полевых испытаний после наработки 1900 тонн показал, что ножи, изготовленные по серийной технологии или после лазерной наплавки, отличались наличием на режущей кромке отколов или выкрашиваний, причем глубина таких дефектов могла достигать до 5-10 мм. Было установлено, что максимальным сопротивлением хрупкому разрушению режущей кромки обладают ножи, изготовленные из стали 40Х после ТВЧ-обработки и последующей лазерной заковки. В результате комплексной оценки свойств ножей кормоуборочного комбайна (износостойкость, сопротивление хрупкому выкрашиванию режущей кромки) было установлено, что ножи, изготовленные из стали 40Х и претерпевшие объемную закалку режущей кромки с применением ТВЧ и последующую лазерную обработку, при правильном выборе режимов перезаточки могут составить конкуренцию ножам, изготавливаемым в настоящее время по серийной технологии на заводе «Гомсельмаш».

ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ ПОЧВОРЕЖУЩИХ ДЕТАЛЕЙ

*В.М. Константинов, Ф.И. Пантелеенко, Жабуренок С.Н., Полоцкий государственный университет
Н.Н. Ясенко, Физико-технический институт НАН Беларуси*

В настоящее время обработка почвы в Беларуси характеризуется крайне низкими технико-экономическими показателями. Суммарные затраты на вспашку 1 га старопахотных земель в республике составляют порядка 17 €, в то время как в странах Евросоюза — 7...8 € [1, 2]. Одной из основных причин столь высоких затрат является низкая работо-

способность почворезущих деталей (ПД) отечественного производства. По сути дела, на суглинистых и глинистых почвах, составляющих 55% пахотного фонда страны, плужные лемехи, лапы орудий, культиваторов и другие ПД неработоспособны вовсе. Интенсивное изнашивание в почве обуславливает быстрое затупление лезвия ПД, со-

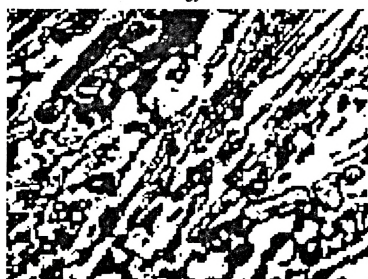
проводящееся увеличением тягового сопротивления, снижением равномерности хода агрегата, уменьшением глубины обработки почвы и подрезаемости сорных растений, значительным увеличением расхода горюче-смазочных материалов. Кроме того, утрата работоспособности ПД приводит к вынужденным простоям при их замене. Известно, что основными критериями работоспособности ПД, во многом определяющими их ресурс, являются абразивная износостойкость лезвия и толщина (или угол в плане) лезвия при эксплуатации. В мировом производстве ПД абразивная износостойкость лезвия в последние годы практически не повышается. Это объясняется тем, что большинство ведущих европейских производителей используют для изготовления ПД высококачественные самозакаливающиеся стали с микродобавками бора, титана, ниобия и других элементов, отличающиеся высоким сопротивлением абразивному изнашиванию [3–5]. Дальнейшее увеличение износостойкости лезвий неизбежно повлечет повышение стоимости ПД, что в большинстве случаев экономически не оправдано. Поэтому в настоящее время лишь некоторые европейские производители выпускают ПД, предназначенные для обработки особо твердых почв, с лезвием из износостойких материалов. Чаще всего используется наплавка белых износостойких чугунов [6–9] или изготовление лезвий из спеченных твердых сплавов (например, карбида вольфрама) [10].

В Республике Беларусь упрочнение лезвий ПД наплавкой износостойкими сплавами является одним из самых эффективных способов повышения их работоспособности. Создание биметаллических лезвий с износостойким слоем повышает ресурс ПД, при реализации эффекта самозатачивания лезвия вкупе с увеличением ресурса также улучшаются агротехнические характеристики обработки почвы. Перспективным является применение в качестве наплавочного материала для упрочнения ПД диффузионно-легированной чугуновой стружки, обладающей высокими технологическими и трибологическими свойствами наряду с низкой стоимостью [11, 12]. Совместной разработкой Физико-технического института НАН Беларуси и Полоцкого государственного университета является технология упрочнения ПД износостойкими сплавами. Наплавочными материалами для упрочнения ПД могут служить как серийно выпускаемые порошки, так и полученные диффузионно-легированные материалы из стружки белого или серого чугуна. Диффузионное насыщение чугуновой стружки комплексом леги-

рующих элементов (бор, марганец, хром, титан, азот) приводит к образованию после наплавки гетерогенных мелкозернистых структур эвтектического типа (рис. 1), отличающихся высокими механическими и трибологическими свойствами.



a



b



v

Рис. 1. Микроструктура наплавленного слоя из диффузионно-легированной стружки, $\times 400$; а — серого чугуна; б и в — белого чугуна

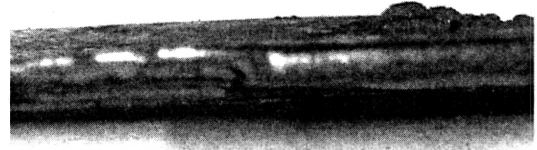
Абразивная износостойкость таких сплавов не уступает износостойкости сплавов класса сормайт, рекомендуемых государственными стандартами для наплавки ПД. Нанесение диффузионно-легированных сплавов на упрочняемую поверхность ПД производится индукционной наплавкой по методу РостНИИТМ [13], т.е. наплавкой разогревом токами высокой частоты предварительно нанесенной пасты непосредственно на лезвии ПД. Использование специальных индукторов и специфических технологических приемов при наплавке позволяют получать слои стабильной толщины с высоким качеством поверхности. Для достижения высоких эксплуатационных свойств ПД целесообразно проведение термической обработки после наплавки. Термическая обработка по режимам, вы-

бираемым на основе полученных геометрических параметров лезвия ПД, позволяет обеспечивать самозатачиваемость лезвия в заданных агроклиматических условиях [14].

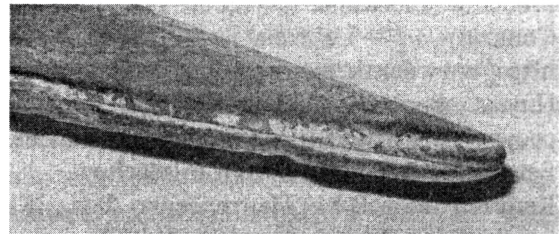
Разработанная технология упрочнения ПД осваивается на двух крупных машиностроительных предприятиях республики – РУП «Минский завод шестерен» и РУМП «Кузлитмаш» (г. Пинск). Изготовлены опытные партии упрочненных ПД, проведены их предварительные полевые испытания. Испытания упрочненных плужных лемехов на Белорусской машиноиспытательной станции осенью 2004 года дали отрицательные результаты – несмотря на снижение линейного износа упрочненных деталей в 1,6 раза по сравнению с серийно выпускаемыми, увеличение ресурса не произошло. При достижении наработки 4...6 га вследствие затупления режущей кромки лезвия до предельных величин происходило выглубление плуга на поверхность пахоты и упрочненные плужные лемехи были выбракованы совместно с серийными. Причиной неудовлетворительных результатов испытаний признано несоответствие геометрических параметров лезвия агроклиматическим условиям вспашки. Весной 2005 года в хозяйстве «Гутово-2» Дрогичинского района Брестской области были проведены повторные предварительные полевые испытания опытной партии упрочненных плужных лемехов. Результаты испытаний свидетельствуют об увеличении ресурса упрочненных лемехов на песчаных и легких супесчаных почвах в среднем в 4,3 раза по сравнению с серийно выпускаемыми плужными лемехами из стали 65Г, подвергнутыми закалке и отпуску. Нарботка до предельного износа упрочненных плужных лемехов составила 28...38 га, в то время как серийные лемехи вспахали по 5...10 га. В итоговой ведомости испытаний зафиксированы факты снижения тягового сопротивления и увеличения устойчивости плуга при вспашке. Испытания в Дрогичинском районе показали, что в данных агроклиматических условиях работоспособность плужных лемехов, подвергнутых нормализации после наплавки, выше, чем у наплавленных лемехов с закалкой и отпуском. Нормализованные лемехи самозатачивались в процессе вспашки (рис. 2, а), у закаленных лемехов самозатачивание лезвий имело фрагментарный характер (рис. 2, б).

Окончание постановки продукции – упрочненных ПД – на производство РУП «Минский завод шестерен» и РУМП «Кузлитмаш» планируется в конце 2005 года, но начиная со 2-го полугодия 2005 года на предприятиях можно приобрести

опытные партии упрочненных деталей. В планы обоих заводов входит 100%-ая комплектация выпускаемых плугов упрочненными ПД, соответствующими [15].



а



б

Рис. 2. Наплавленное лезвие лемеха после наработки 33 га: а — нормализованного; б — закаленного

Технико-экономический расчет показывает, что применение ПД, упрочненных по разработанной технологии, позволяет снизить суммарные затраты на обработку 1 га земли на 0,6...2,9 € на песчаных и супесчаных почвах и на 1,0...3,3 € на суглинистых и глинистых.

Таким образом, освоение технологии упрочненных ПД и их использование на практике является важным ресурсом экономии средств в сельском хозяйстве Республики Беларусь.

Работа выполнена в рамках задания 4.29 ГНТП «Технологии» «Разработать и освоить технологию упрочнения износостойкими материалами типовых быстроизнашиваемых поверхностей режущих элементов почвообрабатывающих машин».

Литература

1. Kalk W.-D., Huelsbergen K.-J. Dieselkraftstoff-einsatz in der Pflanzenproduktion // Landtechnik. – 1999. – Jg. 54, N 6. – S. 332–333.
2. Domsch H., Ehlert D., Smrikarov A.S., Bentscheva N.V. Kraftstoffverbrauchsmessung in Landmaschinen // Landtechnik. – 1999. – Jg. 54, N 5. – S. 278–279.
3. M. Woof. The harder they come // World Mining Equipment [Electronic resource]. May 2001. – Mode access: <http://www.wme.com>.
4. New hardening method: Information / Molbro [Electronic resource]. May 2001. – Mode access: <http://www.molbro.com>.

5. Бернштейн Д.Б., Лискин И.В. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применяемых материалов: Обзорн. информ. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1992. – 36 с.
6. Produkte [Electronic resource] / Rabe Agrarsysteme GmbH & Co. KG. – Mode access: <http://www.rabe-agrarsysteme.com>.
7. Landschaftspflege [Electronic resource]: The Right Road for Land Conservation... / FRANK. – Mode access: <http://www.frank-wst.de>.
8. Productos de Bellota [Electronic resource] / Bellota. – Mode access: <http://www.cofelam.com>.
9. Produkte [Electronic resource]: The Agro Vision Company / Lemken. – Mode access: <http://www.lemken.com>.
10. Плуги простые (Gregoire-Besson) [Электрон. ресурс]. Модельный ряд // Мировая техника. – Режим доступа: <http://www.mirtech.ru>.
11. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Жабуренок С.Н. Повышение износостойкости при упрочнении плужных лемехов диффузионно-легированной чугунной стружкой // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. – № 5. – С. 17–20.
12. Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Жабуренок С.Н., Девойно О.Г., Авсиевич А.М. Техничко-экономическая эффективность упрочнения наплавкой рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Сварщик в Беларуси. – 2003. – № 1. – С. 12–13.
13. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. – М.: Машиностроение, 1995. – 335 с.
14. Жабуренок С.Н. Повышение долговечности плужных лемехов наплавкой диффузионно-легированными сплавами из чугунной стружки и последующей термической обработкой: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01 / Полоцкий гос. ун-т. – Новополоцк, 2004. – 24 с.
15. СТБ 1388-2003. Плуги тракторные лемешные общего назначения. Общие технические условия. – Минск: Госстандарт, 2003. – 12 с.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИМПУЛЬСНОЙ ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКИ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*А.В. Алифанов, В.Н. Алехнович, В.М. Голуб
Физико-технический институт НАН Беларуси*

Механизм соединения разнородных металлов при сварке давлением в вакууме достаточно сложен и состоит из комплекса различных физических процессов: обеспечения максимально возможного физического контакта свариваемых поверхностей, ликвидации поверхностных окисных и адсорбированных пленок, активирования поверхностных слоев деформированием соединяемых материалов, объемных и поверхностных диффузионных процессов, рекристаллизации и т.д.

Кроме этого, реальная поверхность твердого тела, как бы тщательно она ни была обработана, имеет микронеровности и шероховатости. Даже при обработке поверхностей полированием остаются шероховатости размером 0,3 – 1 мкм.

В зависимости от температуры сварки диффузионные процессы влияют на рекристаллизацию и образование переходной зоны. При значительном отличии физических и химических свойств свариваемых материалов эта зона может являться зоной

перестройки химических связей и состава. В ней может также происходить постепенное изменение типа и параметров кристаллических решеток и ряда физических свойств соединяемых материалов (от свойств, присущих одному из соединяемых материалов, до свойств, присущих другому). Но еще более эффективным и надежным способом повышения прочности соединения, особенно в случае использования металлов с резко отличающимися свойствами, является импульсная деформация с большой энергией, например, удар. В этом случае значительно активизируются приповерхностные атомы, что облегчает и ускоряет образование металлических связей, активизируются также диффузионные процессы, увеличивается объемный характер процесса схватывания.

Осуществление процесса схватывания в условиях импульсной деформации позволило значительно упростить получение практически полного физического контакта соединяемых поверхностей, а

также значительно увеличить степень их активации. При этом исследовались различные промежуточные прослойки, применяемые с целью улучшения адгезионной совместимости соединяемых металлов с резко отличающимися свойствами. В работе использовался процесс вакуумирования для очистки свариваемых поверхностей от адсорбированных на них полярных и неполярных молекул органических веществ, воды, газа, окисленного слоя металла, а также электронно-лучевой локальный нагрев свариваемых поверхностей.

Сварка производилась на установке оригинальной конструкции, созданной на базе устройства вакуумного напыления УРМ 3279011, оснащенного резистивным нагревателем и электронно-лучевой пушкой с блоком управления. Разработанная установка состоит из вакуумной камеры колпачного типа, устройства высокоскоростного нагружения, источника очистки и нагрева исследуемых образцов (рис. 1).

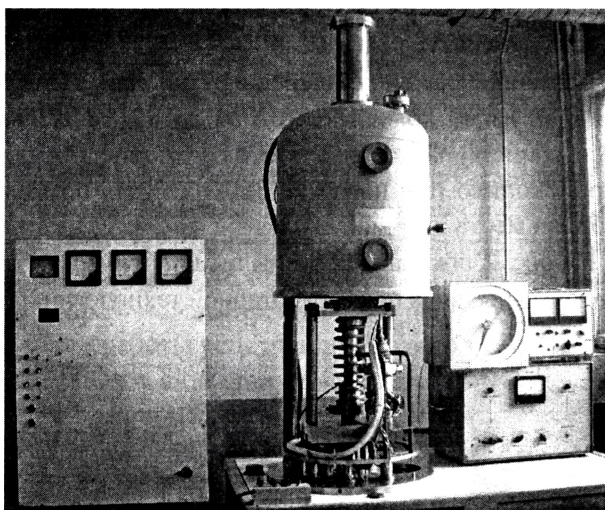


Рис. 1. Установка для импульсной диффузионной сварки в вакууме

Получение разряда, необходимого для работы электроннооптической системы, осуществляется паромасляным диффузионным ВА-2-Зпр и механическим ротационным насосом НВР-5. Вакуумная камера с откачивающими агрегатами соединяется высоковакуумным затвором ДУ-200 и электромагнитными клапанами. Для замера разряда в вакуумной камере применяется термопарная лампа ЛТ-2 и ионизационная лампа ЛМ-2.

Для нагрева и активации поверхности исследуемых образцов использовали резистивный нагреватель, электронную пушку, тлеющий разряд.

Импульсную сварку в вакууме можно характеризовать как процесс с высокой степенью локализации пластической деформации металла в зоне контакта. Все это приводит к резкому уменьшению длительности образования полного физического контакта и величины объемной пластической деформации.

Интенсивность процесса активации контактных поверхностей и образования межатомных связей (схватывания) зависит от частоты выхода дислокаций в зону физического контакта, определяемой скоростью деформации, и суммарной площади активных центров на соединяемых поверхностях.

На процесс соединения металлов в твердой фазе решающее влияние оказывают величина сопротивления деформации свариваемых металлов и их релаксационные свойства, определяющие интенсивность процессов возврата. Поэтому технологические приемы, обеспечивающие уменьшение или предотвращение деформационного упрочнения металла в зоне соединения при сварке, позволяют резко сократить длительность образования качественного соединения, повысить воспроизводимость результатов, получать прецизионные соединения, снизить необходимые усилия и температуру сварки, рекомендовать определенные оптимальные параметры процесса.

В зависимости от особенностей свариваемых металлов процесс получения качественного соединения может быть завершён схватыванием контактных поверхностей, образованием в зоне соединения общих зерен или образованием новой фазы, свойства которой определяют свойства сварного соединения.

Для сочетания металлов, образующих на равновесной диаграмме состояния новые хрупкие фазы, не могут быть использованы способы сварки, предусматривающие длительное нахождение свариваемых металлов, таких как Ti, Zr, Mo, при высокой температуре (имеется в виду непосредственное соединение металлов без применения промежуточных прокладок). В этом случае необходимо использовать сварку с высокоинтенсивным силовым воздействием и относительно низкой температурой нагрева.

Для исследования физических явлений, возникающих в области сварного шва, были изготовлены цилиндры диаметром 60 мм и высотой 10 мм из различных материалов (Ti, Cu, Zr, Fe). В свар-

ных соединениях Ti-Cu, Zr-Cu, Fe-Cu, полученных импульсной сваркой в вакууме (ИСВ), после отжига в области контакта наблюдается равномерный рост слоя интерметаллидов. Это, очевидно, обусловлено тем, что в процессе совместного деформирования методом ИСВ успевают произойти процессы образования полного физического контакта, активации и схватывания контактных поверхностей. Поэтому можно предположить, что при ИСВ имеет место повышенная диффузионная подвижность.

Резкое увеличение скорости диффузии, проявляющееся при импульсном нагружении металлов, обусловлено высокой подвижностью межузельных атомов, которые образуются в процессе пластической деформации. Установлено, что при ИСВ массоперенос в соединяемых телах значительно превышает диффузионную подвижность атомов в твердом состоянии. Высокая температура резко увеличивает концентрацию межузельных атомов свариваемых металлов, ускоряя тем самым «залечивание» дефектов.

При ИСВ сочетаний разнородных металлов Ti-Cu, Zr-Cu, Fe-Cu, Ti-Fe (железо армко) характерны отсутствие хрупких интерметаллидных фаз и наличие развитой зоны взаимодействия в виде твердого раствора.

Отсутствие хрупких интерметаллидных фаз в зоне контакта исследуемых соединений, наличие развитой зоны объемного взаимодействия — все это обеспечивает высокое качество сварных соединений, полученных ИСВ. Хорошая пластичность подтверждается испытаниями на изгиб.

Технология сварки композиций Ti-Cu, Zr-Cu отрабатывалась на примере сварки конструкционной стали с медью. В твердом состоянии железо и медь имеют весьма незначительную взаимную растворимость. При температуре 1100°C растворимость железа в меди равна 5%, а меди в железе 8%. При нормальной температуре теоретическая растворимость меди равна 0,1%. Из диаграммы состояний видно, что жидкие медь и железо сплавляются, что приводит к образованию слитков, состоящих из двух зон: зоны, богатой медью, и зоны, богатой железом, а значительный температурный интервал затвердевания обуславливает появление ликвации.

Соединение меди со сталью осуществлено ударной диффузионной сваркой. В камере созда-

валось разрежение $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. Детали перед сваркой очищали следующим образом: медные детали после обработки резцом обезжировали в трихлорэтилене, травили в 10%-ной H_2SO_4 в течение 1 мин и промывали в дистиллированной воде с применением ультразвука. Затем детали отжигали в водороде при температуре 820—830° С в течение 10 мин. Титановые детали после обработки резцом также обезжировали в трихлорэтилене, травили с помощью ультразвука в смеси 2% HF + 50% HNO_3 + вода в течение 4 мин, промывали водой, спиртом и высушивали.

Выбор режима сварки производился следующим образом. Стяжку с закрепленными в ней соединяемыми деталями ставили в вакуумную камеру, нагревали до определенной температуры, выдерживали 1 мин, производили удар и затем охлаждали. Были опробованы следующие температуры нагрева - 800, 820, 830, 840, 850, 900°C. В результате был выбран следующий режим сварки: выдержка при максимальной температуре 10 мин, температура 810° С.

Величина разрушающей нагрузки при испытании на изгиб колеблется от 24 до 35 МПа. При испытаниях на растяжение разрушение образца происходило при нагрузке 350-360 МПа по меди вблизи места сварки.

На рис. 2 показаны образцы биметаллических катодов, сваренных по разработанной технологии.

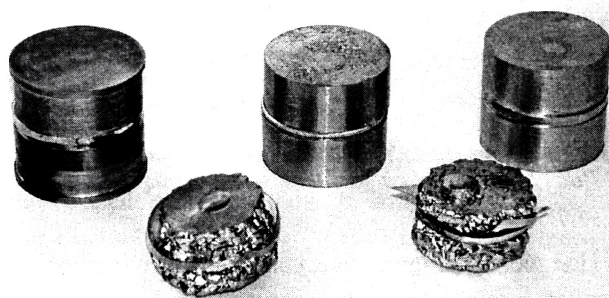


Рис. 2. Образцы Ti-Cu, Ti-Mo-Cu, Zr-Cu, Fe-Cu, сваренные методом ИСВ

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование высокоскоростной диффузионной сварки в условиях вакуума позволяет решить задачу получения надежного соединения химически активных металлов с различными теплофизическими характеристиками.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВАРКОЙ ЦЕЛЬНОЛИТЫХ УЗЛОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В.Д. Позняков, Ю.В. Демченко
Институт электросварки им. Е. О. Патона*

В настоящее время в Украине и других странах СНГ эксплуатируется большое количество инженерных сооружений и машин, которые исчерпали назначенный срок службы или близки к этому состоянию. Большинство из таких конструкций имеют усталостные и хрупкие повреждения. Учитывая их техническое состояние, дальнейшая эксплуатация изделий становится небезопасной.

В зарубежных источниках технической информации отмечается, что похожая проблема существует и в ряде экономически развитых странах.

Несмотря на то, что у многих конструкций превышен срок эксплуатации, новыми они практически не заменяются. Основная причина – огромные затраты на их покупку и установку. Кроме этого, во время замены старых конструкций на новые, те и другие не будут функционировать, что приводит к существенным убыткам. Поэтому в настоящее время тенденция сводится к максимальному продлению срока их эксплуатации.

Наиболее простым, но в тоже время и сложным способом восстановления металлоконструкций является сварка. Ее простота заключается в том, что сварку можно производить непосредственно на месте работы конструкции в короткие сроки (в большинстве случаев она не требует выполнения работ по демонтажу и монтажу оборудования) и при относительно небольших материальных затратах. Сложность же таких работ состоит в том, что при ремонте приходится сваривать металл, который в процессе эксплуатации изменил свои свойства и накопил макро- и микроповреждения.

В последние годы сотрудники Института электросварки им. Е. О. Патона все чаще проводят работы направленные на создание сварочных технологий для восстановления машин, механизмов и сооружений, которые эксплуатируются на предприятиях различных отраслей промышленности. Среди них цельнолитые корпусные узлы крупногабаритных конструкций, изготовленные из литого металла, в том числе и с повышенным содержанием углерода (более 0,35%).

В большинстве случаев такие конструкции являются уникальными. Вес некоторых из них превышает 100 тонн, а толщина металла – 80 мм. В

качестве примера таких конструкций могут служить большинство узлов дробильного оборудования, эксплуатируемого на горно-обогатительных комбинатах и в карьерах, а также станины гидравлических и механических прессов технологического оборудования и др.

В процессе длительной эксплуатации перечисленных выше конструкций в них образуются трещины. Проведенный нами анализ поврежденных изделий позволил заключить, что их разрушение происходило в результате воздействия на металл статических и динамических нагрузок, которые со временем вызвали локальные изменения состава и свойств литого металла. При этом в металле появились обезуглероженные хрупкие участки с низкими показателями твердости и прочности, которые служили очагами зарождения трещин. Наличие в литом металле характерных для него микро и макро дефектов ускорили этот процесс.

Проведенные нами металлографические исследования позволили выявить ряд особенностей, которые следовало учитывать при разработке технологических процессов ремонтной сварки, направленных на восстановление корпусных деталей и узлов оборудования изготовленного из литого металла:

- повышенное содержание углерода в металле;
- химическую и структурную неоднородность литого металла;
- наличие участков с микро- и макротрещинами;
- наличие участков с абразивным износом.

Повышенное содержание углерода в сталях 25Л и 35Л и большая толщина элементов литых конструкций сами по себе предопределяют значительные трудности при их сварке. Во-первых, пониженная стойкость металла шва против образования кристаллизационных трещин, во-вторых, формирование при охлаждении закалочных структур в металле зоны термического влияния, что в свою очередь может привести к зарождению и развитию холодных трещин в соединении.

Чтобы исключить возможность образования в сварных соединениях сталей с повышенным содержанием углерода перечисленных выше дефектов, обычно их сварку рекомендуется выполнять с предварительным подогревом до 200°C и выше.

Однако, учитывая значительные габариты изделий и толщину металла, из которого они изготовлены, реализовать на практике нагрев конструкции до указанных температур не представлялось возможным. Следовало изыскать иные нестандартные подходы к решению этой проблемы.

Исследования показали, что исключить образование кристаллизационных и холодных трещин в ремонтных сварных соединениях возможно и при более низком подогреве. Для этого необходимо ограничивать содержание углерода в металле шва и снижать уровень остаточных растягивающих напряжений в сварных соединениях.

Проанализировав возможные пути насыщения металла швов углеродом, было решено, что для удаления трещин и разделки кромок следует использовать специализированные электроды, например, АНР-2 диаметром 4,0 мм, разработанные в Институте электросварки им. Е.О. Патона, и (или) подобными им, а сварку выполнять на ограниченных режимах, материалами, обеспечивающими высокую пластичность наплавленного металла. С одной стороны это позволило уменьшить долю участия основного высокоуглеродистого металла в шве, а с другой – снизить уровень остаточных напряжений в свариваемых элементах конструкции.

Весьма эффективным оказалось регулирование сварочных напряжений посредством выбора определенной последовательности заполнения разделки кромок и использования специальных видов обработки швов при сварке. Сочетание этих подходов позволяет снизить общий уровень остаточных сварочных напряжений в соединениях в 2 – 2,5 раза.

По результатам исследований были разработаны технические решения по восстановлению станин дробилок, а также общие подходы к технологии ремонтной сварки. Технологический процесс ремонта включал следующие операции:

- определение методами неразрушающего контроля протяженности и глубины залегания трещин;
- удаление трещин и разделку кромок под сварку;
- контроль качества подготовленных для сварки поверхностей соединяемого металла;
- предварительный подогрев;
- сварку соединений;
- работы по снижению уровня остаточных напряжений в сварных соединениях;
- снятие усиления металла шва с обеспечением плавного его перехода к основному металлу;

- контроль качества наплавленного металла и соединения в целом.

В качестве материалов для восстановления массивных корпусных изделий из сталей 25Л и 35Л, были выбраны электроды основным видом покрытия марок УОНИ-13/45 (Э-46) и УОНИ-13/55 (Э-50). Как показал анализ серийно выпускаемых электродов, они в наибольшей степени подходят для выполнения ремонтных работ, поскольку позволяют обеспечить необходимый комплекс механических свойств сварного соединения. Прочностные показатели металла шва соединений, выполненных указанными материалами, соответствуют аналогичным характеристикам свариваемых сталей, а наплавленный ими металл обладает высокой пластичностью и ударной вязкостью. Сведения о химическом составе и механических свойствах металла, наплавленного электродами УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55, приведены соответственно в таблицах 1 и 2.

В соответствии с разработанными техническими решениями и при авторском надзоре специалистов Института электросварки им. Е.О. Патона на предприятиях Украины и России выполнен ремонт ряда уникальных крупногабаритных конструкций. Среди них следует отметить восстановление станины прессы усилием 10000 тс на Нижнеднепровском трубном заводе (г. Днепропетровск), 13 корпусов дробилок крупного, среднего и мелкого дробления на ДОФ ОАО «Карельский окатыш» (г. Костомукша). В настоящее время они эксплуатируются в проектом режиме. Затраты на восстановление указанных изделий не превысила 25% от их первоначальной стоимости. В большинстве случаев при выполнении сварочных работ использовались электроды отечественного производства электроды марок УОНИ-13/45 и 13/55, а также АНР-2 и ОЗР.

Опыт, накопленный при ремонте изделий из литого металла, показал, что комплексный подход к решению технической задачи, включающий оценку состояния металлоконструкции, моделирование технологических процессов, авторский надзор за ходом выполнения работ, к выполнению которых привлекаются высокопрофессиональные специализированные организации, позволяет в короткий срок и с высоким качеством решать проблемы восстановления и продления ресурса уникальных конструкций сложной конфигурации.

Таблица 1

**Химический состав металла, наплавленного электродами
УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55 (ГОСТ 9467-75)**

№ п/п	Материал	Содержание легирующих элементов, %				
		C	Mn	Si	S	P
1	УОНИ 13/45	0,08-0,11	0,45-0,80	0,20-0,30	≤0,030	≤0,035
2	УОНИ 13/55	0,08-0,11	0,80-1,20	0,20-0,50	≤0,030	≤0,035

Таблица 2

**Механические свойства сталей 25Л и 35Л (ГОСТ 977-75) и металла,
наплавленного электродами УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55 (ГОСТ 9467-75)**

№ п/п	Материал	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU ₊₂₀ , Дж/см ²
1	Сталь 25Л (нормализация 900 ^o C, охлаждение на воздухе), толщина до 100мм	≥240	≥450	≥19	≥30	≥40
2	Сталь 35Л (нормализация 880 ^o C, отпуск 620 ^o C, охлаждение на воздухе), толщина до 200мм	≥280	≥500	≥15	≥20	≥35
3	УОНИ-13/45 по ГОСТ 9467-75	-	≥420	≥22	-	≥140
	Типичные УОНИ-13/45	360	460	26	65	220
4	УОНИ-13/55 по ГОСТ 9467-75	-	≥500	≥16	-	≥60
	Типичные УОНИ-13/55	420	530	24	62	200

УДК 621.733

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОСТАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И МОНИТОРИНГА И ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

И.В. Борушко

Рассмотрено применение привязных аэростатов и дирижаблей с целью повышения эффективности средств телекоммуникаций и мониторинга и широкого использования данных летательных аппаратов во всех отраслях народного хозяйства.

Привязные аэростаты (ПА) представляют собой платформы-носители радиолокационных станций дальнего обнаружения [14]. Круглосуточное радиолокационное наблюдение осуществляется на высоте около 3000 м в течение 25 дней без посадки аэростата. Кроме наблюдения, аэростаты могут применяться для коммуникации, а также в других целях. Рабочая высота зависит от веса полезного груза. На борт ПА можно устанавливать существующие РЛ датчики, пассивные РЛС и средства радиоподавления, ИК-датчики и оптоэлектронную аппаратуру, которые по эффективности будут на порядок лучше аналогичных наземных. Объединение нескольких аэростатных систем в единую

локальную радиосеть позволяет в реальном времени получать информацию с огромных площадей (десятки тысяч квадратных километров) и в диапазоне высот от уровня земной поверхности до нескольких километров, производить комплексную обработку, селекцию и передачу этой информации в интересах различных ведомств РФ.

Обладая такими возможностями, дирижабли со смежными модулями (грузовыми, пожарными, строительными, специальными и др.) могут стать универсальным транспортным средством и получить широкое применение в военном деле и в различных областях народного хозяйства.

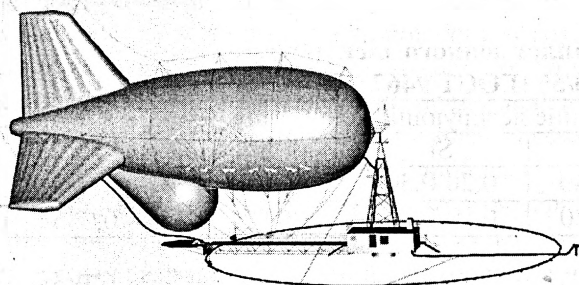


Рис.1. Внешний вид привязного аэростата на причальной мачте

Высокоэффективный привязной аэростат «Кажан» (рис.1), предназначен для работы на средней высоте, оснащен современным радиолокационным оборудованием и позволяют контролировать территорию диаметром около 700 км.

В состав комплекса входят:

1. привязной аэростат с комплектом аппаратуры видовой разведки;
2. наземный пункт управления (НПУ);
3. приемные терминалы в базовых порядках с причальными мачтами (рис.1).

Он является полностью автономным, все его компоненты размещаются на базе автомобиля МАЗ с прицепом. Это позволяет быстро менять местоположение комплекса и своевременно реагировать на изменение оперативной обстановки. Кроме РЛС и другого следящего оборудования ПА могут нести на борту различную аппаратуру связи, будучи, таким образом, сравнительно недорогой альтернативой спутниковым носителям. Обтекатель аэростата вмещает цифровые передатчики голосовых данных, телевизионного изображения и радиоволн, обеспечивая связь на частотах любого типа (телефонную, пейджинговую, телевизионную и др.) на территории до 100000 квадратных километров.

Назначение и конструкция ПА

Аэростат «Кажан» может применяться в целях:

1. борьбы с контрабандой;
2. обнаружения низколетящих целей;
3. охраны границ;
4. борьбы с пиратством;
5. теле радио ретрансляции;
6. коммуникации и связи.

Бортовая аппаратура, размещаемая на поворотной турели под аэростатом (см. рис.1,4), включает обычную телевизионную и инфракрасную камеры с дневным и ночным режимами работы и лазерный дальномер.

Привязной аэростат является частью аэростатного

комплекса. Помимо самого аэростата, комплекс содержит кабель-трос, полезный груз и комплекс наземного обслуживания. Привязной аэростат представляет собой платформу-носитель полезного груза [15]. Кабель-трос удерживает аэростат во время подъема, спуска и стоянки на рабочей высоте, обеспечивая электроснабжение бортовых систем и полезного груза, а также в случае с аэростатом «Кажан» — отвод молнии и статического электричества. Наземный комплекс обслуживания гарантирует нормальное функционирование аэростата на рабочей высоте, его подъем и спуск, наземное обслуживание на всех этапах работы, а также обслуживание полезного груза [17].

Комплекс наземного обслуживания включает в себя аэростатное удерживающее устройство, оснащенное аэростатной лебедкой, средства газозавоздораспределения и профилактического обслуживания, систему энергоснабжения, наземный пункт управления, радиосвязь [17].

Привязной аэростат (ПА) состоит из оболочки с баллонетом, воздухом наполненного обтекателя, полезного груза, носового усиления; воздухом наполненного оперения; такелажа; комбинированных (воздушных и газовых) предохранительных клапанов; пневмоклапана; шлангов подвода воздуха; системы воздухоподполнения (включая систему поддержания избыточного давления в баллонете, оперении и обтекателе, регулирующие и обратные клапана в системе поддержания избыточного давления); пилотажно-навигационного оборудования, блока аварийного энергоснабжения; молниезащиты. Полезный груз размещается на ферме, подвешенной под оболочкой, в защитном мягком герметичном обтекателе аэродинамической формы. Расчетное давление во всех воздушных и газовых полостях оболочки, баллонета, обтекателя и оперения в любом режиме работы ПА (во время подъема, стоянки на рабочей высоте и удерживающем аэростатном устройстве) автоматически поддерживается с помощью клапанов и бортовых вентиляторов. Во время швартовки на удерживающем устройстве возможно подключение наземного вентилятора. Газонаполнение и подполнение осуществляется через заправочные клапаны. Оперение аэростата состоит из трех одинаковых стабилизаторов: верхнего вертикального и двух нижних стабилизаторов, каждый из которых расположен под углом 56° к вертикальной оси аэростата. Стабилизаторы находятся под постоянным избыточным давлением, что позволяет им принимать нагрузки

в пределах допустимых деформаций. Стабилизаторы соединены расчалками. В хвостовой части оболочки расположен воздушный отсек, соединенный со стабилизаторами посредством шлангов. Отсек предназначен для выравнивания давления в стабилизаторах. Передача данных на наземный пункт, управление бортовыми датчиками и контроль за техническим состоянием аэростата осуществляются с помощью оптоволоконной линии связи, проложенной вдоль кабель-троса. Управление бортовой аппаратурой и полетом аэростата ведется только с наземного ПУ. Расчет комплекса состоит из двух-четырёх человек [16].

Курс обучения по эксплуатации аэростатного комплекса рассчитан на месяц. Первые две недели проводятся занятия по летной эксплуатации аппарата, а оставшиеся две отведены на изучение комплекта оптоэлектронной аппаратуры и получение военными служащими практических навыков работы в качестве оператора [17,19].

По оценкам специалистов, полученные с помощью комплекса видеоданные оказали определенную помощь контингенту ВС США в Афганистане. Своевременно передаваемая в подразделения информация позволяла тем избегать нежелательных боестолкновений с противником и в то же время обеспечивала подготовку ударов своих наземных средств поражения и авиации [18]. Конструкция привязного аэростата КАЖАН на рис. 2.

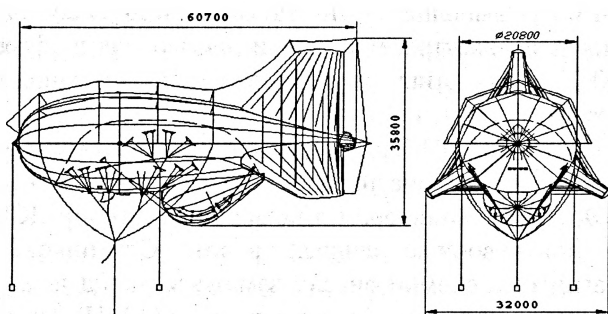


Рис. 2. Схема привязного аэростата «Кажан»

Привязной аэростат «последней мили» (рис. 3). Система состоит из антенн и волоконно-оптического кабеля, которыми оснащен гелиевый аэростат, поднятый на высоту 1,5 км. Новая технология включает революционную концепцию «супер-соты» для широкополосной передачи данных (более 1Мб) без раздела сервисного пакета за счет высокоскоростного обмена информацией в равноценном двустороннем режиме по линии (симметричный сервис), при доступной стоимости (10% от стоимости оптоволоконна).

Эта новая услуга заметно усилит всю цепь пе-

редачи информации до конечного пользователя. Будет задействован оптоволоконный скоростной сервис в формате DSL, который имеет высокий статус у сетевых операторов, работающих с большими сетевыми массивами. По расчетам экспертов, благодаря этому будут минимизированы затраты пользователя при сокращении времени передачи данных [13].

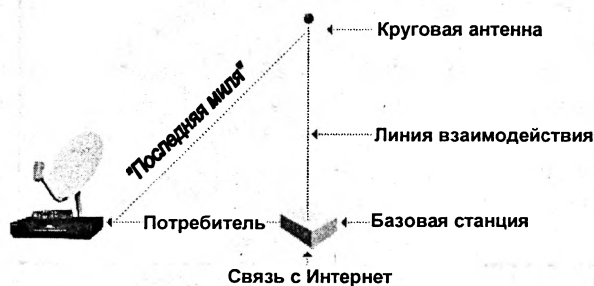


Рис. 3. Решение проблемы «последней мили» с помощью ПА

Теперь конечным пользователям не потребуется отдельный канал связи (как, например, модем, ISDN или абонируемый канал). Система использует беспроводный радиоканал, транслируемый через надземную платформу на пользовательскую тарелку, схожую с тарелкой цифрового ТВ. Одна система LIBRA сможет обеспечить 15000 линий связи при скорости передачи данных 2 Мбит/с и покрыть область площадью более 3200 кв. км., что эквивалентно охвату 2000 традиционных беспроводных базовых станций. Здесь базовая станция стандартного оборудования установлена и подключена к внешним сетям через оптоволокно и (или) высокоскоростную микроволновую связь. Проблемы, связанные с плохой погодой, решаются при помощи системы стабилизации антенны, которая позволит аэростату оставаться на одном и том же месте независимо от ветра, дождя и других погодных условий (рис.4.). Следует отдельно отметить, что подобная приемно-передающая начинка предполагает ее двойное назначение. По-видимому, развертывание такой системы полного покрытия всей страны, связано не только с желанием улучшить возможности доступа в интернет, но и призвано решить целый ряд стратегических оборонных задач, в том числе антитеррористических [5, 6, 7].

Наполненный гелием привязной аэростат - это прекрасный подъемный кран для работы в городе или труднодоступной местности. Телекамеры помогают оператору управлять крановыми лебедками, поднимать, перемещать и устанавливать груз на место. Система подруливающих двигателей - стабилизаторов, спутниковая или лазерная

система контроля положения в пространстве позволяют аэростату выполнять монтажные работы с высокой точностью [4].

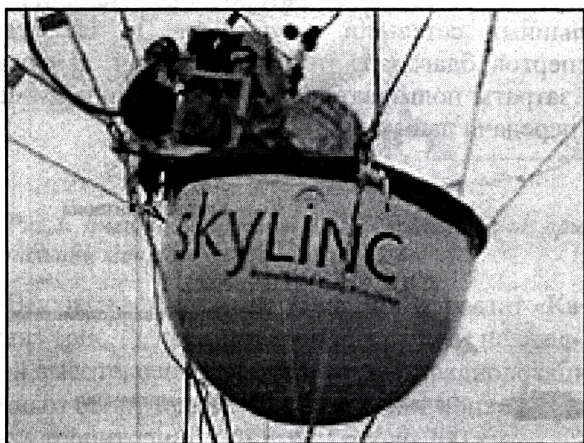


Рис.4. Антенна ПА остается в фиксированном положении

Несколько аэростатов, удерживающих трубопровод или ленту транспортера позволяют создавать временные линии перемещения жидких и сыпучих грузов в горах, через реки, болота и другие препятствия [3].

Аэростат с системой передатчиков и антенн способен обеспечить трансляцию сигналов для сотовой связи, радио, телевидения, доступ к сети интернет и web - радио. Зона уверенного приема сигналов радио - и оптического диапазонов зависит от высоты установки аэростата и может достигать нескольких сотен километров[5]..

Еще большую эффективность имеет система из нескольких привязных аэростатов, связанных между собой оптоволоконным кабелем. Сравнительно низкая высота установки ретрансляторов позволяет снизить задержку сигналов, имеющую место в спутниковых системах связи. В США в середине 60-х годов было создано специализированное подразделение Westinghouse — TCOM (Tethered Communications — привязные коммуникации). Эта корпорация, ныне самостоятельная, и по сей день является одним из мировых лидеров в разработке, производстве и использовании привязных аэростатических комплексов связи[13].

TCOM занималось совершенствованием телефонной связи в труднодоступных районах Южной Америки. В нем был изготовлен аэростат объемом свыше 14 000 м³, который обеспечивал телефонную связь для 2700 абонентов, ретрансляцию телевизионного и радиосигнала. При этом расходы на его создание и эксплуатацию по сравнению с наземными кабельными средствами бы-

ли снижены более чем вдвое. Эффект оказался столь значительным, что системы TCOM и Westinghouse нашли применение в США, а затем еще в 17 странах мира.

«Аэростатная» система гиросtabilизированной оптико-электронной системы (ГОЭС) построена на основе гиросtabilизированной платформы, на которой размещена видеокамера высокой разрешающей точности. В зависимости от потребности заказчиков системы могут комплектоваться другими информационными каналами: ночным телевизионным, тепловизионным и обеспечивать круглосуточность наблюдения. Трансляция изображения, получаемого при помощи ГОЭС в наземный Центральный пункт управления ГАИ, позволит предупреждать аварийные ситуации, оперативно фиксировать нарушения и отслеживать ситуацию на дорогах в радиусе 3-4 км /для аэростатов/. Средняя скорость дирижабля около 60 км/час, а продолжительность полета - 5 часов без дозаправки. В настоящее время ГОЭС расширяет рынок применения гражданских оптико-электронных систем. Так, идут испытания в Сургуте и в Самаре, где установленная на вертолет гиросtabilизированная система, оснащенная тепловизором, осуществляет круглосуточный мониторинг состояния газопровода, контроль утечек и предотвращение аварий. Возможна установка ГОЭС на дирижабль для мониторинга линий электропередач. ГОЭС, установленные на гражданские вертолеты или аэростаты могут выполнять функции отслеживания состояния тепло-электросетей, найти применения в сфере ЖКХ и энергетики, служить для патрулирования с воздуха [11].

Системы ГОЭС расширят возможности охраны потенциально опасных объектов — аэропортов, АЭС, ТЭС, мониторинга пожаров службами МЧС и поисково-спасательных работ. Спутниковые магнитные съемки внесли заметный вклад в изучение аномального магнитного поля (АМП) Земли и его источников. Картины АМП, полученные с американского спутника Magsat (1979 г.), до сих пор интенсивно изучаются. Однако большая высота полета спутника (400 км) не позволяет выделить структуры меньше 500-700 км на поверхности Земли. Следовательно, по имеющимся спутниковым данным, проблематично интерпретировать достаточно мелкие (но важные) тектонические элементы, например, разломы земной коры. С другой стороны, для спутниковых съемок окончательно не решена проблема разделения аномального и ионосферного магнитных полей [12].

Для изучения строения нижней коры магнит-

ными методами желательнее использовать данные, получаемые на высотах, сравнимых с вертикальной мощностью земной коры, то есть 20-40 км. На таких удалениях сигналы глубинных источников не заглушаются сигналами с поверхности. И тут сама природа, кажется, пришла на помощь ученым. Дело в том, что на высотах свыше 20 км в атмосфере Земли существуют, особенно летом, очень устойчивые воздушные течения вдоль параллелей. Идеальный летательный аппарат, приспособленный для полетов в таких условиях, - аэростат. Этот диапазон высот, 20-40 км, уже хорошо освоен стратосферными дрейфующими аэростатами. В зональных воздушных течениях аэростат способен совершать кругосветные полеты. Например, французские ученые подготовили и провели кругосветный полет аэростата с магнетометром от Южной Африки до Австралии. Японцы пытаются делать полеты вокруг Антарктиды. Американский аэростат в 1997 г. облетел практически вдоль всего Полярного круга. «Но, несмотря на то что полеты аэростатов, выполненные французскими и японскими специалистами, были предназначены для изучения аномальных магнитных полей, на наш взгляд, научная значимость результатов этих полетов минимальна. При использовании одного магнетометра, невозможно решить задачу разделения магнитных полей и надежно выделить аномальные магнитные поля» [8].

С точки зрения размещения аппаратуры ДРЛО и разведки дирижабль имеет следующие достоинства: малый уровень вибрации, большую продолжительность полета, возможность размещения в защищенном от внешних условий пространстве внутри оболочки крупногабаритных антенных устройств. Возможно использование ПА в качестве дирижабля-ретранслятора связи.

Дирижабли эффективно могут применяться для тушения пожаров, особенно лесных, что сохранит природные ценности в РФ и странах СНГ на сумму до 20 млрд. долларов и до 50 млрд. долларов в других странах мира (США и Западная Европа) [11]. Эпопеи борьбы с летними пожарами ежегодно сотрясают и США, и Австралию, и Западную Европу. По нормам ООН для расчетов потерь принято считать - 10 тыс. дол. на 1 Га леса слабой продуктивности, а для хорошего леса в 4-5 раз больше [3, 20]. А также для тешения пожаров на нефтяных и газовых месторождениях, жилых и производственных зданий.

Очевидно, что экономичность и техническая

осуществимость такой технологии прежде всего зависит от экономичности и грузоподъемности «воздушного извозчика» - распылителя. Распыление единого «одеяла» из водяной пыли на большой ширине наиболее реально производить тяжелым самолетом (лучше амфибией), или дирижаблем (лучше с термобалластировкой) [20].

Дирижабли обладают целым комплексом только им присущих свойств. У них достаточно высокий коэффициент грузоподъемности, дальности и продолжительности полета, плюс — возможность вертикального взлета и посадки, работа в режиме длительного зависания и безопасность при эксплуатации даже в случае отказа силовой установки или системы управления. Эти аппараты имеют относительно малые расходы топлива, а их незначительное воздействие на окружающую среду служит весомым аргументом для активной эксплуатации. Дирижабли способны перманентно, то есть без причаливаний от мачты к мачте, без дозаправок и «пауз», работать в небе трое и более суток, тогда как предел вертолета подобного класса составляет только 6 часов [12].

Наиболее важными особенностями дирижаблей являются: высокая грузоподъемность; способность вертикально взлетать и осуществлять мягкую посадку; возможность производить маневр по высоте и направлению, летать на большие дальности с достаточно высокой скоростью; потребная энерговооруженность дирижабля на порядок ниже самолета или вертолета; применение дизельных, турбовинтовых и атомных двигателей; высокая полезная весовая отдача (у существующих дирижаблей она составляет 40 – 60% от полного полетного веса); высокая сбалансированность с окружающей средой (экологические характеристики дирижабля существенно лучше автомобилей, самолетов и вертолетов). Дирижаблям не страшны ни сильные ветры, ни опасность обледенения [1].

Но у них есть и другие перспективы — мониторинг земной поверхности и атмосферных слоев, что поможет предсказывать штормы и другие неблагоприятные погодные явления, отслеживать распространение тумана в ночное время суток. Открываются возможности для контроля климатических изменений, что до сегодняшнего дня делается пока только с единичных спутников. Использование современных аэростатных систем позволит перейти на другой уровень кратко- и среднесрочного прогнозирования, в том числе погоды и сейсмической активности. Важная и характерная

особенность, присущая только дирижаблям, в отличие от самолетов и вертолетов, - это возможность переключения почти всей мощности силовой установки на работу одной из систем.

И, наконец, показатель эффективности любого ЛА - это отношение мощности его силовых установок к массе. Для самолета это отношение составляет 0,25 л.с. на 1 кг, тогда как для дирижабля - всего 0.016, т.е. примерно в 15 раз меньше. Это, в свою очередь, обуславливает значительно меньшую массу силовой установки дирижабля, а также существенно меньший расход топлива[20]. При сравнительно небольших расходах топлива дальность и продолжительность полета дирижабля могут быть практически неограниченными. Таким образом, есть все предпосылки для эффективного развития воздушного транспорта при качественном скачке в экономии топлива.

Можно предположить, что установка 2-3 аэростатов на высоте 3.000-4.000 метров с соответствующей бортовой аппаратурой обеспечит надежную связь на такой территории, как РБ, и позволит вести круглосуточное наблюдение за передвижениями воздушной и наземной техники[23].

Привязные аэростатные комплексы (ПАК), в составе 6-8 ПА способны обеспечить ведение РЛР, оптоэлектронной и РТР на всей приграничной территории в любых условиях и с гораздо большей эффективностью, чем наземные средства[23]. Особая роль отводится им для решения задачи обнаружения МВЦ и ВТО, а также эффективного сканирования информации по движущимся наземным объектам. Аппаратура ретрансляции, подвешенная к этим аэростатам, позволит осуществлять надежную двустороннюю связь с экипажами вертолетов при их полетах в горных условиях.

Обладая такими возможностями, дирижабли со смежными модулями (грузовыми, пожарными, строительными, специальными и др.) могут стать универсальным транспортным средством и получить широкое применение в военном деле и в различных областях народного хозяйства. Последние должны работать на высотах 18-25 км и служить компонентой телекоммуникационной инфраструктуры, а также использоваться в качестве тропосферных ветроэлектростанций (ТВЭС) [3].

Для получения более крупных мощностей электростанции типа ТВЭС (рис.5) могли бы объединяться подобно наземным фермам ветроэлектростанций. Но и как единичные они имели бы большую область применения:

- как региональные электростанции в местах, не

имеющих собственных энергоресурсов,

- для мобильного получения электроэнергии в местах новыхстроек, при освоении труднодоступных районов,

- для мобильного получения электроэнергии при техногенных и природных катастрофах как на земле, так и на морских акваториях, куда ТВЭС могут буксироваться по воздуху с помощью ЛА, имеющего аналогичную природу летания - дирижаблем, либо вертолетом, причем такой автономный источник был бы особенно ценным. С помощью ТВЭС на определенных (ограниченных) территориях можно влиять на тепловой, водный и световой режимы растений для получения заранее планируемых высоких и устойчивых урожаев. В местах, удаленных от энергосистем и зависимых в большой степени от климата, целесообразно создавать некие агрорайоны - очаги интенсивного земледелия, в которых единственным источником энергии будет ветер - высотный и приземный, преобразуемый в электроэнергию с помощью ТВЭС и наземных солнце-ветро-энергетических комплексов. Это позволит полностью исключить какие-то бы ни было продукты ископаемого топлива и создавать экологически чистые зоны, что совсем не является научной фантастикой[20].

Площадь такого агрорайона, к примеру, может быть 10000 гектаров. В центре этой зоны формируется агрогородок, вокруг которого располагается область интенсивного земледелия площадью 1000 гектаров.

Наиболее характерной и важной функцией зеленых растений является фотосинтез. По существу, земледелие представляет собой систему использования этой основной функции зеленых растений. Таким образом, в области интенсивного земледелия на площади 1000 гектаров можно с помощью ТВЭС создавать идеальные условия для гарантированного, при любых засухах, урожая, т.е., создавать в течение вегетационного периода оптимальные - системы орошения, температурную и, наконец, продления светового дня растений, которые обычно применяют только в парниковых условиях. Попутно решается задача механизации и автоматизации многих трудовых процессов. Остальные посевные площади агрорайона являются областью экстенсивного земледелия, где применяются обычные способы земледелия.

Приоритетное право на разработку ПАК принадлежит творческому коллективу Военной академии Республики Беларусь. К разработке целе-

сообразно привлечь от Республики Беларусь: НПО Агат, НПО «Завод им. Вавилова», СКБ «Камертон», Академию наук Республики Беларусь, БГУ, БГУИР, Гомельское ПО «Луч»; от Российской Федерации — НПО «РосАэросистемы», МАИ, «РосАэроСервис», ПО «Полет», СКБ «Термоплан».

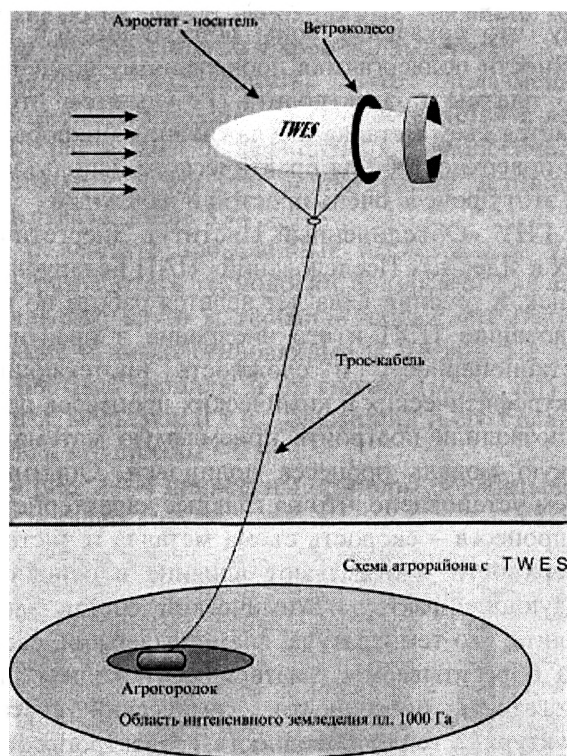


Рис.5. Схема работы ветроэлектростанции

Литература

- 1.К.Э. Циолковский. Собр. соч. – М., 1961.
- 2.Р.В. Пятыхев. Аэростатические платформы //Сб. ФИАН. – М., 1989.
- 3.Б.Г.Броуде. Воздухоплавательные аппараты. – М., МАИ, 1986.
- 4.Р.А.Гохман. Проектирование крупных АЛА. – М., МНИИ, 1989.
- 5.Слипченко В.И. Войны шестого поколения. Оружие и военное искусство будущего. – М.: Вече, 2002. – 384 с.
- 6.К.Лантратов. Новые «звездные войны» – потенциал для превосходства ... эпизод 9-й //Новости космонавтики. – 1–31 августа 2000 г. [http://www. novosti-kosmonavtiki.ru/content/ numbers/ 213/39. shtml.].
- 7.В США возрождается идея создания боевых

- лазеров космического базирования. [http:// www.rtc.spbnews.ru.].
- 8.Быков В. По крылатым ракетам из аэростата //Кр. звезда. –2002.– 11 янв.
- 9.Антипов В.Н., Горяинов В.Т., Кулин А.Н. и др. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны /Под ред. В.Т. Горяинова. – М.: Радио и связь, 1988. – 304 с.
10. Попов В., Федутин Д. Перспективы работы по созданию воздушных платформ для целей наблюдения и разведки Израиля. Режим доступа: [http://commi.narod.ru/txt./2004].
11. Ушаков И.Б., Григорьев Ю.П., Бурлаченко Н.И. Транспортный коридор Азия-Европа через призму безопасности России // Вестник Акад. воен. наук. – № 3(8). – 2004. – С. 42-48.
12. Иванов Р. Разработка транспортных дирижаблей с полезной нагрузкой повышенной массы // Заруб. воен. обозр. – № 5. – 2002. – С. 35–36.
13. Andrew Koch. US Army calls for use of airships in “near space” //Janes Defence Weekly. – 2004. – Vol. 41. – № 51. – Р. 10.
14. Аэростатный комплекс наблюдения и связи «Кордон». [http:// www. rosaerosystems.pvo.ru.].
15. Бычков А. Новый американский аэростатный разведывательный комплекс RAID // Заруб. воен. обозр. – № 4. – 2004. – С. 34–35.
16. Привязные аэростаты «Пума» и «Ягуар». Режим доступа: [http:// www.rosaerosystems.pvo.ru.].
17. Бычков А. Применение аэростатных комплексов радиолокационной разведки для охраны границы //Заруб. воен. обозр. – № 10. – 2001. – С. 32–35.
18. Бендин С. Стратосферный дирижабль «Беркут». Режим доступа: [http://www.cnews.ru.].
19. Беспилотные дирижабли-гиганты будут пограничниками.[http://www.membrana.ru/articles].
20. Проекты СКБ» Термоплан» Юшков Ю., Техника молодежи. – 2003. – № 10
21. Joint Land Attack Cruise Missile Defence Elevated Netted Sensor (JLENS) System. [http:// www.raytheon.com/products/stellent/groups/public /documents/ legacy_site/cms01_048578.pdf.org.].
22. Модульный дирижабль МД-900. [http:// ros-aerosystems.pbo.ru/ russian/ products/ md_900.html].
23. Борушко И. Обоснование необходимости разработки многоцелевого аэростата разведывательного дозора. // Вестник ВА РБ. -№1. –2004. С. 91-99.

РАЗВИТИЕ ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТНОЙ ПОЛИРОВКИ МЕТАЛЛОВ

*Ващенко С.В., Ермаков В.Л., Каменев А.Я., Климова Л.А., Кривсун Э.П.
Объединенный институт энергетических и ядерных исследований НАН Беларуси*

Плазменно-электролитный способ полировки электропроводных материалов является альтернативным по отношению к традиционному электрохимическому способу. Электрохимическая полировка предполагает использование различных кислот высокой концентрации и поэтому не является экологически безопасной. В противоположность этому плазменно-электролитная полировка (далее — ПЭП) является экологически безопасным процессом, так как здесь используются электролиты в виде слабых водных солевых растворов. Вторым преимуществом ПЭП является его высокая производительность, так как скорость съема металла с поверхности обрабатываемой детали в 3 – 4 раза выше по сравнению с электрохимическим полированием. Например, деталь из ст. X18H10T, подвергнутая плазменно-электролитной полировке, приобретает почти зеркальный блеск уже через 1,5-2 мин, а из латуны или алюминия — через 30 с.

Схема устройства для осуществления ПЭП изображена на рис. 1.

тому, что локальные зоны обрабатываемой поверхности подвергаются поочередному воздействию плазмы и электролита. Результатом этого является съем металла и сглаживания микрорельефа поверхности. Для практического использования этот процесс очень простой и надежный.

В ГНУ «Объединенный Институт Энергетических и Ядерных Исследований» НАН Беларуси, г. Минск, в течении ряда лет ведется работа по исследованию ПЭП и его внедрение в практику. Нестационарность и сложность протекающих электрофизических и химических процессов пока не позволили построить приемлемую математическую модель процесса полировки. Опытным путем установлено, что на главные характеристики процесса – скорость съема металла и чистоту поверхности – оказывают влияние в основном следующие факторы: химический состав электролита, его температура, время выдержки, свойства обрабатываемого материала (исходная шероховатость поверхности, химический состав, структура, теплопроводность, электропроводность и др.).

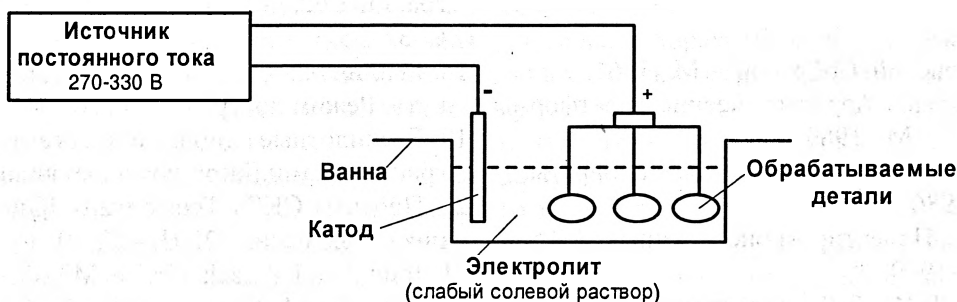


Рис. 1. Схема устройства для плазменно-электролитной полировки

Кратко схему процесса при ПЭП можно описать следующим образом. Вблизи поверхности опущенной в ванну детали образуется парогазовая оболочка, толщиной 50-100 мкм, которая пульсирует с большой частотой. Внутри оболочки возникает поток плазмы. Спонтанные электрические разряды плазмы разрушают выступы микронеровностей поверхности и микрочастицы металла в виде гидроокислов уходят в электролит. Пульсации парогазовой оболочки приводят к

При разработке технологии полировки того или иного материала наиболее трудной задачей является определение оптимального состава электролита. Опыт свидетельствует, что для каждого материала должен быть определен свой состав базового электролита. Например, состав электролита для полировки нержавеющей стали включает сульфат аммония. Для полировки черной стали используется хлорид аммония с добавкой многоатомных спиртов. Для полировки меди использу-

ется трилон Б, лимонная кислота, сульфат аммония. Для полировки алюминия применяются хлористые соли щелочных металлов, соляная кислота и некоторые органические добавки. Для варьирования параметрами микрорельефа обрабатываемой поверхности базовый электролит модифицируется соответствующими добавками, устанавливаются также необходимые значения температуры электролита и времени выдержки.

Следует подчеркнуть, что плазменно-электролитная полировка осуществляется в водных растворах недефицитных, экологически безопасных солей при концентрации активного вещества не выше 5%.

В результате проведенных исследований удалось разработать технологии полировки для значительного круга материалов, среди них нержавеющие и низколегированные углеродистые стали, цветные металлы и их сплавы (медь, латунь, бронза, мельхиор и т.д.), алюминий и его сплавы, титан и его сплавы.

На рис. 2 – 4 приведены примеры обрабатываемых деталей.

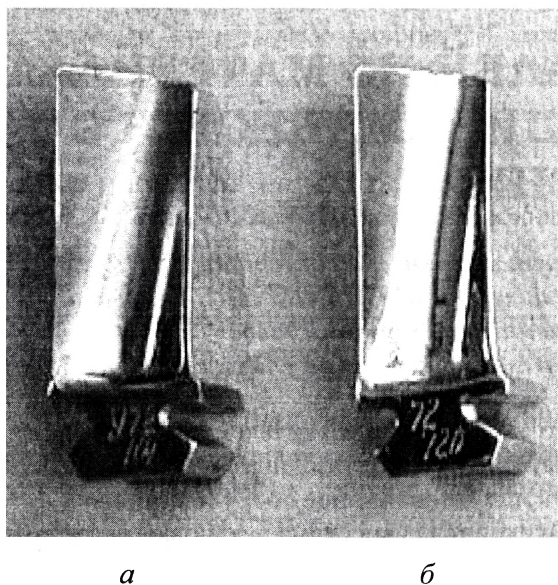
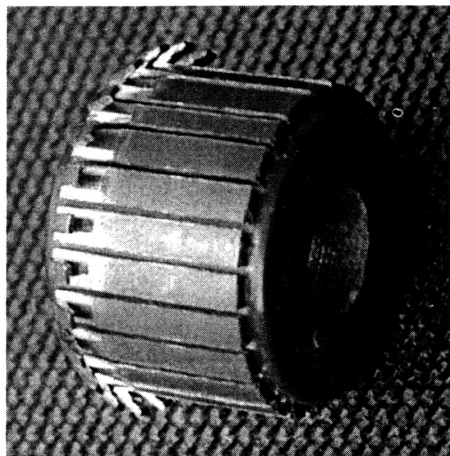


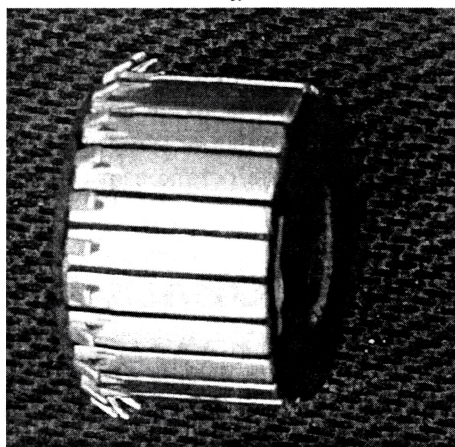
Рис. 2. Лопатки газовой турбины (сталь ЭИ-417Л): а — до полировки $R_a=0,4$ мкм; б — после полировки $R_a=0,1$ мкм

Процесс полировки связан со съемом металла примерно со скоростью 2 мкм/мин. На длительность процесса полировки заметное влияние оказывает исходная чистота поверхности. Глубокие царапины выводятся значительно труднее, чем выступы (заусенцы). Поэтому желательно, чтобы исходная поверхность не имела глубоких царапин, а средняя высота R_a выступов шероховатости не

превышала 2 мкм. Если макрорельеф поверхности грубый, это не препятствует полировке.



а



б

Рис. 3. Коллектор электродвигателя: а — до обработки: видны заусенцы в пазах и острые кромки; б — после обработки в течение 5 мин, заусенцы удалены, острые кромки притуплены

Для полировки изделий различного назначения и габаритов был разработан ряд установок

Общий вид установки ЭИП для полировки малогабаритных изделий приведен на рис. 5.

Некоторые установки доставлены предприятиям Беларуси и России.

Производительность и экономическая эффективность технологических операций, выполняемых с помощью установок ЭИП, в 5-6 раз выше аналогичных, осуществляемых механическим способом, и в 3-4 раза выше электрохимического способа обработки на основе кислотных растворов. Кроме того, установки ЭИП обеспечивают практически полную экологическую безопасность процесса полировки, могут быть расположены практически в любом помещении, просты в эксплуатации и обслуживании.

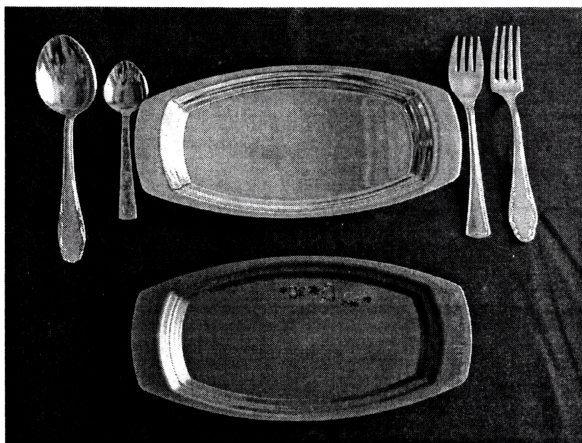


Рис. 4. Тарелка из нержавеющей стали до и после полировки

На установках ЭИП при финишном полировании металлов достигается шероховатость $R_a = 0,04$ мкм, происходит зачистка заусенцев толщиной до 0,3 мм и притупление острых кромок.

Разработанная технология кроме полировки может быть использована для очистки металлических деталей от окалины, ржавчины, остатков краски и др.

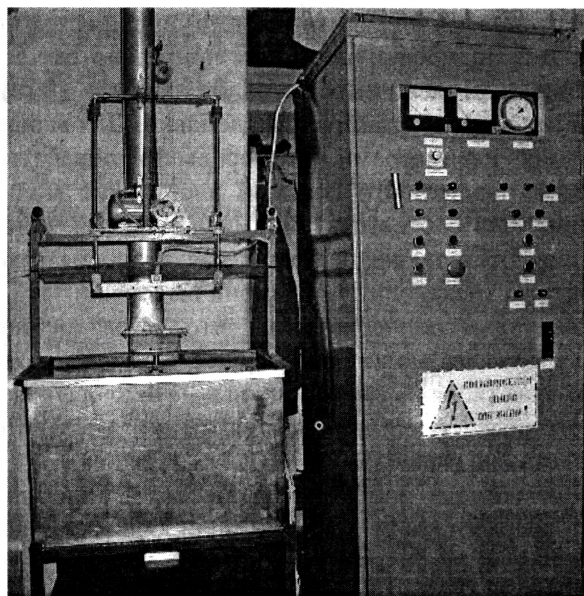


Рис. 5. Установка ЭИП-1 для полировки малогабаритных деталей

Удаление шлама из электролита не представляет особых сложностей, поэтому электролит может служить длительное время без замены.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МАТЕРИАЛА Д16Т МЕТОДОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

*К.И. Аршинов, М.К. Аршинов, В.В. Яснов, Институт технической акустики НАН Беларуси
И.В. Фомихина, Институт порошковой металлургии БГНПК ПМ НАН Беларуси
С.Н. Юркевич, РУПП «558 Авиационный ремонтный завод»
Н.П. Яснова, Витебский государственный технологический университет*

Введение

В машиностроении широко используются сплавы на основе алюминия. В связи с этим возникают проблемы восстановления сложных деталей и узлов из алюминиевых сплавов. Низкая температура плавления таких материалов не позволяет использовать для этих целей газоплазменный и газопламенный методы. Восстановление деталей из алюминиевых сплавов предполагает устранение таких дефектов как трещины, вмятины, каверны и восстановление геометрических размеров изношенных деталей. При ремонте изделий из алюминиевых сплавов обычно используются различные виды сварки в защитной атмосфере. После того, как был предложен метод газодинамического напыления [1-3], значительно расширились возможности восстановления изделий данного типа. В работе исследо-

вано восстановление деталей, изготовленных из сплава Д16Т, методом газодинамического напыления.

Экспериментальное оборудование

Функциональная схема установки представлена на рис. 1. Установка газодинамического напыления состоит из сопла Лавалья 6, которое служит для создания сверхзвукового потока газа, и систем подачи в него металлического порошка 1,3 и газа под давлением 2. Газовый поток имел скорость ~550 м/с. Для повышения скорости газ дополнительно нагревался до температуры порядка 500°C с помощью нагревателя 4. Из-за охлаждения газа в сверхзвуковой части сопла 6 и короткого времени контакта частиц с нагретым газом температура частиц сохраняется ниже температуры плавления материала порошка.

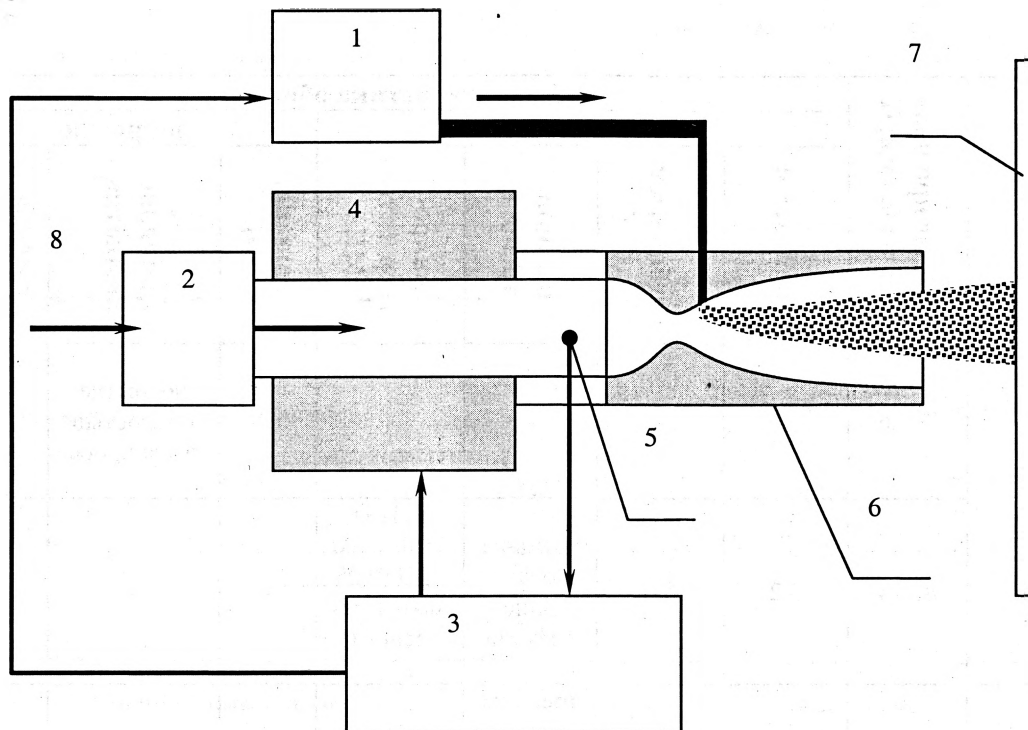


Рис. 1. Функциональная схема установки газодинамического напыления: 1 — устройство подачи порошка, 2 — регулятор давления, 3 — устройство контроля температуры и количества подаваемого порошка, 4 — нагреватель, 5 — терморпара, 6 — сопло Лавала, 7 — подложка, 8 — по-

В качестве образцов использовались заготовки размером 5×4×40 мм на которые наносились поперечные углубления (дефекты). Дефекты зачищались порошком Zn, Ni и композиционными порошками Cu:Zn=40об.:%:60об.%, Al:Zn=70об.:%:30об.%. Средний размер частиц составлял ~20 мкм. Полученные образцы проходили испытания на трехточечный изгиб на универсальной машине Instron-1195 со скоростью нагружения 0.5 мм/мин. Погрешность измерения нагрузки не превышала 1%. Исследование структуры, определение ширины раскрытия трещины, величины отслоения покрытия от основы образцов после нагружения проводилось с помощью микроскопа «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия). Микротвердость покрытий измерялась по ГОСТ 9450-76 на микротвердомере «Micromet-II» (нагрузка 100 г).

Результаты исследований.

Результаты испытаний на трехточечный изгиб и результаты микротвердости представлены в таблице 1. Процесс газодинамического напыления считается холодным процессом. Тем не менее, на образцах была обнаружена зона термического влияния (ЗТВ) ширина которой была различной для каждого типа порошка (см. табл. 1). На осно-

вании значений микротвердости подложки (основы) и покрытия Al+Zn, можно говорить о возможности применения покрытия Al+Zn для ремонта коррозионных повреждений поверхностей деталей, в том числе работающих на изгиб 0.5 мм на базе 40 мм. Покрытия из Zn возможно применять при восстановлении несилловых деталей, в том числе работающих на изгиб 0.5 мм на базе 40 мм. Для выводов о возможности применения покрытий Cu+Zn и Ni необходимы дополнительные исследования.

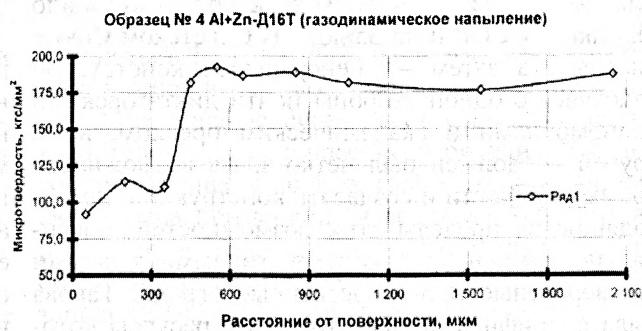
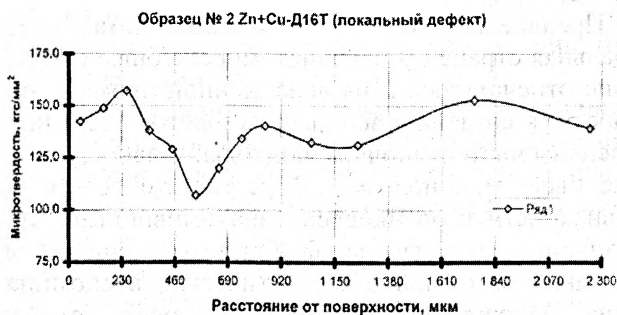
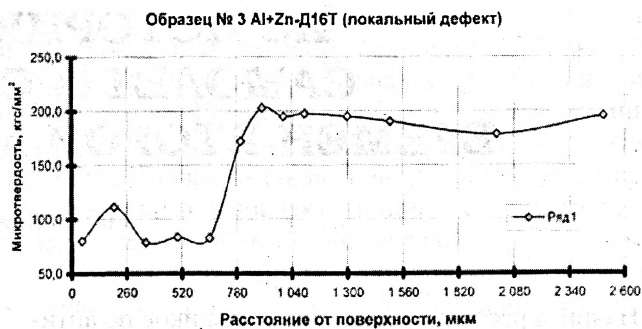
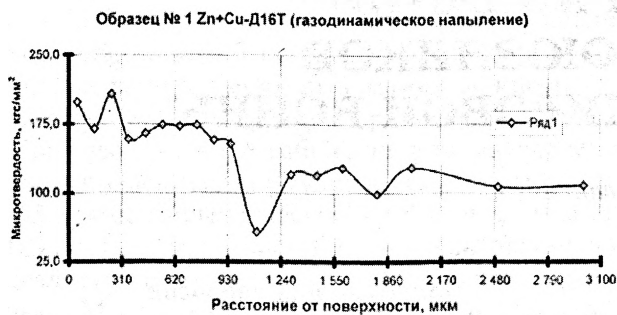
Выводы

Возможно применение метода газодинамического напыления для восстановления поврежденных деталей из сплава Д16Т.

Литература

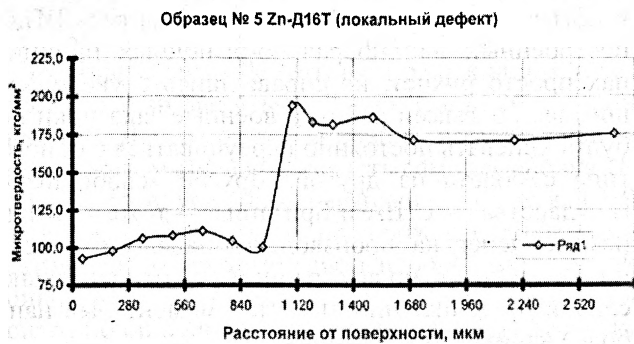
1. А.Р.Алхимов, А.Н.Папырин, В.Ф.Косарев, Н.И.Несторович, М.М.Шуспанов Gas dynamic spraying method for applying a coating. US Patent 5,302,414, 12th April; 1994.
2. А.П.Алхимов, В.Ф.Косарев, Н.И.Несторович, А.Н.Папырин «Способ получения покрытий», а.с. № 1618778, 1986.
3. А.И.Каширин, О.Ф.Клюев, Т.В.Буздыгар, А.В.Шкодкин «Способ получения покрытий». Патент РФ № 2109842 на изобретение. 1997.

Характеристика образца	Усилие при прогибе на 0.5 мм, Н	Характеристика образца						
		локальный дефект				покрытие		
		ширина, мм	глубина, мм	наличие трещин	микротвердость, МПа	толщина, мм	состояние покрытия	средняя микротвердость, МПа
Cu+Zn-Д16Т	794.6	-	-	-	-	1.1	покрытие полностью отслоилось	покрытие 1750 основа 1300
	804.4	3.2	0.6	трещина по глубине дефекта	дефект 1550-1100 ЗТВ (0.05 мм)- 1200 основа 1300	-	-	-
Al+Zn-Д16Т	912.3	4.0	0.8	трещина по глубине дефекта шириной 10 мкм	дефект 800-1700 основа 1950	-	-	-
	775.0	-	-	-	-	0.45	адгезия хорошая	покрытие 1100 основа 1750
Zn-Д16Т	873.1	4.7	1.1	трещины отсутствуют	дефект 900-1100 ЗТВ (0.3 мм) -1850 основа 1700	-	-	-
	912.3	-	-	-	-	0.9	адгезия хорошая, трещины отсутствуют	покрытие 1000 основа 1750
Ni-Д16Т	912.3	3.5	0.65	трещина по ширине дефекта	дефект 2800-1500 ЗТВ (0.2 мм) -2000 основа 1600	-	-	-
	794.6	-	-	-	-	1.1	покрытие полностью отслоилось	покрытие 1750 основа 1300

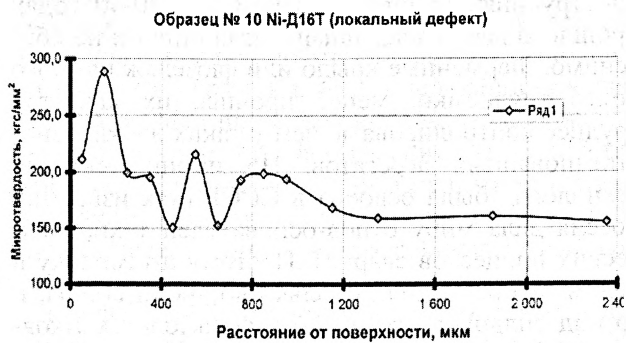


а)

б)



в)



г)

Рис. 2. Распределение микротвердости в системе покрытие/подложка Д16Т: а) Zn+Cu; б) Al+Zn; в) Zn; г) Ni

ИЗ ИСТОРИИ АВИАЦИИ САМОЛЕТЫ СОЮЗНИКОВ ВРЕМЕН ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Ю.В. Клеванец

Начиная рассказ о самолетах союзников по антигитлеровской коалиции нельзя обойти вниманием основные различия в подходе к проектированию техники в СССР и на Западе. В Советском Союзе Главный, а затем — Генеральный конструктор наделялся с одной стороны почти диктаторскими полномочиями и академическим ореолом, но с другой — должен был четко знать возможности промышленности и создавать конструкции, не выходящие за пределы этих возможностей, максимально компенсируя конструктивными запасами все вероятные производственные огрехи. Такова была специфика страны, трудовые ресурсы которой не отличались высокой подготовкой, а технологический уровень заводов не был высок.

На Западе Главный конструктор — это просто руководитель одного из подразделений фирмы. Он может рисовать на бумаге все, что ему взбредет в голову, тем самым перекаладывая массу забот на плечи множества технологов, которые должны обеспечить внедрение новой разработки в производство.

Таким образом, в СССР главная фигура — конструктор, на Западе, с его более высоким техническим уровнем — технолог.

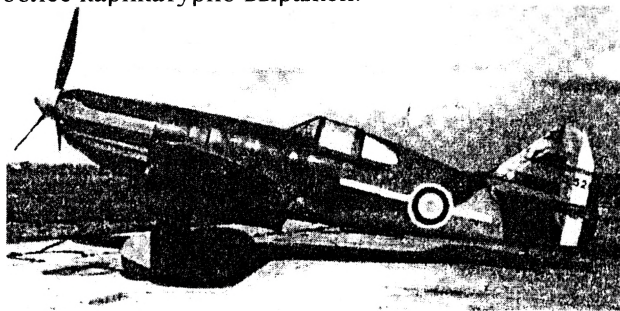
Приведем пример. Пристрастие к сварным фермам из низколегированных стальных труб в конструкциях самолетов в СССР в 30-40 годах прошлого века на западный взгляд ничем не объяснимо. Ферменные крыло или фюзеляж намного более трудоемки, менее прочны, их качество труднее контролировать, чем у таких же клепано-штампованных агрегатов. Но именно сварная технология была освоена в СССР (как известно, Россия дала миру отцов-основателей технологических процессов сварки). Поэтому штамповку в целом заводы освоили только во время войны, и то под сильным нажимом, а на самолетах Яковлева, например, ферменные фюзеляжи использовались и после войны.

Теперь перейдем к описанию самолетов стран-союзниц. В этой статье придется говорить только о самых знаменитых на наш, «восточный» взгляд самолетах, или о тех их них, которые поступали в СССР. Иначе работа будет похожа на роман с продолжением.

Французский «Девуатин»: талантливый набросок

Фирма «Девуатин», главный конструктор — Эмиль Девуатин.

Предвоенная Франция — наверное, самая либеральная страна в тогдашнем мире. Общее состояние отпечаталось и на авиационной промышленности: к созданию военных самолетов были применены чисто рыночные подходы: главное, чтобы не было монополизма. В результате советский авиаконструктор Яковлев, ознакомившийся в поездке с состоянием дел французского авиапрома, оставил нам вполне саркастические воспоминания. Множество как сейчас говорят, «малых предприятий» клепало множество разнообразных конструкций. Не надо быть большим умником, чтобы догадаться, что в случае войны весь ВПК, построенный на либерально-рыночных принципах просто рухнет, не справившись с увеличившимися объемами работ, а военные заказчики не будут успевать постоянно переучиваться с одного типа самолета на другой. Другие «свободные» государства — США и Британия — тоже тратили немало денег на производство заведомо «средних» самолетов, но во Франции с ее относительно слабой промышленностью этот момент был наиболее карикатурно выражен.



«Девуатин» — D.520

Однако, наверное, из этой поездки Яковлев привез впечатление о лучшем истребителе довоенной Франции, самолете «Девуатин».

Самолет «Д-520» имел мотор «Испано-Сюиза» с 20-мм пушкой, упрятанной между развалом блока цилиндров и стволом, проходящим через редуктор воздушного винта, водяной радиатор, спрятанный под фюзеляж, несколько большее, чем у «Мессера» крыло, шасси, убираемое «под

себя». Пулеметы, размещенные в крыле, несколько увеличивали моменты инерции при вращении самолета, но зато баки были в фюзеляже (эта мера, призванная уменьшить моменты инерции и вместе с ними — радиусы разворотов, имела и обратную сторону: кабина пилота вынужденно отодвигалась назад, ухудшая тем самым обзор). Д-520 имел крыло несколько большее, чем Вф-109, но такой же, «простой» формы. В целом специалисты признавали, что этот самолет не уступал «Мессершмитту» модификации «Е»: имея несколько меньшую скорость, он выигрывал в маневренности и скороподъемности. За особое изящество этот истребитель имел у пилотов кличку «мисс Фрэнс».

К моменту немецкого «блицкрига» на Западном фронте, то есть к маю 1940 года «Девутинами» была полностью вооружена только одна группа (по-нашему — полк) французских ВВС. Эта группа сражалась очень результативно, но что может сделать на войне один полк?

В дальнейшем истребители Д-520 некоторое время производились в марионеточном государстве Петэна, успели повоевать против бывших союзников—англичан... Короче, ничем особенным этот самолет не прославился.

По-видимому, «Девутин» послужил прототипом более знаменитых «Яков». Слишком уж они похожи. Для того, чтобы специалисту со знаниями и опытом Яковлева создать самолет уровня И-26 (Як-1) в условиях невероятной гонки 1939 года, надо было либо обладать сверхчеловеческими способностями, либо использовать чужой опыт. Яковлев, скорее всего, использовал чужой опыт, но он в любом случае не был примитивным копиистом. Як-3 отличается от Д-520 тем же, чем «простые» наброски Леонардо отличаются от «шикарных» картин Боттичелли, чем совершенство, как высшая функциональность, отличается от изысканности.

Английские самолеты

В период между двумя мировыми войнами Великобритания оставалась крупнейшей колониальной державой и, соответственно, основной задачей английской армии и флота было прикрытие огромных территорий от всех возможных посягательств. В связи с этим сухопутные британские войска были относительно невелики и разбросаны по разным частям империи, зато морской и воздушный флоты были едва ли не мощнейшими в мире.

Для умиротворения возмущений туземцев из колоний в Англии были приняты на вооружение легкие штурмовики «Лайсендер» («Лисандр» — кто не знает, спартанский царь). Эти самолеты не

шли ни в какое сравнение с советскими Ил-2 ни по скорости, ни по вооружению, ни по броне. Для таких же целей использовались устаревшие истребители «Гладиатор». Против более крупных врагов должна была применяться многочисленная морская авиация (значительная часть ее базировалась на авианосцах), мощные бомбардировочные силы с заметной долей дальних тяжелых самолетов и истребители. Надо отметить, что у англичан не было высотных бомбардировщиков по-видимому из-за того, что основными вероятными противниками для них традиционно считались в равной мере СССР и Германия. Британские специалисты в 1930-х годах знали, что ни у русских, ни у немцев высотных самолетов на вооружении нет. Еще одна особенность: все английские истребители — это скорее истребители ПВО или сопровождения, а не фронтовые, то есть они рассчитаны на применение в условиях хороших аэродромов и качественного обслуживания. Эти особенности и определили использование британских ВВС во Второй Мировой войне.

Предвоенная Великобритания обладала авиационными научными организациями (вроде советского ЦАГИ), ее промышленность выпускала отличные двигатели (одно название—Роллс-Ройс чего стоит!), агрегаты и оборудование. Армия оснащалась радаром собственного производства, для тренировок пилотов использовались радиоуправляемые самолеты-мишени, аэродромы были оснащены приводными радиомаяками и, как правило, имели твердое покрытие. Приоритетами английских инженеров можно считать радиосистему распознавания «свой-чужой», которой оснащались все бомбардировщики и истребители, а также разработку гидроприводов для оборонительных пулеметных турелей бомбардировщиков (как на орудийных башнях военных кораблей). Последнее новшество (подобного не было ни в СССР, ни в Германии, ни у американцев) кардинально решало проблемы использования тяжелого оборонительного вооружения на самолетах. Британские бомбовозы первыми в мире получили, таким образом, вместо турелей сначала двухпулеметные, а затем — четырехпулеметные вращающиеся башни. Для сравнения: автором тяжелой пулеметной установки ФТ (фронтовое требование) на советском бомбардировщике Пе-2 был в последующем Главный конструктор самолета Ту-134 Л.Л. Селяков. В начале 1942 года он сам, как разработчик, испытывал свой пулемет. В воспоминаниях Селяков признается, что он, пусть высокий и тяжелый, но питавшийся «как все» в 1941-42 году, не смог удержать стреляющий пулемет и опрокинулся с ним на спину. Дальше в

мемуарах автор недоумевает: а как же справились с турелями стрелки советских самолетов?

Жить хотели—справлялись.

Но вернемся к английской авиации.

Легендарный «Москито»

«Москито» фирмы «Де Хэвилленд». Бомбардировщик, истребитель, ударный самолет. Разработан группой конструкторов по руководством Р. Бишопы, Р. Хаксона, С. Уилсона.

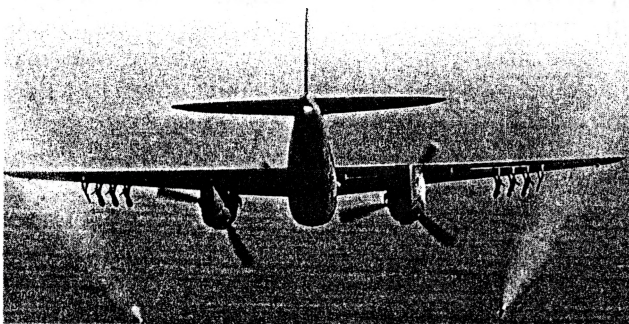
Этот самолет имел ореол несбиваемого. Воображение всех, кто связан с авиацией, поражало также то, что в его конструкции широко применялось латиноамериканское бальзовое дерево, вожделенный материал планеристов и авиамоделлистов. Имея скорость около 600 км/ч и большую дальность, «Москито» применялся для рейдов вглубь территории Германии. Изменить обстановку на фронте такими налетами было нельзя, но зато шуму, например, от удара по радиостанции в Берлине во время военного парада по случаю юбилея прихода нацистов к власти, было много. Дерзкие экипажи «Москито» специально учились летать с большой скоростью на малой высоте, чтобы быть невидимыми для немецких радаров. Каждый вылет тщательно готовился заранее. Поэтому немцам действительно далеко не всегда удавалось сбить эти юркие самолеты.



«Москито»

Между тем проект «Москито» был принят в штыки официальной бюрократией, и его пришлось лоббировать.

Были разработаны и применялись в бою тяжелые ночные истребители «Москито» и так называемые «ударные» самолеты, то есть вооруженные кроме бомб ракетами и пушками, наподобие советского Ил-2.



«Москито» атакует

Конструкция из бальзы по весу соответствовала

дюралевой. Для большего облегчения на «Москито» не ставилось оборонительное вооружение. Самолет оснащался двумя отличными двигателями «Роллс-Ройс», радиаторы их были упрятаны в крыло и не «торчали» в потоке воздуха (воздухозаборники — в передней кромке крыла). Консоли крыла, небольшие по площади, имели к тому же сильное сужение, что повышало скоростные показатели, хотя и уменьшало маневренность. Крыло было высокорасположенным («высокоплан»), что опять же улучшало аэродинамику, но ухудшало обзор. В компоновке было только одно отступление от того, что требуется для увеличения скорости — большая двухместная кабина, где пилот и штурман-бомбардир сидели по-американски, бок-о-бок (это сделано для удобства экипажа). В СССР их обязательно бы посадили друг за другом и на этом выиграли бы еще 15 км/ч в скорости. Всего выпущено более 7700 самолетов во всех вариантах.

Интересно, что в полурекламных публикациях фирма выставяла как достижение то, что в конструкции планера «Москито» было всего около 150 килограммов металлических деталей, и даже амортизаторы шасси были резиновыми, что, по мнению «Де Хэвилленд», снижало требования по механической обработке деталей и узлов стоек. Зато в качестве субподрядчиков выступало множество мебельных и даже строительных фирм. Надо думать, что и британской авиационной промышленности непросто дался переход на металлические конструкции.

У «Москито», двухдвигательного скоростного самолета, с хвостовым колесом, был недостаток, а точнее — врожденный порок всех самолетов такой схемы. Наличествовал этот порок и на других подобных машинах, например — на советском Пе-2. На пробеге эти самолеты были неустойчивы, могли свернуть с посадочной полосы и уехать куда-нибудь в кусты. У «Москито», более скоростного, чем Пе-2, этот порок проявлялся более отчетливо.

Приведем пример. В соответствии с соглашениями по Ленд-Лизу бомбардировщики «Москито» были приобретены в СССР для испытаний. В одном из испытательных полетов один самолет был разбит из-за того, что выехал с ВПП. Если так вели себя бомбардировщики в руках испытателей, то чего следовало ожидать на фронте? Больше эти машины Советский Союз не закупал — от греха. Крыло поврежденного экземпляра было выставлено в самолетном ангаре МАИ как наглядное пособие. И хотя оно было под стеклом — все равно постепенно таяло, уменьшаясь в размерах: какой авиамоделлист спокойно пройдет мимо такого куска бальзы?

Медлительный «Ураган»

Истребитель «Харрикейн» фирмы «Хаукер», главный конструктор — Сидней Камм.

Спроектированный, изготовленный и испытанный в 1935 году, этот самолет строился большими сериями и воевал в течение всей Второй Мировой войны, в том числе — и на советско-германском фронте (в основном — на Севере, так как поставлялся морскими конвоями в Мурманск). Этот крупный и тяжелый (до 3,5 т) самолет имел посредственные разгонные характеристики (из-за «толстого» крыла — все-таки это проект 1935 года), относительно невысокую скорость (сравнимую с ЛаГГом конца 1941 года), большие радиусы разворотов. Кроме того, он был сложен в обслуживании. Советские летчики и механики соревновались друг с другом в изобретении нелестных кличек и эпитетов для «Харрикейна». В книге Яковлева «Цель жизни» проводится мысль, что англичане проталкивали этот самолет в СССР из-за того, что он был не нужен им самим. Однако в Королевских ВВС «Харрикейны» исправно летали и воевали всю войну. В Англии этот истребитель применялся как самолет ПВО (в паре со «Спитфайром» — «Харрикейны» «работали» по немецким бомбардировщикам, в то время, как более легкие «Спитфайры» связывали боем истребители прикрытия). Он был и морским самолетом («Си Харрикейн» базировался на авианосцах), и истребителем-бомбардировщиком, и самолетом сопровождения (с дополнительным баком). Всего английские заводы построили более 14 тысяч таких истребителей. Наверное, самая важная причина такой длительной карьеры — в большей (по сравнению со «Спитфайром») дешевизне производства. На счету английских пилотов, летавших на «Харрикейнах», немало побед. В СССР же в первую очередь нужны были фронтовые истребители, а тяжеловесный «Харрикейн» с оружием, размещенном в крыле, на такую роль не подходил.

Уже в 1941 году английским моторостроителям удалось соединить два двенадцатицилиндровых двигателя в один и добиться более-менее надежной работы такого монстра (гарантированный ресурс — всего до 25 летных часов). Новый Н-образный 24-цилиндровый «Сейбр» сразу же выдал мощность в 2000 лошадиных сил. Правда, возросла и масса, потребовались более крупные радиаторы. Под новый двигатель на базе «Харрикейна» был разработан тяжелый истребитель «Тайфун». В конструкции этого самолета уже не было, как на прототипе, деревянных элементов, он имел скорость больше 600 км/ч и более мощное, чем на «Харрикейне», вооружение. Внешне

«Тайфун» отличался здоровенным воздухозаборником в носу, похожим на разинутую пасть, где размещались и водяной, и масляный радиаторы. «Тайфун», как и его дальнейшее развитие — «Темпест» (скорость свыше 700 км/ч), использовались в качестве истребителей ПВО, истребителей сопровождения и истребителей-бомбардировщиков. Оба этих самолета и по размерам, и по массе приближались к советскому штурмовику Ил-2. Оба тяжелых истребителя были построены в количестве около 4000 штук.

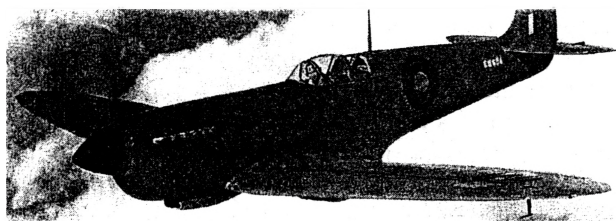
Огневержец, вселяющий надежду

«Спитфайр» фирмы «Супермарин» главный конструктор — Редж. Митчелл.

В СССР «Спитфайры» пошли летом 1942 года через Ближний Восток — тогда немцы подошли к Кавказу, и английское правительство всерьез обеспокоилось, что они могут с севера прорваться к их колониям с запасами нефти. У советских специалистов и пилотов «Спитфайр» считался однозначно хорошим в той же мере, в какой «Харрикейн» — плохим.

В реальности же все дело было в том, что более легкий «Спитфайр» лучше подходил к условиям советско-германского фронта, хотя и был крупнее и «Яков», и «ЛаГГов». По советским меркам «Спитфайр» был очень требовательным к аэродромам: имея, как и «Мессер», узкую колею шасси из-за такой же схемы его уборки, он так же и даже еще больше раскачивался при взлете-посадке и мог удариться о землю винтом. К концу войны «Спитфайры» в СССР были сведены в авиацию ПВО.

История создания этого истребителя романтична и драматична одновременно. Главный конструктор фирмы «Супермарин» Реджинальд Митчелл не имел специального образования, хотя и занимал свой пост с 20-летнего возраста. Впрочем, 20-е — начало 30-х годов прошлого века — это время торжества такого явления, как «искусство конструирования». В те времена бывали настоящие озарения. Бывали тогда и такие казусы, когда признанный специалист допускал «школьные» ляпы или не мог внятно объяснить, почему он выбрал тот или иной профиль крыла и так далее. Фирма «Супермарин» и ее главный конструктор прославились еще в 20-е годы участием в соревнованиях на кубок Шнейдера. Победы в гонках влекли за собой немалые премиальные и были мощной рекламой. Отчаянные летчики, рисковавшие управлять весьма опасными гоночными «болидами» и конструктор этих машин постепенно приобретали в Англии ореол национальных героев.



«Спитфайр»

Постройку боевого истребителя Митчелл задумал в 1931 году. До 1936 года было спроектировано несколько вариантов самолета (как и подобает «спортсменам» — за счет фирмы, без участия государства). Митчелл от проекта к проекту совершенствовал свое детище, выявлял главные его качества, отказывался от второстепенных, расставался со своими «спортивными» иллюзиями. В августе 1936 года был, наконец, испытан вполне боеспособный самолет. Впрочем, и его — уже в процессе производства и эксплуатации — пришлось излечивать от «детских» «спортивных» болезней: ставить сферический прозрачный колпак на фонарь пилота, чтобы летчик не стучался головой об остекление узкой кабины, вводить механизм уборки-выпуска шасси (вначале пилот выпускал и убирал шасси вручную с помощью лебедки) и так далее.

Митчелл выбрал для своей машины двигатели Роллс-Ройс «Мерлин», которые выдавали мощность 800 л. с., но конструкторы-двигателисты обещали довести мощность до 1000 л. с. На самолете было установлено тонкое крыло большой площади и эллиптическое по форме.

Если сравнить «Спитфайр» с немного более поздним «Мессершмиттом», то у первого будут преимущества, являющиеся следствием именно выбора большого тонкого крыла.

Во-первых, большая площадь повышала маневренность и скороподъемность самолета.

Во-вторых, выбором «тонкого» профиля парировалось увеличение сопротивления от увеличения площади крыла.

В-третьих, увеличение массы парировалось эллиптической формой: закономерность увеличения площадей поперечных сечений несущих элементов такого крыла лучше всего соответствует закону нарастания нагрузок.

Со своей меньшей нагрузкой на крыло «Спитфайр» оказался перспективнее «Мессершмитта»: на него можно было ставить двигатель большей мощности, не боясь проиграть в маневренности и скороподъемности. Правда, за преимущества следовало заплатить. «Спитфайр» с его поверхностями двойной кривизны был очень трудоемок и дорог в производстве.

Надо сказать, что кроме того сэр Реджинальд сам себе подпортил обедню. Выжимая граммы

лишнего веса из конструкции с одной стороны, с другой — он разместил оружие в крыле, чем увеличил потребный момент инерции для разворота в плоскости крена. Стоило ли тогда возиться с эллиптическим крылом? Шасси, убираемое «от себя» плюс пулеметы (а затем — и пушки) с боезапасом «съели» значительную часть маневренности истребителя. И хотя по этой части «Спитфайр» все равно превосходил «Мессершмитт», но с появлением у немцев в 1942 году более верткого «Фокке-Вульфа» преимущество англичан улетучилось.

Надо отметить, что превосходство «Спитфайра» никогда не было безусловным. Немецкие специалисты не сидели сложа руки: за вариантом истребителя Me-109E последовали модификации E-2, E-3, E-4, ..., F, и так далее. Каждое усовершенствование «Мессера» требовало модернизации и «Спитфайра». По результатам так называемой «битвы за Британию» соотношение побед/потерь «Спитфайров» оценивалось как 5/4.

Вот пример боевого применения. Вообще-то истребители — это оборонительное оружие, а истребители ПВО, к которым относится большинство английских самолетов — тем более. Однако командование королевских ВВС, отдышавшись после «битвы за Англию», в 1941—1942 годах устраивало нападения на оккупированные немцами побережья Франции, Бельгии, Голландии больших групп своих истребителей, которые, «резвясь и играя» охотились там за всем, что движется (операции «Цирк», «Родео»). Немцы, не умея предвидеть время и место ударов, не успевали собирать в нужную точку значительные силы истребителей, несли потери, «теряли лицо», что немаловажно в войне на Западе. Однако с появлением «Фоккеров» такие рейды были свернуты. Инженерам «Супермарина» пришлось срочно модернизировать свой истребитель.

Впрочем, приписывать ошибки только Митчеллу не стоит. Размещение оружия в крыле — издержки британского взгляда на концепцию истребителя. Митчелл был англичанином и, как таковой, считал, что его детище будет не столько драться в ближнем бою, сколько издали расстреливать большие неповоротливые бомбовозы.

И еще один момент, о котором, по-моему, до сих пор не говорилось. Самолет — совершенное создание человеческих рук. И как любое подобное событие, постройка нового самолета оказывает влияние на разные стороны человеческой деятельности. Своим появлением «Спитфайр», поразивший современников округлыми стремительными формами, так же, как и американский самолет «Мустанг», автомобили «Шкода» 1937 года и «Фольксваген-жук», способствовал зарождению в

прикладной и технической эстетике стиля «эни-мал», суть которого — в наделении неживых предметов «живыми» формами. После войны этот стиль завоевал, пожалуй, все стороны человеческого бытия. Читатель может вспомнить, как одевались Лолита Торрес или Мерилин Монро, какими «зубастыми» и «глазастыми» были тогда автомобили (например — «Волга» ГАЗ-21) и так далее.

Интересно, что эстетически непривлекательные, угластые формы нацистской военной техники не родились сами собой, а были во многом следствием стремления ее создателей угодить вкусу фюрера, который, как известно, любил готику. В победе тех, кто имел внешне более привлекательные технические средства, в победе округлости и стремительности над тяжеловесностью и угловатостью можно видеть подтверждение простой мысли: красота спасет мир.

Но вернемся к «Спитфайру». В страшные для простых англичан дни осени и зимы 1940-1941 годов детище Митчелла и геройство летчиков ПВО вселяло в них надежду, что не все потеряно. Сам же конструктор не увидел побед главного создания своей жизни: он умер в июне 1937 года, в возрасте 42 лет.

Основные идеи Митчелла по-видимому, воспринял и советский авиаконструктор Яковлев, который ездил в Англию в 1937 году и видел «Спитфайр», только что принятый на вооружение.

Всего «Спитфайров» вместе с морским вариантом — «Сифайром» было выпущено 22 тысячи штук.

Незнаменитые истребители «Дефиант» и «Бьюфайтер»

Это — двухместные тяжелые истребители. «Дефиант» фирмы «Болтон Пол» был разработан под впечатлением действительно большого достижения английской авиапромышленности — пулеметной башни, о которой здесь уже говорилось. Многим тогда казалось: вот-вот — и маневренный воздушный бой уйдет в прошлое, а новым сверхоружием станет истребитель с вращающейся башней, такой же, как у «Дефианта». Однако кампания 1940 года продемонстрировала, что двухместные истребители — с башнями или без таковых — могут вести только оборонительный бой с одноместными. Причем защищать в таком бою они могут только самих себя. Всего «Дефиантов» было выпущено 1000 штук, они быстро сошли со сцены.

«Бьюфайтер» (или «Бофайтер») фирмы «Бристоль» (главный конструктор Лесли Файз) имел более богатую биографию. После поражений во Франции англичанам следовало ждать непрошенных гостей в небе над Лондоном. Особенную тревогу вызывали возможные ночные налеты немцев — они практиковались еще в Первую мировую войну. Фирма

«Бристоль» предложила военным наскоро переделанный в истребитель свой бомбардировщик «Бофорт», оснащенный более мощными двигателями и, кажется, впервые в мировом самолетостроении — с бортовой РЛС, дающей надежду (правда, поначалу небольшую), что пиратов Геринга можно сбивать и ночью. Интересно, что работы по переделке «Бофорта» фирма начала сразу же после подписания известных соглашений в Мюнхене.

Внешне новый истребитель напоминал то ли бульдога, то ли летучую мышь. «Слишком устойчивый» в «плоскости тангажа» (движение «вверх-вниз»), но неустойчивый в «плоскости рысканья» (движение «вправо-влево») из-за установки более крупных двигателей, склонный съезжать с полосы при пробеге, самолет все-таки справлялся с возложенной на него задачей. По техническим данным он был похож и на советский Пе-3 и на немецкий Ме-110 (последний, правда, был легче). Зато дальность «Бьюфайтера» доходила до 2300 км, он мог «барражировать» в ночном небе, в ожидании немецкого налета. Кроме того, его вооружение было более мощным: четыре пушки по 20мм плюс пулеметы.

Когда в связи с подготовкой к нападению на СССР немцы свернули массовые налеты на Британию, «Бьюфайтер» был перевооружен: появились истребители-торпедоносцы, ударные самолеты, истребители сопровождения. Подразделения, вооруженные «Бьюфайтерами», участвовали в налетах на захваченную немцами континентальную Европу. Летом 1942 года с такого истребителя, пролетавшего над Парижем, был сброшен на Триумфальную арку государственный флаг Франции.

Эти самолеты сражались до конца войны. Всего их было построено более 5,5 тысячи штук.

Другие незнаменитые самолеты

Фирма «Фэйри» специализировалась на выпуске морских самолетов. Самый известный из них — пожалуй, «Суордфиш», выпущенный в количестве 2300 штук. Если бы не закапотированный двигатель, то этот биплан можно было бы отнести ко временам Первой мировой войны — настолько он был архаичен по форме. Невысокая скорость позволяла «Суордфишу» стартовать с относительно небольших палуб кораблей — эскадренных авианосцев. Конструкция самолета — цельнометаллическая с полотняной обшивкой.

Печальную известность этот торпедоносец приобрел во время прорыва отряда немецких линкоров из французского Бреста через Ла-Манш в Северное море в феврале 1942 года. Все «Суордфиши» которые пытались помешать прорыву, были сбиты.

На замену этому самолету фирма построила торпедоносец «Альбакор», тоже биплан и также, как и его предшественник, уже не отвечавший

требованиям времени. Тем не менее «Альбаков-ров» было построено 800 штук.

«Фэйри» выпускала также корабельные торпедоносцы-монопланы «Барракуда» (2500 штук), морские легкие бомбардировщики «Бэттл», тяжелые корабельные двухместные истребители «Фульмар» и «Файрфлай». Ни одну из этих разработок нельзя назвать выдающейся.

Только большим любителям авиации известны выпускавшиеся серийно морские истребители «Скью» и «Рок» фирмы «Блекберн». Как боевые самолеты они были вполне посредственны.

Особенно не прославились и английские «легкие» и «средние» двухмоторные бомбардировщики «Бленхейм», выпущенные в количестве 4400 штук и «Бофорт» (800 штук; в двух вариантах — как бомбардировщик и как торпедоносец) фирмы «Бристоль».

Двухмоторные бомбардировщики «Веллингтон» имел взлетную массу около 15 тонн, что больше на тонну, чем у самого тяжелого советского двухмоторного бомбовоза Ер-2, дальность 2400 км (в два раза меньше, чем у Ер-2). Зато «англичанин» оборонялся 8-ю пулеметами. «Веллингтон» — единственный пример серийного самолета так называемой «геодезической» конструкции. Фюзеляж его образован не набором продольных и поперечных элементов, как на «нормальном» самолете. Силовая схема «Веллингтона» больше похожа на переплетение корзины и состоит из стержней, расходящихся под углами, близкими к 45 градусам к оси симметрии самолета. Такая конструкция считается самой легкой из всех прочих, но зато и самой трудоемкой.

Средний двухмоторный бомбардировщик «Хемпден» фирмы «Хендли Пейдж» запоминается оригинальным внешним видом: узкой и высокой кабиной, переходящей в тонкую хвостовую балку и крылом с сильным сужением. При условии равномерного и прямолинейного полета все это должно было дать минимальное сопротивление. Но поскольку в реальности траектории полетов совсем не прямолинейны, технические и боевые данные этого бомбардировщика в целом посредственны.

«Хемпден» поступали в СССР через Мурманск, состояли на вооружении авиации Северного флота и заслужили самые саркастические характеристики советских летчиков и техников. Всего этих бомбардировщиков было выпущено 1200 штук.

«Средний-тяжелый» двухмоторный бомбардировщик «Уитли» фирмы «Уитворд» запоминается разве что редким примером применения несущего стабилизатора, из-за чего он летал «хвостом вверх» как вертолет или как российский самолет «Илья Муромец» времен Первой Мировой войны.

В 1939 — начале 1940 года с этих самолетов над Германией было разбросано 6 млн. листовок, что, по мнению английских штабистов, помогло решить проблему туалетной бумаги в Рейхе.

В Британии были спроектированы, строились серийно и воевали четыре типа тяжелых самолетов: три сухопутных («Ланкастер» фирмы «Авро», «Галифакс» фирмы «Хендли Пейдж» и «Стрилинг» фирмы «Шорт») и летающая лодка «Сандерленд» фирмы «Шорт». Это были действительно большие по тем временам самолеты, взлетный вес их колебался от 29 до 32 тонн. Из всех них только «Сандерленд» наиболее полно соответствовал своему назначению: спасательные, диверсионные и транспортные операции на море, прикрытие морских конвоев от нападений подводных лодок, бомбардировка морских целей. Для производства тяжелых самолетов в Англии были сконцентрированы большие мощности: так, на «Галифаксы» работало несколько заводов с персоналом в 51 тысячу человек. «Галифаксов» было выпущено 6174 штуки, «Стирлингов» — около 100, «Ланкастеров» — более 7300, «Сандерлендов» — более 700. Каждый из тяжелых самолетов брал на борт 5–6,5 тонн бомб. В целом это была бы очень мощная сила, если бы боевые показатели самолетов не обесценивались малой высотностью. Если для «Сандерлендов», гонящихся за подводными лодками, большая высота полета была ни к чему, то для «сухопутных» бомбардировщиков, которые должны были преодолевать сильную систему ПВО, высотность имела очень большое значение. То же самое можно сказать и о средних, и о легких британских бомбовозах. Даже «устаревший» советский СБ имел максимальную высоту полета на 2–4 км больше, чем любой «англичанин». Кроме того, конструкция советских самолетов-бомбардировщиков позволяла им быть более подвижными на высоте. Тяжелый ТБ-7 КБ Туполева, например, не только мог набирать высоту в 10 км, но и «закладывать» там виражи с креном до 50 градусов. Опытные экипажи советских тяжелых самолетов, летевших на бомбежку целей в Германии, по воспоминаниям известного штурмана В. Аккуратова, издали замечали поднимавшихся на перехват «Мессеров» и спокойно бились об заклад между собой — когда перехватчик свалится.

Английские же бомбовозы «работать» без надежного истребительного прикрытия не могли, а налеты тяжелых «Стирлингов», «Галифаксов» и «Ланкастеров» устраивались только по ночам, что снижало их боевые возможности.

Американские самолеты
США, самая мощная страна мира перед Второй

Мировой войной, занимала по военной авиации скромное пятое место после Англии, Германии, СССР и Японии. В тогдашней Америке были сильны идеи изоляционизма — мол, вы, там, в Европе, завариваете кашу, а нам потом ее расхлебывать. Причиной таких настроений была неудовлетворенность итогами Первой Мировой войны, когда высадка американского экспедиционного корпуса решила капитуляцию Германии с одной стороны, а с другой — Америке, по мнению многих ее граждан, достались слишком малые и постные куски на пиру победителей. Однако, вступив в войну, уже в 1943 году США производили столько же военных самолетов, сколько СССР и Германия вместе взятые.

В разработке и строительстве военной авиации в США была своя специфика. Во-первых, там, как нигде, была сильна роль государственных законодательных учреждений (министерство авиации, НАКА), которые разрабатывали требования к изделиям, технологиям, производствам и контролировали потом их исполнение — короче, делали то, что называется сертификацией. Так, например, согласно таким требованиям, нос самолета сверху должен покрываться темной матовой краской, чтобы она не блестела в глаза летчику. На средних и тяжелых бомбардировщиках должны стоять двигатели воздушного охлаждения, как более надежные, а пилотов обязательно должно быть два, и сидеть они должны рядом. На обшивку самолетов наносилось краской по трафаретам множество значков, надписей и даже рисунков, облегчающих ремонт и обслуживание. Техническая документация разрабатывалась с учетом того, что не весь обслуживающий персонал хорошо знал английский язык. И так далее, и так далее.

Такая система сыграла в целом положительную роль и мало-помалу была принята и в других странах.

Так же, как и в Англии, в целом военная авиация США не была фронтовой. У американцев было много бомбардировщиков — тяжелых дальних, средних дальних, корабельных. Были так называемые «ударные самолеты» (настоящими штурмовиками их назвать трудно из-за незначительной брони, да и «работали» они не на фронте, а все-таки в глубине позиций врага). К фронтовым истребителям в США можно отнести разве что «Кобру», да и та строилась с учетом советских пожеланий. Остальные истребители были машинами сопровождения, ПВО, морскими, ночными. Все самолеты имели большую дальность и были довольно крупными («Эйрковра», самый маленький истребитель, была и несколько боль-

ше, и тяжелее «тяжелого» советского Ла-5). Все это своеобразие типов и конструкций вытекало из того, что Америка никогда не собиралась вести войну на своей территории.

Еще одна особенность. И специалисты, и любители авиации единодушно отмечали даже как некоторую странность пристрастие американцев к пулеметному вооружению. Действительно, даже «Сейбр», послевоенный реактивный самолет, был вооружен пулеметами. Однако здесь есть своя логика: те же упомянутые государственные организации перед войной провели сравнительные испытания пушек и крупнокалиберных пулеметов, нашли, что пулеметы лучше и рекомендовали авиационным фирмам ставить их на самолеты. В Америке от таких рекомендаций нежелательно отказываться.

Рассказ о вооружении самолетов в США свидетельствует о некотором консерватизме американцев. Но гораздо больше примеров, говорящих об их разворотливости и новаторстве. Так, уже на истребителе «Кингковра» ставились стеклопластиковые топливные баки с резиновыми мешками-вставками. Такие баки, во-первых, намного легче цельнорезиновых. А во-вторых, стеклопластиковый бак, будучи заполненным, не разорвется от гидроудара после прострела крупнокалиберной пулей, как металлический.

Коварная «Кобра»

П-39 «Эйрковра», П-63 «Кингковра» фирмы Белл. Главный конструктор Роберт Вудс.

Все авиационные конструкторы в конце 30-х годов прошлого века стояли перед проблемой размещения оружия на истребителе. Англичане устанавливали пушки и пулеметы в крыле и тем, во-первых, снижали маневренность, а во-вторых — уменьшали кучность стрельбы. Советские и французские конструкторы крепили пушку в развале блоков цилиндров двигателя, а ствол выводили через полый вал редуктора. Оригинальней всех проблему решили специалисты фирмы Белл: мотор мешает установке вооружения? Уберем мотор! Двигатель установили за кабиной пилота, под его креслом пропустили длинный вал на нескольких опорах, в носу разместили батарею из 37-мм пушки и двух пулеметов по 12,7 мм. Для пушечного эффекта кабину пилота снабдили широкими «автомобильными» дверями. Задняя центровка потребовала смещения назад крыла, а это, в свою очередь, повлекло за собой установку трехопорного шасси с носовым колесом. Так получилась знаменитая «Кобра», самый оригинальный истребитель Второй мировой войны.

Продолжение в сл. номере

ОО «БОИМ»

29.09.2005 г. провело семинар по теме «ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ УЧЕТА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ»

Были заслушаны следующие доклады:

1. Требование Закона РБ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» к порядку применения технических устройств — *Корольков Д.И., председатель ЦП ОО «БОИМ»*
2. Техническая политика РУП «Минскэнерго» в области приборного учета электроэнергии — *Забелло Е.П., докт. техн. наук, РУП «БелТЭИ»*
3. Методы и средства измерения энергоносителей (системы «ИСТОК») — *Григорьев С.Н., директор, «Спецсистемы»*
4. Установка, обслуживание и контроль приборов учета теплоносителей — *Некрашевич В.А., канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ИТМО им. А.В. Лыкова*
5. Оборудование и приборы для обеспечения безопасной эксплуатации систем газоснабжения — *Андорало И.Г., главный инженер, НПРУП «Белгазтехника» концерна «Белтонгаз»*
6. Системы частотного регулирования для объектов промышленности и коммунального хозяйства — *Алчаков В.П., генеральный директор, ООО «СИЛЕКТ», г. Брест*
7. Новые подходы к учету тепловой энергии — *Миликовский Ю.С., технический директор, «Энергосервисная компания ЗЭ», РФ*
8. Опыт ремонта, поверки и эксплуатации парка приборов учета и контроля на предприятии — *Кондрашов Н.Н., УП «Минсккоммунтепосети»*
9. О приборах учета и регулирования тепла предприятия ООО «Арвас» — *Серебрянников Д.В., начальник технического центра, ООО «Арвас»*

ОПЫТ РЕМОНТА, ПОВЕРКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРКА ПРИБОРОВ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

*Н.Н. Кондрашов,
главный метролог УП «Минсккоммунтепосеть»*

Коммунальное унитарное производственное предприятие «Минсккоммунтепосеть» занимается эксплуатацией и ремонтом коммунальных тепловых сетей и котельных г. Минска. ЦТП и котельные предприятия оснащены средствами измерений и приборами учета, контроля и регулирования расхода (подачи) воды, газа и тепловой энергии. Для выполнения поверки и ремонта вышеуказанных приборов была создана Служба Главного метролога, которая также осуществляет комплекс мероприятий на предприятии по метрологическому обеспечению работ, выполняемых в подразделениях, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, улучшения качества производимых работ, высокого качества ремонта и обслуживания средств измерений.

В настоящее время УП «Минсккоммунтепосеть» и потребители тепловой энергии (жилой

фонд г. Минска) оснащены приборами учета тепловой энергии на 100%. Измерения тепловой энергии передаваемой при циркуляции и распределении этого тепла потребителям, являются основной задачей при подведении баланса отпускаемой и потребленной тепловой энергией, прежде всего, потому что эти измерения составляют основу определения крупных денежных сумм в соответствии с тарифами. Поэтому достоверность показаний теплосчетчиков определяет устойчивое состояние предприятия.

Опыт работы по периодической поверке приборов учета тепловой энергии в лаборатории предприятия выявил ряд недостатков относительно качества измерений приборов учета тепловой энергии, на основании которых руководство поставило задачу по исследованию достоверности показаний теплосчетчиков в процессе их экс-

плутации. Первые исследования показали, что ряд эксплуатируемых приборов учета тепловой энергии не укладывается в свои заявленные метрологические характеристики. Основными влияниями, формирующими дополнительные погрешности в результате пробных неофициальных испытаний, определились следующие факторы:

- температура теплоносителя;
- искажение эпюры скоростей потока, вызванной местными сопротивлениями;
- наличие солей в теплоносителе;
- осадки на измерительной части ППР;

а также положение первичного преобразователя на рабочем месте.

Результаты предварительных испытаний показали, что проблема достоверности показаний теплосчетчиков в процессе их эксплуатации существует. Очень много типов средств измерений, которые обладают великолепными метрологическими характеристиками на бумаге, при испытаниях в условиях близких к эксплуатационным эти характеристики не подтверждают и близко. На основании вышеизложенного УП «Минсккоммунтеплосеть» обратилось в Белорусский Государственный институт метрологии с предложением о разработке программы и проведении сравнительных испытаний существующего и предлагаемого на белорусский рынок парка приборов учета тепловой энергии.

В результате чего по поручению председателя Госстандарта РБ (письмо №р03-1999 от 30.12.2004г.) РУП БелГИМ утвердил программу и регламент выборочных сравнительных испытаний, которые состоялись в г. Витебске на поверочной установке Витебского предприятия коммунальных и тепловых сетей в мае 2005г. На испытания были приглашены все основные производители теплосчетчиков в Республике Беларусь, а также ведущие производители стран СНГ. Целью выборочных испытаний являлось определение действительных границ относительной погрешности расхода представленных образцов теплосчетчиков под воздействием факторов, действующих в условиях их реальной эксплуатации.

Испытания показали, что из всех представленных типов теплосчетчиков при выпуске из производства (ЭСКО МТР-06; ЭСКО-Т; КМ-5, выпускаемые в РФ, СВТУ-10М (М2) - Украина) – только образец теплосчетчика ЭСКО МТР-06 (в Госреестре СИ РБ отсутствует) реально соответствует всем нормируемым метрологическим характеристикам по каналу расхода, а образец СВТУ-10М (М2) показал хорошие результаты по холодной воде.

Из представленных образцов теплосчетчиков (СВиТ-02; ТЭРМ-02; ТЭМ-05М; SKU-02), выпускаемых в РБ и находившихся в эксплуатации, не

подтвердили значения нормируемых метрологических характеристик по каналу расхода, как по холодной воде, так и горячей, исключением SKU-02 (по холодной воде).

Проведение первого этапа сравнительных испытаний официально показало недостаточное качество эксплуатируемого в настоящее время парка приборов. Как указывалось выше УП «Минсккоммунтеплосеть» в первую очередь заинтересовано в качестве приборов учета тепловой энергии, т.е. соответствия их заявленным метрологическим характеристикам на местах эксплуатации, а также снижению трудоемкости при проведении периодической поверки и технического обслуживания теплосчетчиков. На основании вышеизложенного руководство предприятия определило следующие мероприятия для достижения поставленных задач:

- участвовать в проведении испытаний выпускаемых теплосчетчиков методом подконтрольной эксплуатации;

- внедрять на объектах предприятия типы теплосчетчиков, которые положительно зарекомендовали себя на испытаниях, т.е. отвечают техническим и метрологическим требованиям предприятия, а также рекомендовать их для установки на теплоузлах потребителей.

Также в настоящее время очень сложно и трудоемко проходит процесс по периодической поверке теплосчетчиков и их техническому обслуживанию. Основным фактором этой проблемы является разработка производителями теплосчетчиков проливных установок, программного обеспечения для калибровки и поверки, а также методик поверки ориентируясь на конструктивные особенности своего теплосчетчика. То есть каждый тип теплосчетчика проходит поверку на специальном стендовом оборудовании, разработанном только для своего типа. А так как перечень приборов учета тепловой энергии в Реестре РБ включает около 40 модификаций приборов учета, то дальнейшая разработка приборов, ориентированных на специальные стенды, будет приводить только к увеличению затрат на их поверку и обслуживание. Поэтому при разработке теплосчетчиков необходимо реализовывать возможность проведения калибровки и поверки через стандартный интерфейсный выход единой формы.

Это позволяет поверять теплосчетчики различных типов на универсальных проливных установках с минимальными трудозатратами, по единой (типовой) методике поверки. Кроме того появится возможность создать и внедрить автоматизированную систему коммерческого учета производства и распределения теплосчетчиков.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКИХ УЗЛОВ УЧЕТА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Ю.С. Милейковский,
технический директор ЗАО «ЭСКО 3Э»

1. Итоги сравнительных испытаний теплосчетчиков в условиях максимального приближения к эксплуатационным, которые были проведены в г. Витебске Белорусским государственным институтом метрологии в мае-июне 2005 г.

1.1. Учет тепловой энергии основан на измерении параметров теплоносителя, которое должно проводиться с нормированной точностью. Программа эффективного использования энергетических ресурсов не может быть в полной мере реализована без средств измерений (СИ), которые позволяют дать численную оценку их качественного и количественного использования. В области теплотехнических измерений такими СИ являются теплосчетчики. Наиболее критичными с точки зрения погрешности были признаны измерения теплосчетчиков, связанные с определением накопленного объема (расхода) теплоносителя. Контроль точности приборов по каналу измерения расхода теплоносителя является ключевым моментом обеспечения правильности учета. Изготовители приборов в стремлении повысить потребительские свойства своей продукции на стадии продажи стараются увеличить ее межповерочные интервалы (МПИ) и их метрологические характеристики (МХ). Указанные характеристики (МПИ и МХ) присваивают типу теплосчетчика в процессе соответствующих государственных испытаний на ограниченном количестве образцов. Накопленный опыт эксплуатации теплосчетчиков показал, что указанные испытания и последующая поверка не может в полной мере являться гарантией отсутствия брака в производстве серийной продукции, поскольку, как правило, проводится в условиях отличных от реальных условий эксплуатации в режиме ускоренного теста.

1.2. В результате предварительных исследований были выявлены следующие факторы влияния на метрологические характеристики каналов измерений расхода теплоносителя, которые могут изменять существенно погрешность теплосчетчи-

ка, но не оцениваются операциями поверки:

- изменение места эксплуатации;
- наличие на месте эксплуатации несимметричной эпюры скоростей теплоносителя, вызванной местными сопротивлениями, которые находятся за пределами нормируемой длины прямых участков;
- изменение температуры и солевого состава теплоносителя;
- засорение измерительной камеры продуктами коррозии.

1.3. С целью определения влияния вышеназванных факторов влияния по поручению Госстандарта РБ (письмо № р03-1999 от 30.12. 2004г) были подготовлены и проведены выборочные сравнительные испытания каналов измерений расхода теплоносителя теплосчетчиков под руководством Республиканского унитарного предприятия «Белорусский государственный институт метрологии» (РУП «БелГИМ»). Испытания были проведены в соответствии с установленным графиком с 23 мая по 2 июня 2005г.

1.4. На испытания были приглашены все ведущие Изготовители теплосчетчиков (всего 19 фирм России, Белоруссии и Украины). На испытания также были приглашены ведущие метрологические и энергетические предприятия России и Белоруссии.

1.5. К величайшему сожалению, в добровольном порядке изъявили желание принять участие в сравнительных испытаниях только следующие фирмы:

- ООО «Семпал-Бел» (теплосчетчик СВТУ-10М) — Украина;
- ООО «ТБН Энергосервис» (теплосчетчик КМ-5) — Российская Федерация;
- ЗАО «Энергосервисная компания 3Э» (теплосчетчик ЭСКО-Т) — Российская Федерация.

1.6. Организаторы испытаний в соответствии с утвержденным РЕГЛАМЕНТОМ приняли решение провести за свой счет испытания образцов продукции белорусских Изготовителей теплосчетчиков ТЭМ-05М, ТЭРМ-02, SKU-02 и СВиТ-

02, поскольку указанные СИ являются основными типами теплосчетчиков на коммерческих узлах учета Республики Беларусь. Образцы указанных типов теплосчетчиков были сняты с узлов коммерческого учета Организаторов испытаний. При выборе образцов СИ Организаторы испытаний руководствовались следующими критериями:

- межповерочный интервал СИ не должен быть просрочен;
- СИ должен быть отградуирован Изготовите-

ре соответствовал по результатам своих испытаний требованиям нормативной документации. Образцы теплосчетчиков ТЭРМ-02 (электромагнитный, Изготовитель СП ООО «Термо-К, РБ) и СВигТ-02 (ультразвуковой, Изготовитель ОАО «МПОВТ», РБ) были признаны по результатам испытаний полностью негодными для целей коммерческого учета. По остальным образцам испытуемых теплосчетчиков были начислены балы качества, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Итоговая таблица оценок качества измерений по результатам сравнительных испытаний теплосчетчиков

№ п/п	Наименование СИ	Экспериментальная оценка качества МХ СИ, (баллы) $\Sigma СИ_{\text{ПРОГ}}$	Дополнительные оценки качества МХ СИ (баллы)				Результирующая оценка МХ СИ (баллы) $\Sigma \Sigma СИ_{\text{ПРОГ}}$
			$\Sigma СИ_{\Delta G}$	$\Sigma СИ_{\Sigma}$	$\Sigma СИ_{\Gamma}$	$\Sigma СИ_{\Delta t}$	
1	Идеальный канал измерений расхода по СТБН ЕН 1434 $ \delta_{л,л} = \left(1 + 0,01 \frac{G_{\text{max}}}{G_i}\right), \%$	59	55	16	16	4	150
2	ЭСКО МТР-06	90	70	0,0	18	7	185
3	ЭСКО-Т-2	40	16	0,0	15	-1	70
4	СВТУ-10М(М2)	50	21	0,0	-6	2	67
5	SKU-02	45	-1	10	1	-3	52
6	ТЭМ-05М	17	1	16	12	-4	42
7	КМ-5	2	7	0,0	12	-1	20

Примечания:

1. $\Sigma СИ_{\Delta G}$ - Дополнительная оценка за фактический диапазон измерений, достигнутый в результате испытаний
2. $\Sigma СИ_{\Sigma}$ - Дополнительная оценка (повышающий коэффициент), который учитывал, что теплосчетчик был снят с действующего объекта эксплуатации.
3. $\Sigma СИ_{\Gamma}$ - Дополнительная оценка, которая учитывала степень воздействия на теплосчетчик несимметричных потоков теплоносителя.
4. $\Sigma СИ_{\Delta t}$ - Дополнительная оценка, которая учитывала устойчивость результатов измерений теплосчетчика к температуре теплоносителя.

лем в первый раз при выпуске из производства; образец должен соответствовать по возможности новейшим моделям испытуемого типа СИ.

1.7. В результате испытаний оказалось, что все вышеперечисленные факторы влияния существенно воздействуют как на теплосчетчики с электромагнитными преобразователями расхода, так и на теплосчетчики с ультразвуковыми преобразователями расхода. В результате оказалось, что только теплосчетчик ЭСКО МТР-06 в полной ме-

1.8. «Сравнительные испытания теплосчетчиков поставили точку на некоторых общепринятых заблуждениях, которые легли в основу доброго десятка нормативных документов по приборам учета. Например, считалось, что погрешность теплосчетчика носит систематический характер, а потому многократные измерения при его поверке не требуются. Следствием этого достаточно умозрительного заключения явилось также требование о подборе «согласованных» пар каналов из-

мерений расхода для контроля над утечками теплоносителя по разности результатов измерений массы теплоносителя на прямом и обратном трубопроводе. Можно привести еще ряд подобных заблуждений, которые, по сути, дезориентировали метрологические службы в плане обнаружения брака в выпускаемых средствах измерений. Беспристрастный эксперимент показал, что у теплосчетчиков погрешность носит случайный характер, а систематические эффекты в результатах его измерений в той или иной степени привязаны к конкретным условиям его эксплуатации».

1.9. Следует отметить, что всем потенциальным участникам испытаний за 4-ре месяца до их начала были разосланы проекты ПРОГРАММЫ и РЕГЛАМЕНТА испытаний. Ни одного существенного замечания на указанные документы не было получено, что уже говорит о высоком качестве их разработки. На испытаниях были обеспечены беспрецедентные меры по устранению возможных фальсификаций или незаслуженных предпочтений какому-либо типу теплосчетчиков. Все участники обладали в полной мере всей информацией по результатам измерений ежедневно и обладали всеми правами взаимного контроля в процессе экспериментальных исследований. Не было ни одной обоснованной официальной жалобы на Отчет РУП «БелГИМ», который был опубликован по результатам сравнительных испытаний.

Примечание — Более подробно с материалами испытаний можно ознакомиться, прочитав ПРОГРАММУ и РЕГЛАМЕНТ сравнительных испытаний, а также ОТЧЕТ РУП «БелГИМ» по их результатам.

2. Принципиальные причины неудовлетворительного качества теплосчетчиков и систем регулирования отпуска тепловой энергии и предложения по их устранению.

2.1. Испытания практически подтвердили принципиальную невозможность обеспечения теплосчетчиков долговременных качественных измерений в диапазоне более чем 1:100. Это значит, что даже у самых продвинутых и сравнительно дорогих изделий минимальное значение расхода не может отличаться от максимального значения более чем в сто раз. Более того, по результатам многочисленных предварительных неформальных исследований оказалось, что подавляющее

большинство теплосчетчиков могут обеспечивать долговременные метрологические характеристики только в диапазоне измерений по расходу не более чем 1:10. Основной причиной являются экстремальные условия их эксплуатации и реальные возможности технологии измерений. В частности отложения продуктов коррозии и накипи в измерительной камере преобразователя расхода теплосчетчика, которые можно устранить либо кардинальным улучшением качества сетевой воды, либо выбором типоразмера таким образом, чтобы скорости теплоносителя в измерительном сечении находились в пределах 0,5...10 м/с.

Примечание — На практике указанное требование может вступить в противоречие с действующей нормативной документацией по устройству тепло и водопользующих систем, которые требуют поддержание скорости воды в трубопроводах менее 0,5 м/с (для устранения шума). На самом деле измерительные сечения теплосчетчиков на трубопроводе следует рассматривать как местные сопротивления, которые не создают шума при выполнении элементарных технических требований.

2.2. Откуда взялась потребность в теплосчетчиках с широким диапазоном измерений (1:100, 1:200, 1:300, 1:500, 1:1000)? Ведь нагрузка на отопление меняется в диапазон не более, чем 1:3. Отчет РУП «БелГИМ» (см. приложение Н) отвечает на этот вопрос однозначно. При наличии системы горячего водоснабжения в межотопительный период расход теплоносителя может изменяться на подобных узлах учета именно в таких широких диапазонах. Причиной тому нерациональное проектирование технологических систем ГВС и систем регулирования ее температуры. К примеру, имеется ГВС, у которой максимальная нагрузка — 2 Гкал/ч, средняя — 1 Гкал/час, минимальная — 0,0 Гкал/час. По условиям обеспечения пиковых нагрузок при сложившихся подходах нам необходимо выбрать скоростные теплообменники из расчета обеспечения максимальной мощности (экономически дорогое решение). Вполне понятно, что применение регулятора температуры, который обеспечивает расход греющего теплоносителя адекватно тепловой нагрузке (ПИД-регуляторы), приводит к требованию о бесконечно широком диапазоне измерений.

3. Принципиальные методы построения узлов учета и регулирования тепловой энергии, выбор теплосчетчиков по критериям цена-

качество с точки зрения экономической целесообразности их применения.

3.1. В принципе, диапазона 1:10 (даже 1:5) вполне хватает для обеспечения качественного учета на коммерческом узле при его рациональном проектировании. Проектировщики просто должны поставить себе целью разработать такое техническое решение, которое обеспечивает указанный диапазон измерений теплосчетчика на узле учета. В отчете РУП «БелГИМ» (см. приложение Н) приведен пример подобного решения. В указанных целях в систему ГВС встраивается аккумулятор тепловой энергии в виде емкости расчетного объема, работающей под избыточным давлением. Дополнительные расходы с лихвой окупаются уменьшением затрат на теплообменник меньшей мощности (1 Гкал/час в рассматриваемой системе), более простую систему регулирования и кардинального повышения качества измерений. Пример подобного технического решения приведен на рис. 1.

3.2. В силу указанных причин, следует обратить внимание на недопустимость выбора типоразмеры теплосчетчиков, у которых возможная скорость теплоносителя в измерительном сечении менее 0,5 м/с. Представляется целесообразным относиться к теплосчетчику прежде всего как к средству измерений, т.е. как, например, к электросчетчику. Все, что связано с накоплением, передачей и представлением результатов измерений, по сути, теплосчетчиком не является – это сервисные системы, которые аттестуются по принципиально другим требованиям. В противном случае мы получим источники бесперебойной, безотказной и правдоподобной дезинформации. Требования лиц, которым в России поручен выбор теплосчетчика, иногда доходят до абсурда. Порой приходится слышать у вас плохой теплосчетчик, потому что у него нет GCM-модема. Кто-то отвергает теплосчетчик лишь потому, что

ему не нравится форма распечатки архива измерений теплосчетчика. Такому специалисту невдомек, что архивы не являются метрологически освидетельствованной функцией уже в силу того, что нет экономически оправданных методов корректной проверки правильности их накопления у серийно выпускаемой продукции.

3.3. Основным критерием при выборе теплосчетчика в процессе тендера является его цена. При этом тендерная комиссия нигде не учитывает, по меньшей мере, следующих факторов:

- какую сумму сэкономит более точный теплосчетчик;
- во сколько обходиться его монтаж и последующее техническое обслуживание.

Поясню на примере. Предположим, мы платим 10000 \$ США в месяц по расчетной нагрузке. Возможная погрешность подобных расчетов –20 % (допустимые потери 2000 \$ США). У нас выбор между теплосчетчиком за 1500 \$ США с погрешностью 2,0 % (допустимые потери 200 \$ США) и теплосчетчиком за 750 \$ США с погрешностью 4,0 % (допустимые потери 400 \$ США).

Предположим, что среднегодовые затраты на монтаж и техническое обслуживание составляют:

- первого теплосчетчика – 2500 \$ США;
- второго теплосчетчика –1500 \$ США

Если срок окупаемости в течение одного года для нас устраивает, то нетрудно подсчитать, что цена первого теплосчетчика оказывается экономически приемлемой, если она больше чем у второго теплосчетчика на 1350 \$ США, т.е составляет 2100 \$ США. Таким образом, первому теплосчетчику, безусловно, следует отдать предпочтение, хотя при существующих подходах преимущество безусловно будет отдано второму теплосчетчику.

Экономические расчеты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Средство учета	Стоимость	Среднегодовые расходы на монтаж и техническое обслуживание	Экономический эффект от качества измерений по сравнению с расчетным	ИТОГО экономический эффект
1. Теплосчетчик №1	-\$1 500	-\$1 800	\$17 600	\$14 300
2. Теплосчетчик №2	-\$750	-\$1 500	\$15 200	\$12 950
Итого экономическое преимущество ТС №1 по отношению к ТС№2				\$1 350

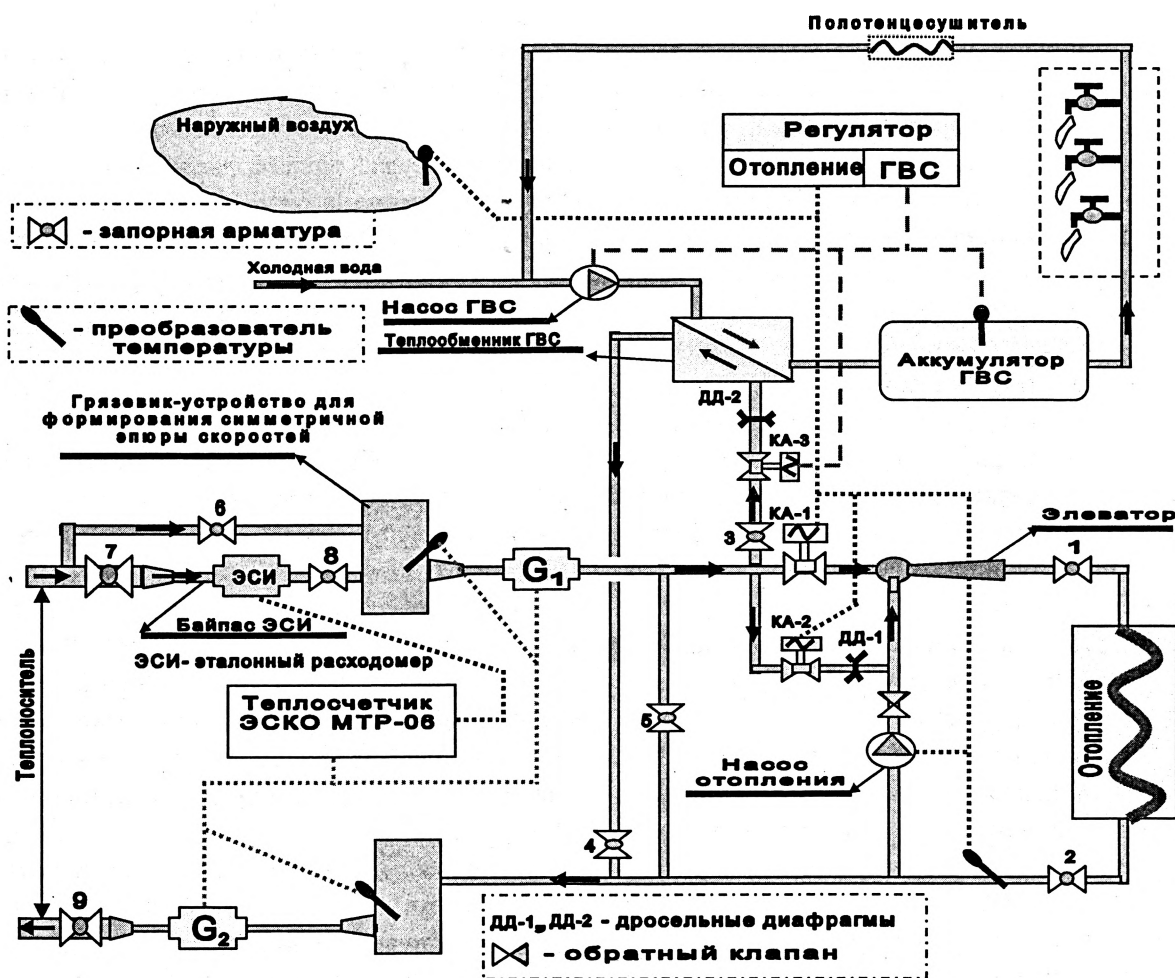


Рисунок 1

"Пример схемы принципиальной узла учета и регулирования ИТП с теплосчетчиком ЭСКО МТР-06"

Займствовано из отчета РУП "БелГИМ"

Примечание. Система ГВС соединена с потребителем посредством аккумулятора тепловой энергии горячей воды. Регулятор температуры горячей воды в этом случае работает как простейшее позиционное устройство. Измеряет температуру воды в аккумуляторе и при достижении расчетных значений прекращает подачу теплоносителя на подогреватель ГВС с помощью простейшего устройства (например, нормально-закрытого электромагнитного клапана КА-3). Инерционная система отопления тоже работает по принципу ступенчатого регулирования. В период качественного регулирования на нормально открытый клапан КА-1 регулятор подает электрическое напряжение, и клапан беспрепятственно пропускает теплоноситель к элеватору. В период «верхней» срезки температурного графика регулятор может открыть нормально-закрытый клапан КА-2 для подъема температуры теплоносителя, поступающей потребителю из теплосети. В период «нижней» срезки температурного графика регулятор имеет возможность закрыть клапан КА-1, открыть клапан КА-2 с меньшей пропускной способностью, а также включить насос отопления для должного смещения теплоносителя из прямого и обратного трубопровода. Таким образом, осуществляется ступенчатый переход на заведомо сниженный режим отопления. В качестве контролируемого параметра при указанном способе регулирования выступает температура обратного (охлажденного) теплоносителя. Переход на заведомо сниженный режим отопления регулятор может осуществлять в случаях, когда необходимо обеспечить пиковый максимум системы ГВС. Инерционность системы отопления позволяет совершать эту операцию без ощутимых потерь для потребителя. В случаях отключения электрической энергии нормально-закрытые клапаны КА-2 и КА-3 будут обесточены и заперты, насосы ГВС и отопления останутся, но нормально-открытый клапан КА-1 автоматически откроется, обеспечивая стабильную работу элеватора, а значит и всей системы отопления в целом. Следует отметить, что даже такие простые системы теплоснабжения должны рассчитывать и проектировать профессионально подготовленные люди на основе корректных нормативных документов, с должным уровнем теоретических знаний и практического опыта.

3.4. К сожалению, технические характеристики, которые заявляют в настоящее время подавляющее большинство изготовителей, можно подтвердить только на отдельных образцах в «тепличных» условиях испытаний. Вызывает глубочайшее сожаление тот факт, что на территории СНГ даже аккредитация предприятия-изготовителя по системе качества ISO9001 не является гарантией действительного качества серийной продукции. Об этом воочию свидетельствуют результаты сравнительных испытаний. Если для описания создавшейся ситуации использовать аналогию, то окажется, что в подавляющем большинстве нам в действительности продают «Запорожец», который по бумагам проходит как «Мерседес». Поэтому для корректной оценки действительного качества теплосчетчиков необходимо с определенной периодичностью проводить сравнительные испытания в условиях, которые максимально приближены к условиям эксплуатации. Результаты подобных испытаний должны предоставляться в тендерную комиссию для вынесения соответствующих оценок. Отказ Изготовителя участвовать в подобных испытаниях должен быть воспринят тендерной комиссией как его вероятное желание скрыть ненадлежащее качество выпускаемой продукции. Само собой разумеется, что уровень проведения подобных испытаний должен и технически и организационно соответствовать поставленным задачам.

4. Калибровки и корректировка теплосчетчиков непосредственно на месте эксплуатации с помощью эталонных средств измерений в качестве эффективного метода для существенного улучшения результатов их измерений.

4.1. Никому не приходит в голову требовать от недорогих часов среднего качества работать в течение 4-х лет с неизменной погрешностью при том, что условия эксплуатации этих средств измерений несопоставимо лучше условий эксплуатации теплосчетчиков. Мы постоянно сопоставляем результаты измерений часов с сигналами точного времени, т.е. с показаниями эталона. Так почему же эти понятные и вполне рациональные методы не могут быть применены в отношении теплосчетчиков? В указанных целях должны быть созданы сравнительно немногочисленные

узловые горячеводные установки, основная цель которых заключается в выпуске эталонных средств измерений калиброванных в практически эксплуатационных условиях, которые затем с установленной периодичностью могут быть применены на узлах коммерческого учета для целей калибровки и корректировки теплосчетчиков или их элементов. Для простоты назову эти средства высокой точности «эксплуатационными эталонами». Для применения «эксплуатационных эталонов» необходимо модернизировать узлы учета с целью обеспечения возможности их последовательной установки с коммерческими средствами измерений, например, так как это показано на рисунке 1. Необходимо также привести нормативную базу по учету тепловой энергии и теплосчетчикам в соответствии с новыми требованиями. Таким образом, коммерческое средство измерений можно калибровать, т.е. точно градуировать и определять его метрологические характеристики в действительно рабочем диапазоне в условиях реальной эксплуатации на протяжении всего отопительного периода. В рассматриваемом случае назначение межповерочного интервала типу теплосчетчика рассматривается как некая рекомендация пользователю. Пользователь сам на основании результатов периодического инструментального контроля установит межповерочный интервал применяемым средствам измерений. Естественно, что в указанном случае пользователь будет выбирать тот теплосчетчик, у которого стабильность реальных метрологических характеристик выше.

Подобный метод позволит:

- исключить немалые затраты, связанные с периодическим снятием и установкой теплосчетчиков для целей поверки;
- повысить качество измерений теплосчетчиков;
- предоставить пользователю надежный инструмент контроля над качеством измерений теплосчетчиков, а значит, минимизирует возможность программных фальсификаций результатов измерений и повысит уровень доверия к ним;
- снять проблему межповерочного интервала;
- заставить Изготовителя теплосчетчиков более тщательно относиться к проблеме качества выпускаемой продукции;
- избавиться от необходимости в изготовлении

дорогих, многочисленных и малоэффективных холодноводных поверочных установок.

4.2. Особое беспокойство вызывает применение имитационных методов поверки теплосчетчиков большого диаметра. Создалась парадоксальная ситуация когда для поверки теплосчетчиков, через которые фактически проходят огромные финансовые потоки (где каждая доля процента погрешности составляет астрономические суммы) применяются самые неточные методы при определении качества их измерений. При всей внешней наукообразности имитационных методик, следует отметить, что они содержат в своих математических моделях массу сомнительных допущений. Подобные теплосчетчики работают на беспрецедентно малых скоростях теплоносителя, которые не позволяют надеяться, в принципе, на долговременное сохранение качества их измерений. При всем уважении к некоторым представителям этого направления поверки теплосчетчиков следует отметить, что не существует заслуживающих доверия экспериментальных данных, которые подтверждают корректность применяемых имитационных методов. Напротив, имеющиеся данные вскрывают достаточно убогую картину в рассматриваемой области измерений. На мой взгляд, корректное решение этой проблемы лежит в применении на трубопроводах большого диаметра параллельного набора средств измерений одинакового уровня точности. С точки зрения теории погрешности указанный метод обладает метрологическими характеристиками более высокого качества. Ведь никому не приходит в голову поверять 20-ти тонные весы одной гирей. Их поверяют набором гирь одинакового уровня точности. Узлы коммерческого учета большой производительности с параллельным набором теплосчетчиков меньшего диаметра в сочетании со встроенным узлом поверки для периодической установки «эксплуатационных эталонов» является, на мой взгляд, единственным эффективным решением указанной проблемы.

На рис. 2 подобный подход проиллюстрирован на базе теплосчетчика ЭСКО МТР-06. В данном случае для сведения теплового баланса установка счетчиков теплоносителя на обратной магистрали не требуется (непонятно почему этого требуют действующие Правила учета тепловой энергии и теплоносителя). Тем не менее даже в таком варианте гидравлические потери составляют ничтожную величину ($0,4 \text{ кг/см}^2$) с точки зрения преимуществ в качестве измерений, который приоб-

ретает узел учета. В данном случае представляется вполне целесообразным место коммерческих счетчиков на обратной магистрали теплоносителя использовать с установленной периодичностью для «эксплуатационных эталонов».

5. Экономические условия, материальная и нормативно-техническая база для решения задач коммерческого учета тепловой энергии.

5.1. Отсутствие подавляющего большинства российских и белорусских теплоснабжающих организаций на сравнительных испытаниях теплосчетчиков показало их полное безразличие, к вопросам коммерческого учета. Подобному безразличию есть следующие объяснения.

Во-первых, теплоснабжающие организации не имеют возможности самостоятельного выбора наиболее эффективного теплосчетчика. Организации, которым поручен выбор типа прибора учета, экономически не зависят от эффективности работы указанных средств измерений.

Во-вторых, теплосчетчик не является единственным средством, с помощью которого определяется объем отпущенного товара в виде тепловой энергии.

5.2. Для обеспечения экономических условий корректного коммерческого учета необходимо:

- передать узлы учета тепловой энергии в собственность теплоснабжающим организациям, передав им право определения и ответственность за качественный выбор теплосчетчиков;

- внести в тариф за отпущенную тепловую энергию физические величины, которые не может измерить теплосчетчик на узле учета, а именно: теплоту исходной воды и потери теплоты от границы балансовой принадлежности теплосетей до узла учета.

Указанные преобразования создадут экономическую заинтересованность в создании эффективных и адекватных объективной реальности нормативных документов. Эти документы в принципе общеизвестны. Они включают в себя:

- комплект нормативной документации по теплосчетчикам в объеме EN 1434;
- технические условия по устройству узлов учета тепловой энергии;
- правила учета тепловой энергии и теплоносителя;
- методические указания по поверке (калибровке) эксплуатационных эталонных средств;
- методические указания по поверке (калибровке) теплосчетчиков и их элементов на месте эксплуатации;
- методические указания по выбору межповерочного интервала теплосчетчиков по результа-

там инструментального контроля на месте эксплуатации;

методические указания по определению тарифов на тепловую энергию и т.д.

Последовательное и комплексное решение указанных проблем позволит в относительно короткие временные сроки выйти на новый качественный уровень теплосчетчиков и снизить, по меньшей мере, на 20 % уровень сопоставимых цен на тепловую энергию.

занных проблем позволит в относительно короткие временные сроки выйти на новый качественный уровень теплосчетчиков и снизить, по меньшей мере, на 20 % уровень сопоставимых цен на тепловую энергию.

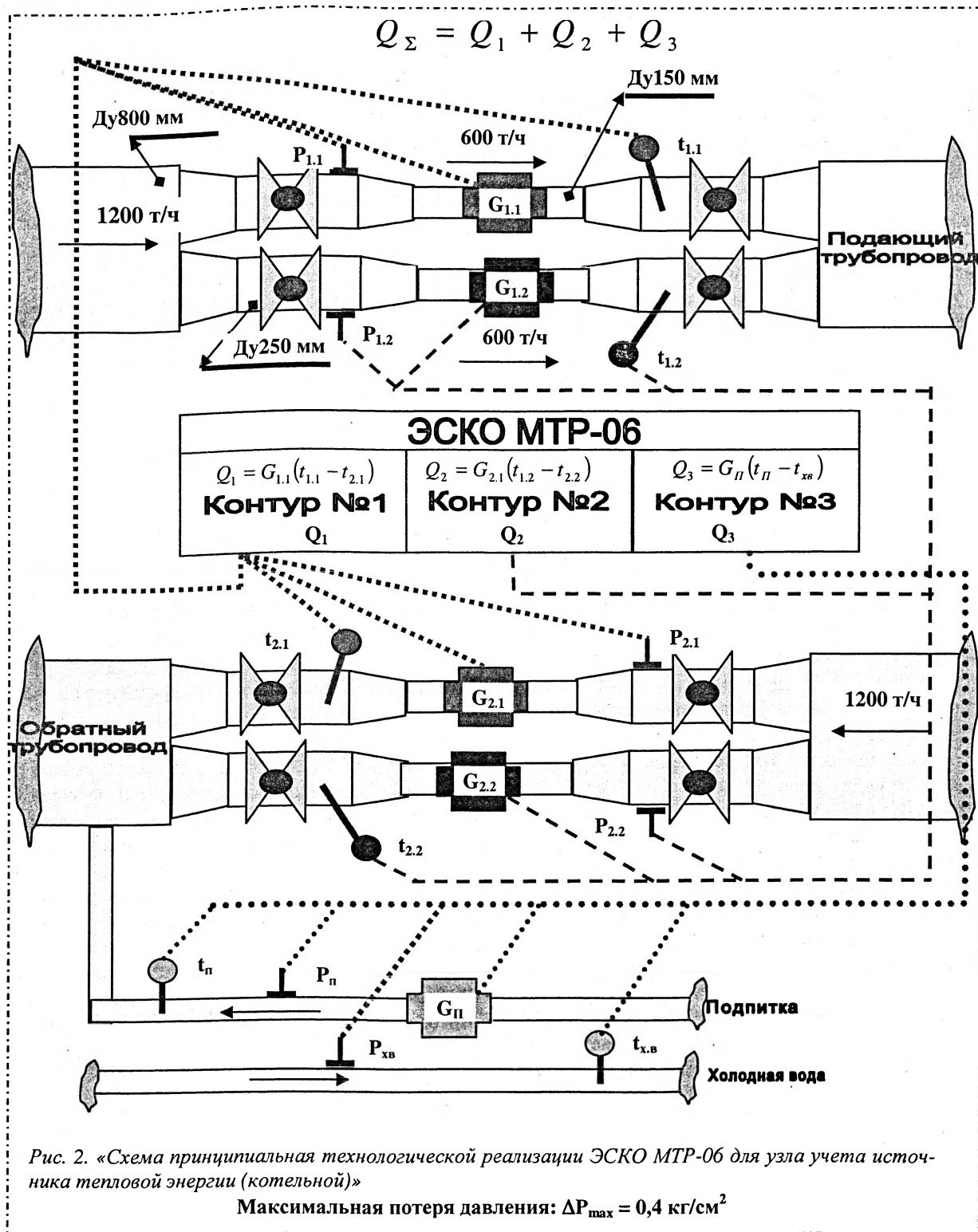


Рис. 2. «Схема принципиальная технологической реализации ЭСКО МТР-06 для узла учета источника тепловой энергии (котельной)»

ОСОБЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Из книги Винников В.А., Каркашадзе Г.Г. «Гидромеханика» (изд-во Московского государственного горного университета, 2003. 302 с.)

Известно, что в понятие «вода» следует включать вещества, состоящие не только из молекул H_2O . Различные комбинации изотопов водорода и кислорода обуславливают существование 36 разновидностей воды. В природной воде 99,7 % — молекулы H_2O , на долю остальных разновидностей молекул воды приходится лишь 0,3 %. Однако это не означает, что влияние других разновидностей молекул на свойства воды пропорционально их доле в общем объеме воды.

Вода - аномальное вещество. Прежде всего, это — единственное вещество на нашей планете, которое при обычных температуре и давлении может находиться в одном из трех агрегатных состояний: твердом (лед), жидком и газообразном (пар). Плавление воды сопровождается не расширением, как у подавляющего большинства жидкостей, а сжатием. Аномально изменяется также плотность воды при возрастании температуры (см. табл. 1). Если при плавлении твердых тел теплоемкость вещества изменяется незначительно, то при плавлении льда она увеличивается скачком более чем вдвое — от 2,052 до 4,224 кДж/кг. Вода имеет аномально большую удельную теплоемкость ($C_p = 4,18$ Дж/(кгК)): примерно в 9 раз больше, чем железо, в 33 раза больше, чем ртуть, в 5 раз больше, чем известняк, и т. д. При нагревании воды ее теплоемкость сначала падает, достигая минимума 4,1809 кДж/кг при температуре 34,5°C, а затем вновь увеличивается. Появление этого минимума объясняется разрушением ассоциаций (групп) молекул воды примерно при этой температуре. Предполагается, что вода представляет собой смесь двух структур: рыхлой льдоподобной и плотно упакованной, и все аномальные свойства воды могут объясняться переходом от одной структуры к другой.

Таким образом, вода, например, в озере при одинаковой температуре воздуха и одинаковом получаемом ею солнечном тепле нагреется в 5 раз меньше, чем сухой песчаный пляж на берегу озера, но во столько же раз вода будет дольше сохранять полученное тепло, чем почва.

При замерзании объем воды увеличивается примерно на 10%. Температура замерзания воды с увеличением давления (до 19,6 МПа) понижается, а затем повышается.

Известно, что перемещение воды в вертикальном направлении в водоемах (с пресной водой) прекращается при 4 °С. При этой температуре вода оказывается стратифицированной: в нижних слоях находится вода с большей плотностью, чем в верхних слоях.

Морская вода замерзает при температуре -1,9 °С. Вода в капиллярах почвы иногда может замерзать и при температуре +4,4 °С.

Вода обладает высокой теплотой испарения ($22,6 \cdot 10^5$ Дж/кг) и скрытой теплотой плавления ($3,34 \cdot 10^5$ Дж/кг). При атмосферном давлении для перехода воды в пар из окружающей среды требуется в 6,75 раза больше теплоты, чем при плавлении льда при том же давлении.

При конденсации влаги (образовании тумана) выделяется значительное количество теплоты. Это используется в установках, создающих искусственный туман; такие установки помимо орошения могут использоваться для предохранения растений от заморозков.

Электропроводность сухого льда и снега гораздо меньше электропроводности воды, причем электропроводность воды сильно зависит от наличия примесей, а на электропроводность льда они влияют очень мало. Электропроводность воды зависит от концентрации растворенных в ней солей. Поэтому электропроводность морской воды на 2-3 порядка больше, чем электропроводность пресной речной воды, и больше примерно в 12000 раз, чем электропроводность химически чистой воды (при 18 °С).

Вода является сильным растворителем. Эта способность воды характеризуется относительной диэлектрической проницаемостью, которая довольно высока и для дистиллированной воды при 0 °С составляет около 87, с ростом температуры она уменьшается — до 55,7 при 100 °С. Для сравнения можно указать, что у большинства других растворителей диэлектрическая проницаемость значительно меньше и меняется от 10 до 50, а у так называемых неполярных жидкостей, вообще не обладающих способностью растворять электролиты, она составляет 2-2,5. Таким образом, по сравнению с воздухом, диэлектрическая проницаемость которого равна 1, эта характеристика воды гораздо больше (для льда она равна 3,2).

Из-за присутствия в воде растворенного воздуха, богатого кислородом, и ряда агрессивных компонентов вода воздействует на материалы, из которых возведены сооружения. При этом может происходить коррозия, в том числе и электрохимическая. Растворенные в воде соли и взвешенные в ней твердые частицы могут привести к «заращению» стенок, например, трубопровода, вследствие чего пропускная способность таких труб может существенно уменьшиться.

Таблица 1

Зависимость плотности воды от ее температуры при нормальном атмосферном давлении

Плотность	Температура t, °C					
	0	2	4	6	8	10
$\rho, \text{кг/м}^3$	999,87	999,97	1000,0	999,97	999,88	999,75
Плотность	Температура t, °C					
	15	20	25	30	35	40
$\rho, \text{кг/м}^3$	999,15	998,26	997,12	995,76	994,13	992,35
Плотность	Температура t, °C					
	50	60	70	80	90	100
$\rho, \text{кг/м}^3$	988,20	983,38	977,94	971,94	965,56	958,65

ЗАДАЧИ

Задача 1.

Можно ли при помощи термометра измерить атмосферное давление?

Решение

Вода закипает при 100°C только при нормальном атмосферном давлении, которое равно 0,1013 МПа. Доведя воду до кипения и измерив ее температуру, можно сравнить атмосферное давление с нормальным. По таблице зависимости давления насыщенных паров воды от температуры при измеренной температуре кипения определяем давление насыщенного пара. Оно равно атмосферному давлению.

Задача 2

В вертикальном цилиндрическом резервуаре диаметром d , равном 3 м, хранится 100 т топлива, плотность которого при 0°C составляет $\rho_0 = 825 \text{ кг/м}^3$. Определить изменение уровня топлива в резервуаре Δh при нагреве топлива от 0 до 30 °C. Принять $\beta_t = 0,0007 \text{ 1/K}$. Расширением резервуара пренебречь.

Решение

$$\text{Объем, занимаемый топливом при } 0 \text{ }^\circ\text{C: } \Omega = \frac{m}{\rho_0} = \frac{100 \cdot 10^3}{825} = 121,21 \text{ м}^3$$

Соответственно изменение объема топлива при изменении температуры на 30°C составит $\Delta\Omega = \beta_t \Delta t = 0,0007 \cdot 121,21 \cdot 30 = 2,55 \text{ м}^3$.

$$\text{Изменение уровня топлива в резервуаре: } \Delta h = \frac{4\Delta\Omega}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 2,55}{3,14 \cdot 3^2} = 0,360 \text{ м.}$$

Ответ: $\Delta h = 0,360 \text{ м}$.

Задача 3

При опрессовке трубопровода (проверке его на прочность при повышении давления) в него закачивается некоторое дополнительное количество воды $\Delta\Omega$. Определить этот объем воды. Диаметр трубопровода $d=0,5 \text{ м}$, его длина $L=4 \text{ км}$, требуемое превышение давления по сравнению с начальным ($\rho_{нач}=98,1 \text{ кПа}$) составляет $\Delta\rho=1 \text{ МПа}$. Считать, что стенки трубопровода не деформируются.

Решение

$$\text{Объем воды в трубопроводе до опрессовки: } \Omega_0 = \frac{1}{4} \pi d^2 L = \frac{3,14}{4} \cdot 0,5^2 \cdot 4000 = 785,4 \text{ м}^3.$$

Из выражения для коэффициента объемного сжатия имеем

$$\beta_\Omega = -\frac{d\Omega}{\Omega d\rho} = \frac{\Delta\Omega}{\Omega_0 + \Delta\Omega} \frac{1}{\Delta\rho} = \frac{1}{2,1 \cdot 10^9} = 4,76 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}.$$

$$\text{Дополнительный объем воды: } \Delta\Omega = \frac{\beta_\Omega \Omega_0 \Delta\rho}{1 - \beta_\Omega \Delta\rho} = \frac{4,76 \cdot 10^{-10} \cdot 785,4 \cdot 10^6}{1 - 4,76 \cdot 10^{-10} \cdot 10^6} = 0,374 \text{ м}^3.$$

Ответ: $\Delta\Omega = 0,374 \text{ м}^3$.

РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

Материалы современной техники	1
Возможности использования лазерных технологий для упрочнения ножей кормоуборочного комбайна КПК-3000	5
Технология упрочнения почворежущих деталей	7
Технология и оборудование для импульсной диффузионной сварки разнородных металлических изделий	10
Восстановление сваркой цельнолитых узлов производственного оборудования	13
Применение азростатов для повышения эффективности средств теле- коммуникаций и мониторинга и других целей народного хозяйства	15
Развитие плазменно-электролитной полировки металлов	22
Восстановление деталей из материала Д16Т методом газодинамического напыления	24

К 60-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ

Из истории авиации. Самолеты союзников Второй мировой войны	28
---	----

СЕМИНАРЫ

Сообщение ОО «БОИМ»	36
Опыт ремонта, поверки и эксплуатации парка приборов учета и контроля на предприятии	36
Новые подходы к решению проблем при организации коммерческих узлов учета и регулирования тепловой энергии	38

ЭТО ИНТЕРЕСНО

Особые свойства воды	46
--------------------------------	----

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, ДАШКОВ В.Н., Ю.М. ЗАХАРИК, А.Б. ЗУЕВ,
С.М. КРАСНЕВСКИЙ, Л.Н. КРУПЕЦ, Д.И. КОРОЛЬКОВ, Г.С. ЛЯГУШЕВ,
Е.И. МЕДВЕЦКИЙ, М.Г. МЕЛЕШКО, И.А. СОЛОДУХА, В.А. ШУРИНОВ**

Компьютерный набор, верстка, дизайн Ходарина Л.П.

Журнал выходит на русском и белорусском языках.

Мнение авторов публикуемых материалов может не совпадать с мнением редакции.

Заказчики несут ответственность за содержание своих объявлений и рекламы.

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

Лицензия ЛП № 02330/0133131 от 30.04.2004 г. Подписано к печати 16.10.2005 г.

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

Тираж 600 экз. Заказ № 184. Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

**ОБЩЕСТВЕННЫМ ОБЪЕДИНЕНИЕМ
«БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ» (ОО «БОИМ»)**

издана серия книг – пособий в помощь персоналу, обслуживающему объекты повышенной опасности.

Книги могут быть использованы для повышения квалификации рабочих и ИТР, служить пособием для учащихся профтехучилищ и техникумов.

- ✿ «В помощь персоналу, обслуживающему котельные установки» (в вопросах и ответах)*
- ✿ «В помощь персоналу, обслуживающему сосуды, работающие под давлением» (в вопросах и ответах). Издание второе, переработанное и дополненное*
- ✿ «В помощь персоналу, обслуживающему трубопроводы пара и горячей воды» (в вопросах и ответах)*
- ✿ «В помощь персоналу, обслуживающему компрессоры, работающие на воздухе и инертных газах» (в вопросах и ответах)*
- ✿ «В помощь персоналу, обслуживающему контрольно-измерительные приборы и системы автоматизации котельных установок, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды» (в вопросах и ответах)*
- ✿ «В помощь персоналу, обслуживающему электроустановки» (в вопросах и ответах).*
- ✿ «В помощь персоналу, обслуживающему газовое оборудование установок для газопламенной обработки металлов» (в вопросах и ответах)*
- ✿ «В помощь персоналу по организации водного режима котлов и очистки их от накипи» (в вопросах и ответах)*
- ✿ «Пособие для стропальщиков» (в вопросах и ответах)*
- ✿ «Пособие по разработке технологических карт для безопасной работы грузоподъемных кранов при выполнении погрузочно-разгрузочных и строительно-монтажных работ»*
- ✿ «Неисправности в работе котельных установок трубопроводов пара и горячей воды, их предупреждение и устранение» (в вопросах и ответах)*
- ✿ Новинка. «Термины и определения по охране труда и промышленной безопасности»
Д.И. Корольков, Л.Н. Кравченко*
- ✿ Новинка. «Обучение персонала действиям по локализации и ликвидации аварий. Оценка уровня безопасной эксплуатации котельных» (практическое пособие). А.Ф. Дядичкин*
- ✿ «Методические указания по составлению паспортов трубопроводов 4-ой категории (МУ 11-02.2000)»*
- ✿ «Механизация процессов химизации в растениеводстве (пособие)»*
- ✿ Вахтенный журнал подъемника*
- ✿ Журнал учета аварий подъемников*
- ✿ Журнал «Инженер-механик» (периодическое издание, подп. индекс для предприятий 001392)*

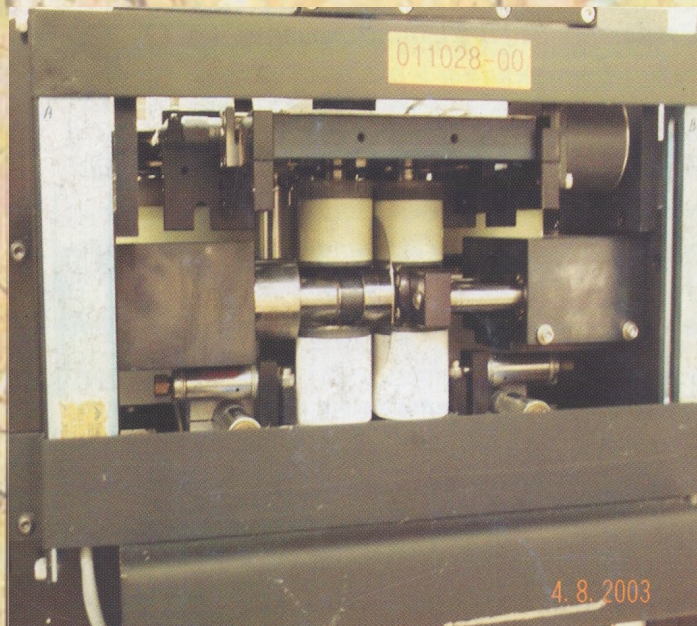
Готовятся к печати:

- ✿ «Справочное пособие работника газового хозяйства». Под ред. И.А. Новик*
- ✿ С.А. Шевцов «Приборы безопасности грузоподъемных кранов»*

Эти книги можно приобрести также в магазинах: «Академкнига», «Подписные издания», книжный магазин «Светоч», «Деловая книга», в г. Минске, «Витебсккнига» в г. Витебске, «Полацк-Светоч» в г. Полоцке, «Гроднокнига», «Ирбис», «Книги и канцтовары» в г. Гродно, «Дружба» в г. Бресте, «Могилевкнига» г. Могилев.

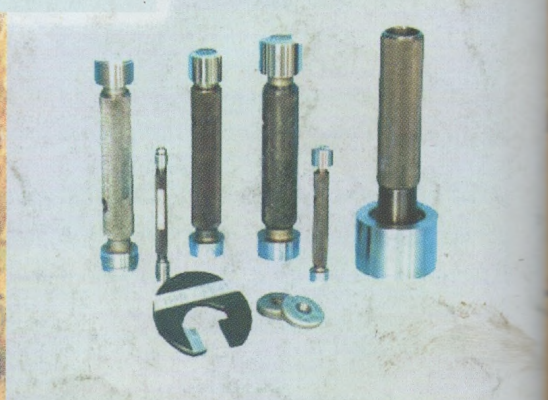
Заявки на приобретение литературы и проведение обучения с указанием количества, расчетного счета и других необходимых реквизитов принимаются по т/ф. 226-73-36, 203-88-80 или по адресу: 220050, г. Минск, ул. Комсомольская, 11 - 4В, р/счет № 3015000002356 в фил. Минского управления АСБ «Беларусбанк» код 601, г. Минск, ул. Романовская слобода, 9, РБ, УНН 100929594, ОКПО 37338001.

РАЗРАБОТКИ БЕЛОРУССКИХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ



*Лента образивного материала
рулонного типа*

*Установка полировки образивным
материалом в виде гибкой ленты
с алмазоподобным покрытием*



Примеры деталей с алмазоподобными покрытиями