

Главный редактор
Б. П. ТУМАНЯН

Научно-редакционный совет:

А. Б. АМЕРИК,
С. В. ДЕЙНЕКО,
Е. А. ЛУКАШЕВ,
Е. А. МАЗЛОВА,
М. Л. МЕДВЕДЕВА,
А. З. МИРКИН,
О. И. СТЕКЛОВ,
В. С. ШУПЛЯКОВ,
Ф. М. ХУТОРЯНСКИЙ

Редакция:

Н. Н. ПЕТРУХИНА (редактор,
ответственный секретарь),
О. В. ЛЮБИМЕНКО (редактор),
В. В. ЗЕМСКОВ (оформление
и верстка)

СОДЕРЖАНИЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

К. К. Сырманова, Т. В. Ривкина, Ж. Б. Калдыбекова, С. А. Сакибаева
ВЕРМИКУЛИТ — ПРИРОДНЫЙ АДСОРБЕНТ 2

И. М. Колесников
ЧЕТВЕРТЫЙ ЗАКОН ДЛЯ ПОТОКА 7

В. М. Капустин, Д. Ю. Махин
ВЛИЯНИЕ ПАРАФИНОВЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ГИДРОФОБНЫЕ
СВОЙСТВА БЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 10

СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

В. П. Каргапольцев
О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ
СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕПЛОСЧЕТЧИКОВ
И ВОДОСЧЕТЧИКОВ..... 14

В. А. Никоненко, А. В. Ермаков, Е. С. Студенок
ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТАЛОННЫХ
ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ТЕРМОМЕТРОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ..... 18

Ю. О. Малышев
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ПЕРЕДАЧИ
ДЛЯ ПОВЕРКИ КОНТАКТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ 22

И. И. Еремин
ФИЛЬТРЫ НА ПОВЕРХНОСТНО-АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ
И ДАТЧИКИ НА ИХ ОСНОВЕ 26

А. Ю. Неделько
СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ С ЦИФРОВЫХ
ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ..... 31

В. В. Рубанов
УСТАНОВКА ТЕПЛОМЕТРИЧЕСКАЯ УТМ-1 34

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Е. Р. Шпербер, Т. Н. Боковикова, Д. Р. Шпербер
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕШЛАМА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ
В КАЧЕСТВЕ ВЫГОРАЮЩЕЙ ДОБАВКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КИРПИЧА..... 38

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Н. А. Гафаров, В. М. Казаков, Е. В. Кондратенко
ВАЖНОЕ УСЛОВИЕ СТАНОВЛЕНИЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА..... 42

ИНФОРМАЦИЯ И СТАТИСТИКА 47

Адрес редакции:

111116, Москва, ул. Авиамоторная, 6.
Тел./факс: (495) 361-11-95.
e-mail: tpps@list.ru

При перепечатке любых материалов
ссылка на журнал
«Промышленный сервис»
обязательна.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации в материалах,
в том числе рекламных, предоставленных
авторами для публикации.

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ
по делам печати, телерадиовещания
и средствам массовой коммуникации.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-44240 от 17.03.2011 г.
ISSN 1815-218X

Подписной индекс в каталоге
агентства «Роспечать» 46831
Материалы авторов не возвращаются.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано ООО «Стринг»
E-mail: String_25@mail.ru

Вермикулит — природный адсорбент

К. К. Сырманова, Т. В. Ривкина, Ж. Б. Калдыбекова, С. А. Сакибаева
Южно-Казахстанский государственный университет

Рассмотрены ионообменные и сорбционные свойства вспученного вермикулита. Выявлено, что вермикулит проявляет высокую катионообменную способность благодаря наличию гетеровалентного изоморфизма в его структуре. Адсорбционные свойства вермикулита зависят от стадии парообразования в межпакетном пространстве и переориентации слюдяных элементов под воздействием давления пара, образующегося при вспучивании.

Представлена модель для разработки и оптимизации условий процесса поризации при получении высокопористых адсорбционных вермикулитов.

Ключевые слова: адсорбция, вермикулит, водопоглощение, вспучиваемость, катионообменная способность, поризация, пористость, порообразование.

Среди технических минеральных сорбентов, предназначенных для широкого использования, в частности, для очистки промышленных выбросов, уменьшения содержания серы и снижения температуры застывания темных нефтепродуктов, очистки и рафинирования растительных масел особого внимания заслуживают адсорбционно-активные материалы природного происхождения. Перспективным источником такого сырья являются слоистые силикаты, в первую очередь вермикулит.

Вермикулит является очень ценным природным материалом. Применение в различных отраслях промышленности термообработанного (вспученного) вермикулита обеспечивает большой экономический эффект. Вспученный вермикулит не гниет, химически инертен, долговечен, стоек к биоповреждению, взрыво-, пожаро- и экологически безопасен, обладает ионообменными и сорбционными свойствами, высокой способностью поглощать и удерживать жидкости и газы.

Мировые запасы вермикулита достаточно велики. Основные месторождения сосредоточены в США, ЮАР, России, Казахстане и других странах. Потребность Казахстана в вермикулите благодаря широкому спектру его применения может составить десятки тыс. т/год. Благоприятны прогнозы экспорта вермикулита, так как единственным производителем экспортного вермикулита является ЮАР, а в Западной Европе промышленных месторождений вермикулита не обнаружено. Цены на вермикулит на мировом рынке быстро повышаются, что можно объяснить выработкой участков с наиболее богатыми и высококачественными рудами, а также появлением новых направлений применения вермикулита в различных отраслях промышленности.

Высокие адсорбционные и ионообменные свойства, легкость получения модифицирован-

ных, в том числе органо-минеральных форм, относительно хорошая кислото- и щелочестойкость обуславливают широкое применение и неугасающий интерес к исследованиям структуры и свойств материалов на основе вермикулита.

Наибольший практический интерес представляют месторождения Иирсу, Жыланды и Кулантау в Южно-Казахстанской области. Содержание вермикулита в руде колеблется в широких пределах — от единиц до 25–35%. Объемная масса вспученного вермикулита составляет 75–200 кг/м³, размер частиц — 0,15–5 мм. При этом до 80% вермикулита имеет размер частиц 0,5–5 мм. Теплопроводность вермикулита составляет 0,1672–0,2508 кДж/(м·ч·град.); показатель хрупкости зерен — от 2 до 30–40%; коэффициент водопоглощения — 400%; коэффициент вспучивания — 4,8–11 (в среднем — 6). По коэффициенту вспучивания вермикулит относится к гидрослюдам со средней степенью гидратации.

Запасы вермикулита, рассчитанные по категории С с объемной массой 200 кг/м³, составляют 0,5 млн т, что эквивалентно 3–3,5 млн м³ вспученного вермикулита. Кроме того, по результатам анализов руды вермикулита установлено, что она содержит и гидробиотит, объемная масса которого составляет 200–460 кг/м³. После обжига руды гидробиотит хорошо извлекается с помощью воздушной сепарации и, несомненно, может найти применение в строительстве и сельском хозяйстве. Содержание гидробиотита в руде составляет 12–13%. С учетом гидробиотита запасы гидрослюды составляют 1 млн т.

Благоприятны экономические и гидрогеологические условия разработки следующих месторождений: 6 км от трассы Алма-Ата–Ташкент, 12 км от железной дороги Алма-Ата–Москва [1]. Химический состав месторождений вермикули-

Табл. 1. Химический состав вермикулитовых руд месторождений Иирсу, Жыланды и Кулантау

Оксиды	Содержание, %, в вермикулитовой руде месторождения		
	Иирсу	Жыланды	Кулантау
K ₂ O	7,5–10,4	5,8–11,5	–
MgO	6,8–11,6	0,4–27,4	15,5–22,8
Al ₂ O ₃	10,2–16,3	9,5–30,6	10,2–12,8
SiO ₂	38,5–44,4	32,7–44,1	37,1–41,5
Fe ₂ O ₃	0,01–0,03	0,14–21,2	6,4–17,2
H ₂ O	0,6–5,5	0,85–4,4	8,3–17,5
FeO	–	2,4–30	1,4–2,8

товых руд Южно-Казахстанской области представлен в табл. 1.

Характеристики вермикулита Кулантаусского месторождения приведены в табл. 2.

Химический состав вспученных вермикулитов месторождений Иирсу, Жыланды и Кулантау приведен в табл. 3.

Диффрактограммы Кулантаусского вермикулита до и после вспучивания приведены на рисунке.

Результаты микроскопических исследований и рентгеноструктурного анализа проб вермикулита Кулантаусского месторождения показали, что его основной составляющей является кочубейт — $(Mg, Fe, Al)_6(Si, Cr)_4O_{10}(OH)_8$ — продукт изменения биотита с пониженным содержанием оксида калия и повышенным содержанием воды, представленный чешуйками бурой слюды. В качестве примесей содержатся кальцит, кристаллы хлорита, кварца. Экспериментальные данные о химическом составе этого вермикулита (см. табл. 3) в основном не противоречат литературным данным [2]. Объектом исследований в данной работе был выбран Кулантаусский вермикулит.

Глинистые сорбенты по особенностям пористой структуры можно классифицировать на три основных типа [3].

1. Слоисто-ленточные минералы. Их основные представители — палыгорскит и сепиолит. Адсорбционные свойства палыгорскита

Табл. 2. Характеристики вермикулита Кулантаусского месторождения

Номер образца	Влажность, %	Степень гидратации, %	Объемная масса, кг/м ³	Содержание вермикулита, %
1	6,2	65	178	30
2	9,0	70	200	35
3	3,7	60	130	28
4	3,1	75	140	26

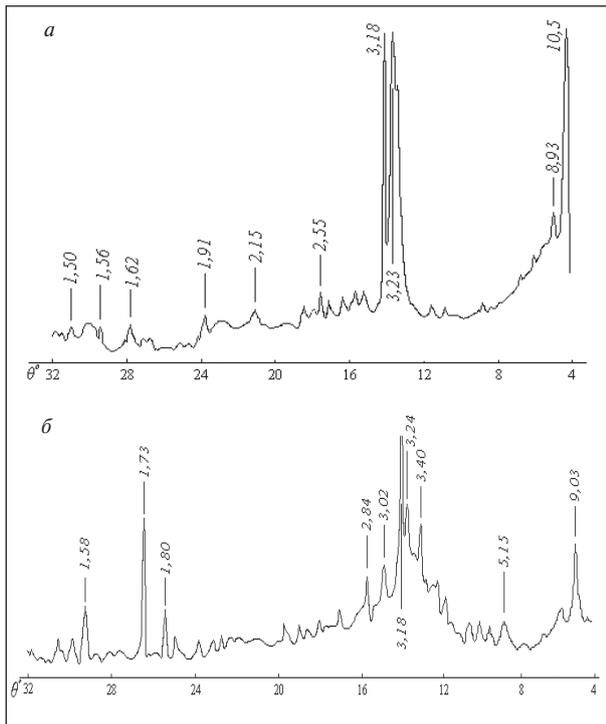
и сепиолита определяются, с одной стороны, цеолитными каналами в структуре размерами соответственно 3,7×6,4 Å и 5,6×11,0 Å (первичные поры), а с другой — пористым пространством пачек, в которые агрегируют игольчатые или волокнообразные частички минералов (вторичная пористость).

2. Слоистые минералы с жесткой решеткой. Их основные представители — тальк, пирофиллит, гидрослюда, каолинит. Все эти минералы характеризуется наличием только внешней адсорбирующей поверхности, а их пористость обусловлена зазорами между контактирующими частицами. Удельная поверхность и размер переходных пор слоистых силикатов с жесткой решеткой во многом определяются дисперсностью частиц, которая, в свою очередь, зависит от совершенства кристаллической структуры. В текстуре высокодисперсных образцов наряду с переходными порами можно предположить наличие небольшого количества микропор радиусом 10–15 Å.

3. Слоистые минералы с расширяющейся структурной ячейкой. Их основные представители — монтмориллонит и вермикулит. В процессе адсорбции полярных веществ решетка этих минералов в зависимости от типа обменных катионов, электронной и геометрической структуры адсорбата расширяется на 3–12 Å, и в межпакетное пространство внедряется один или несколько молекулярных слоев адсорбируемого вещества. Таким образом, монтмориллонит и вермикулит следует отнести к микропористым сорбентам с изменяющимися в процессе адсорбции размерами пор. Кроме первичной микропористости,

Табл. 3. Химический состав вспученных вермикулитов месторождений Иирсу, Жыланды и Кулантау

Вермикулит месторождения	Содержание оксидов, %							
	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O + Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	H ₂ O	прочих
Иирсу	38,96	1,81	8,41	7,3	0,21	10,88	4,31	28,13
Жыланды	33,82	1,96	21,45	1,15	7,85	14,99	4,75	14,03
Кулантау	37,44	2,10	23,88	1,18	6,01	11,23	10,98	17,18



Дифрактограмма вермикулита:
а — неvspученного; б — вспученного

обусловленной кристаллическим строением, эти минералы имеют вторичные, в основном переходные поры, образованные зазорами между контактирующими частицами. Их радиус, по данным рассеяния рентгеновских лучей под малыми углами и капиллярной конденсации паров, составляет 50–90 Å.

Глинистые минералы, обладая сходными элементами структуры, в то же время различаются способом их сочленения в пакеты, природой и энергией связи между последними, характером заселения тетраэдрической и октаэдрической сеток и целым рядом других более тонких структурных особенностей. Все это, несомненно, и обуславливает наблюдающееся на практике разнообразие коллоидно-химических свойств отдельных представителей рассматриваемой группы силикатов, так как свойства любого дисперсного материала во многом определяются именно строением составляющих его дисперсных частиц.

Ниже рассмотрены две основные причины, обуславливающие емкость катионного обмена глинистых минералов.

1. Замещение четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием в тетраэдрических сетках и трехвалентного алюминия ионами низкой валентности, обычно магнием, в октаэдрических сетках. Это приводит к появлению

отрицательного нескомпенсированного заряда структурной ячейки. Он может уравниваться противоположным по знаку зарядом, возникающим, например, в результате замены части структурных атомов кислорода гидроксильными группами, или, что характерно для диоктаэдрических слоистых силикатов, занятием катионами некоторых вакантных октаэдрических позиций. Однако чаще всего возникающий отрицательный заряд решетки компенсируется внеструктурными обменными катионами. Последние располагаются в основном на базальных плоскостях частиц глинистых минералов.

2. Разрыв химических связей в тетраэдрических и октаэдрических сетках кристаллов глинистых минералов, который в конечном счете приводит к появлению на их боковых гранях гидроксильных групп, водород которых при определенных условиях может вступать в реакцию обмена.

Гидроксильные группы, расположенные на боковых гранях кристаллов и связанные с атомами кремния, можно считать близкими по свойствам к поверхностным гидроксильным группам кремнезема. При рассмотрении причин катионообменной способности глинистых минералов, очевидно, речь должна идти не о выборе между двумя указанными механизмами ионного обмена, а скорее о той роли, которую оба они играют в определении емкости катионного обмена того или иного представителя этой группы силикатов.

Вермикулит характеризуется существенно большими размерами кристаллов, поэтому количество ≡Si–OH-группировок на его внешней поверхности, способных обменивать свои протоны, в расчете на 1 г образца будет меньше. Если учесть, что плотность избыточного отрицательного заряда решетки вермикулита в 1,3–1,5 раза больше, чем монтмориллонита, то доля поверхностных гидроксильных групп, связанных с атомами кремния, в его емкости катионного обмена составляет, несомненно, меньше 15%.

Таким образом, основной причиной катионообменной способности минералов с расширяющейся структурной ячейкой является гетероэдральный изоморфизм в структуре.

При производстве пористых адсорбентов одной из основных задач является обеспечение их высокой пористости, характеризующейся также однородностью распределения пор по объему слоя. Эти требования определяют выбор способа и параметров процесса формования, а также тип пористой структуры и свойства изделий. От реологических характеристик связующего при

производстве пористых материалов с ячеистой структурой из вязкотекучих композиций путем вспучивания зависят расход связующего, продолжительность циклов перемешивания и формования [4]. Обеспечение оптимальных режимов процессов поризации и достижение необходимого геометрических характеристик адсорбционного слоя требуют знания особенностей формирования структуры слоя.

Регулирование реологических свойств высокопористых адсорбентов при их получении стремятся осуществлять комплексом различных приемов: внешними воздействиями на структурированные смеси, в частности вибрацией, вызывающей тиксотропный эффект, введением поверхностно-активных веществ, изменением температуры и т. д. Необходимость такого комбинирования приемов обусловлена тем, что ни один из них не лишен недостатков [3, 5].

В качестве порообразователей применяют воду, легколетучие жидкости, выгорающие твердые добавки. Для удаления порообразователя можно использовать процессы его испарения или выжигания, происходящие при средне- или высокотемпературном воздействии. При использовании выгорающих добавок образуется, как правило, ячеистая пористая структура, при использовании легколетучих жидкостей — пористо-капиллярная.

Если известны массовые концентрации порообразователя в материале C_p и структурообразующего материала C_m , пористость ε образующегося материала можно рассчитать по формуле:

$$\varepsilon = \frac{C_p / \rho_p}{C_p / \rho_p + C_m / \rho_m},$$

где ρ_p и ρ_m — плотности соответственно порообразователя и структурообразующего материала.

Способ неплотной упаковки используют при изготовлении волокнистых и зернистых высокопористых материалов. Применительно к волокнистым материалам этот способ основан на свойлачиваемости, т. е. на перепутывании волокон и удержании приданной изделию формы благодаря трению и зацеплению волокон между собой [2, 4]. В результате получают волокнистую пористую структуру, характеристики которой зависят от толщины и длины применяемых волокон, а сохранение первоначальных свойств — от упругости волокон. Увеличение общей пористости предопределяется, прежде всего, использованием зерен монофракционного состава, а уменьшение характерного размера пор — снижением их среднего размера.

Одним из наиболее широко применяемых способов поризации является вспучивание. Этот способ основан на выделении газов в пластично-вязкой массе или введении в нее газовой фазы в виде водорода, кислорода, диоксида углерода, паров воды, воздуха, изопентана, фреона и др. В результате насыщения массы газовой фазой увеличивается ее объем — происходит вспучивание (вспенивание). Образуется дисперсная система — газ в жидкости, твердеющая при дальнейшей технологической обработке. При вспучивании формируется ячеистая пористая структура, общий объем пор которой зависит от количества введенного и удержанного массой газа. Решающее влияние на показатели пористой структуры оказывают реологические характеристики пористых масс. Общим для всех разновидностей вспучивания является пластично-вязкое состояние поризуемых масс в период их поризации, т. е. поризуемые массы должны обладать способностью необратимо деформироваться (течь) без разрыва сплошности.

Существует единственный материал, вспучивание которого происходит без перехода в пластично-вязкое (пиропластическое) состояние — вермикулит. При этом образуется пластинчатая пористость в результате раздвижки пластинок слюды межпакетной водой, переходящей в парообразное состояние при нагревании частиц вермикулита до температуры 900–1100°C в потоке воздуха в трубчатых печах. Поэтому описание структуры пористого материала на основе вермикулита требует применения динамических моделей, включающих стадии парообразования в межпакетном пространстве и переориентации элементов слюды под действием давления образующегося водяного пара.

Для вермикулита временную эволюцию пористости при вспучивании можно описать логистической функцией вида:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{\varepsilon_1}{1 + \exp(-t/\tau)},$$

где ε_0 — начальная пористость до процесса вспучивания; ε_1 — «ресурс» пористости, обусловленный переориентацией, раздвижкой и короблением пластинок слюды; τ — характерное время интенсивного вспучивания, зависящее от теплового режима.

Основная задача, таким образом, сводится к определению двух характеристик слоя: минимальной поверхности адсорбции σ , которая связана с пористостью слоя, и фрактальной размерности D , которая зависит от размера и способа укладки гранул. Отсюда можно получить

оценку фрактальной размерности вспученного вермикулита. Из условия завершения процесса вспучивания $t \approx \tau$ имеем:

$$\ln \left[\frac{\varepsilon_1}{(l_1/l_2)^{3-D} - \varepsilon_0} - 1 \right] = -1,$$

где l_1, l_2 — общая длина пор до и после вспучивания.

В результате получаем:

$$D \approx 3 - \frac{\ln \left(\frac{\varepsilon_1}{1,4} + \varepsilon_0 \right)}{\ln(l_1/l_2)}.$$

В целом образующийся пористый слой представляет собой кластер, характеризуется двумя параметрами: средним радиусом развитой адсорбции \bar{r}_N и шириной активной зоны ψ . При больших количествах составляющих слой частиц N из фрактальной теории следует соотношение [6]:

$$\bar{r}_N \sim N^\gamma - N^{1/D},$$

где γ — показатель, зависящий от характерной длины.

Выражение для ширины активной зоны определяется фрактальной теорией как среднее расстояние между ветвями кластера [7]:

$$\psi \sim \bar{r}_N^{-(3-D_F+\chi)/2},$$

где χ — показатель внутренней анизотропии слоя адсорбента.

В качестве характеристики длины может использоваться толщина слоя адсорбента.

Фрактальная размерность кластера определяется физико-химическими характеристиками и условиями образования пористого слоя. Критический показатель γ и степень анизотропии χ могут зависеть как от физико-химических характеристик взаимодействующих веществ, так и от геометрических характеристик слоя.

Описанная модель отличается достаточной общностью и может использоваться для разработки и оптимизации условий процесса поризации при получении высокопористых адсорбционных вермикулитов, которые благодаря своему химическому составу обладают высокими адсорбционными свойствами.

Литература

1. Поляков В. В., Клименко П. Л. Результаты поисково-разведочных работ вермикулита в Южном Казахстане // В кн.: Исследование и применение вермикулита. — Л.: Наука, 1999. — С. 44–49.
2. Сырманова К. К., Калдыбекова Ж. Б. Особенности процессов вспучивания Кулантауского вермикулита // Наука и образование Южного Казахстана. — 2005. — № 7 (47). — С. 87–90.
3. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. — М.: Мир, 1970. — 407 с.
4. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. — М.: Химия, 1981. — 812 с.
5. Aharoni Ch., Evans M. J. B. Fundamentals of Adsorption // In: Proc. IY-th. Conf., Kyoto, 1992. — P. 17.
6. Колосенцев С. Д., Белоцерковский Г. Н., Севрюгов Л. Б. Определение прочностных свойств сорбентов и катализаторов. — Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1978. — С. 19.
7. Тарасевич Ю. И., Овчаренко Ф. Д. Адсорбция на глинистых минералах. — Киев: Наукова думка, 1999. — 351 с.

K. K. Syrmanova, T. V. Rivkina, Zh. B. Kaldybekova, and S. A. Sakibaeva

VERMICULITE — A NATURAL ADSORBENT

Ion-exchanged and sorption properties of heat-treated vermiculite are concerned. It was drawn out, that high cation-exchange capacity of vermiculite is due to heterovalent isomorphism of its structure. Sorption properties of vermiculite depend on vaporization stage in inter-packet space and reorientation of mica elements under the influence of vapor pressure, forming at heat-treating.

The model for development and optimization of specifications of pore formation in the process of high-porous adsorptive vermiculites production is presented.

Keywords: adsorption, vermiculite, water sorption, bloating, cation-exchange capacity, porization, porosity, pore formation.

Четвертый закон для потока

И. М. Колесников
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

На основе термодинамики самопроизвольно и несамопроизвольно протекающих процессов получены уравнения для потока теплоты, энергии и работы в потоке для нестационарных условий.

Ключевые слова: Вселенная, необратимый поток, функция, принцип уравнения.

Вселенная состоит из бесконечной совокупности фазово-открытых систем, взаимодействующих между собой и с окружающей средой. Фазово-открытые системы обмениваются с окружающей средой веществом и энергией и отделены от окружающей среды реальной поверхностью раздела. Внутри фазово-открытой системы могут содержаться отдельные системы, обменивающиеся друг с другом и с окружающей средой веществом и энергией.

Поверхность, отделяющая данную систему от окружающей среды, часто не является четко оформленной плоскостью, как например граница раздела жидкой воды и газовой фазы. Такими же нечетко оформленными фазово-открытыми системами являются звезды, галактики и т. д. Существующая между внутренними частями системы и окружающей средой поверхность или плоскость раздела фаз имеет толщину δ , зависящую от природы фаз.

Фазово-открытые системы непрерывно обмениваются энергией и веществом между внутренними частями и окружающей средой вследствие одновременного и взаимосвязанного протекания самопроизвольных и несамопроизвольных процессов. Саморегулирование таких процессов осуществляется согласно четвертому закону природы, сформулированному профессором И. М. Колесниковым. Этот закон звучит так: «В фазово-открытых системах, взаимодействующих с окружающей средой, одновременно, непрерывно и взаимосвязанно протекают самопроизвольные (СМПП) и несамопроизвольные (НСМПП) процессы, причем самопроизвольные процессы протекают с убылью запаса свободной внутренней энергии и увеличением изменения энтропии, а несамопроизвольные процессы протекают с увеличением запаса свободной энергии и уменьшением изменения энтропии».

Два типа процессов — СМПП и НСМПП — тормозят друг друга, что определяет кинетику протекания термодинамических процессов в фазово-открытых системах и окружающей среде. Четвертый закон природы является абсо-

лютным законом природы. С точки зрения четвертого закона термодинамики, для равновесной термодинамики можно отметить неточность формулировок первого и второго законов термодинамики. Первый закон термодинамики формулируется так: «Подведенная к системе теплота расходуется на увеличение внутренней энергии и на производство работы». Нами предлагается следующая более точная формулировка первого закона термодинамики: «При равновесном подведении энергии к системе (рабочему телу) в форме теплоты она расходуется на повышение запаса свободной внутренней энергии системы и на производство максимальной работы, качество которой равно нулю». Качество работы определяется по разности максимальной работы и потерянной части работы в необратимом процессе. Для первой формулировки уравнение имеет вид:

$$\delta Q = dU + \delta W,$$

где Q — теплота; U — внутренняя энергия; W — работа.

Второй закон термодинамики в формулировке Р. Клаузиуса представляется так: «Теплота не может переходить от холодного тела к теплomu сама собой, даровым процессом» или «Невозможен процесс, единственным результатом которого было бы превращение теплоты в работу». Эти формулировки определяют термодинамику необратимых процессов, так как они негласно отражают неравновесную передачу теплоты от горячего тела к холодному самопроизвольно, теплопередачей. Процесс теплопередачи необратим и относится к кинетике процесса переноса энергии в форме теплоты между двумя телами с разной температурой. Более точным для формулировки второго закона термодинамики является принцип существования энтропии: «В равновесно протекающих процессах приведенная теплота равна изменению энтропии»:

$$\frac{\delta Q}{T} = dS.$$

Более строгим является определение второго закона термодинамики по Н. И. Белоконю: в системах не могут одновременно проходить процессы при полной компенсации прямого процесса обратным (что является научной фикцией). Согласно четвертому закону термодинамики, в любых фазово-открытых системах может только протекать торможение самопроизвольно протекающего процесса несопроизвольно проводимым процессом. Равновесные процессы могли бы протекать при полной компенсации самопроизвольного процесса несопроизвольным и наоборот. Практически такие процессы реализовать невозможно, так как они должны протекать бесконечно долго, с бесконечно малой скоростью как в прямом, так и в обратном направлении.

В развитие термодинамики необратимых процессов необходимо в уравнения классической термодинамики ввести члены, отражающие потери энергии в формах теплоты, внутренней энергии и работы. Реальные фазово-открытые системы можно изобразить в форме, отделенной в двумерном пространстве поверхностью от окружающей среды (см. рисунок).

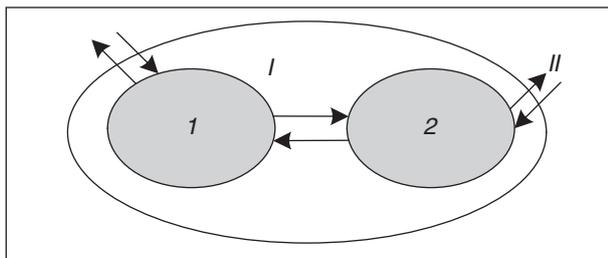
НСМПП, протекающие между частями системы и окружающей средой, могут быть записаны в такой форме:

$$\begin{aligned} \delta Q &= \delta_i Q_{\text{СМПП}} + \delta_i Q_{\text{НСМПП}} + \delta_e Q_{\text{СМПП}} + \delta_e Q_{\text{НСМПП}}; \\ dS &= d_i S_{\text{СМПП}} + d_i S_{\text{НСМПП}} + d_e S_{\text{СМПП}} + d_e S_{\text{НСМПП}}; \\ \delta W &= \delta_i W_{\text{СМПП}} + \delta_i W_{\text{НСМПП}} + \delta_e W_{\text{СМПП}} + \delta_e W_{\text{НСМПП}} \end{aligned}$$

где S — энтропия; i — inter — внутри; e — extra — вне.

Аналитическое выражение первого закона термодинамики для фазово-открытых систем, взаимодействующих с окружающей средой, с учетом само- и несопроизвольно протекающих процессов будет представлять их сочетание и запишется в такой форме:

$$\begin{aligned} \delta_i Q_{\text{СМПП}} + \delta_i Q_{\text{НСМПП}} + \delta_e Q_{\text{СМПП}} + \delta_e Q_{\text{НСМПП}} &= \\ = d_i U_{\text{СМПП}} + d_i U_{\text{НСМПП}} + d_e U_{\text{СМПП}} + d_e U_{\text{НСМПП}} + \\ + \delta_i W_{\text{СМПП}} + \delta_i W_{\text{НСМПП}} + \delta_e W_{\text{СМПП}} + \delta_e W_{\text{НСМПП}} \end{aligned}$$



Фазово-открытая система: I — внутренние части системы, II — окружающая среда

Введем в это уравнение выражение принципа существования энтропии:

$$T dS = Q.$$

Получим главное уравнение термодинамики в новом виде:

$$\begin{aligned} T_i dS_{\text{СМПП}} + T_i dS_{\text{НСМПП}} + T_e dS_{\text{СМПП}} + T_e dS_{\text{НСМПП}} &= \\ = d_i U_{\text{СМПП}} + d_i U_{\text{НСМПП}} + d_e U_{\text{СМПП}} + d_e U_{\text{НСМПП}} + \\ + \delta_i W_{\text{СМПП}} + \delta_i W_{\text{НСМПП}} + \delta_e W_{\text{СМПП}} + \delta_e W_{\text{НСМПП}} \end{aligned} \quad (1)$$

В этом уравнении не представлены члены, отражающие потери энтропии и внутренней энергии. Эти члены имеют вид $dS_{\text{пот}}$, $dU_{\text{пот}}$ и $\delta W_{\text{пот}}$.

Уравнение (1) можно продифференцировать по времени $d\tau$, что позволит получить уравнение в такой форме:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\tau} \left[\left(\frac{T_i d_i S_{\text{СМПП}}}{T_i d_i S_{\text{НСМПП}}} + 1 \right) d_i S_{\text{НСМПП}} + T_i d_i S_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} + T_i d_i S_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} \right] + \\ \frac{d}{d\tau} \left[\left(\frac{d_e S_{\text{СМПП}}}{d_e S_{\text{НСМПП}}} + 1 \right) d_e S_{\text{НСМПП}} + d_e S_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + d_e S_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} \right] = \\ = \frac{d}{d\tau} \left[\left(\frac{d_i U}{d_i U} + 1 \right) dU_{\text{НСМПП}} + dU_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + dU_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} + \right. \\ \left. + \left(\frac{d_e U_{\text{СМПП}}}{d_e U_{\text{НСМПП}}} + 1 \right) d_e U_{\text{НСМПП}} + d_e U_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + d_e U_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} \right] + \\ + \frac{d}{d\tau} \left[(\delta_i W_{\text{СМПП}} + \delta_i W_{\text{НСМПП}} + \delta_i W_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + \delta_i W_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}}) \right] + \\ + \frac{d}{d\tau} \left[(\delta_e W_{\text{СМПП}} + \delta_e W_{\text{НСМПП}} + \right. \\ \left. + \delta_e W_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + \delta_e W_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}}) \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Это уравнение отражает процессы (само- и несопроизвольно протекающие) в фазово-открытой системе, взаимодействующей с окружающей средой, где система не находится в форме потока, а является неподвижной. В этом уравнении уже показаны члены, отражающие разные потери функционалов и внутренней энергии.

Для перехода к уравнению потока энтропии и внутренней энергии с производством работы умножаем уравнение (2) на произведение $d\rho dV d\tau$ и получаем уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\tau} \left[\left(\frac{d_e S_{\text{СМПП}}}{d_e S_{\text{НСМПП}}} + 1 \right) d_e S_{\text{НСМПП}} + \right. \\ \left. + d_e S_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + d_e S_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} \right] d\rho dV d\tau + \\ + \frac{d}{d\tau} \left[\left(\frac{T_i d_i S_{\text{СМПП}}}{T_i d_i S_{\text{НСМПП}}} + 1 \right) d_i S_{\text{НСМПП}} + \right. \\ \left. T_i d_i S_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + T_i d_i S_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} \right] d\rho dV d\tau = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{d}{d\tau} \left[\left(\frac{d_i U}{d_i U} + 1 \right) dU^{\text{НСМПП}} + dU_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + dU_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} \right] d\rho dV d\tau + \\
 &+ \frac{d}{d\tau} \left[\left(\frac{d_e U^{\text{СМПП}}}{d_e U^{\text{НСМПП}}} + 1 \right) d_e U^{\text{НСМПП}} + d_e U_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + \right. \\
 &\quad \left. + d_e U_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}} \right] d\rho dV d\tau + \\
 &+ \frac{d}{d\tau} \left[(\delta_i W^{\text{СМПП}} + \delta W_i^{\text{НСМПП}} + \delta_i W_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + \right. \\
 &\quad \left. + \delta_i W_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}}) \right] d\rho dV d\tau + \\
 &+ \frac{d}{d\tau} \left[(\delta_e W^{\text{СМПП}} + \delta_e W^{\text{НСМПП}} + \delta_e W_{\text{пот}}^{\text{СМПП}} + \right. \\
 &\quad \left. + \delta_e W_{\text{пот}}^{\text{НСМПП}}) \right] d\rho dV d\tau, \quad (3)
 \end{aligned}$$

где ρ — плотность потока; V — линейная скорость; τ — время.

В уравнении (3) не отражен механизм протекания термодинамических процессов. Феноменологически механизм протекания термодинамических процессов в потоке веществ учитывается в уравнениях потока энергии в форме теплоты, которое включает конвективный поток, теплопроводность, теплопередачу, накопление энергии в потоке вследствие протекания в нем физико-химических процессов. Уравнение потока энергии в форме теплоты для нестационарных условий может быть представлено в такой форме (представлено впервые автором):

$$\begin{aligned}
 &\rho V_x \frac{\partial Q}{\partial x} + \rho V_y \frac{\partial Q}{\partial y} + \rho V_z \frac{\partial Q}{\partial z} - \\
 &- \alpha \rho \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial z^2} \right) + \\
 &+ b\rho(Q_2 - Q_1) + w_i Q_p = -\rho \frac{\partial Q}{\partial \tau}, \quad (4)
 \end{aligned}$$

где x, y, z — координаты потока; α — теплопроводность; b — теплоперенос; Q_p — тепловой эффект химической реакции; w — скорость физико-химических процессов.

Разделим (4) на T :

$$\rho V_x \frac{\partial Q}{T \partial x} + \rho V_y \frac{\partial Q}{T \partial y} + \rho V_z \frac{1}{T} \frac{\partial Q}{\partial z} -$$

$$\begin{aligned}
 &- a \frac{1}{T} \left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial z^2} \right) \rho + \\
 &+ \left(\frac{\partial Q_2}{T} - \frac{\partial Q_1}{T} \right) b + W_i \frac{\delta Q_p}{T} = -\frac{1}{T} \rho \frac{\partial Q}{\partial \tau}.
 \end{aligned}$$

Учитывая принцип существования энтропии:

$$dS = \frac{\partial Q}{T},$$

получим уравнение для потока энтропии в такой форме:

$$\begin{aligned}
 &\rho_i V_x \frac{\partial_i S}{\partial x} + \rho_i V_y \frac{\partial_{ii} S}{\partial y} + \rho_i V_z \frac{\partial_i S}{\partial z} - \\
 &- \alpha \rho_i T \left(\frac{\partial^2_i S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2_i S}{\partial y^2} + \frac{\partial^2_i S}{\partial z^2} \right) + \\
 &+ b(S_{i2} - S_{i1}) \rho_i + w_i d_i S = -\rho_i \frac{\partial_i S}{\partial \tau}.
 \end{aligned}$$

В этом уравнении отражено изменение энтропии только внутри потока веществ. Такое же уравнение составляется для потока энергии в форме теплоты и энтропии, который омывает поток в фазово-открытой системе:

$$\begin{aligned}
 &\rho_e V_x \frac{\partial_e S}{\partial x} + \rho_e V_y \frac{\partial_e S}{\partial y} + \rho_e V_z \frac{\partial_e S}{\partial z} - \\
 &- \alpha \rho_e T \left(\frac{\partial^2_e S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2_e S}{\partial y^2} + \frac{\partial^2_e S}{\partial z^2} \right) + \\
 &+ b(S_{ie2} - S_{ie1}) \rho_{ie} + w_e d_e S = -\rho_e \frac{\partial_e S}{\partial \tau}.
 \end{aligned}$$

Представленные выше уравнения являются наиболее общими уравнения термодинамики необратимых процессов. Уравнения применимы для описания любых фазово-открытых систем: природных, промышленных, биологических и космических объектов. Полученные уравнения могут использоваться для разработки новых методов расчета процессов нефтепереработки, нефтехимии и газохимии, поисков, разведки и добычи нефти и газа, их транспортировки.

Работа выполнена с соответствии с Федеральной целевой программой «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы».

I. M. Kolesnikov

THE FOURTH LAW FOR A FLOW

Equations for a flow of heat, energy and work in a flow for unsteady conditions on the basis of thermodynamics of spontaneous and unspontaneous processes are derived.

Keywords: Universe, irreversible flow, function, a principle of equation.

Влияние парафиновых эмульсий на гидрофобные свойства бетонных материалов

В. М. Капустин, Д. Ю. Махин
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Показана возможность использования парафиновой эмульсии в качестве гидрофобизирующей добавки к бетонным материалам. Установлено, что гидрофобные свойства указанных материалов улучшаются с повышением количества вводимой эмульсии. Исследовано влияние содержания парафина в парафиновой эмульсии на гидрофобные свойства пористого бетонного материала.

Ключевые слова: гидрофобизация, гидрофобизирующие добавки, гидрофобные свойства, парафиновые эмульсии, парафин.

Долговечность бетонных материалов зависит от многих факторов, важнейшим из которых является степень защищенности от воздействий агрессивной внешней среды. Одним из свойств бетона, определяющих его способность к сопротивлению воздействию окружающей среды, является гидрофобность, которая характеризуется водонепроницаемостью и коррозионной стойкостью. Для снижения водопроницаемости пористых бетонных материалов применяют специальные добавки — гидрофобизаторы, уменьшающие водопоглощение и улучшающие морозостойкость бетонов.

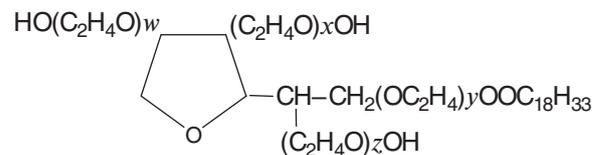
Коррозия бетона обусловлена воздействием внешних (атмосферных) и внутренних (химические реакции в материале) факторов. Отметим, что наибольшую опасность представляют воздействия окружающей среды — пары, аэрозоли морской и речной воды, технологические жидкости, атмосферные осадки, грунтовые воды. При этом коррозия бетонного материала значительно усиливается при наличии в воде агрессивных соединений: хлоридов натрия, сульфатов магния и кальция [1].

Интенсивность коррозии зависит от плотности и непроницаемости пористого материала, поскольку степень его деструкции определяется в основном количеством агрессивного вещества, проникающего в материал путем капиллярного поглощения. Мигрируя в порах, вода постепенно растворяет минералы, в результате чего при переменном увлажнении и высыхании нарушается структура, уменьшается прочность бетонного материала, происходит коррозия арматуры железобетонных конструкций. Многократное попеременное застывание и оттаивание воды в порах материала также приводит к его растрескиванию и разрушению.

В данной работе исследовано влияние парафиновых эмульсий на гидрофобные свойства бетонного материала путем определения

коэффициентов капиллярного водопоглощения и коррозионной стойкости.

Парафиновую эмульсию готовили с использованием нефтяного парафина с содержанием масла 6% мас., вязкостью 4,1 мм²/с при 100°С и температурой плавления 54°С. Содержание в эмульсии дисперсной фазы (парафина) варьировали от 10 до 50% мас. В качестве стабилизирующего агента использовали полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат (Tween 80) следующей структуры:



где $x + y + z = 20$, основные физические свойства которого представлены в работе [2].

Приготовление эмульсии. Эмульсии получали на лабораторном диспергаторе СПЕМП-1/0,003-Л-2,2 путем медленного добавления воды к заранее приготовленной смеси парафина и эмульгатора. Скорость добавления воды поддерживали постоянной на уровне 20 мл/мин. Температуру процесса выдерживали в интервале 70–90°С. Концентрацию стабилизирующего агента поддерживали постоянной. Для всех систем использовали один и тот же стабилизирующий агент, поэтому полученные эмульсии различались только содержанием парафина. Состав полученных эмульсий представлен в таблице.

Определение коэффициента капиллярного водопоглощения. Образцы (призмы размером 10×10×30 мм) бетона, полученные с использованием парафиновой эмульсии, предварительно взвешивали на электронных весах Adventurer Pro. На дно чашки с плоским дном укладывали кружок фильтровальной бумаги, затем наливали воду до уровня не более 2 мм;

Состав парафиновых эмульсий

Компоненты	Содержание (% мас.) в эмульсии				
	ПЭМ1	ПЭМ2	ПЭМ3	ПЭМ4	ПЭМ5
Парафин	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Вода	87,5	77,5	67,5	57,5	47,5

Примечание. Содержание стабилизирующего агента во всех эмульсиях — 2,5% мас.

уровень поддерживали постоянным в течение всего эксперимента. Образцы помещали вертикально в чашку с водой на фильтровальную бумагу. С интервалом в 1 мин образцы извлекали, взвешивали и вновь помещали в чашку. Взвешивание проводили до прекращения прироста массы образца. Одновременно проводили два параллельных опыта для каждого состава бетона. Прирост массы образца определяли по формуле:

$$\Delta M/S = f(\tau)^{0,5},$$

где ΔM — прирост массы образца, кг; S — площадь поверхности водопоглощения, м²; τ — время водопоглощения, ч.

По полученным результатам измерений строили график зависимости изменения массы образцов от продолжительности поглощения воды пористым материалом. Тангенс угла наклона полученной прямой является коэффициентом капиллярного поглощения жидкости, который характеризует количество поглощенной жидкости в единицу времени через единицу поверхности.

Исследование коррозионной стойкости бетонного материала. Коррозионную стойкость бетона определяли на образцах размером 10×10×30 мм, предварительно твердевших в течение 28 сут. в воздушно-влажных условиях. В качестве агрессивного раствора использовали 3%-ный раствор сульфата магния. Коэффициент коррозионной стойкости материалов рассчитывали как отношение прочности при изгибе образцов, твердевших в агрессивном растворе, к прочности образцов, твердевших в воде.

Было установлено, что введение парафиновых эмульсий в состав бетонного материала улучшает его гидрофобные свойства, что подтверждается результатами вычисления коэффициентов капиллярного водопоглощения и коррозионной стойкости. Выявлено, что с повышением концентрации парафина в эмульсии гидрофобные свойства бетонного материала улучшаются. На рис. 1 представлена зависимость коэффициента k капиллярного водопоглощения от содержания парафина в эмульсии при переходе от состава ПЭМ1 к ПЭМ5.

Полученные данные можно объяснить тем, что коэффициент капиллярного водопоглощения представляет собой количество воды, которое адсорбируется материалом на единицу массы образца через единицу его поверхности [3] и зависит от количества сообщающихся капилляров в матрице бетонного материала. Парафин равномерно распределяется на поверхности пор, что способствует снижению капиллярного давления

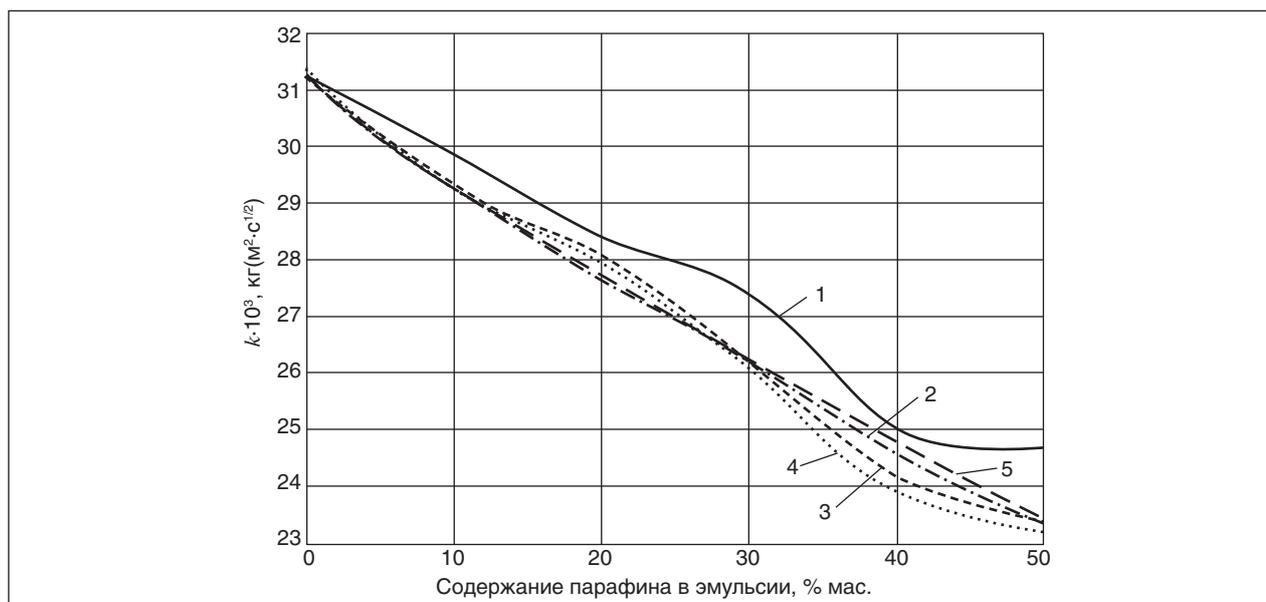


Рис. 1. Влияние содержания парафина в эмульсии на коэффициент капиллярного водопоглощения бетонного материала, содержащего парафиновую эмульсию в количестве, % мас.: 1 — 0,5; 2 — 1; 3 — 1,5; 4 — 2; 5 — 2,5

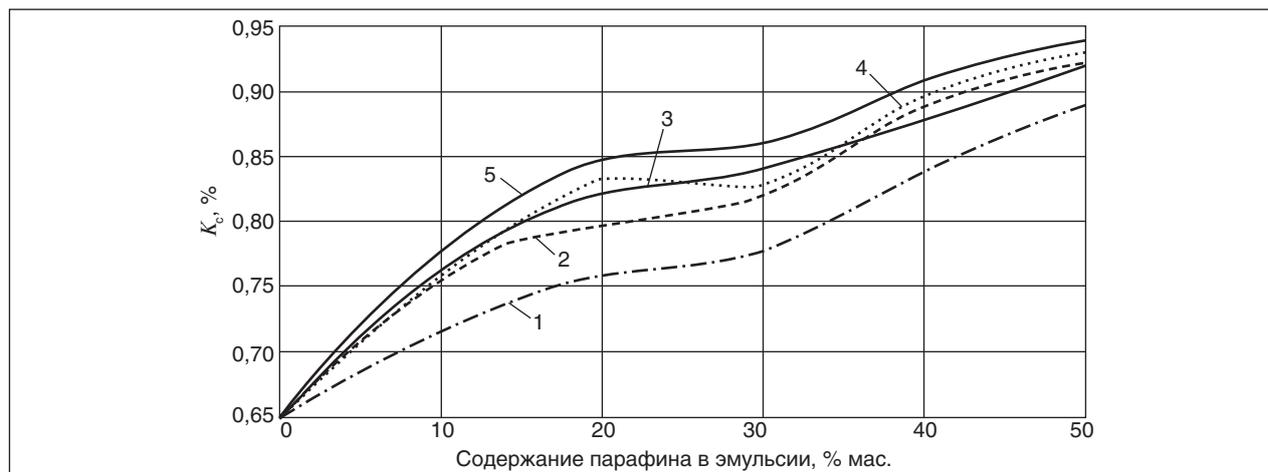


Рис. 2. Влияние содержания парафина в эмульсии на коррозионную стойкость бетонных материалов, содержащих парафиновую эмульсию в количестве, % мас.: 1 — 2,5; 2 — 2; 3 — 1,5; 4 — 1; 5 — 0,5

впитывания воды. С увеличением количества вводимой парафиновой эмульсии коэффициент капиллярного водопоглощения уменьшается, что обусловлено увеличением доли адсорбированных парафиновых пленок на поверхности пор бетонного материала. Из рис. 1 видно, что увеличение концентрации вводимой эмульсии более 1–1,5% мас. приводит к незначительному снижению коэффициента капиллярного водопоглощения, поэтому дальнейшее повышение концентрации эмульсии нецелесообразно.

Равномерное распределение парафина на поверхности пор бетонного материала должно

благоприятно сказываться на коррозионной стойкости бетона, модифицированного парафиновыми эмульсиями, так как при этом уменьшается капиллярный подсос коррозионно-агрессивных веществ из окружающей среды. На рис. 2 представлена зависимость коррозионной стойкости бетонного материала (K_c) от содержания в эмульсии парафина.

Коррозионная стойкость бетонного материала с добавкой парафиновой эмульсии превосходит этот показатель для бетона без добавки благодаря образованию гидрофобных парафиновых пленок на поверхности пор ма-

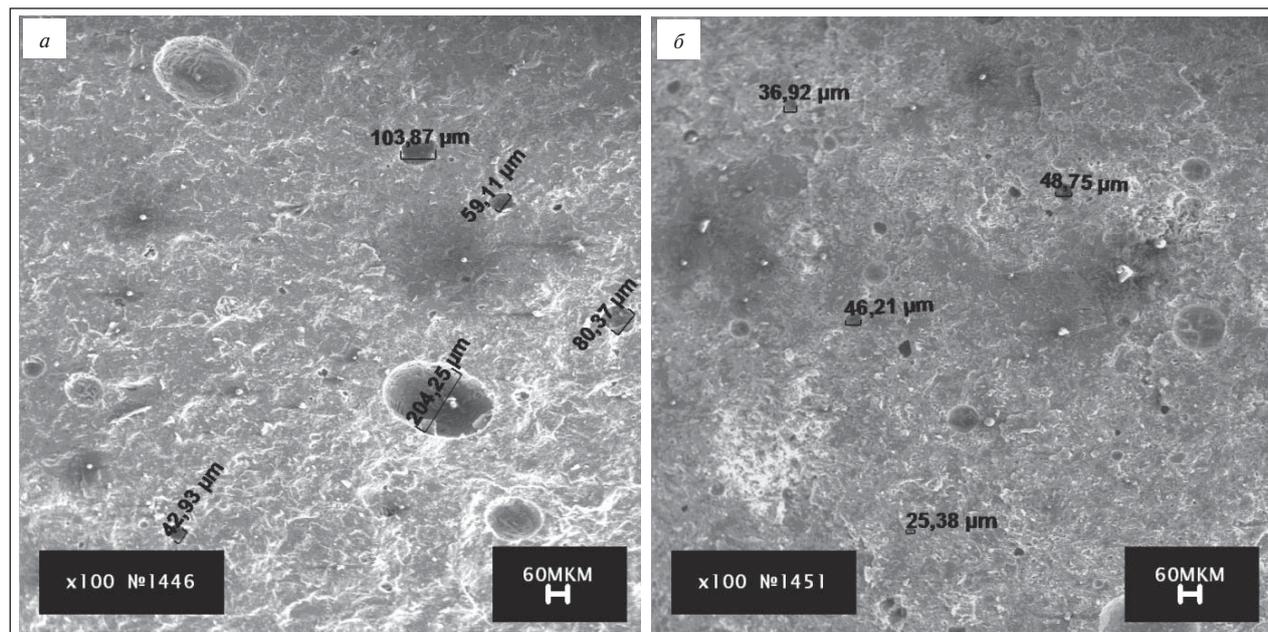


Рис. 3. Микрофотографии бетонных материалов: а — без добавки парафиновой эмульсии; б — с добавкой парафиновой эмульсии

териала. Более высокую коррозионную стойкостью бетонного материала можно объяснить уменьшением коэффициента капиллярного водопоглощения и общей пористости, поскольку проницаемость бетонного материала зависит от сформировавшейся в процессе твердения поровой структуры [4]. При этом важна не только пористость бетона, но также количество открытых пор и капилляров, их размеры. На рис. 3 приведены микрофотографии структуры бетонных материалов, приготовленных с использованием парафиновой эмульсии и без эмульсии, полученные с помощью электронного микроскопа TESLA BS-340.

При введении в состав бетонного материала парафиновой эмульсии формируется более плотная, состоящая из мелких кристаллогидратов

структура с меньшим количеством открытых пор и, что особенно важно, меньшего диаметра.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- введение парафиновой эмульсии в состав пористого бетонного материала улучшает его гидрофобные свойства;
- оптимальная концентрация добавки составляет 1,5% мас.;
- введение в бетон парафиновой эмульсии в указанном количестве способствует формированию плотной мелкозернистой структуры с незначительным количеством открытых пор меньшего диаметра в сравнении с бетоном без добавки;
- увеличение содержания парафина в эмульсии улучшает гидрофобные свойства бетонного материала.

Литература

1. Хигервич М. И., Байер В. Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. — М.: Стройиздат, 1979. — 65 с.
2. Liu W. R., Sun D. J., Li C. F. et al. Formation and Stability of Paraffin Oil-in-water Nano-emulsions Prepared by the Emulsion Inversion Point Method // J. Colloid Interface Sci. — 2006. — V. 303. — P. 557–563.
3. Добавки в бетон. Справочное пособие / Под ред. В. С. Рамачандрана. — М.: Стройиздат, 1988. — 286 с.
4. Bruere G. M. Bleeding of Cement Pastes Containing Paraffin Wax Emulsions and Clays // Cement and Concrete Research. — 1974. — V. 4. — P. 557–566.

V. M. Kapustin, D. Yu. Makhin

INFLUENCE OF PARAFFIN EMULSIONS ON WATER-REPELLENT PROPERTIES OF CONCRETE MATERIAL

The possibility of utilization paraffin emulsions as water-repellent additives to concrete materials is demonstrated. It was determined, that hydrophobic property properties of such materials improve with amount of the injected emulsion increasing. Influence of paraffin wax content in emulsion on the hydrophobic properties of porous concrete material was analyzed.

Keywords: water-repellency, water-repellent additives, hydrophobic properties, paraffin emulsion, paraffin wax.

Вниманию специалистов!

В. Е. Емельянов

ПРОИЗВОДСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

В книге изложены требования к качеству вырабатываемых и перспективных автомобильных бензинов.

Приведено краткое описание современных технологических процессов переработки нефти с целью получения бензиновых компонентов. Рассмотрено производство различных оксигенатов — высокооктановых кислородсодержащих соединений, применяемых в составе автобензинов.

Подробно охарактеризованы физические, химические и эксплуатационные свойства различных бензиновых компонентов, а также присадок и добавок для улучшения эксплуатационных свойств.

Рассмотрены вопросы контроля качества, транспортирования, хранения и применения автобензинов.

Монография предназначена для инженерно-технических работников предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, работников автотранспортных предприятий, а также бизнесменов, экономистов и менеджеров этих отраслей.

М.: Издательство «Техника», 2008. — 192 с.

О необходимости создания системы сервисного обслуживания теплосчетчиков и водосчетчиков

В. П. Каргапольцев
ООО «Промавтоматика-Киров»

Рассмотрены проблемы, возникающие при внедрении и эксплуатации приборов учета тепловой энергии и воды. Обоснована необходимость создания сервисных ремонтно-поверочных служб для обслуживания водосчетчиков и расходомеров. Сформулированы технические требования к основному элементу этих служб — проливным поверочным установкам. Предложен минимальный набор технических средств и средств измерений для создания указанных сервисных служб.

Ключевые слова: проливная установка, водосчетчик, теплосчетчик, расходомер, учет коммунальных ресурсов, поверка приборов учета.

Принятие Федерального закона N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» поставило перед производителями приборов учета, потребителями энергоресурсов, региональными администрациями конкретную задачу — оснащение приборами учета всех потребителей тепловой энергии и воды в кратчайшие сроки — до 1 января 2012 г. При общем понимании необходимости таких работ возникает сомнение — насколько реально разработчики закона оценили возможности производственных, внедренческих, сервисных, согласующих структур и конечных потребителей ресурсов в реализации такого масштабного решения? За предшествующие принятию закона 15–17 лет приборами учета, по разным оценкам, были оснащены ориентировочно 40% всех потребителей ресурсов (средний темп оснащения — 2,5% потребителей в год). За два года предполагается оснастить приборами учета 60% потребителей (темп оснащения приборами — 30% в год) при неопределенном порядке финансирования этих мероприятий.

За рамками закона N 261-ФЗ и документов, принятых в его развитие, остались вопросы сервисного обслуживания и обеспечения эффективной работы приборов учета энергоресурсов в течение всего срока их службы. Хотя каждому специалисту из технической и не только технической сферы понятно, что любое техническое средство требует периодического обслуживания и создания системы сервиса в период гарантийного и послегарантийного срока эксплуатации. Узел учета тепловой энергии или воды — достаточно сложный технический объект. Для его надежной бесперебойной работы, обеспечивающей достоверный учет энергоресурсов, необходимы технические средства (ди-

агностические приборы и установки, ремонтная база, запчасти и др.), квалифицированный ремонтно-сервисный персонал, методическая база (монтажная, ремонтная, сервисная, метрологическая документация), организационная (административная) структура для обеспечения проведения всех сервисных работ. Возможно, вопрос о создании сервисных служб разработчиками закона сознательно отложен на будущее, исходя из того, что межповерочный интервал приборов учета тепловой энергии и воды составляет, как правило, 4 года. Вероятно, за 2 года предполагается оснастить все здания и сооружения приборами учета, а уже затем приступить к созданию сервисной базы.

Однако следует принять во внимание, что в 2006 г. Правительством Российской Федерации принято Постановление № 307 «О порядке предоставления коммунальных услуг гражданам», которое стимулировало установку приборов подомового учета тепла и воды. Приборы, установленные в 2006 г., в 2010 г. начали поступать на поверку. Спрос на услуги по поверке и ремонту приборов учета существенно увеличился, в 2011 и последующих годах ожидается его дальнейший рост.

В соответствии с требованиями Федерального закона N 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд», главным и практически единственным критерием при выборе поставщика приборов (узлов) учета энергоресурсов является цена контракта. Поскольку в финансировании установки домовых узлов учета или организации конкурсов на размещение таких заказов принимают участие местные администрации (как непосредственно, так и через контролируемые управляющие компании), большая часть конкурсов проводится в соответствии с требованиями

закона N 94-ФЗ. Требование минимальной цены контракта приводит в ряде случаев к установке узлов учета, содержащих приборы и арматуру низкого качества. Это неизбежно ведет к быстрому выходу оборудования из строя. При таком исходе владелец узла учета уже в первые годы эксплуатации вынужден нести серьезные затраты на внеочередные ремонты, поверки, монтаж (демонтаж) оборудования. Отсутствие сервисных структур по ремонту и поверке приборов учета энергоресурсов еще более усугубляет ситуацию и сводит к минимуму предполагаемую экономию от внедрения этих приборов.

Обратимся к примеру из практики. В начале 2003 г. в Кировской области резко возросли суммы, предъявляемые населению по квитанциям оплаты жилищно-коммунальных услуг. До 2003 г. население оплачивало 40% от стоимости потребляемых энергоресурсов, остальные 60% возмещались в виде бюджетных дотаций. С 2003 г. доля стоимости ресурсов, оплачиваемая населением, была увеличена до 60%, т. е. произошло увеличение сумм по счетам в 1,5 раза. Одновременно на 25–30% был увеличен тариф на энергоресурсы, который для населения не менялся в течение 2 лет. В итоге сумма оплаты за ресурсы для населения увеличилась почти в 2 раза. Поскольку стоимость тепловой энергии, поступающей от местных котельных, существенно превышает стоимость энергии при централизованном отоплении, наибольшее повышение цен коснулось населения райцентров, в которых доходы существенно меньше, чем у жителей областного центра.

В результате в марте 2003 г. в Кировской области произошел скачок спроса на приборы учета тепловой энергии и воды. Специализированные предприятия выполняли месячный план продаж по водосчетчикам за 2–3 дня. Аналогичный рост наблюдался и в отношении спроса на счетчики тепловой энергии, основными покупателями которых выступали жители райцентров. Очевидно, при минимальных доходах жителей райцентров выбор делался в пользу самых дешевых приборов учета. На тот момент самыми дешевыми были теплосчетчики на базе вихревых расходомеров производителя, который к настоящему времени закрыл это производство. За весну – лето 2003 г. в Кировской области были установлены сотни таких приборов. Казалось бы, при установке приборов с межповерочным интервалом 4 года очередные вопросы возникнут только через 4 года. Однако уже через полгода — с конца осени 2003 г. (после подключения систем теплоснабжения) резко увеличилось количество приборов,

направляемых на ремонт и внеочередную поверку. Причина — монтаж приборов производился в условиях максимальной экономии затрат, в непригодных подвальных (полуподвальных) помещениях, при высоких уровнях влажности, несоблюдении температурных режимов эксплуатации приборов. Кроме того, качество приборов оставляло желать лучшего.

Таким образом, параллельно с выполнением требований закона N 261-ФЗ необходимы незамедлительная организация структур по поверке и ремонту приборов учета тепловой энергии и воды, оснащение их необходимым поверочным оборудованием, методическими материалами, подготовка квалифицированного персонала. Основным техническим средством поверки приборов учета является проливная поверочная установка. Общие требования к таким установкам определены в работах [1–3] и перечислены ниже.

1. Универсальность. Широкая номенклатура эксплуатируемых расходомеров приводит к необходимости контроля следующих типов выходных сигналов: 0–10 В, 0–5 мА, 4–20 мА, 0–20 000 Гц, RS 232 (485), «сухой контакт», «звездочка»; должна быть предусмотрена возможность визуального снятия показаний с счетчиков старых серий и ручной ввод их с клавиатуры компьютера; режимы «старт-стоп».

2. Оптимальный уровень автоматизации. Ручные операции должны быть сведены к установке первичного датчика на рабочий стол, подключению его выходных цепей к входным цепям поверочной установки.

3. Для исключения несанкционированного вмешательства в работу требуется создание различных уровней доступа к программному обеспечению установки — наличие паролей изготовителя, лица, осуществляющего поверку.

4. В целях обеспечения безопасности персонала необходимо предусмотреть устройства для сигнализации об аварийных ситуациях, устройства защитного отключения.

5. Металлоконструкции поверочных установок следует выполнять из коррозионно-стойких материалов. Это требование обусловлено наличием в датчиках поверяемых расходомеров остатков технологических жидкостей, вызывающих ускоренную коррозию металлоконструкций установки.

6. В установках должна быть предусмотрена встроенная постоянно действующая система очистки воды от различных примесей.

7. Применение экономичных малощумящих циркуляционных насосов. Использование насо-

сов общепромышленного исполнения в поверочных лабораториях недопустимо из-за создаваемого ими высокого уровня шума и вибрации.

8. Применение эталонных приборов высокого класса точности.

9. Использование преобразователей частоты со встроенными фильтрами радиопомех и сетевыми дросселями для минимизации влияния на поверяемые приборы и элементы поверочной установки электромагнитных помех. Применение преобразователей частоты позволяет также исключить пульсацию расхода жидкости, генерируемые насосами.

10. Должна быть предусмотрена возможность поверки всех встроенных эталонных средств измерений без их демонтажа с мест эксплуатации.

11. Широкое распространение массовых расходомеров класса точности 0,15% требует, чтобы класс точности установок был не ниже 0,05%.

12. Наиболее целесообразно реализовать два способа поверки — объемный и массовый. Массовый способ (статического взвешивания) обеспечивает более высокий класс точности. Применение объемного метода поверки сличением показаний поверяемого и эталонного расходомеров позволяет значительно уменьшить затраты времени на поверку, при этом для поверки самих эталонных расходомеров можно использовать встроенные в установку весы.

13. Необходимо предусмотреть систему контроля наличия утечек воды из гидравлического тракта.

14. Возможность обеспечения в гидравлическом тракте установки давления, предусмотренного методиками поверки проливаемых расходомеров.

15. Система деаэрации должна обеспечивать отделение воздуха и его удаление из гидравлического тракта.

16. Установки должны быть блочными (изготовлены в заводских условиях) и транспортабельными для обеспечения возможности перевозки к заказчику любым видом транспорта.

17. Важным требованием является компактность установки для исключения значительных затрат на строительство новых помещений.

18. Кроме необходимых технических характеристик проливная установка должна иметь современный дизайн и обеспечивать персоналу комфортные условия для работы.

Для технического обеспечения сервисных служб или самостоятельных предприятий, занимающихся обслуживанием приборов учета, ИТЦ «Промавтоматика» в течение ряда лет разрабатывает и производит проливные поверочные установки (см. рисунок). Установки предназначены для настройки, градуировки, калибровки, юстировки, поверки и других работ по определению метрологических и технических характеристик расходомеров, расходомеров-счетчиков жидкости, преобразователей расхода различного назначения.

Многолетний опыт работы с различными заказчиками позволил создать унифицированные установки для поверки приборов разных конструкций, различающихся по:

- строительным длинам первичных преобразователей приборов;
- требованиям к прямым участкам при выполнении поверочных работ;
- конструкции присоединителей (фланец, сэндвич, резьба);
- количеству и величинам поверочных расходов;



Фрагмент проливной установки: а — ВПУ-07; б — ВПУ-05

- объемам проливаемой жидкости на каждом поверочном расходе;
- количеству проливок на каждом поверочном расходе;
- типам выходных сигналов поверяемых расходомеров;
- алгоритмам обработки результатов проливок.

Вместе с тем, до сих пор нет ясности — сколько в России существует поверочных установок для счетчиков жидкости и каковы их характеристики. Поэтому Росстандарту было бы целесообразно:

- создать единый открытый реестр проливных установок, доступный любому потенциальному заказчику услуг по поверке приборов, и разместить его на сайте Росстандарта;
- в директивном порядке обязать владельцев проливных поверочных установок проводить круговые сличения, например, в рамках федерального округа и под руководством ведущего в этом округе центра стандартизации, метрологии и сертификации.

В качестве проекта методики сличения может быть принята практическая методика, которая уже в течение ряда лет используется в ОАО «Те-

вис» (г. Тольятти). Эта методика неоднократно излагалась и обсуждалась на научно-практических конференциях, на интернет-форумах.

Сама по себе проливная установка является необходимым, но недостаточным элементом лаборатории по ремонту и поверке средств измерений тепловой энергии и воды. Существующие методики поверки, как правило, предполагают поэлементную поверку теплосчетчиков: расходомеров, тепловычислителей, термопреобразователей, датчиков давления. Поэтому помимо проливной установки необходимо наличие в поверочной лаборатории как минимум еще трех рабочих мест, оснащенных эталонными приборами:

- калибраторами электрических сигналов, магазинами сопротивлений;
- нулевым, паровым и регулируемым термостатами, эталонными термометрами;
- задатчиками давления и эталонными манометрами.

Для оснащения поверочных лабораторий ИТЦ «Промавтоматика» приступил к созданию комплексных поверочных лабораторий, оснащенных необходимым комплектом эталонов и оборудования.

Литература

1. Каргапольцев В. П. Поверочные установки для расходомеров, используемых в жилищно-коммунальном хозяйстве // В кн.: Материалы XXX международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей», Санкт-Петербург, 2010. — С.195.
2. Каргапольцев В. П. Требования к проливным установкам для расходомеров-счетчиков воды и технологических жидкостей // Нефтегазопромысловый инжиниринг. — 2004. — № 3. — С. 26.
3. Каргапольцев В. П., Косолапов А. В., Сиденко А. А. О некоторых подходах к решению вопросов метрологического обеспечения ЖКХ. — Промышленные АСУ и контроллеры. — 2007. — № 5. — С. 52.

V. P. Kargapol'tsev

TOWARDS NECESSITY OF SERVICE MAINTENANCE SYSTEM FOR HEAT METERS AND WATER METERS DEVELOPMENT

Problems, which arise at instrument gages for heat energy and water implementation and exploitation are considered. The necessity of development of repair and calibration services for heat meters and water meters attendance is motivated. The main technical requirements for the basic element of such services, i. e. torrential calibration units, are postulated. Minimal outfit of equipment and gage devices for repair and calibration services development is offered.

Keywords: torrential unit, water meter, heat meter, rate meter, municipal resources metering, calibration of instrument gages.

Проблемы при производстве эталонных термопреобразователей и термометров сопротивления и пути их решения

В. А. Никоненко, А. В. Ермаков, Е. С. Студенок
ОАО НПП «Эталон»,
ЗАО «УРАЛИНТЕХ»

Рассматриваются проблемы изготовления средств измерения температуры из термоэлектродной проволоки российского производства. Предложены пути решения этих проблем: регламентация примесного состава платины и гармонизация нормативной базы для термометрии.

Ключевые слова: эталонные термопреобразователи, термометры сопротивления, гармонизация стандартов, платина, примеси, класс допуска, интегральная характеристика платины.

Эталонные термопреобразователи и термометры сопротивления, изготовленные из платины и ее сплавов с родием, применяют в тех отраслях промышленности, где необходимы контроль температуры в интервале от -200 до 1800°C , поверка и калибровка средств измерения. В настоящее время российские производители средств измерения сталкиваются с двумя проблемами.

Первой проблемой является отсутствие у отечественных производителей возможности выпускать термоэлектродную проволоку надлежащего качества: при производстве *эталонных* термопар и термометров сопротивления Россия стала зависимой от зарубежных партнеров. Предприятия-изготовители средств измерения вынуждены покупать проволоку за рубежом (Германия, Англия). Однако для оборонного комплекса и атомной энергетики зависимость от зарубежных производителей по стратегическим соображениям недопустима.

Следует отметить, что зарубежные производители постоянно повышают качество термоэлектродной проволоки и требования к ее характеристикам, а российские производители, напротив, теряют свои позиции на этом рынке. В частности, в России перестали производить термоэлектродную проволоку по 1 классу допуска, применяемую для изготовления эталонных средств измерения, и тонкую проволоку (диаметром $0,1$ мм и менее) марки ПЛ0 для эталонных термометров сопротивления 3 разряда.

Второй проблемой являются разночтения в государственных стандартах, регламентирующих свойства материалов для изготовления средств измерения. В 2005 г. был пересмотрен ГОСТ 52314–2005 «Преобразователи термоэлектрические платинородий-платиновые и платинородий-

платинородиевые эталонные 1, 2 и 3 разрядов», в 2006 г. — ГОСТ Р 8.625–2006 «Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний», в 2007 г. — ГОСТ 10821–2007 «Проволока из платины и платинородиевых сплавов для термоэлектрических термопреобразователей». Работу по данным стандартам осуществляли разные Технические Комитеты. В стандартах, несмотря на то, что они согласовывались с одними и теми же предприятиями и организациями, есть ряд несоответствий (противоречий).

Основными требованиями, предъявляемыми к платиновой проволоке, являются:

- чистота платины в соответствии с ГОСТ 10821 и ГОСТ 21007–75, определяемая интегральной характеристикой W_{100} (отношение сопротивлений отрезка проволоки, измеренных при 100 и при 0°C); величина W_{100} прямо пропорциональна термическому коэффициенту электросопротивления (ТКЭС);

- стабильность электрических свойств при эксплуатации;

- однородность электрических характеристик по длине проволоки;

- прочность на разрыв не менее 14 кгс/мм² (ГОСТ 10821).

Проблема обеспечения **требуемой чистоты платины** состоит в том, что государственные стандарты не регламентируют ее примесный состав, хотя именно он определяет электрические характеристики платины. На практике это приводит к тому, что процесс производства термоэлектродной проволоки не управляем, не стабилен и дорог, поскольку основан на методе подбора необходимых по характеристикам материалов. Чтобы сделать этот процесс управляемым, необходимо выяснить степень влияния отдельных

микропримесей на характеристику W_{100} платины, которая является основным материалом в термометрии.

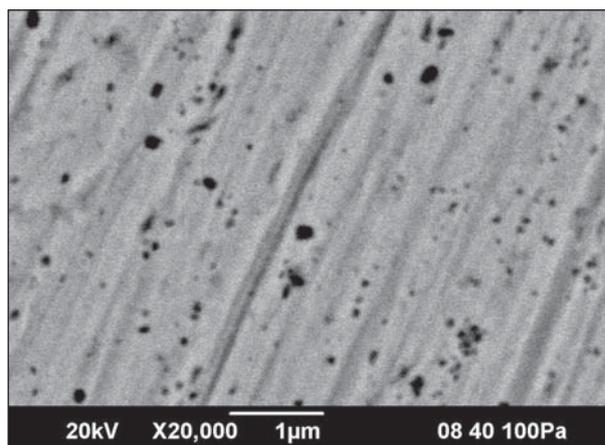
Известно [1, 2], что увеличение в металле количества дефектов кристаллического строения, искажение его решетки приводит к понижению ТКЭС и, следовательно, W_{100} . Дефекты, возникающие при деформации, закалке, облучении частицами высоких энергий, можно устранить отжигом, а искажения кристаллической решетки, обусловленные примесями, устранить невозможно.

В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее существенно на W_{100} платины влияют легкоплавкие микропримеси: медь, кремний, алюминий и др., которые понижают эту характеристику в 10–20 раз сильнее, чем родий. Легкоплавкие примеси при длительных высокотемпературных выдержках склонны к перераспределению, что обуславливает снижение W_{100} платины и тем самым сокращает ресурс стабильной работы средств измерения.

Однородность электрических характеристик по длине проволоки определяется степенью однородности распределения примесей в металле. Для усреднения химического состава проволоки использовали механический метод, при котором проволоку подвергали многократному сложению, прессованию, горячей ковке прессзаготовки; из данной поковки готовили проволоку. Показатель неоднородности электрических свойств такой проволоки составлял 1–2 мкВ, что в 3–4 раза ниже, чем для обычной проволоки. Помимо усреднения химического состава проволоки наблюдалось также повышение ее механических характеристик.

При исследовании различных способов рафинирования платины от легкоплавких примесей было выявлено, что лучшие результаты достигаются при зонном переплаве. Это обусловлено действием двух факторов: зонной очистки и вакуумной дистилляции, позволяющих снизить концентрацию легкоплавких примесей в платине до 10–15 ppm.

Было предложено также перед ковкой наносить оксидные мелкодисперсные частицы на поверхность многократно сложенной проволоки. В результате дисперсного упрочнения металла наночастицами (размер частиц 10–100 нм) дополнительно улучшаются на 30–50% механические характеристики проволоки (см. рисунок). В большей степени эффект дисперсного упрочнения проявляется при горячих механических испытаниях на растяжение.



Оксидные наночастицы в платиновой дисперсноупрочненной проволоке диаметром 0,5 мм

Было показано, что улучшенные прочностные характеристики платины существенно увеличивают ее технологичность при производстве средств измерения. Это особенно актуально, так как в последнее время за рубежом наметилась тенденция снижения металлоемкости средств измерения за счет уменьшения диаметра проволоки. На рынке появились компактные термометры сопротивления, чувствительные элементы которых изготовлены из проволоки диаметром 10–15 мкм. Кроме того, с уменьшением диаметра проволоки степень измельчения дисперсных частиц под действием деформирующих нагрузок возрастает, усиливая эффект дисперсного упрочнения. Это сокращает обрывность тонкой проволоки при волочении и обеспечивает снижение себестоимости продукции.

Что касается проблемы несоответствия нормативной базы, можно выделить следующие моменты. В России платиновая проволока для термопреобразователей сопротивления выпускается согласно ГОСТ 21007. В этом стандарте марка платины определяется параметром W_{100} в соответствии с табл. 1.

Табл. 1. Марки платины для термопреобразователей сопротивления

Марки платины	W_{100}	Диаметр выпускаемой проволоки, мм, не менее
Пл0	Более 1,3925	0,05
Пл1	1,3920–1,3925	0,05
Пл2-А	1,3910–1,3920	0,03
Пл2	1,3900–1,3920	0,02
Пл3	1,3880–1,3900	0,02
Пл4	1,3830–1,3850	0,03

Табл. 2. Обозначения типа, температурные коэффициенты и классы допуска технических термопреобразователей сопротивления и чувствительных элементов

Обозначение типа термометра сопротивления	Температурный коэффициент α , 1/град.	Класс допуска		
		для проволочных чувствительных элементов	для пленочных чувствительных элементов	для термометров сопротивления
Pt	0,00385	W0.1; W0.15; W0.3; W0.6	W0.1; W0.15; W0.3; W0.6	AA; A; B; C
П	0,00391	AA; A; B; C	AA; A; B; C	AA; A; B; C

ГОСТ Р 8.625–2006 устанавливает классы допусков (AA, A, B, C) для технических (рабочих) платиновых термометров сопротивления и их чувствительных элементов (табл. 2).

Поле допуска для термометров сопротивления класса AA в зависимости от величины W_{100} платины с учетом суммарной неопределенности измерения приведено в табл. 3. Расчет производили с использованием программного обеспечения сертифицированного прибора АРМ ПТС.

Очевидно, что W_{100} платиновой проволоки, используемой для изготовления чувствительных элементов термометров сопротивления типа П класса допуска AA должно быть в интервале 1,3906–1,3915 с полем допуска не менее 0,03 Ом, а для термометров сопротивления типа Pt класса AA — в интервале 1,3847–1,3855 с полем допуска не менее 0,027 Ом. Меньшие поля допуска не целесообразны, так как резко увеличивают трудоемкость изготовления датчиков и количество бракованной продукции.

Как показывает практика, основное количество заказов поступает на поставку термометров сопротивления класса А, около 30% — класса В и единичные заказы — класса С. Именно такое соотношение классов получается при производстве термометров сопротивления класса А, поскольку некоторые технологические операции приводят к понижению класса допуска.

Таким образом, производителей средств измерения интересуют марки платины только для термометров сопротивления классов допуска AA и А. В связи с этим для приведения ГОСТ 21007 в соответствие с ГОСТ Р 8.625 и ГОСТ Р 51233–98 было бы целесообразно применять следующую градацию марок платины (табл. 4)

Кроме того, согласно ГОСТ Р 52314–2005, термоэлектроды эталонных платиновых термопреобразователей должны быть изготовлены из термоэлектродной проволоки, соответствующей требованиям ГОСТ 10821 и требованиям технических условий: ТУ 48-1-419–89 «Проволока из платины и платинородиевых сплавов», ТУ 117-1–198 «Проволока из сплавов марок ПР-6 и ПР-30». По нашему мнению, ссылка на технические условия конкретного предприятия в

Табл. 3. Поле допуска в зависимости от W_{100} платины для термометров сопротивления класса AA

W_{100}	Значение допуска, Ом		Поле допуска, Ом
	верхнее	нижнее	
Тип платиновых термометров сопротивления — Pt, температурный коэффициент $\alpha = 0,00385$ 1/град.			
1,3842	0,023	0,025	0,000
1,3843	0,023	0,018	0,005
1,3844	0,023	0,010	0,013
1,3845	0,023	0,003	0,020
1,3846	0,023	–0,004	0,027
1,3847	0,023	–0,011	0,034
1,3848	0,023	–0,019	0,046
1,3849	0,023	–0,023	0,046
1,3850	0,023	–0,023	0,046
1,3851	0,023	–0,023	0,046
1,3852	0,023	–0,023	0,046
1,3853	0,023	–0,023	0,046
1,3854	0,019	–0,023	0,042
1,3855	0,010	–0,023	0,033
1,3856	0,004	–0,023	0,027
1,3857	–0,003	–0,023	0,020
1,3858	–0,010	–0,023	0,013
1,3859	–0,018	–0,023	0,005
Тип платиновых термометров сопротивления — Pt, температурный коэффициент $\alpha = 0,00391$ 1/град.			
1,3920	–0,023	–0,024	0,001
1,3919	–0,016	–0,024	0,008
1,3918	–0,008	–0,024	0,016
1,3917	–0,001	–0,024	0,023
1,3916	0,006	–0,024	0,030
1,3915	0,013	–0,024	0,037
1,3914	0,020	–0,024	0,044
1,3913	0,024	–0,024	0,048
1,3912	0,024	–0,024	0,048
1,3911	0,024	–0,024	0,048
1,3910	0,024	–0,024	0,048
1,3909	0,024	–0,024	0,048
1,3908	0,024	–0,020	0,044
1,3907	0,024	–0,013	0,037
1,3906	0,024	–0,006	0,030
1,3905	0,024	0,001	0,023
1,3904	0,024	0,008	0,016
1,3903	0,024	0,016	0,008
1,3902	0,024	0,023	0,001
1,3901	0,024	0,030	
1,3900	0,024		

Табл. 4. Предлагаемые марки платины для термометров сопротивления

Марки	W_{100}	Диаметр выпускаемой проволоки, мм, не менее
Пл0	Более 1,3925	0,05
Пл1	1,3922–1,3925	0,05
Пл2А	1,3906–1,3916	0,03
Пл2	1,3900–1,3922	0,02
Пл3	1,3880–1,3900	0,02
Пл4А	1,3846–1,3856	0,03
Пл4	1,3840–1,3862	0,02

государственном стандарте не корректна, так как стандарт используют все предприятия, а технические условия — это интеллектуальная собственность разработчика, которая широкому распространению не подлежит.

Кроме того, в ТУ 48-1-419–89 для эталонных термоэлектродов из платины марки ПЛТ регламентируемый интегральный показатель чистоты платины $W = R_{100}/R_0$ должен быть не менее 1,3922. В ГОСТ 10821 эта величина составляет 1,391. Таким образом, не учтена разница в требованиях к чистоте платинового электрода для термодатчиков класса допуска 1 и эталонных термодатчиков.

В ГОСТ 10821 отсутствуют технические требования на проволоку из сплавов марок ПР-6 и ПР-30 для эталонных термоэлектрических преобразователей типа ПРО. Для этих термоэлектродов 1 класс допуска вообще не предусмотрен, в то время как за рубежом он очень распространен.

Следует также отметить, что методика поверки платиновых термопреобразователей 1, 2 и 3 разрядов типа ППО, изложенная в ГОСТ 8.611–2005 и разработанная для передачи

размера единицы температуры, не содержит методики поверки эталонных платинородий-платинородиевых преобразователей типа ПРО, которая изложена в МИ 1746–87 и не актуализировалась с 1987 г.

Учитывая мнение специалистов о первой из двух изложенных в начале статьи проблем, мы считаем целесообразным ввести в ГОСТ 21007 дополнительные требования к химическому составу марок платины по сумме допустимых легкоплавких примесей.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- рафинирование платины от легкоплавких примесей, усреднение химического состава и дисперсное упрочнение существенно повышают качество термоэлектродной проволоки и стабильность ее свойств при эксплуатации, что позволяет создать продукт, по качеству не уступающий зарубежным аналогам;

- обеспечение требуемой чистоты платины позволяет управлять всем технологическим процессом производства термоэлектродной проволоки, четко выполнять требования конкретного заказа и исключить из практики метод подбора проволоки по свойствам на конечной стадии производства;

- для успешного производства средств измерения требования к техническим характеристикам, методам поверки и контроля термоэлектродной проволоки должны быть четко и однозначно установлены; для этого необходимо в ближайшее время гармонизировать нормативную базу;

- при актуализации проектов государственных стандартов в число согласующих сторон необходимо включить производителей средств измерения и термоэлектродной проволоки.

Литература

1. Лифшиц Б. Г., Крапошин В. С., Линецкий Я. Л. Физические свойства металлов и сплавов. — М.: Металлургия, 1980. — 320 с.
2. Васильева Е. В., Волкова Р. М., Захарова М. И. и др. Платина, ее сплавы и композиционные материалы. — М.: Металлургия, 1980. — 296 с.

V. A. Nikonenko, A. V. Ermakov, and E. S. Studenok

PROBLEMS AT MODEL TEMPERATURE TRANSDUCERS AND RESISTANCE THERMOMETERS PRODUCTION AND THEIR SOLUTIONS

Problems at production of temperature measuring devices from Russian thermocouple wire are considered. The ways for solving such problems: regulation of platinum impurity composition and harmonization of regulatory framework for thermometry were suggested.

Keywords: model temperature transducers, resistance thermometers, standards harmonization, platinum, impurities, tolerance class, platinum integral characteristic.

Метрологическое оборудование и средства передачи для поверки контактных средств измерения температуры

Ю. О. Малышев
ОАО НПП «Эталон»

Рассмотрено оборудование для высокоточной поверки промышленных средств измерения температуры во всем диапазоне контактной термометрии. Указаны преимущества и недостатки существующего метрологического оборудования.

Ключевые слова: поверка, термостат, калибратор, криостат, печи реперных точек, средства измерения температуры.

Термометрия, как известно, является одним из старейших видов измерений и отличается большим диапазоном значений измеряемых величин, высокой разрешающей способностью и разнообразием средств и методов измерений. Неотъемлемой частью процесса эксплуатации контактных термометров является необходимость их периодической поверки. Для удобства рассмотрения можно условно классифицировать существующее метрологическое оборудование для поверки и калибровки контактных термометров по основным признакам.

По неопределенности воспроизведения температуры следует различать **термостаты** и **калибраторы**. Термостат — это устройство, в рабочем объеме которого создается постоянное во времени изотермическое поле. Поэтому для термостатов нормируются только неравномерность температурного поля в рабочем объеме (градиент температуры) и стабильность поддержания температуры в течение некоторого времени. При поверке контактных средств измерения необходимо помещать в рабочий объем термостата как поверяемые средства измерения, так и эталонный термометр. С помощью термостатов реализуется метод непосредственного сличения, указанный в государственной поверочной схеме для средств измерения температуры.

Калибратор является «носителем температуры», поэтому для калибраторов, помимо всех характеристик, нормируемых для термостатов, нормируется неопределенность воспроизведения температуры. Поэтому при использовании калибратора применение эталонного термометра не обязательно.

По способу получения изотермического поля в рабочем объеме термостаты подразделяют на сухоблочные и жидкостные.

Сухоблочные термостаты и калибраторы еще называют суховоздушными или металлоблочными. Как следует из названия, в этих термостатах и калибраторах изотермическое поле

в рабочем объеме обеспечивается в результате выравнивания температуры в металлическом блоке с каналами, диаметры которых соответствуют диаметрам поверяемых термометров. К преимуществам сухоблочных термостатов и калибраторов следует отнести высокую скорость нагревания или охлаждения и, как следствие, быстрое достижение требуемой температуры, а также широкий диапазон реализуемых температур. Сухоблочные термостаты, как правило, компактны, поэтому еще одним их преимуществом является малая масса. Недостатками сухоблочных термостатов и калибраторов являются сравнительно большая неравномерность температуры вдоль термометрического канала и между каналами, малая глубина погружения поверяемых термометров, малое количество одновременно поверяемых термометров. Другим значительным недостатком сухоблочных термостатов и калибраторов является наличие малого воздушного зазора между стенкой канала в выравнивающем блоке и арматурой поверяемого термометра, что приводит к необходимости использования нескольких выравнивающих блоков с каналами требуемого диаметра. Исходя из этого, основным назначением сухоблочных термостатов и калибраторов является калибровка промышленных термометров непосредственно на рабочем месте.

В **жидкостных термостатах** высокая изотермичность достигается за счет активного перемешивания теплоносителя в рабочем объеме. В качестве теплоносителя, как правило, используется жидкость с низким коэффициентом вязкости во всем диапазоне рабочих температур термостата. К преимуществам жидкостных термостатов следует отнести значительно меньшую неравномерность температуры в рабочем объеме по сравнению с сухоблочными термостатами, большой рабочий объем с гарантируемым изотермическим полем, большее количество одновременно поверяемых термометров, пре-

красный контакт поверяемого термометра с термостатированной средой. Недостатками жидкостных термостатов являются малый диапазон воспроизведения температур (до 300°C), долгое время нагревания или остывания до требуемой температуры, большие габариты и масса. Поэтому жидкостные термостаты используются преимущественно в лабораториях.

Для воспроизведения температур более 600°C обычно используют **печи**. На текущий момент наиболее распространены горизонтальные трубчатые печи, в которых изотермическая зона реализуется в центре трубы.

Рассмотрим каждый вид перечисленного метрологического оборудования подробнее.

Паровой и нулевой термостаты. Согласно ГОСТ 8.624–08 для поверки термометров сопротивления, ГОСТ 8.317–78 и ГОСТ 8.279–78 для поверки стеклянных термометров необходимы термостаты, обеспечивающие температуру 0 и 100°C. Для этих целей ОАО НПП «Эталон» серийно выпускает нулевые термостаты ТН-1М, ТН-2М и паровой термостат ТП-2. Термостаты ТН-1М и ТН-2М напольного исполнения. Рабочая камера ТН-1М больше, этот термостат требует больше льда, но он более производительный, чем ТН-2М. Кроме ТН-1М и ТН-2М выпускается малогабаритный термостат ТН-3М, который легко помещается на рабочем столе и служит для термостатирования холодных сплавов термопар.

Высокую точность и малую неравномерность температуры в термостате ТП-2 обеспечивает насыщенный водяной пар, а в ТН-1М, ТН-2М и ТН-3М — дробленый лед. Поскольку лед и пар легко получают из воды, эти термостаты удобны в использовании. ОАО НПП «Эталон» выпускает установку дробления льда УДЛ-2.

Жидкостные термостаты. Для поверки и градуировки термопар, термометров сопротивления и ртутных термометров согласно действующим стандартам (ГОСТ 8.338–2002, ГОСТ 8.624–08, ГОСТ 8.317–78, ГОСТ 8.279–78) ОАО НПП «Эталон» выпускает жидкостные термостаты:

- термостат регулируемый ТР-1М, имеющий пять исполнений: ТР-1М-300, ТР-1М-500, ТР-1М-В, ТР-1М-У1 и ТР-1М-У2;
- криостат регулируемый КР-40-2;
- криостат регулируемый КР-80.

Высокая стабильность поддержания температуры во всех термостатах и криостатах обеспечивается в результате использования высокоточного микропроцессорного регулятора температуры. Интерфейсный разъем RS-232 обеспечивает связь термостатов и криостатов

с персональным компьютером, позволяет отображать на компьютере графики изменения температуры термостата или криостата во времени, а также управлять уставками термостатов или криостатов с помощью компьютера.

Термостат регулируемый ТР-1М предназначен для поверки и исследования средств измерения температуры в лабораторных условиях. Исполнения ТР-1М-300, ТР-1М-500 воспроизводят температуру в диапазоне от 40 до 200°C; в качестве теплоносителя в них используется жидкость ПМС-100. При работе в диапазоне от 40 до 95°C в качестве теплоносителя может использоваться вода. Исполнение ТР-1М-В воспроизводит температуру в диапазоне от 150 до 300°C; в качестве теплоносителя в термостате используется масло цилиндрическое МЦ-52. Поскольку при нагревании любой теплоноситель расширяется, термостаты оборудованы переливными трубками, предотвращающими перелив теплоносителя через крышку.

Для обеспечения универсальности термостата ТР-1М были разработаны кассета для поверки стеклянных термометров и термостат поверхностный ТПВ-2М. Кассета позволяет работать с ртутными и спиртовыми термометрами полного погружения с диаметрами 6,5–18,5 мм. В комплекте с кассетой поставляется визирное устройство шестикратного увеличения. Термостат поверхностный ТПВ-2М устанавливается вместо крышки термостата ТР-1М и позволяет поверять поверхностные датчики. Высокая изотермичность по поверхности достигается смачиванием нижней части термостата ТПВ-2 теплоносителем постоянной температуры.

Для воспроизведения температуры в диапазоне 40–300°C выпускаются два исполнения термостата ТР-1М: ТР-1М-У1 и ТР-1М-У2. В качестве теплоносителя в этих термостатах используется масло ULTRA-300, которое имеет малый коэффициент вязкости в этом диапазоне температур. Масло при 300°C остается прозрачным и мало испаряется. Глубина погружения термометров в термостате ТР-1М-У1 составляет 300 мм, а в термостате ТР-1М-У2 — 500 мм. Оба термостата могут комплектоваться кассетой для поверки стеклянных термометров и термостатом поверхностным ТПВ-2М.

Криостат регулируемый КР-40-2 предназначен для поверки и исследования в лабораторных условиях средств измерения температуры в диапазоне от –40 до 40°C. В криостате в качестве теплоносителя используется автомобильный тосол А40-М. Хорошая гидравлическая схема перемешивания теплоносителя позволила реа-

лизовать в этом криостате высокую стабильность поддержания температуры и малую неравномерность температуры в рабочем объеме. Криостат КР-40-2 может комплектоваться кассетой для поверки стеклянных термометров и поверхностным термостатом ТПВ-3.

Криостат регулируемый КР-80 предназначен для нагревания и охлаждения средств измерения температуры в лабораторных условиях в диапазоне температур от -80 до 40°C . В этом криостате в качестве теплоносителя используется этиловый спирт. Система двухконтурного охлаждения обеспечивает меньшее (2,5 ч) время выхода на температурный режим, чем у большинства аналогичных криостатов (около 4 ч). При этом КР-80 отличается высокой стабильностью поддержания температуры и малой неравномерностью температуры в рабочем объеме. Криостат КР-80 может работать с кассетой для ртутных термометров в диапазоне температур от -40 до 40°C .

Термостаты сухоблочные. ОАО НПП «Эталон» выпускает сухоблочные термостаты:

- термостат сухоблочный ТС 600-2;
- калибратор сухоблочный КС 100-1;
- калибратор сухоблочный КС 600-1;
- криостат регулируемый КР-190.

Как уже отмечалось, неотъемлемыми условиями достоверности измерений в сухоблочных термостатах являются обеспечение хорошего теплового контакта термометра с рабочей камерой термостата и необходимой глубины погружения термометров. Согласно ГОСТ 8.624–2008, диаметр канала для установки поверяемого термометра должен отличаться от внешнего диаметра самого термометра не более чем на 0,5 мм, а глубина погружения термометра в канал выравнивающего блока термостата или калибратора должна быть в 15 раз больше, чем диаметр термометра плюс длина чувствительного элемента термометра.

Таким образом, при стандартной длине чувствительного элемента 40 мм и диаметре термометра 6 мм для работы необходима глубина погружения 130 мм.

Серийно выпускаемый термостат ТС 600-2 имеет глубину погружения 160 мм и в стандартной комплектации обеспечивает работу с термометрами диаметром от 4 до 10 мм. Термостат сухой ТС 600-2 предназначен для нагревания средств измерения температуры в диапазоне 50 – 600°C в лабораторных и цеховых условиях.

Калибратор КС 600-1 предназначен для поверки и калибровки различных средств измерения температуры в лабораторных и про-

мышленных условиях в диапазоне температур 50 – 600°C . Этот калибратор сконструирован на базе термостата ТС 600-2. Основным преимуществом КС 600-1 является наличие встроенного измерителя, который обеспечивает измерение выходных сигналов поверяемых термометров в значениях температуры или натуральных величинах.

Калибратор КС 100-1 обеспечивает поверку средств измерения температуры в диапазоне температур от -10 до 100°C . Данный калибратор представляет собой удобную, компактную и современную альтернативу нулевым и паровым термостатам. КС 100-1 оснащен встроенным измерителем.

Калибраторы КС 600-1 и КС 100-1 реализуют метод сличения показаний поверяемого датчика температуры с показаниями индивидуально градуированного платинового термометра сопротивления, что значительно уменьшает погрешность калибровки. Такой термометр, изогнутый под углом 120° , устанавливается рядом с поверяемым датчиком и подключается к специальному разъему калибратора.

Криостат регулируемый КР -190 предназначен для поверки и исследования термометров в диапазоне температур от -190 до -60°C в лабораторных условиях. Исполнения КР-190-1 и КР-190-2 различаются количеством и диаметрами колодцев для установки исследуемых термометров. Для работы криостата необходимо помещать его термостабилизирующий блок в криогенный сосуд марки СК-25, заполненный жидким азотом.

Печи. Для поверки и градуировки термопар согласно ГОСТ 8.338–2002 выпускаются следующие печи:

- малоинерционная трубчатая печь МТП-2МР в исполнениях МТП-2МР-50-500 и МТП-2МР-70-1000;
- печь шаровая ПШ 1200;
- печь высокотемпературная ВТП 1600-1;
- малоинерционная трубчатая печь МТП 1200-4 с пониженным напряжением питания.

Все печи, кроме ВТП 1600-1, имеют диапазон воспроизводимых температур 100 – 1200°C . Все печи являются горизонтальными трубчатыми с гарантируемым температурным градиентом в центральной части.

Исполнения МТП-2МР различаются габаритами нагреваемой зоны: МТП-2МР-50-500 имеет нагреваемую зону длиной 500 мм и диаметром 50 мм, а МТП-2МР-70-1000 — длиной 1000 мм и диаметром 70 мм. При этом у МТП-2МР-50-500 в трубу с нагревателем вставлена выравнивающая

труба, которая улучшает защиту от электрического пробоя и позволяет использовать никелевый выравнивающий блок для расширения зоны равномерного нагрева.

Недавно завершена разработка и осваивается серийное производство низковольтной печи МТП 1200-4. Эта печь обеспечивает диапазон рабочих температур 100–1200°C, при этом требует напряжения питания 36 В, что гарантирует электробезопасность при эксплуатации печи. Также следует отметить, что МТП 1200-4, благодаря наличию трех нагревателей, характеризуется малой неравномерностью температуры (0,1 град./см) вдоль оси печи во всем диапазоне рабочих температур, т. е. практически как у сухоблочных калибраторов и термостатов.

Высокотемпературная печь ВТП 1600-1 с диапазоном рабочих температур 300–1600°C предназначена для поверки и калибровки термопар типа ТПР(В).

Шаровая печь ПШ 1200 имеет сферический нагреватель, обеспечивающий значительно меньшую неравномерность температуры в центральной части по сравнению с печью МТП-2МР. В ГОСТ 8.338–2002 указано, что градиент печи должен быть 0,8 град./см на длине 50 мм. Шаровая печь на длине 80 мм, т. е. в 1,5 раза большей, имеет градиент 0,2 град./см. Другим преимуществом шаровой печи является возможность установки достаточно крупных поверяемых термопар таким образом, чтобы спаи физически находились рядом друг с другом. При этом загрузка печи значительно больше благодаря наличию восьми каналов.

Печи реперных точек. В существующей поверочной схеме в качестве государственного эталона единицы температуры и образцового средства 1-го разряда используется аппаратура для воспроизведения реперных точек темпе-

ратуры. Эта аппаратура представляет собой ампулы, заполненные высокочистым металлом, и печи для нагревания этих ампул. Реперной точкой называется температура фазового перехода первого рода (плавления или застывания) металла в ампуле при нормальном атмосферном давлении. Градуировка образцовых средств измерения 1-го разряда производится в реперных точках.

В настоящее время в ОАО НПП «Эталон» разрабатываются следующие печи реперных точек: ПРТ 50-500 для исследования реперных точек индия, олова и цинка, ПРТ 1100-2 для исследования реперных точек алюминия, серебра, золота и меди. Совместно с ВНИИМ им. Д. И. Менделеева ведется изготовление ампул с этими металлами.

Термостаты специального назначения. Термостат регулируемый ТР 20 предназначен для термостатирования в лабораторных условиях комплекта эталонных катушек электрического сопротивления типа Р310, Р321, Р331 и нормальных элементов типа Х482 в диапазоне температур 15–30°C. Термостат позволяет не производить коррекцию вследствие отклонения температуры окружающей среды от 20°C, что упрощает и ускоряет поверку эталонных катушек электрического сопротивления и нормальных элементов. Преимуществом термостата является возможность выбора с помощью переключателя требуемой катушки электрического сопротивления или нормального элемента из всех подключенных.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что с помощью рассмотренного оборудования для поверки можно осуществлять высокоточную поверку промышленных средств измерения температуры во всем диапазоне контактной термометрии.

Yu. O. Malyshev

CALIBRATION EQUIPMENT AND TRANSMITTING MEDIUM FOR TEMPERATURE TOUCH TRIGGER PROBING DEVICES VERIFICATION

Equipment for high-accuracy verification of industrial temperature measuring equipment in all range of touch thermometry is considered. Advantages and disadvantages of existing calibration equipment are pointed out.

Keywords: verification, thermostat, calibrator, cryostat, furnaces of reference points, temperature measuring equipment.

Фильтры на поверхностно-акустических волнах и датчики на их основе

И. И. Еремин
ОАО НПП «Эталон»

Рассмотрены преимущества фильтров на поверхностно-акустических волнах, указаны области их применения, в том числе изготовление датчиков физических величин. Описаны специальные меры малых длин, с помощью которых можно осуществить калибровку и поверку любых прецизионных оптических и оптико-механических приборов. Представлена поверочная схема для средств измерения малых линейных размеров.

Ключевые слова: поверхностно-акустические волны, датчики физических величин, датчики температуры, меры малых длин, мера периодическая, мера ширины, мера штриховая, мера совмещаемости.

В настоящее время техника поверхностно-акустических волн (ПАВ) — одна из самых инновационных в мире, а устройства на ПАВ являются ключевыми элементами современных средств телекоммуникаций. Основными тенденциями развития фильтров на ПАВ являются повышение избирательности и точности воспроизведения электрических параметров, расширение частотного диапазона, уменьшение вносимых потерь. ОАО НПП «Эталон» обладает большим опытом и знаниями в производстве фильтров на ПАВ с малыми потерями (1–5 дБ), а также линий задержки на ПАВ, датчиков температуры и давления на их основе. На предприятии используется подход к разработке фильтров на ПАВ, обеспечивающий малые вносимые потери и высокую избирательность без использования согласующих цепей. Этот подход, получивший название «самосогласованность», основан на компенсации статической емкости входных встречно-штыревых преобразователей реактивной проводимостью излучения в заданной полосе пропускания на выбранном срезе пьезоэлектрика.

Широкий спектр исследований, охватывающий изучение различных срезов ниобата лития: YX/128, YX/64, YX/41, YX/36, танталата лития, компьютерное моделирование структур ПАВ-фильтров, отработку технологических режимов получения низкоомных пленок алюминия, использование современных корпусов для поверхностного монтажа с минимальными паразитными связями, позволил создать более 180 типов ПАВ-фильтров с полосами пропускания от 1 до 12%, избирательностью 30–70 дБ в диапазоне частот 100–500 МГц.

Малые потери, высокая избирательность и характерная для устройств на ПАВ высокочастотность позволяют широко использовать их во входных каскадах мобильных и носимых

ультракоротковолновых радиостанций, в высококачественных преселекторах и каскадах промежуточной частоты современных ультракоротковолновых радиоприемных устройств. Фильтры на ПАВ не требуют согласования и настройки, совместимы с технологией поверхностного монтажа, на высоких частотах имеют очень малые габариты. В настоящее время размер корпуса загерметизированных ПАВ-фильтров в диапазоне 250–500 МГц составляет всего 5 × 5 мм.

Технологическая база завода «Эталон» на основе участка микроэлектроники с современной гермозоной имеет всю необходимую инфраструктуру (воздух 6-ти степеней очистки, приточная вентиляция, проточная деионизированная вода, стабилизированные параметры напряжения и т. д.), имеет участок фотошаблонов с генератором изображений ЭМ 5009А2 (минимальный размер элемента топологии промежуточного фотошаблона — 4 мкм) и фотоповторителем АЕР (минимальный размер элемента топологии рабочего фотошаблона — 1 мкм). Специальная программа на базе AutoCAD формирует топологии металлизированных фотошаблонов ПАВ-фильтров на уровне операций со структурными элементами ПАВ и выдает управляющие файлы для генератора изображений ЭМ 5009А2.

Гермозона также содержит участок отмывки подложек и фотолитографии, вакуумный участок с установкой напыления Alcatel, участок для разварки модулей ПАВ в корпуса, измерительный участок для функционального контроля неразрезанных ПАВ-фильтров на дисках ниобата лития и танталата лития диаметром до 100 мм, участок резки подложек на модули и участок герметизации SMD корпусов. Полная функциональная проверка неразрезанных ПАВ-фильтров осуществляется на установке зондового контроля с помощью высокочистых пробников KARL

SUSS и анализатора цепей AGILENT 8714 ES. Все это позволяет разрабатывать фильтры на ПАВ на уровне лучших мировых образцов по спецификации заказчика в диапазоне частот 100–500 МГц и диапазоне ширины полос пропускания 1–12%

Производимые нами фильтры на ПАВ предоставляют уникальную возможность разрабатывать и изготавливать **датчики физических величин**. Материал звукопроводов фильтров отличается высокой температурной тензочувствительностью — от $45 \cdot 10^{-6}$ до $75 \cdot 10^{-6}$ град.⁻¹ в зависимости от среза материала звукопровода. Типовой датчик на ПАВ представляет собой линию задержки, состоящую из входного и выходного встречно-штыревых преобразователей, расположенных на полированной стороне подложки звукопровода. Время задержки зависит от расстояния между входным и выходным встречно-штыревыми преобразователями и изменится пропорционально температуре окружающей среды.

В отличие от общеизвестных датчиков температуры, нами на основе кольцевых фильтров на ПАВ разработаны датчики температуры с малыми вносимыми потерями (3,5–4 дБ), которые для традиционных датчиков составляют 10–15 дБ. Фиксированное время задержки датчика при температуре 20°C составляет 1 мкс. Этот датчик может использоваться для прямых измерений времени задержки в зависимости от изменения температуры, а так же как элемент обратной связи ПАВ генератора. При этом частота этого генератора будет изменяться прямо пропорционально изменению температуры. Преимуществами этого датчика являются малая масса, высокая чувствительность (до 0,001°C) и малые вносимые потери, благодаря чему обеспечиваются столь высокие характеристики. Диапазон измерения — от абсолютного нуля до точки Кюри, в которой исчезает пьезоэффект, т. е. до ~500–600°C.

Второе направление работы лаборатории микроэлектроники ОАО НПП «Эталон» — выпуск эталонных мер микрометрового диапазона. Обеспечение единства линейных измерений в субмикро-нанометровом диапазоне основано на комплексном подходе, включающем создание и внедрение нового поколения эталонов единицы длины, а также способов и средств передачи размера данной единицы высокоточным рабочим средствам измерений, соответствующим современным требованиям измерительной техники, наукоемких технологий и международной метрологической практики.

Существующая система метрологического обеспечения в области измерений длины (МИ 2060–90) в последнее время уже не позволяет воспроизводить, хранить и передавать размер единицы длины менее 1 мкм с необходимой для нужд промышленности точностью. В России работы по метрологическому обеспечению в области малых длин проводятся в метрологических институтах Ростехрегулирования — ФГУП «ВНИИМ» (г. Санкт-Петербург), ОАО «НИЦПВ» (г. Москва) и ФГУП «СНИИМ» (г. Новосибирск).

В 1990-е гг. в ФГУП «СНИИМ» были сформулированы три актуальные проблемы повышения точности метрологического обеспечения измерений малых длин:

- создание специальных мер малых длин, как эталонных, так и рабочих, особенно в диапазоне менее 100 мкм;
- создание эталонных средств измерения (СИ) и вторичных эталонов для аттестации специальных мер малых длин;
- разработка поверочной схемы (или дополнения к государственной поверочной схеме СИ длины) и методики передачи значений единицы длины эталонным и рабочим СИ.

Решение этих проблем было достигнуто в результате:

- анализа методов и СИ, используемых для высокоточных измерений малых размеров в диапазоне 0,8–200 мкм и состояния их метрологического обеспечения;
- разработки математической модели высокоточной когерентно-оптической измерительной системы дифракционного типа;
- оценки пределов измерений и разрешающей способности дифракционных измерителей малой длины;
- анализа погрешностей измерений в дифракционных измерительных системах;
- разработки методов измерений диаметров микропроводов, стеклянных и синтетических волокон, ширины штрихов;
- разработки способа одновременного измерения ширины щели и периода штрихов дифракционным и интерференционным методами;
- разработки высокоточных измерительных установок и комплекта мер для поверки СИ малой длины;
- создания локальной поверочной схемы для СИ малой длины.

В ФГУП «СНИИМ» была создана эталонная установка на основе фотоэлектрического микроскопа с лазерным интерферометром и лазерный дифрактометр, предназначенные для аттестации периода и ширины штрихов мер малой длины

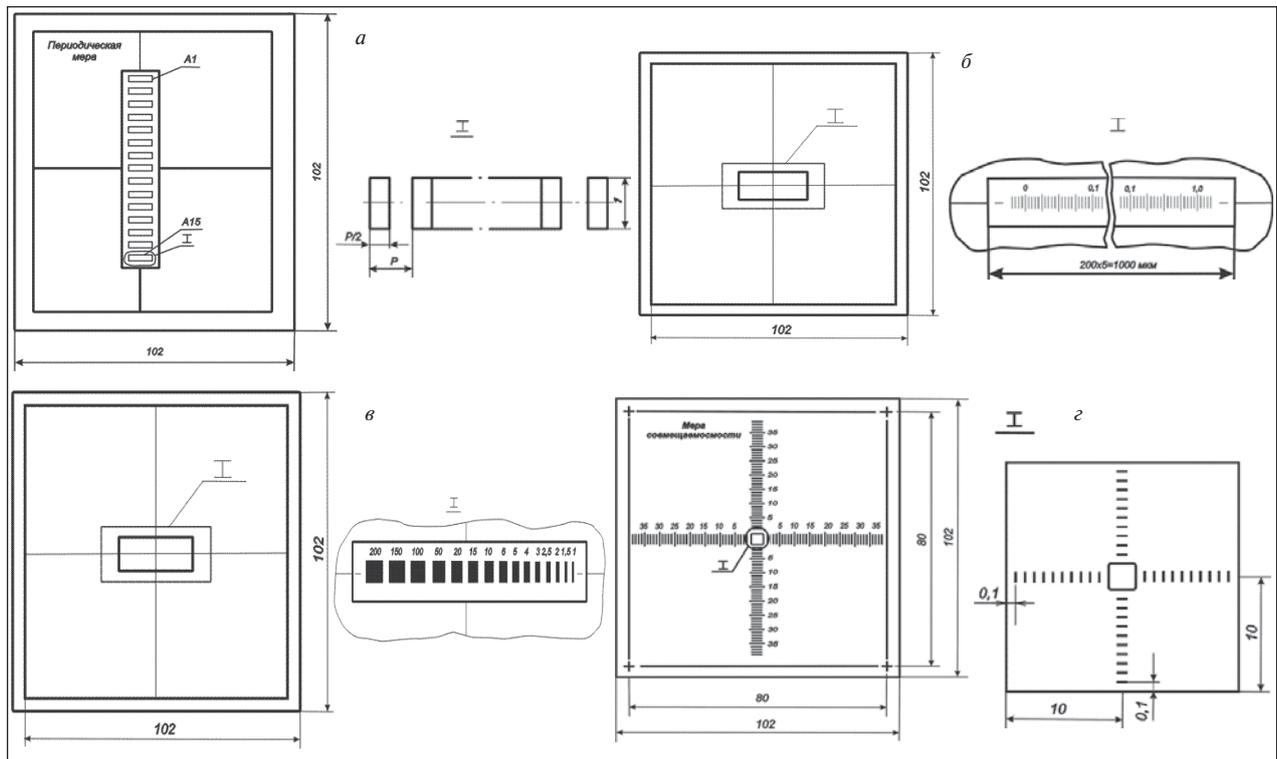


Рис. 1. Меры малой длины: а — мера периодическая; б — мера ширины; в — мера штриховая; г — мера совмещаемости

на фотошаблонах в диапазоне 0,8–200 мкм с неопределенностью соответственно 5 и 20 нм. Аналогичное оборудование было изготовлено в ОАО НПП «Эталон».

В последние годы были разработаны и внедрены в метрологическую практику высокоточные исходные эталоны для СИ малых длин, предназначенные для аттестации как эталонных, так и рабочих СИ. Также были созданы высокопроизводительные устройства для измерения диаметров движущихся волокон. И, наконец, был разработан, изготовлен и внедрен в метрологическую практику ряд специальных мер малых длин (рис. 1).

Мера периодическая и мера ширины предназначена для поверки рабочих средств измерений: дифракционных измерителей, микроскопов, установок для контроля линейных размеров элементов фотошаблонов «МТФ», анализаторов микроизображений типа «Nikon-2A», установок для контроля элементов фотошаблонов «ЭМ-557» и телевизионных микроскопов типа «Latimet». Мера периодическая выполняется в негативном изображении. Погрешность аттестации — $\pm(0,05+0,1L)$ мкм, где L — измеряемая величина, мм.

Мера ширины выполняется в негативном и позитивном изображениях. Погрешность изме-

рения: в диапазоне от 1 до 20 мкм — $\pm 0,05$ мкм, в диапазоне свыше 20 мкм — $\pm 0,1$ мкм.

Мера штриховая предназначена для поверки рабочих средств измерений: измерительных микроскопов типа ИМЦ, ИМЦ-Л, проекторов измерительных типа ПИ, универсальных микроскопов типа УИМ, координатометров, фотометрических микроскопов ФЭМ, биологических микроскопов типа БИОЛАМ. Мера совмещаемости предназначена для поверки рабочих средств измерений: микроскопов типа MVG 7x7, ИМЦ, ИМЦ-Л и др.

Мера штриховая и мера совмещаемости выполняются в негативном и позитивном изображениях. Погрешность измерения — $\pm(0,05+0,002L)$ мкм, где L — измеряемая величина, мм.

С помощью эталонных мер малой длины представилась возможность определять линейные размеры структур, предназначенные для метрологического обеспечения в широкой области применения.

Эталонные меры изготавливаются по специально разработанной технологии, обеспечивающей высокое оптическое качество элементов структуры на прецизионных фоторезистивных хромированных пластинах. Исходя из требований, предъявляемых к изготовлению фотошаблонов в полупроводниковой и электронной промышленности, структура эталонных мер была

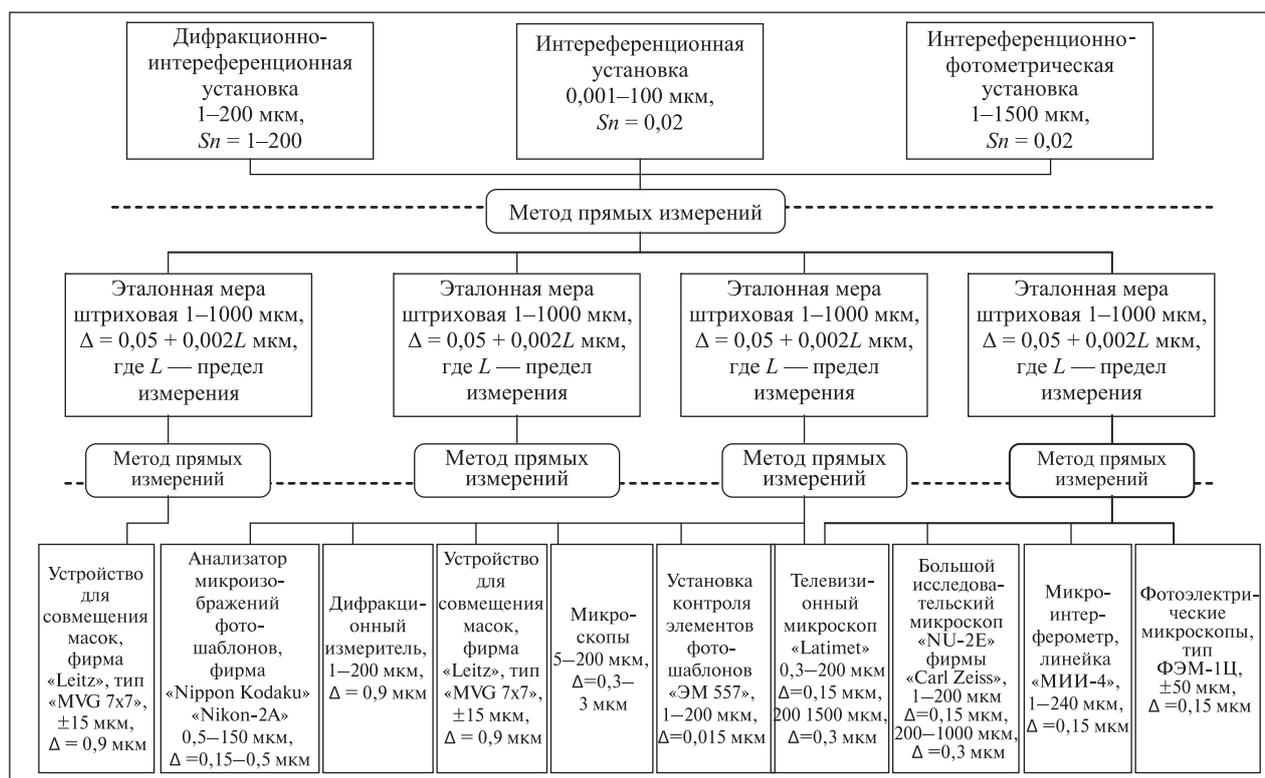


Рис. 2. Локальная поверочная схема для СИ линейных размеров в диапазоне 0,001–100 мм

выбрана таким образом, что с помощью мер поверяются все средства измерений, используемые в технологических процессах микроэлектроники, оптики и электронной оптики.

В структуре эталонной меры наряду со штрихами номинальных размеров в пределах от 1 до 200 мкм реализована штриховая мера с шагом 5 мкм в диапазоне до 1 мм и дискретностью 0,1 мм в диапазоне до 80 мм, а также периодическая мера с периодами от 2 до 400 мкм. Поверка эталонных мер производится дифракционным и фотометрическим методами с помощью эталонных средств измерений, разработанных в ФГУП «СНИИМ».

Основное преимущество эталонной меры для пользователя заключается в универсальности ее применения. Мера снабжена поисковыми линиями и визирными линиями для облегчения поиска измеряемых элементов, что значительно уменьшает время настройки и юстировки средств измерений.

Меры аттестуются с высокой точностью. С помощью таких мер можно проводить калибровку или поверку практически любых прецизионных оптических и оптико-механических приборов.

В пакет предложений входит и локальная поверочная схема для СИ малых длин, кото-

рую сопровождает методика определения и исключения (или существенного уменьшения) систематических погрешностей при измерениях прозрачных (железоокисных — частично прозрачных) фотошаблонов. Предложенный метод проверки дифракционного измерителя малых длин позволяет исключить (или существенно уменьшить) систематическую погрешность исходных и эталонных установок. Устройство для измерений малых размеров с регулируемой щелью позволяет измерять размеры единичных элементов, размер которых значительно меньше длины волны источника света.

Кроме того, в ФГУП «СНИИМ» был впервые создан и утвержден вторичный (рабочий) эталон ВЭТ2-25-91 единицы длины в диапазоне 0,001–0,200 мм, в состав которого входят:

- интерференционно-дифракционная установка ИДИ-200;
- специализированный фотометрический микроскоп СФМ;
- эталонные меры сравнения (ширины, периодическая и штриховая);
- вторичный (рабочий) эталон-компаратор для измерения штриховых периодических мер.

Специальные меры малых длин внедрены в ряде предприятий нашей страны, среди которых НПО «Союз», НПО «Восток», ООО НПП «Изо-

мер», НИИМЭ, ПО НПЗ им. Ленина, СТАНКИН, ИАиЭ СО РАН и др. Локальная поверочная схема (рис. 2), разработанная для СИ малых линейных размеров 1–1000 мкм, частично использовалась при разработке государственной поверочной схемы МИ 2060–90. На все вышеуказанные разработки созданы ГОСТы и методические указания на поверку ряда СИ.

Высокие метрологические характеристики

разработанных в метрологических институтах Ростехрегулирования России эталонных измерительных средств подтверждаются результатами международных сличений СИ в субмикроннометровом диапазоне. В настоящее время в ОАО НПП «Эталон» восстановлена технология изготовления эталонных мер малой длины, а также осуществляется модернизация комплекса эталонов для их аттестации.

I. I. Eremin

SURFACE-ACOUSTIC-WAVE FILTERS AND GAGES ON THEIR BASIS

Advantages of surface-acoustic-wave filters are considered, fields of their application are specified, among them are manufacturing of physical magnitudes gages. Special short length gages, by means of which calibration and gaging of any precision optical and optical mechanic gage devices can be performed, are described. Accuracy chart for gage devices for low linear dimensions is presented.

Keywords: surface-acoustic-waves, physical magnitudes gages, temperature gages, short length gages, periodic gage, width gage, calibrated scale, gage of congruence.

Вниманию авторов!

Требования к оформлению и представлению материалов для публикации

1. К статье должны быть приложены реферат (не более 10 строк) и список ключевых слов на русском и английском языках.
2. Объем статьи не должен превышать 15 страниц, включая таблицы, список литературы и подрисуночные подписи.
3. Материалы для публикации должны быть представлены в двух видах: текст, набранный в программе Microsoft Word на листах формата А4, распечатанный на принтере; дискета или компакт-диск с тем же текстом (файлы формата DOC или RTF), можно также прислать статью по электронной почте. Рисунки представляются в формате EPS или TIFF (300 dpi, CMYK или grayscale), за исключением рисунков, сделанных в программах Microsoft Office (Excel, Visio, PowerPoint и т. д.), которые представляются в оригинале.
4. Текст статьи должен быть распечатан в двух экземплярах через два интервала на белой бумаге формата А4. Слева необходимо оставлять поля шириной 4–5 см. Страницы должны быть пронумерованы.
5. Графическая информация представляется в черно-белом виде (за исключением фотографий). Дублирование данных в тексте, таблицах и графиках недопустимо.
6. Графический материал должен быть выполнен четко, в формате, обеспечивающем ясность всех деталей. Обозначение осей координат, цифры и буквы должны быть ясными и четкими. Необходимо обеспечить полное соответствие текста, подписей к рисункам и надписей на них.
7. Простые формулы следует набирать как обычный текст, более сложные — с использованием редактора формул программы MS Word. Нумеровать нужно формулы, на которые имеются ссылки в тексте. В то же время нежелательно набирать формулы или величины, располагающиеся среди текста, с помощью редактора формул.
8. При выборе единиц измерения необходимо придерживаться Международной системы единиц СИ.
9. Список литературы приводится в конце рукописи на отдельном листе, в тексте указываются только номера ссылок в квадратных скобках, например [2]. Оформление библиографии должно соответствовать ГОСТ 7.1–76.
10. В начале статьи нужно указать полное название учреждения, в котором выполнена работа. Статья должна быть подписана всеми авторами.
11. К статье должны быть приложены следующие сведения: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы, а также полный почтовый адрес (с индексом), адрес e-mail и номера телефонов каждого автора, нужно указать также адрес для переписки и контактный телефон.

Система сбора данных с цифровых датчиков температуры

А. Ю. Неделько
ОАО НПП «Эталон»

Описаны контроллеры цифровых измерительных преобразователей температуры. Рассмотрены возможности сервисного программного обеспечения для обслуживания системы сбора данных, а также основные принципы и правила объединения контроллеров в единую сеть.

Ключевые слова: термокоса, портативные контроллеры, датчики температуры, измерение распределения температуры.

Для измерения распределения температуры в грунте, воде, воздухе, насыпных материалах широко используются ртутные и спиртовые термометры. Измерения производятся путем погружения термометра до нужного уровня с последующим его извлечением и фиксацией показаний. Исследование распределения температуры при большом количестве точек измерения занимает много времени; при извлечении термометр проходит зоны с разными температурами, что приводит к дополнительной погрешности измерений.

В настоящее время наблюдается тенденция замены ртутных термометров на системы цифровых датчиков, распределенных с заданным интервалом по глубине (длине) объекта, — так называемые термокосы. Например, в зернохранилищах необходимо измерять распределение температуры внутри слоя зерна с шагом по глубине и по длине около одного метра, т. е. количество точек контроля может достигать тысячи и более. В таких случаях преимущества термокос очевидны.

Для сбора данных с термокос можно использовать портативные контроллеры, например

ПКЦД-1/16 или ПКЦД-1/100. Эти контроллеры подключаются к разъему термокосы и в течение нескольких секунд считывают информацию с датчиков, сохраняя ее во внутренней памяти. Затем эти данные переносятся на компьютер для обработки и анализа. Таким образом, затраты времени на проведение измерений существенно уменьшаются.

Если необходимо осуществлять сбор данных в течение длительного периода, термокосу устанавливают стационарно, например закапывают в грунт или прикрепляют к опорным колоннам зернохранилища. При этом целесообразно объединить все термокосы в единую систему сбора данных. Для этого нами были разработаны стационарные контроллеры типа СКЦД, технические характеристики которых приведены в таблице.

К контроллерам СКЦД можно одновременно подключить от одной до восьми термокос. На следующем уровне системы контроллеры СКЦД объединяются в сеть RS-485 и через конвертер RS-485/USB подключаются к компьютеру, на котором установлена программа-сервер сети (рис. 1). Конфигурация сети RS-485 приведена на рис. 2. Программа сканирует сеть и идентифи-

Технические характеристики	ПКЦД-1/16	ПКЦД-1/100	СКЦД-1/100	СКЦД-6/200
Габаритные размеры, мм	131×73×27	131×73×27	135×65×35	165×85×57
Масса контроллера, кг	0,2	0,2	0,5	1
Напряжение питания, В	9	9	24	24
Потребляемый ток, мА	10	10	100	100
Степень защиты от пыли и воды	IP52	IP52	IP65	IP65
Время (с) считывания результатов				
первого	3	10	10	60
последующих (настраивается)	5–60	10–3600	20–60	20–60
Количество каналов	1	1	1	1–6
Количество подключаемых датчиков	1–16	1–100	1–100	1–200
Расстояние до последнего датчика, м, не более	25	100	100	100
Электрическая емкость линии, пФ, не более	5000	15000	15000	15000
Наличие ЖК-индикатора с подсветкой	Есть	Есть	Нет	Нет
Тип связи с компьютером	RS-232	USB	RS-485	RS-485

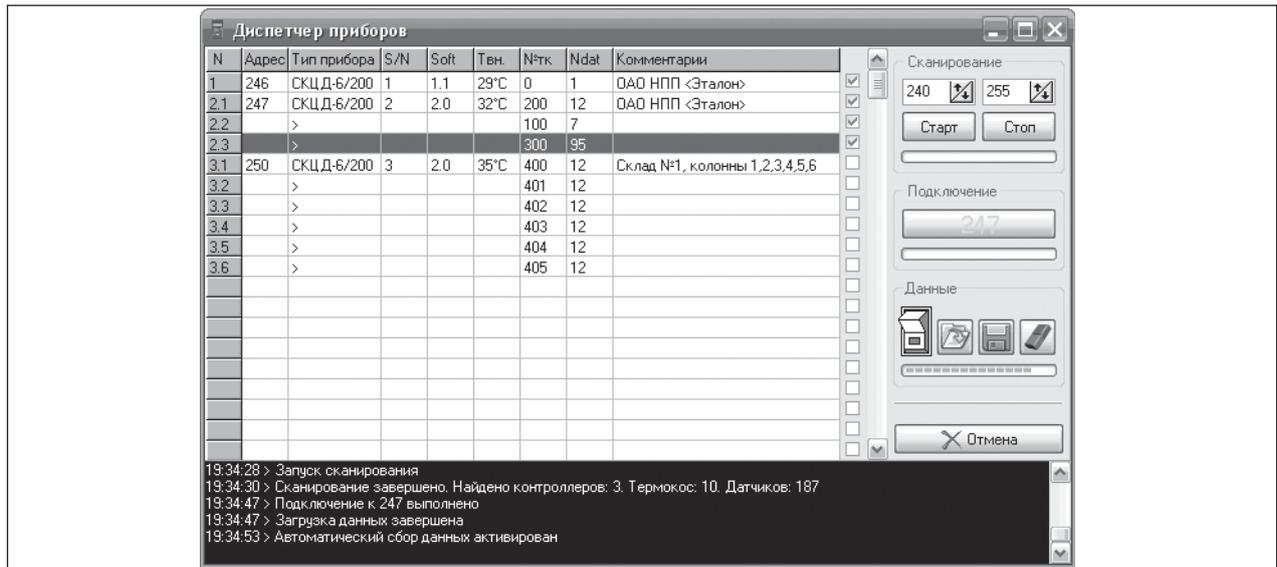


Рис. 1. Сервисное программное обеспечение Viper

цирует найденные контроллеры и подключенные к ним термокосы. Пользователь может задать требуемый интервал опроса контроллеров и осуществлять мониторинг температур в реальном времени с помощью графиков и таблиц (рис. 3). Накопленные данные можно сохранить как в виде единого для всей системы файла, так и отдельно для каждой термокосы. Программа также проверяет все температурные отсчеты на предмет выхода их за пределы заданного температурного диапазона и ведет протокол событий в системе сбора данных.

Контроллеры соединяются между собой по топологии «шина», т. е. последовательно друг

за другом. Корректная работа сети, особенно при использовании длинных кабелей, возможна только в том случае, если между всеми приемопередающими устройствами проходит только одна линия. В линию может быть включено до 255 контроллеров, расположенных любым образом по всей ее длине.

Концы линии связи должны быть нагружены согласующими резисторами-«терминаторами», сопротивление которых должно быть равно волновому сопротивлению кабеля связи (обычно 120 Ом). В том случае, когда терминатор не установлен, сигнал, приходя к самому дальнему концу кабеля, отражается обратно по направлению

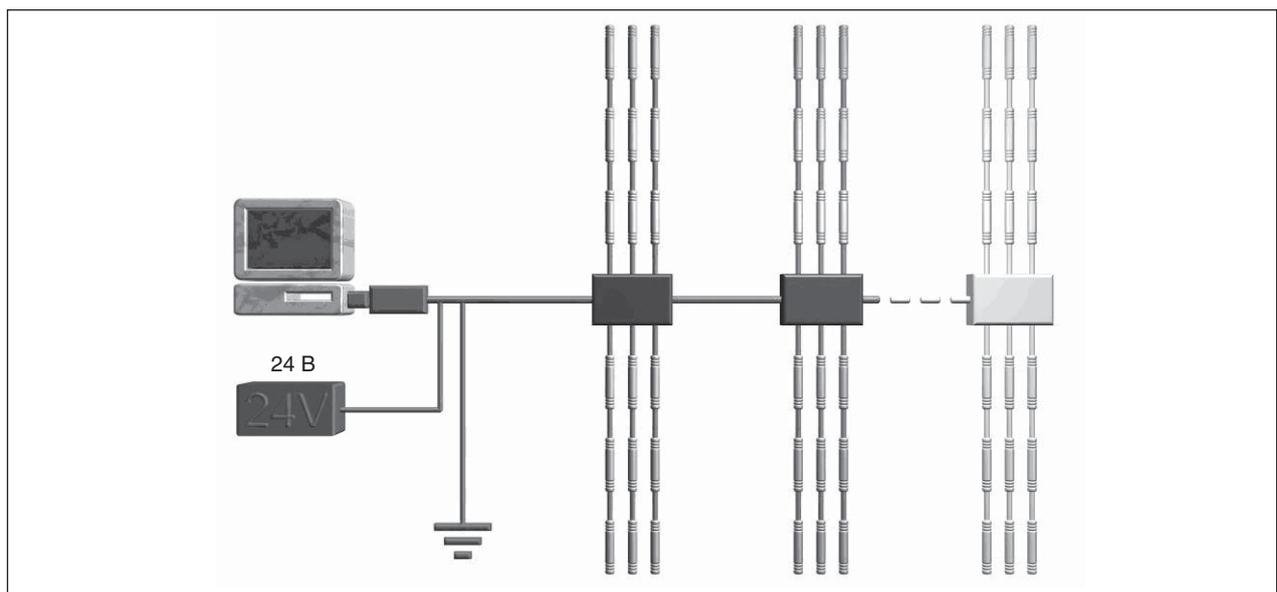


Рис. 2. Конфигурация сети RS-485

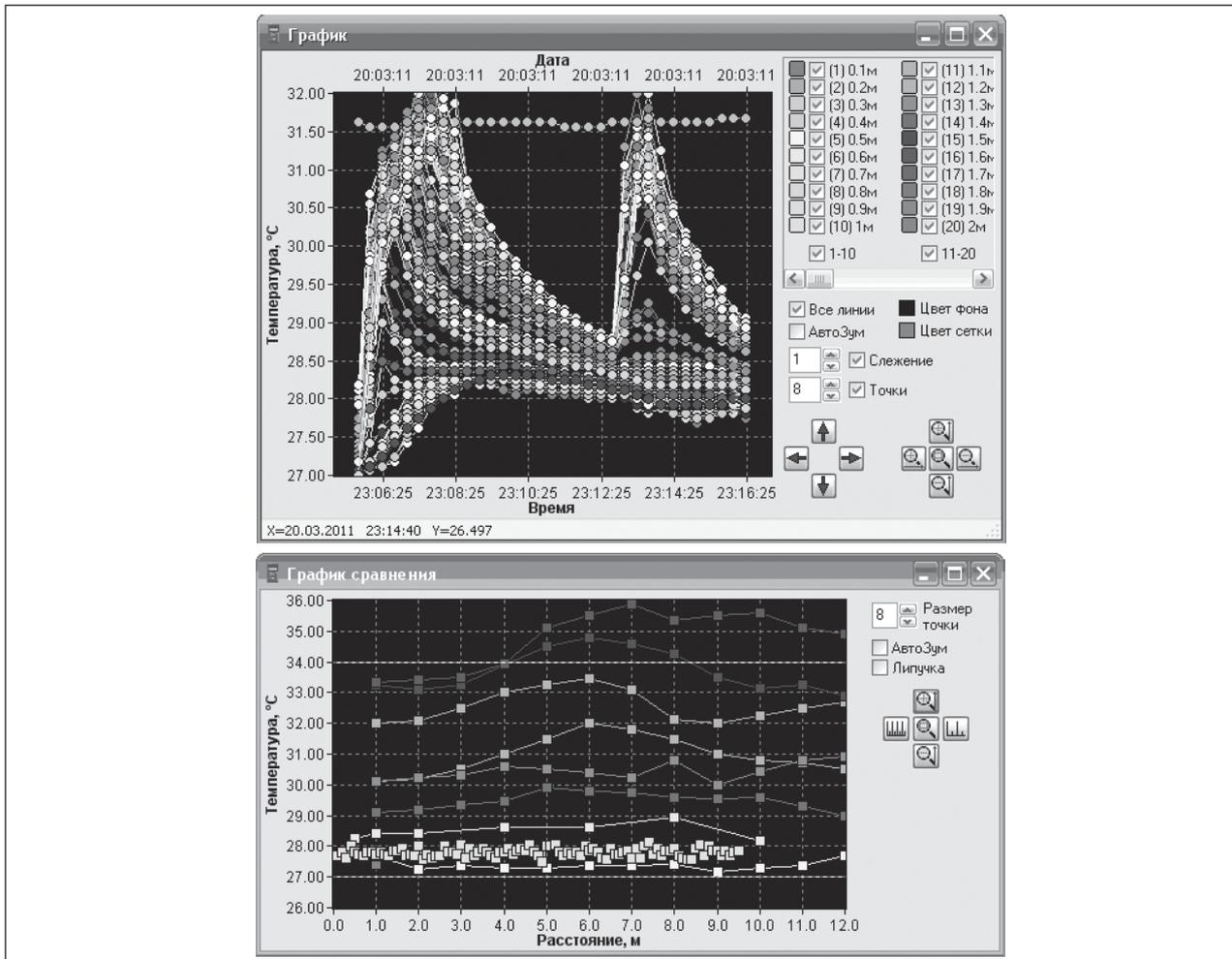


Рис. 3. Мониторинг температур в реальном времени

к передающему устройству. Отраженный сигнал может внести серьезные помехи, которые приведут к возникновению ошибок и сбоев. Резисторы-терминаторы гасят сигнал на дальнем конце кабеля и не позволяют ему отражаться, а также обеспечивают достаточный ток через всю линию связи. Это необходимо для подавления синфазной помехи с помощью кабеля типа «витая пара». В качестве терминатора обычно используется резистор номинальным сопротивлением 100–120 Ом. Для подключения терминаторов в первом и в последнем контроллере необходимо установить переключки, подсоединяющие встроенный резистор к линии связи.

С целью дополнительного снижения уровня помех требуется заземлить экран кабеля и дренажный провод на одном из концов линии связи. Для этого необходимо в контроллере установить соответствующие переключки и подсоединить провод заземления. Если количество контроллеров в линии не превышает 20–30, а расстояние до последнего контроллера не больше 200 м, питание контроллеров допускается осуществлять через вторую витую пару кабеля связи. В противном случае необходим отдельный кабель питания, сопротивление которого достаточно для поддержания на последнем контроллере напряжения не ниже 16 В.

A. Yu. Nedelko

SYSTEM FOR DATA RETRIEVAL FROM TEMPERATURE DIGITAL SENSORS

Digital temperature sensors controllers are described. Facilities of service software for data acquisition system attendance, as well as the main principles of controllers network creation are considered.

Keywords: thermistor chain, portable controllers, temperature sensors, temperature distribution measuring.

Установка теплотметрическая УТМ-1

В. В. Рубанов
ОАО НПП «Эталон»

Описана теплотметрическая установка УТМ-1, предназначенная для поверки (калибровки) средств измерений поверхностной плотности теплового потока методом непосредственного сличения с эталонами в условиях стационарного температурного режима.

Ключевые слова: теплотметрическая установка, поверка, калибровка, средства измерений поверхностной плотности теплового потока, датчики теплового потока, многоканальный измеритель температуры и теплопроводности, плотность теплового потока, теплопроводность, теплоемкость.

Актуализация вопросов энергосбережения как общемировой проблемы и принятие в России закона «Об энергосбережении» привело к более широкому распространению и применению средств измерения теплового потока, т. е. появились потребность и необходимость повышения точности измерений. Кроме того, измерение тепловых потоков в хозяйственном комплексе влияет на ход технологических процессов и предоставляет информацию о состоянии теплоэнергетических объектов. Сфера применения датчика плотности теплового потока теоретически не ограничена, так как тепловой поток является одним из основных параметров всех тепловых процессов и явлений. Поэтому контроль и измерение тепловых потоков представляет интерес для многих отраслей науки, техники и промышленности и, прежде всего, для решения вопросов рационального использования энергетических ресурсов.

Установка теплотметрическая УТМ-1 обеспечивает поверку (калибровку) средств измерений теплового потока с градиентными датчиками, работающими по принципу дополнительной (вспомогательной) стенки. Поверяемые средства измерения могут иметь разную конструкцию (термоэлектрические гальванические, полупроводниковые и т. д.), различные форму и размеры (в пределах диаметра рабочей зоны 300 мм), иметь датчики, отличающиеся по конструкции и форме от эталонных датчиков, с которыми осуществляется сличение.

В соответствии с государственной поверочной схемой МИ-1855 для средств измерений поверхностной плотности теплового потока, установка УТМ-1 выполняет роль кондуктивного компаратора для передачи единицы поверхностной плотности теплового потока ($Вт/м^2$) от эталонов рабочим средствам измерения. Установка состоит из теплотметрического блока, блока охлаждения, блока управления

БУ-8 и измерителя теплопроводности многоканального ИТ-2-16.

Теплотметрический блок состоит из теплотметрической ячейки (рис. 1), расположенной между нагревателем и холодильником. В холодильнике размещены каналы для течения охлаждающей жидкости, в нагревателе — нагревательный элемент. Холодильник и нагреватель представляют собой плоские диски. Холодильник теплотметрического блока соединяется с блоком охлаждения посредством гибких шлангов, обеспечивающих течение охлаждающей жидкости. Термометр сопротивления, размещенный в блоке охлаждения, посредством гибкого кабеля соединен с блоком управления, на дисплее которого отображается температура воды. Также в блоке охлаждения находится «холодный» спай термопары, а ее «горячий» спай размещен в нагревателе. Блок управления измеряет разность температур в холодильнике и нагревателе, а также поддер-

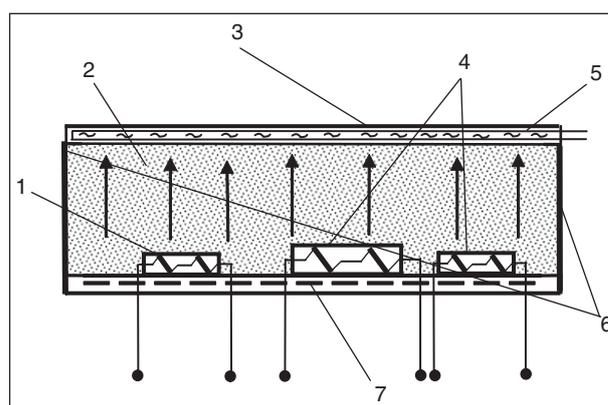


Рис. 1. Схема теплотметрической камеры:
 1 — эталонный датчик теплового потока;
 2 — теплопроводная засыпка (песок);
 3 — холодильник; 4 — поверяемые датчики теплового потока; 5 — канал с охлаждающей жидкостью; 6 — опорное кольцо;
 7 — нагреватель

Табл. 1. Характеристики установки УТМ-1

Характеристики	Значение
Диапазон поверхностной плотности теплового потока, создаваемого в теплотметрической камере, Вт/м ²	10–2000
Доверительные границы относительной погрешности установки при доверительной вероятности 0,95, %, не более	4
Диаметр рабочей зоны, мм, не менее	300
Нестабильность поддержания заданной плотности теплового потока в установившемся температурном режиме, %/мин, не более	0,25
Неравномерность плотности теплового потока в рабочей зоне теплотметрической камеры в установившемся температурном режиме, %, не более	2,5
Диапазон температур в рабочем объеме камеры, °С, не менее	25–200
Напряжение электропитания, В, не более	198–242
Частота электропитания, Гц, не более	49–51
Потребляемая мощность установки, Вт, не более	1000
Размеры теплотметрической камеры, мм, не менее	
диаметр	300
высота	30
Габаритные размеры, мм, не более	
блока управления БУ-8	270 × 110 × 360
блока теплотметрического БТ	500 × 400 × 132
блока охлаждения БО	402 × 402 × 375
Масса, кг, не более:	
блока управления БУ-8	3,2
блока теплотметрического БТ	10
блока охлаждения БО	25
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	2000

живает эту разность ΔT в заданных пределах, управляя мощностью нагревателя.

Верхняя часть теплотметрического блока (холодильник) соединена с нижней частью (нагревателем) шарнирным соединением. Тепло-воспринимающая поверхность холодильника, теплопередающая поверхность нагревателя и опорное кольцо образуют рабочий объем теплотметрической камеры. В рабочем объеме размещаются эталонный и поверяемые датчики плотности теплового потока, которые засыпают песком. В объеме песка устанавливается требуемая плотность теплового потока, пропорциональная определенному перепаду температуры между нагревателем и холодильником.

Характеристики установки УТМ-1 приведены в табл. 1. В настоящее время установка УТМ-1 находится на сертификации.

Типичный график поддержания теплового потока в рабочей камере установки УТМ-1 приведен на рис. 2.

Измеритель температуры и теплопроводности многоканальный ИТ-2

Многоканальные измерители температуры и теплопроводности ИТ-2 предназначены для

измерения напряжения (мВ) и плотности теплового потока (Вт/м²) или температуры (°С) по 16, 32, 48, 64, 80, 96 каналам (в зависимости от исполнения прибора) при помощи подключаемых к прибору датчиков плотности теплового потока и температуры (термопар) с последующей передачей данных на компьютер. Результаты измерения выводятся на экран компьютера в виде таблицы. Измерители ИТ-2 могут использоваться для автоматизированного сбора и обработки информации различных телеметрических систем. Измерители ИТ-2 в комплекте с преобразователями плотности теплового потока и термоэлектрическими преобразователями могут использоваться в составе системы измерения термического сопротивления ограждающих конструкций зданий и сооружений. Кроме того, измерители ИТ-2 можно использовать для измерения тепловых потоков в сложной калориметрической системе, измерения теплопроводности, теплоемкости и т. д.

Измерители ИТ-2 состоят непосредственно из блока ИТ-2 и набора клеммных коробок УК-4 (по 1 штуке на каждые 16 каналов). ИТ-2 соединяются с компьютером по интерфейсу RS-232. Каждая клеммная коробка УК-4 содержит интег-

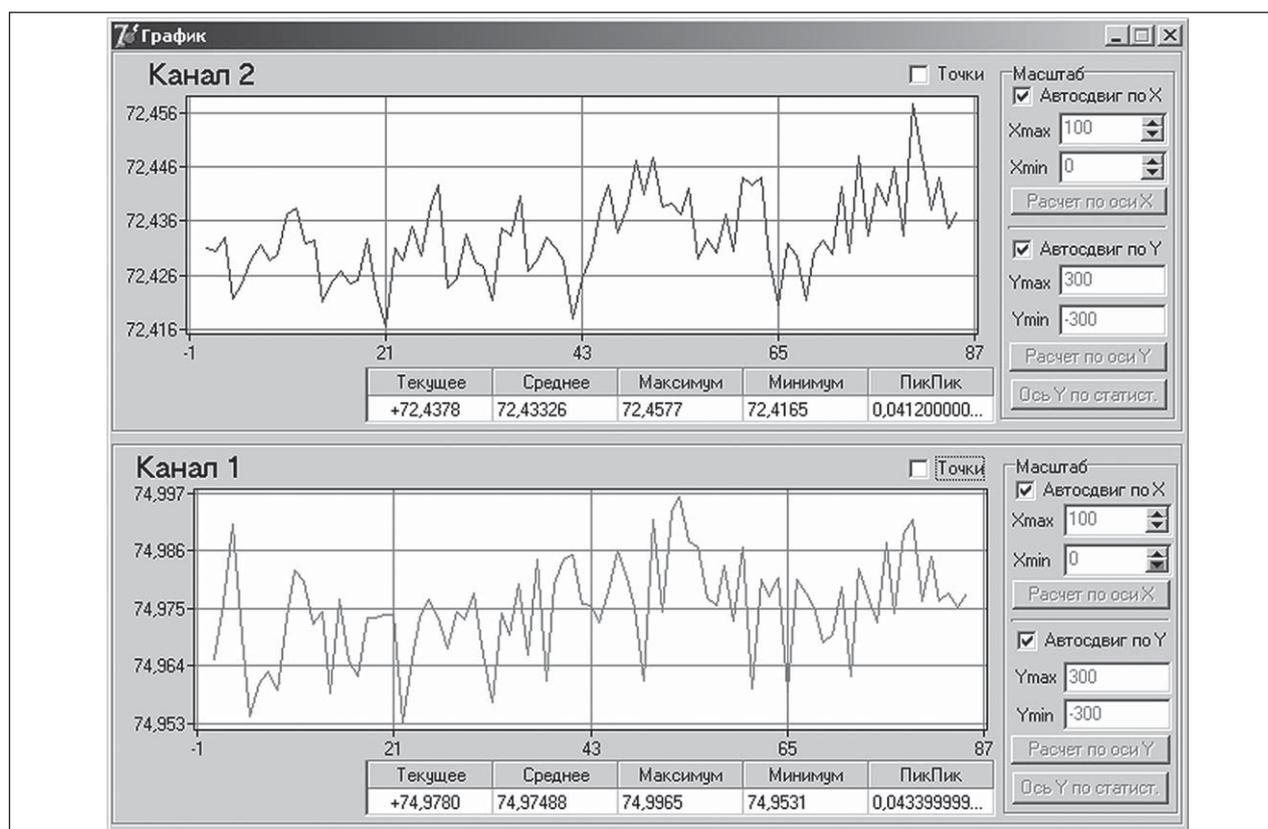


Рис. 2. График поддержания теплового потока в рабочей камере установки УТМ-1

Табл. 2. Характеристики многоканального измерителя температуры и теплопроводности ИТ-2

Характеристики	Значение
Диапазон измерения напряжения с выходов датчиков, мВ	-99,999...+99,999
Разрешающая способность индикации напряжения, мВ	0,001
плотности теплового потока, Вт/м ²	0,01
температуры, °С	0,01
Основная абсолютная погрешность, мкВ, не более	$\pm(5 + 1,5 \cdot 10^{-4} U_{\text{изм}})$, где $U_{\text{изм}}$ — значение модуля измеренного напряжения, мкВ
Погрешность измерения температуры холодных концов термопар, °С	±0,5
Степень защиты от проникновения твердых предметов и воды согласно ГОСТ 14254-96	IP20
Вид климатического исполнения согласно ГОСТ 15150-69	УХЛ4.1
Температура окружающего воздуха, °С	20±5
Питание	~ 220 В; 50 Гц
Ток потребления, мА, не более	50
Габаритные размеры, мм, не более	
блока ИТ-2	250 × 110 × 355
клеммной коробки УК-4	190 × 40 × 80
Масса, кг, не более	
блока ИТ-2	3,5
всего комплекта	8

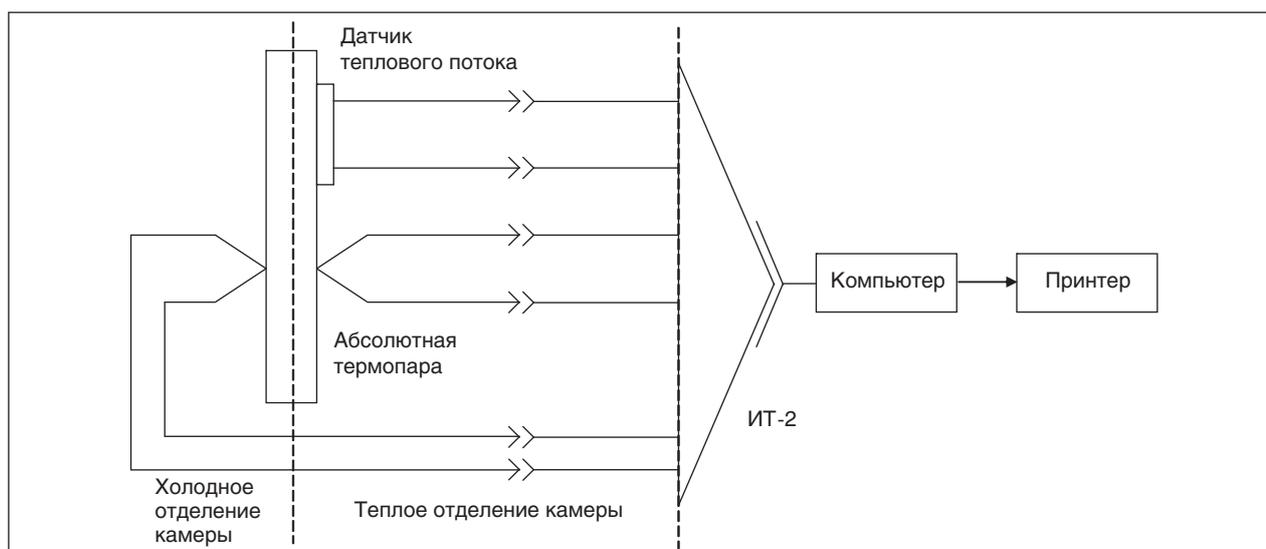


Рис. 3. Схема применения блока ИТ-2 в качестве измерителя теплопроводности

ральный датчик температуры холодных концов термопары, который позволяет подключать к ней термопарные датчики. Схема применения блока ИТ-2 в качестве измерителя теплопроводности приведена на рис. 3.

Непосредственно многоканальный измеритель температуры ИТ-2 измеряет напряжение по каждому из каналов, снимает показания датчиков температуры холодных концов термопары и передает все эти значения на компьютер. При необходимости компьютер на основе полученных данных определяет значения плотности теплового потока или температуры. Результаты измерения выводятся на экран компьютера в

виде значений напряжения, плотности теплового потока или температуры. Характеристики измерителя ИТ-2 приведены в табл. 2.

Измерение осуществляется циклами. В ходе одного цикла измерений блок ИТ-2 производит измерение по всем каналам и передает данные на компьютер. Приборы могут работать в режиме непрерывного измерения, когда после очередного цикла измерений осуществляется следующий цикл, или производить заданное количество циклов измерений. Также имеется возможность производить измерения с программируемой задержкой между циклами измерений от 1 с до 60 мин.

V. V. Rubanov

HEAT METRIC TOOL UTM-1

Heat metric tool for calibration tests of heat flow surface density gage devices with the method of direct comparison in static conditions with standards of comparison is described.

Keywords: heat metric tool, verification, calibration, heat flow surface density gage devices, heat flow sensors, multichannel temperature and thermal conductivity gauge, heat flow density, thermal conductivity, thermal capacity.

Вниманию специалистов!

Т. В. Бухаркина, С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, Б. П. Туманян

ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены основные физико-химические свойства природных углеродсодержащих энергоносителей — углей, нефтей, углеводородных газов. Особое внимание отводится природным и синтетическим формам свободного углерода. Приводятся механизмы химических превращений углеводородов в технологиях их переработки.

М.: Издательство «Техника», 2009. — 204 с.

Использование нефтешлама очистных сооружений в качестве выгорающей добавки при получении кирпича

Е. Р. Шпербер, Т. Н. Боковинова, Д. Р. Шпербер
Кубанский государственный технологический университет

Исследован состав нефтешламов очистных сооружений. Рассмотрены виды глинистого сырья, используемого для получения кирпичей, выявлены возможности изменения его свойств.

Разработан способ получения кирпича с использованием нефтешлама очистных сооружений в качестве выгорающей добавки.

Ключевые слова: нефтешламы очистных сооружений, кирпич, глина, отощающие добавки.

Нефтешламы очистных сооружений, в отличие от донных отложений нефтяных и мазутных резервуаров, характеризуются повышенным (3–40%) содержанием воды; содержание механических примесей может достигать 20%, содержание нефтепродуктов колеблется в пределах 40–85%. Нефтешламы относятся к третьему классу опасности, на 1 т переработанной нефти образуется 0,5–1 кг нефтешламов очистных сооружений. Современные НПЗ имеют установленную производительность от 3 до 20 млн т нефти в год, следовательно количество накапливающихся за год нефтешламов очистных сооружений составляет от 1500–3000 до 30 000–60 000 т. Поэтому задача поиска оптимальных простых путей переработки нефтешламов очистных сооружений особенно актуальна.

Наиболее распространенной в промышленности технологией утилизации нефтесодержащих отходов является их локальное сжигание с рекуперацией тепла. Представляет интерес исследование возможности применения нефтешламов очистных сооружений в качестве компонента глинистого сырья, подвергаемого термической обработке — обжигу.

Наиболее чистые глины, состоящие преимущественно из каолинита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), называют каолинами [1]. Обычные глины отличаются от каолинов химическим и минералогическим составом, так как помимо каолинита они содержат кварц, слюду, полевые шпаты, кальцит, магнезит и др.

По отношению к высоким температурам различают глины огнеупорные, тугоплавкие и легкоплавкие. Первые [2] отличаются высокой (не ниже 1580°C) огнеупорностью. Это чистые каолиновые глины, имеющие низкое содержание механических примесей, которые в той или иной степени снижают огнеупорность. Эти глины характеризуются высокой дисперсностью и очень высокой пластичностью.

Тугоплавкие глины имеют огнеупорность 1350–1580°C. Они содержат небольшое количество кварца, полевого шпата, слюды, карбонатов кальция и магния. Эти глины применяют главным образом для производства облицовочного кирпича, плиток для полов, канализационных труб и т. д.

Легкоплавкие глины имеют огнеупорность ниже 1350°C. Эти глины наиболее разнообразны по составу: они содержат песок, известняк, оксиды железа, слюду, органические вещества и др. Такие глины применяют для производства кирпича, блоков, черепицы и аналогичных изделий.

Важнейшими свойствами глин являются пластичность, воздушная усадка и отношение к высокой температуре.

Пластичность характеризует возможность формования из глин различных керамических изделий. Пластичность зависит от минералогического и гранулометрического состава, формы и характера поверхности зерен (шероховатая или катанная), от содержания в глине растворимых солей, органических примесей и воды.

Имеется много методов определения пластичности [3]. Наиболее широкое распространение получил метод определения пластичности по величине воздушной усадки глиняного теста и количества воды затворения, необходимого для получения удобоформуемой массы. Более пластичные глины требуют большего количества воды и дают большую усадку, чем тощие малопластичные глины. Пластичность глин повышают добавлением более пластичной глины, путем отмучивания, т. е. освобождением глины от примесей песка, механической обработкой и вылеживанием. Снижение пластичности достигается введением отощающих добавок.

Воздушной усадкой глины называют уменьшение ее объема, происходящее в процессе сушки отформованных изделий при комнатной

Табл. 1. Характеристики нефтешламов очистных сооружений НПЗ

Предприятие	Содержание, % мас.		
	воды	механических примесей	нефтепродуктов
Краснодарский НПЗ	11–32	15–25	49–59
Афипский НПЗ	10–35	17–31	50–65
Туапсинский НПЗ	19–37	11–33	45–69

температуре вследствие испарения воды и сближения частиц глины. Усадка кирпичных глин колеблется в пределах 4–15%.

Характерным свойством глин является их способность превращаться при обжиге в камневидную массу. Этот процесс сопровождается изменением цвета и плотности, потерей пластичности и уменьшением объема глины.

Для придания различных свойств глинам и получаемым из них керамическим изделиям в глину вводят отошающие и органические выгорающие добавки и др. В высокопластичные глины, требующие для затворения большого количества воды (до 28%) и поэтому дающие большую линейную усадку (до 15%) при сушке и обжиге, необходимо вводить отошающие добавки, т. е. непластичные вещества. При этом значительно уменьшается количество воды, необходимое для затворения глиняного теста, усадка снижается до 2–6%. В качестве отошающих добавок чаще всего применяют неорганические вещества: кварцевый песок, шамот (обожженную и измельченную глину) и бой изделий, молотый шлак и золу. Эти добавки не только уменьшают усадку изделий, но и улучшают формовочные свойства массы, упрощают технологический процесс и устраняют брак. В ряде случаев они улучшают физические свойства изделий, в частности, термостойкость и теплопроводность.

Для получения изделий с меньшим объемным весом и увеличенной пористостью применяют органические выгорающие добавки. Наиболее часто используют древесные опилки, угольную мелочь и угольный порошок, торфяную пыль и др. Применяют также мел, доломит и глинистый мергель в молотом виде, образующие при высокой температуре обжига углекислый газ, что ведет к формированию пор.

Ввиду того, что требования к глинистому сырью по содержанию воды и механических примесей не высоки, целесообразно исследовать возможность применения нефтешламов очистных сооружений в качестве органической добавки к глинам. Кроме того, для изготовления кирпича и керамзита только на одном заводе используют сотни тысяч тонн глины, поэтому при

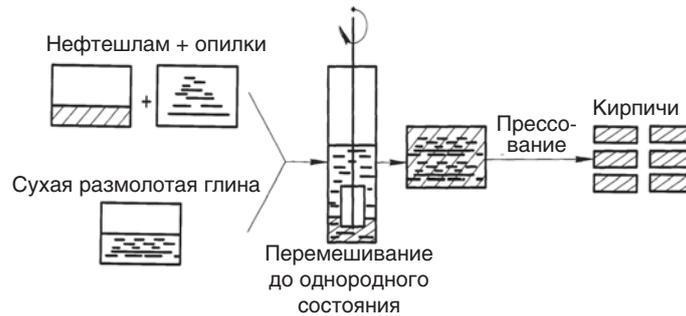
введении в глину 1–3,5% нефтешламов объем их использования достигнет десятков тысяч тонн в год.

К преимуществам нефтешламов очистных сооружений следует отнести возможность их транспортировки в герметичных автосамосвалах и погрузки экскаватором-погрузчиком в открытые бортовые самосвалы. В табл. 1 представлены характеристики нефтешламов очистных сооружений разных НПЗ. Нефтешламы представляют собой вязкую массу плотностью 860–970 кг/м³, содержат воду, механические примеси и горючие фракции. Нефтепродукты в основном представлены асфальтенами, бензольными и спиртовыми смолами.

Поведение нефтешламов очистных сооружений при нагревании на воздухе исследовали методом термического анализа. На термограмме обнаруживаются два тепловых эффекта, сопровождающихся потерей массы образца. Первый эффект (эндотермический) наблюдается при температуре 20–150°C и вероятно связан с испарением воды и других летучих веществ. Потеря массы составляет 30,1%. При дальнейшем нагревании нефтешламов при температуре 150–830°C на термограммах появляется второй (экзотермический) эффект, обусловленный выгоранием нефтепродуктов. Температура самовоспламенения исследованного нефтешлама на воздухе составила 350°C. Рассчитанное количество теплоты, выделяющейся при горении нефтешламов, составляет 15,1±1 Дж/кг. Суммарная потеря массы составила 75,7%; масса твердого остатка после сжигания — 24,3% от массы исходного нефтешлама.

Результаты исследования поведения нефтешлама при нагревании свидетельствуют о его высокой (15,1±1 Дж/кг) теплотворной способности и подтверждают возможность применения нефтешлама в качестве выгорающей добавки при производстве кирпича.

Нами разработана сырьевая смесь [4] и предложена принципиальная технологическая схема (см. рисунок) применения нефтешламов очистных сооружений в качестве выгорающей добавки при обжиге кирпича. Сырьевая смесь



Принципиальная схема процесса получения кирпича с использованием нефтешламов очистных сооружений в качестве выгорающей добавки

содержит в качестве выгорающей и отощающей добавок смесь древесных опилок и нефтешлама в массовом отношении (1–3,5):1. Содержание компонентов в смеси, % мас.: смесь древесных опилок и нефтешлама 13–15%; глина — до 100%

Кирпич из сырьевой смеси получали следующим образом. Смесь нефтешлама и опилок соединяли с сухой размолотой глиной и перемешивали до однородного состояния. Из полученной массы формовали кирпичи методом прессования, которые сушили при температуре 100–150°C в течение 1–2 ч и обжигали при 1000°C в течение 1 ч.

Преимуществом данной технологии является возможность осуществления процесса без предварительной подготовки нефтешламов. Проведение дополнительных операций по отделению механических примесей и воды от органической части не требуется. Внедрение данной технологии не требует строительства дополнительных сооружений, что особенно актуально для действующих кирпичных заводов.

Наличие в нефтешламах нефтепродуктов и механических примесей придает им свойства одновременно выгорающих и отощающих добавок. Содержащаяся в нефтешламах вода обеспечивает образование пор.

Технические характеристики полученного кирпича определяли после охлаждения до 22°C и выдерживания в закрытом помещении при этой температуре. Механическую прочность при сжатии определяли в соответствии с ГОСТ 8462–85.

Предел прочности кирпича при сжатии определяли для образцов, состоящих из двух кирпичей. Кирпичи укладывали постелями друг на друга. Размеры образцов определяли с точностью до 1 мм. Каждый линейный размер образца вычисляли как среднее арифметическое результатов измерений двух средних линий противоположащих поверхностей образца.

Диаметр кирпича вычисляли как среднее арифметическое результатов четырех измерений: в каждом торце по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

На боковые поверхности образца наносили вертикальные осевые линии. Образец устанавливали в центре плиты пресса, совмещая оси образца и плиты, и прижимали верхней плитой пресса. Нагрузку на образец непрерывно и равномерно повышали со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20–60 с после начала испытания.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ (МПа) образца вычисляли по формуле:

$$R_{сж} = P/F,$$

где P — наибольшая нагрузка (кгс), установленная при испытании образца; F — площадь (м²) поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое площадей его верхней и нижней поверхностей.

При вычислении предела прочности при сжатии кирпичей из двух целых кирпичей толщиной 88 мм результаты испытаний умножали на коэффициент 1,2. Предел прочности при сжатии образцов партии вычисляли с точностью до 0,1 МПа как среднее арифметическое результатов испытаний всех образцов партии.

Морозостойкость определяли согласно ГОСТ 7025–91. Пять образцов насыщали водой. Замораживание образцов в морозильной камере и оттаивание в воде осуществляли в контейнерах. Горизонтальные зазоры между образцами составляли не менее 20 мм. Температура воздуха в морозильной камере до загрузки образцов была не выше –15°C. Отсчет времени замораживания образцов начинали от момента установления в камере температуры –15°C. Температура воздуха в камере от начала до конца замораживания составляла –15...–20°C, продолжительность одного замораживания — 4 ч без перерыва.

Табл. 2. Результаты испытаний

Состав сырьевой смеси, % мас.		Массовое отношение опилки : нефтешлам	Содержание воды в нефтешламе, %	Характеристики кирпича			
глина	смесь добавок			механическая прочность на сжатие, МПа	морозостойкость, циклы	открытая пористость, %	коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
86	14	2,5	54	38,0	88	35	0,39
87	13	2,5	54	38,2	86	36	0,38
85	15	2,5	54	38,3	92	35,8	0,39
86	14	3,5	54	39,1	91	34,6	0,38
86	14	1,0	54	38,4	91	35,7	0,36
86	14	2,5	50	39,3	91	35	0,37
86	14	2,5	60	38,3	91	35,5	0,38
89	11	2,5	54	15,0	27	19,5	0,81
84	16	2,5	54	12,0	25	40	0,40
86	14	0,8	54	9,0	14	18	0,88
86	14	3,8	54	17,0	26	37	0,70
86	14	2,5	49	15,0	30	17	0,80
86	14	2,5	61	11,0	13	42	0,41
Характеристики по ГОСТ 530–95				17,0	25	23	0,71

После замораживания образцы в контейнерах погружали в сосуд с водой температурой 25°С, поддерживаемой термостатом до окончания оттаивания образцов.

Одно замораживание и последующее оттаивание составляют один цикл, продолжительность которого не превышала 24 ч. После проведения требуемого числа циклов замораживания–оттаивания осматривали образцы и фиксировали появившиеся дефекты.

Коэффициент теплопроводности определяли на приборе ИТЭМ-1М согласно ТУ 25-1175.127–85. Результаты всех испытаний представлены в табл. 2.

Результаты испытаний показали, что первые семь полученных образцов соответствуют

требованиям для кирпича высшей марки (ГОСТ 530–95) и отличаются высокими механической прочностью, морозостойкостью и открытой пористостью. Однако при уменьшении содержания в сырьевой смеси добавок, изменении массового отношения опилки : нефтешлам и уменьшении содержания воды в нефтешламе эти характеристики резко ухудшаются. В случае увеличения количества добавок выше оптимального и содержания в нефтешламе более 54% воды на ложковых гранях кирпичей появляются сквозные трещины протяженностью 40–60 мм, распространяющиеся на всю толщину, в количестве 4–8 трещин на одном кирпиче. Это приводит к резкому снижению механической прочности кирпичей.

Литература

1. Федосеев С. В., Ибрагимов А. М., Гнедина Л. Ю. и др. Силикатный кирпич в условиях высокотемпературных воздействий // Строительные материалы. — 2009. — № 9. — С. 48–49.
2. Уинн Э., Маркетти М., Маньи Э. Изоляционный огнеупорный кирпич — максимум экономии энергии путем выбора продукта // Огнеупорная и техническая керамика. — 2010. — № 6. — С. 33–38.
3. Барнилова Л. С. Куприянов Л. И., Миронов В. В. Силикатный кирпич в России: современное состояние и перспективы развития // Строительные материалы. — 2008. — № 11. — С. 4–12.
4. Пат. 2114086 (РФ).

E. R. Shperber, T. N. Bokovikova, and D. R. Shperber
UTILIZATION OF OIL SLUDGE FROM TREATING FACILITIES AS COMBUSTIBLE ADDITIVE AT BRICK PRODUCTION

Composition of oil sludge from treating facilities is investigated. Different types of argillous raw material, used at brick production, are considered. The possibilities of argillous raw material properties modification are drawn out. The method of brick production using oil sludge from treating facilities as combustible additive was developed.

Keywords: oil sludge from treating facilities, brick, argil, mineral filler.

Важное условие становления малых предприятий нефтегазового сектора

Н. А. Гафаров, В. М. Казаков, Е. В. Кондратенко
ОАО «Газпром»,
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,
ОАО «Газпром Промгаз»

Рассматривается вопрос развития и функционирования малых предприятий в нефтегазовом бизнесе. Приведен анализ первоначальных затрат для получения лицензии и начала бурения. Показано, что без помощи государства малый и средний бизнес не может возникнуть, тем более существовать. Даны реальные предложения по организации финансирования становления малого и среднего бизнеса в нефтегазовой сфере.

Ключевые слова: малые предприятия, коэффициент извлечения нефти, льготы, преференции, методы повышения нефтеотдачи, финансовые средства, лицензии.

Малый бизнес в нефтегазовом секторе занимает определенную нишу, связанную с разработкой мелких месторождений, а также остаточных и трудноизвлекаемых запасов. В основных нефтегазовых провинциях России наблюдаются уменьшение размеров открываемых месторождений нефти, снижение начальных дебитов и увеличение доли трудноизвлекаемых запасов как на новых, так и на уже разрабатываемых месторождениях углеводородов. Такая динамика ресурсной базы является предпосылкой для увеличения роли малых нефтедобывающих компаний. Так, в Татарстане в 2006 г. добыча нефти малыми и средними нефтяными компаниями (МСНК) увеличилась до 31,3 млн т. Республика — один из немногих регионов России, где стабилизация ежегодного объема добычи на уровне 30 млн т достигается за счет малой нефтедобычи [1].

Однако на сегодняшний день в российском нефтегазовом секторе доминирующее положение занимают вертикально интегрированные нефтяные компании (ВИНК), роль которых продолжает возрастать. Такая тенденция находится в явном противоречии с «естественной» (обусловленной истощением первоначальных запасов) динамикой ресурсной базы углеводородов. Пожалуй, только Татарстан — единственное положительное исключение из общего правила. Отработанные, истощенные месторождения и месторождения с трудноизвлекаемыми запасами, а так же малые месторождения не входят в сферу интересов ВИНК. Именно здесь малые компании и играют значительную роль.

В последние годы появился целый ряд работ, посвященных проблемам функционирования и развития МСНК [2–4]. Были затронуты различные аспекты деятельности таких компаний,

но практически все исследователи и специалисты сходятся во мнении, что в будущем значимость таких компаний должна возрасти в силу естественного истощения сырьевой базы при интенсивной добыче по отдельным регионам и нефтегазовым провинциям.

То обстоятельство, что нефтегазовый сектор не ограничивается только ВИНК, все в большей степени находит отражение в различных правительственных документах. Например, в различных версиях Энергетической стратегии России (в 1995, 2000, 2003 гг.) упоминается необходимость создания конкурентной среды в нефтегазовом секторе путем стимулирования развития малых и средних нефтегазодобывающих компаний.

Однако попытки пока не увенчались успехом. Становится ясно, что сформировавшаяся структура нефтегазового сектора имеет существенные недостатки, связанные с интенсивной отработкой крупных месторождений, в основном на начальных этапах разработки, и полным пренебрежением к значительным запасам, сосредоточенным в малых месторождениях, в месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами. В условиях высоких цен на нефть добывающие компании считают экономически нецелесообразным эксплуатировать скважины с дебитами менее 3 т/сут., не заботятся о снижении потерь в процессе текущей добычи нефти и повышении конечной нефтеотдачи. Все это приводит к увеличению объемов невыработанных запасов и значительному снижению коэффициента извлечения нефти (КИН).

Основы рациональной разработки нефтяных месторождений, сформировавшиеся в советское время, обеспечивали уже в 1960-е гг. достижение значений КИН, близких к 50%. По документам

ЦКР, средний показатель КИН по России зафиксирован на уровне 38%.

Средняя величина КИН по Татарстану составляет 56%, что существенно выше среднероссийского значения. Даже к 2020 г., согласно Энергетической стратегии, в целом по России предполагается довести КИН до 42%. Татарстан же ставит для себя задачу достижения КИН в 60%. Одной из причин более высокого КИН на месторождениях Татарстана по сравнению с другими регионами России является организация в более широких масштабах МСНК на малых, истощенных месторождениях и залежах с трудно извлекаемыми запасами [5].

В Энергетической стратегии России до 2020 г. меры структурной политики предусматривают совершенствование организационной структуры топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и системы корпоративных отношений путем формирования конкурентной среды, в том числе в газовой отрасли и электроэнергетике, стимулирования развития независимых производителей топлива и энергии.

Согласно статистическим данным, в России насчитывается около 3,6 тыс. зарегистрированных малых предприятий, занимающихся добычей всех видов полезных ископаемых и сервисным обслуживанием, причем 93,7% из них являются частными [6]. К добыче углеводородных ресурсов и ее сервисному обслуживанию, выполнению геолого-разведочных работ согласно Росстату относятся 1,3 тыс. малых предприятий. Причем, как показывает анализ, в статистический учет попадают также зарегистрированные, но еще не начавшие производственную деятельность малые предприятия [6].

Только в европейской части России в настоящее время выявлено 745 малых нефтяных и газовых месторождений, которые до сих пор не разрабатываются. Из их числа 608 нефтяных и нефтегазовых месторождений содержат 737,9 млн т извлекаемых запасов нефти (категории А+В+С₁+С₂), 26,6 млн т конденсата и 301,1 млрд м³ свободного газа (119,1 млрд м³ — газ газовых шапок и 182 млрд м³ — газ газовых залежей), а 113 газовых и 24 газоконденсатных месторождений — 326,6 млрд м³ газа и 15,76 млн т конденсата [4].

На состоявшемся 8 сентября 2010 г. в Казани совместном заседании Высшего горного совета (ВГС) и Совета Союза нефтегазопромышленников России (ССНГ) с представителями исполнительной и законодательной власти Республики Татарстан Председатель ВГС Ю. К. Шафраник подчеркнул, что сегодня Татарстан является

«эталоном» для остальных субъектов федерации в деле развития малого и среднего бизнеса, в особенности в нефтяной промышленности. В Татарстане более 20% нефти добывают МСНК. Благодаря этому удалось предотвратить снижение добычи в старейшем нефтедобывающем районе России и поддерживать на высоком уровне технологическую модернизацию нефтяной промышленности. В целом же по России доля нефти, добываемой на малых и средних нефтедобывающих предприятиях, составляет менее 4%. При этом в настоящее время в стране количество месторождений с малыми запасами превышает 15%, работа на них невыгодна крупным ВИНК. В то же время в США более 5000 МСНП занимаются добычей нефти [6].

Созданные в 1996–1999 гг. в Татарстане МСНК обеспечили ускоренную разработку 46 малоэффективных нефтяных месторождений, расположенных на юго-востоке Республики. На 2007 г. в Татарстане было уже 32 МСНК, добывающих 7 560 тыс. т нефти в год. Большая часть МСНК добывает в среднем 200–300 тыс. т нефти в год. Ожидается, что объем добычи нефти МСНК в Татарстане по итогам на 2010 г. вырастет до 7,8 млн т, т. е. увеличится по сравнению с 2009 годом вдвое [1].

В настоящее время МСНК можно классифицировать следующим образом:

- предприятия, учредителями которых являются ВИНК (предприятия I);
- предприятия, учредителями которых являются менеджеры ВИНК, либо члены их семей (предприятия II);
- предприятия, созданные независимыми предпринимателями (предприятия III).

Очевидно, предприятия I и II имеют неоспоримые преимущества перед предприятиями вида III.

Предприятия I создаются по инициативе ВИНК для осуществления деятельности на месторождениях с трудноизвлекаемыми или остаточными запасами и существуют за счет преференций от ВИНК. Эти преференции могут состоять в повышенной цене на приобретаемую продукцию (по сравнению с собственной), свободном доступе к трубопроводам, низких тарифных ставках на транспорт и переработку, льготных ссудах на развитие, минимальных ценах на сервисное обслуживание. Такие предприятия могут долго и успешно существовать до той поры, пока не иссякнет интерес учредителя — ВИНК. С деятельностью таких предприятий могут быть связаны схемы снижения налогооблагаемой базы, причем не всегда законные. Предприятия II,

получая отмеченные выше преференции, имеют явно коррупционную сущность.

Предприятия III создаются по предпринимательской инициативе независимыми предпринимателями и являются именно тем, на что рассчитывает государство, говоря о создании конкурентной среды в недропользовании. Коррупционная основа, присущая предприятиям типа II, в данном случае отсутствует.

Однако в создании и самом существовании предприятий III имеется много объективных и субъективных препятствий, зачастую непреодолимых.

Первым шагом МСНК после регистрации является получение лицензии на право эксплуатации месторождения. Лицензию получают на аукционе или конкурсе, где также участвуют предприятия I и II. Эти предприятия имеют заведомо больше шансов на успех благодаря наличию достаточных финансов и административного ресурса. Главным для победы на аукционе после представления необходимой и качественной заявки является достаточный финансовый ресурс. Рассмотрим свежий пример. На сайте Федерального агентства по недропользованию «Роснедра» [7] опубликован Бюллетень № 7 от 12.04.11. Конкурсы и аукционы приведены в таблице.

Очевидно, такие суммы сбора за участие и стартовый размер разового платежа может заплатить далеко не каждый, тем более за такие скромные перспективы по величине запасов. Если у предприятий I и II решающее значение могут иметь тактические или стратегические интересы, то предприятия III могут руководствоваться только экономическими соображениями. А перспективы при таких ставках НДС, налога на прибыль не могут сделать экономику

привлекательной. Тем самым МСНК не могут получить достаточный кредит в банке. Тем более, что под залог выделяемого кредита не принимаются запасы нефти и газа в недрах.

Таким образом, чтобы получить кредит на приобретение и развитие месторождения, предприниматель должен в качестве залога внести банку реальное имущество на сумму, как правило, вдвое превышающую сумму кредита.

Более того, получением лицензии дело не ограничивается. Самые большие затраты ждут впереди: проведение сейсморазведки, обработка ее результатов, отвод земли, воды, проектно-сметная документация, бурение разведочное и эксплуатационное, эксплуатационные расходы на первом этапе разработки. До начала поступления доходов от сбыта нефти необходимо пройти огромный затратный путь проектирования, отвода земель, бурения скважин и обустройства месторождения. Как показывает практика, чтобы появилась возможность начала погашения кредитов на 2–3 год эксплуатации, необходимо пробурить 5–6 продуктивных скважин. При современных ценах на самую затратную часть — бурение — на эти цели потребуется около 1,5 млрд руб., в зависимости от региона.

К сожалению, пока нет банков, готовых финансировать МСНК суммами в 1,5 млрд руб. сроком на 12–15 лет и без надлежащей гарантии в виде годового, легко реализуемого имущества или гарантий серьезного финансового института, например государства, о малом и среднем бизнесе в нефтедобыче речь идти не может.

Меры, принимаемые Правительством по этому вопросу, хороши и своевременны, но только ими проблему не решить. Они помогут предприятиям I и II, но для предприятий III этого явно не достаточно. Для создания реальной кон-

Конкурсы и аукционы на право эксплуатации месторождений углеводородов в Удмуртской Республике

Название участка	Запасы нефти, тыс. т	Сбор за участие, тыс. руб.	Стартовый размер разового платежа, тыс. руб.
Быргындинский	C ₁ — 77 (извлекаемые); C ₂ — 397 (извлекаемые); C ₃ — 599 (извлекаемые); Д — 600	208	54 000
Буторихинский	На условиях риска	167	20 900
Ежовский	C ₃ — 644 (геологические); Д — 700	117,3	19 000
Утягановский	C ₁ — 129 (извлекаемые); Д ₁ — 840	138,3	22 000
Чеберинский	Д — 350	187,3	3 100
Нечкинский	C ₃ — 700; Д — 1108	147,3	23 100

куренции в нефтегазовом бизнесе необходимо разработать систему кредитования МСНК, устранив из этого бизнеса предприятия II. Снижение ставок НДС, НДПИ, НДС и другие преференции для МСНК проблем не решат, а создадут новые. Эти ставки нужно снижать, но для предприятий всех форм собственности и только в зависимости от условий добычи. Иначе открывается широкий путь к злоупотреблениям и коррупции. Преференции же по количеству и качеству запасов для трудно извлекаемых и остаточных запасов являются верным стимулом.

Для создания реальной конкуренции в нефтегазовом бизнесе и привлечения МСНК к участию в разработке малых и сложных месторождений необходима иная система кредитования и учета рисков при геологоразведке. На сегодня только государство может выступить гарантом возврата или разделения ответственности риска потери денежных средств. Это основное и кардинальное условие развития МСНК типа III. Безусловно, и в организации работы самих МСНК в регионах есть резервы уменьшения затрат на все виды работ, от сейсморазведки, бурения и до себестоимости добычи, но это уже другой вопрос.

Резюмируя изложенное, можно смело утверждать, что малое и среднее предпринимательство в нефтяном и газовом бизнесе остается уделом весьма состоятельных людей, имеющих свободные средства около 1,5 млрд руб. или легко реализуемое имущество на сумму около 3 млрд руб. Очевидно, существующая система кредитования и распределения (учета) рисков не позволяет вовлечь в эту сферу банки без высокой для них степени риска и это делает невозможным привлечение в отрасль новых талантливых и грамотных специалистов, способных реально создать сеть действующих в добыче МСНК с использованием передовых технологий.

В то же время, анализ топливно-энергетических балансов (ТЭБ) субъектов в европейской части России показывает, что практически все они энергодефицитны. Это касается даже большинства районов с развитой нефтегазодобычей. Так, ТЭБ Северо-Западного федерального округа характеризуется активным балансом по углю, электроэнергии, дизельному топливу. Потребность в газе за счет собственных ресурсов удовлетворяется лишь на 10%, в нефтяном сырье и топочном мазуте — на 70–80%, автомобильном бензине — на 95% [2].

С учетом того, что происходит постоянное увеличение числа низконапорных и малодобитных скважин, количества остаточных и других не извлеченных из недр запасов, становится очевидной государственная значимость комплексного освоения и завершения эксплуатации в первую очередь мелких месторождений нефти и газа. Безусловный интерес также представляет организация добычи нефти и газа на выработанных месторождениях в части освоения низконапорного газа, вовлечение в разработку продуктивных горизонтов, остаточных запасов, связанных с целиками нефти и газа в обводненной пластах, или защемленного газа в обводненной зоне пласта и т. д.

Одним из основных средств решения указанных проблем является развитие малого и среднего предпринимательства с использованием передовых технологий поиска, разведки и освоения месторождений в тесном сотрудничестве с предприятиями отечественной науки. О симулировании этого процесса, о внедрении методов увеличения нефтеотдачи (МУН) сегодня пишут много. Если пути стимулирования, предложенные в работе [8], будут закреплены законодательно, то это даст реальный шанс для успешной работы МСНК и привлечения финансирования благодаря снижению срока окупаемости до реальных 5–7 лет.

Резюмируя вышеизложенное, можно утверждать, что у малых и средних предприятий нефтегазового бизнеса есть своя важная ниша. Однако для реального развития этого сектора бизнеса необходимо разработать комплекс мер, позволяющих банкам выдавать, а МСНК получать, использовать и возвращать кредиты в полной мере и в срок. В этом процессе исключительно важна роль государства на федеральном и региональном уровнях. В интересах стимулирования конкуренции и развития общества государство может и должно решить вопрос о создании института государственных гарантий, льгот и преференций в целях привлечения финансовых средств для становления МСНК как реального сектора экономики, а также для внедрения передовых технологий нефтегазодобычи.

Введение одних только льгот и преференций, хотя и обоснованных и чрезвычайно важных, является необходимым, но явно не достаточным условием развития малых и средних предприятий в нефтегазодобыче. Очевидно, без системы кредитования этого вида бизнеса проблему не решить.

Литература

1. Малые нефтяные компании Татарии благодаря «Татнефти» добывают больше, чем малые компании в других регионах. — Коммерсант. — 9 февраля 2007.
2. Земцов Р. Г. Дис. канд. эконом. наук. — Новосибирск, 2004.
3. Зиновьев А. А., Мелехин А. Е. Проблемы освоения мелких и средних месторождений углеводородов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2008. — № 2.
4. Коптев Д. Малая нефть большой страны // Компания. — 2010. — № 17 (601).
5. <http://burneft.ru/archive/issues/2011-02/6>.
6. Малое предпринимательство в России. Стат. сб. — М.: Росстат, 2006. — 134 с.
7. <http://www.rosnedra.com/category/25.html>.
8. Выгон Г. Экономическое стимулирование рационального недропользования // Нефтегазовая вертикаль. — 2011. — № 5. — С. 8–12.

N. A. Gafarov, V. M. Kazakov, and E. V. Kondratenko

AN IMPORTANT CONDITION FOR THING-BECOMING OF SMALL BUSINESS ENTERPRISES IN THE OIL AND GAS SECTOR

Problem of development and operation of small business enterprises in the oil and gas sector is considered. Initial costs for receipt of a license and initiation of drilling are analyzed. It was demonstrated, that without government assistance small and medium business can not appear, all the more to exist. Practical propositions for financing organization of small and medium business thing-becoming in oil and gas sector are presented.

Keywords: small business enterprises, oil recovery factor, facilities, preferences, enhanced oil recovery methods, financial assets, licenses.

Вниманию специалистов!

С. В. Дейнеко

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НЕФТИ И ГАЗА

В учебном пособии излагаются основы теории надежности систем трубопроводного транспорта нефти и газа и их практическое применение для решения научных и инженерных задач. Приводится анализ и классификация отказов газонефтепроводов, а также обработка статистических данных по отказам.

Рассматриваются методы обеспечения надежности на стадии проектирования и оценки надежности газонефтепроводов на стадии эксплуатации. Рассматриваются теория, критерии и показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем.

Представлены методология исследования и оценки эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта; методика построения структурных схем надежности газонефтепроводов; методика построения моделей надежности объектов газонефтепроводов; методика компьютерного моделирования в Excel для решения задач надежности; методы оценки достоверности построенных моделей надежности. Практическая реализация методов приводится в ранее изданных книгах «Оценка надежности газонефтепроводов. Задачи с решениями» и «Построение моделей надежности газонефтепроводов методом компьютерного моделирования. Лабораторный практикум», которые дополняют данное учебное пособие.

Учебное пособие предназначено для студентов, магистрантов, аспирантов специальности 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ», а также может быть использовано инженерно-техническим персоналом, связанным с оценкой эксплуатационной надежности газонефтепроводов.

М.: Издательство «Техника», 2011. — 176 с.

Главная выставочная площадка промышленных достижений на Северо-Западе

С 13 по 15 марта 2012 года в Санкт-Петербурге в Ленэкспо пройдет ежегодная Петербургская техническая ярмарка (ПТЯ), включающая международные выставки и конференции по металлургии, металлообработке, машиностроению и промышленным инновациям.

Сегодня российским производителям очень важно иметь профессиональную площадку, на которой можно достойно представить свою продукцию. ПТЯ позволяет сравнить конкурентоспособность отечественных предприятий с зарубежными аналогами и продемонстрировать широкий спектр оборудования и новых технологий в промышленности. За годы проведения Ярмарка закрепила за собой статус главного промышленного события на Северо-Западе и стала надежным маркетинговым инструментом для развития бизнеса и поиска новых деловых контактов. Здесь происходит обмен опытом и инновациями, укрепляются взаимовыгодные связи между мировыми лидерами промышленной сферы, что подтверждает — Санкт-Петербург по-прежнему является «окном в Европу». Об этом свидетельствуют и итоги мероприятия в 2011 году: в 3-х павильонах крупнейшей выставочной площадки Северной столицы были представлены более 500 ведущих промышленных и инновационных компаний из 27 стран мира, в том числе компании из Германии, Финляндии, Чехии, Турции, Тайваня и других стран. Общее количество посетителей всех мероприятий ПТЯ составило 8 200 специалистов.

Выставочная программа Ярмарки объединяет сразу несколько отраслевых направлений. В ее состав входят промышленные выставки «Обработка металлов», «Металлургия. Литейное дело», «Машиностроение», «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции (Hi-Tech)». К традиционной экспозиции в 2012 году добавились новые выставки: «Крепеж», «Неметаллические материалы для промышленности», «Услуги для промышленных предприятий». Экспоненты представят на Ярмарке современные технологии,

материалы, оборудование и инновационные достижения, охватывающие широкий спектр отраслей промышленности и науки. До начала мероприятия еще много времени, но формирование выставок идет полным ходом: места на выставках бронируют как постоянные участники, так и новые компании. Так, о своем участии уже заявили: Альфлет Инжиниринг АГ, Арсенал-комплект, АСМ-Сервис, Измерительные технологии, Ирлен-Инжиниринг, Краснокамский РМЗ, Хайтек Инструмент, Штойбли Рус. На выставках ПТЯ будут широко представлены промышленные и научные организации Республики Беларусь.

Главным мероприятием деловой программы ПТЯ станет Петербургский промышленный конгресс, на котором обсуждаются проблемы и перспективы развития промышленности, инноваций и высоких технологий. В рамках Конгресса пройдет ассамблея главных технологов «Неметаллические материалы в машиностроении: производство, обработка и применение» и круглый стол «Защита металлических конструкций от коррозии». Для руководителей и специалистов предприятий сектора металлургии и литейного дела состоится ассамблея главных энергетиков «Современные энергосберегающие технологии в металлургии».

Совместно с ПТЯ проводится VI Санкт-Петербургский Международный Партнериат — уникальная кооперационная биржа, направленная на установление и развитие деловых партнерских контактов в промышленности. Партнериат позволяет специалистам обсудить меры по сохранению экономической стабильности, поддержке малого и среднего бизнеса через межрегиональную и приграничную промышленную кооперацию.

Организатор: ЗАО «Выставочное объединение «РЕСТЭК».

Тел.: (812) 320-80-92, e-mail: autopr@restec.ru.

Подробнее о мероприятиях ПТЯ-2012 и подписка на новости — на сайте www.ptfair.ru.

Заполните прилагаемый купон и отправьте его, пожалуйста, по:
 факсу ...(499) 135 8875
 e-mail ...tpps@list.ru
 На основании указанных Вами данных, после получения купона
 Вам будет выставлен платежный документ (счет или квитанция)

Журнал "Промышленный сервис"
 выходит 4 раза в год

Отметьте выбранный Вами номер выпуска

Год издания **2012**

1	2	3	4

Почтовый адрес доставки корреспонденции и получатель

Фамилия

Имя

Отчество

Почтовый индекс

Область/край

Город

Улица

Дом Корп. Кв.

Контакты (по желанию)

Телефон Дата

e-mail

Дополнительная информация для юридических лиц

ИНН

КПП

Полное наименование организации

Почтовый адрес доставки корреспонденции и получатель

Город

Улица

Дом Корп.