



К. Т. Н. А. В. Можжерин¹, К. Т. Н. А. В. Сакулин¹,
К. Т. Н. А. П. Маргишвили¹, К. Т. Н. С. И. Гершкович¹,
К. Т. Н. А. Н. Иксанова¹, А. Ю. Коржавин², А. В. Витовский²,
К. Т. Н. В. А. Мусевич² (✉), М. В. Хайченко²

¹ АО «Боровичский комбинат огнеупоров», г. Боровичи
Новгородской обл., Россия

² ООО «Торговый дом «БКО», г. Боровичи Новгородской обл.,
Россия

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕУПОРОВ АО БКО НА АО ОЭМК

Проведен анализ результатов взаимодействия и сотрудничества между АО БКО и АО ОЭМК в области поставок и эксплуатации широкого спектра огнеупорных материалов. Указаны основные тенденции развития, направленные на совершенствование технологии и оптимизации параметров физико-химических характеристик поставляемых огнеупоров. Рассмотрены основные инновационные огнеупорные материалы и реализованные проекты, улучшившие технико-экономические показатели работы тепловых агрегатов в АО ОЭМК по главным переделам металлургических производств.

Ключевые слова: АО БКО, АО ОЭМК, шахтная печь, сталеразливочный ковш, промежуточный ковш, комплексная поставка, рабочий слой футеровки, ресурс эксплуатации.

Одно из крупнейших предприятий черной металлургии в РФ — Оскольский электрометаллургический комбинат (АО ОЭМК) является основоположником бездоменной металлургии и единственным в России металлургическим предприятием, где реализованы технология прямого восстановления железа и плавка в электропечах, что позволяет получать металл, практически свободный от вредных примесей и остаточных элементов. АО ОЭМК входит в состав холдинга «Металлоинвест». Предприятие расположено в районе города Старый Оскол Белгородской обл., и одним из преимуществ комбината является его близость к территории крупнейшего в мире по запасам железных руд бассейна — Курской магнитной аномалии (КМА). Благодаря близкому расположению к самому крупному горно-обогатительному комбинату в стране (АО «Лебединский ГОК») здесь реализована уникальная система гидротранспорта железорудного концентрата в цех окомкования и металлизации (ЦОиМ) АО ОЭМК длиной более 26 км.



В. А. Мусевич
E-mail: vmusevich@aobko.ru

В 2017 г. объем выплавленной стали на комбинате составил 3,56 млн т. Численность сотрудников составляет более 11 тыс. человек (рис. 1).

На данный момент основными видами продукции АО ОЭМК являются окисленные и металлизированные окатыши, литая заготовка, крупносортовый, среднесортный и мелкосортный прокат стана 350. Уникальные потребительские свойства обеспечили продукции производства АО ОЭМК устойчивый спрос на рынках

России, СНГ и дальнего зарубежья. Основными потребителями металлопродукции комбината на российском рынке являются предприятия автомобильной, машиностроительной, трубной, метизной и подшипниковой промышленности. Продукция АО ОЭМК экспортируется в Германию, Францию, США, Италию, Норвегию, Турцию, Египет и другие страны.

АО БКО и АО ОЭМК имеют многолетние (с 1979 г.) тесные партнерские отношения в области производства, реализации и эксплуатации большого спектра высококачественных огнеупорных материалов: изделий для доменных

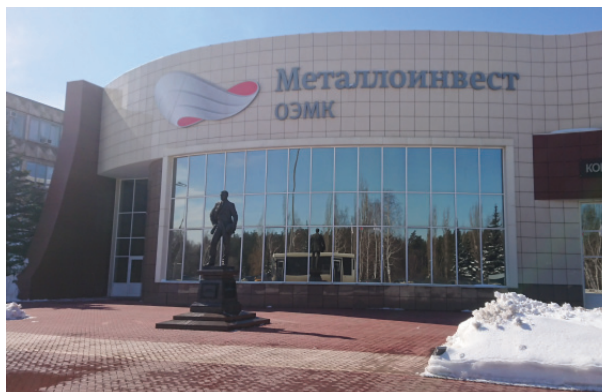


Рис. 1. Главный вход в управление АО ОЭМК

печей и ковшей, шамотных, муллитокремнеземистых, высокоглиноземистых, оксидоуглеродистых огнеупоров, изделий из тиксотропных бетонов, элементов металлопроводки, а также неформованной продукции (мертелей, масс, бетонов, торкрет-масс широкого назначения). Данные огнеупорные продукты успешно эксплуатируются в различных металлургических агрегатах АО ОЭМК, отвечая высоким требованиям металлургов и гарантированным показателям стойкости. При этом АО БКО всегда выполняет сроки поставок огнеупорных материалов во избежание срывов производственных программ цехов и подразделений АО ОЭМК. Доля суммарной ежегодной реализации огнеупоров в АО

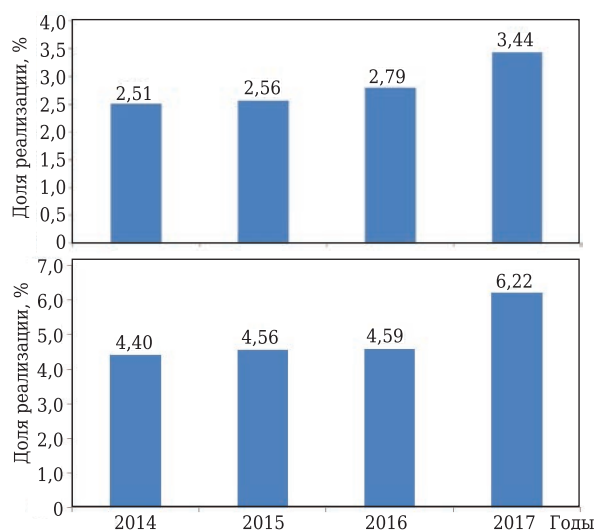


Рис. 2. Доля реализации огнеупорной продукции АО БКО (от общих объемов продаж) в АО ОЭМК: а — в натуральном выражении; б — в стоимостном выражении

ОЭМК непрерывно увеличивается как в натуральном, так и в денежном выражении. Только за 2017 г. уровень отгрузок огнеупоров в Старый Оскол превысил значение 7200 т (рис. 2).

Долгосрочное взаимовыгодное сотрудничество с АО ОЭМК, накопленный опыт, постоянный и всесторонний диалог специалистов предприятий для повышения эффективности взаимодействия позволяют увидеть пути оптимизации и улучшения поставок огнеупорной продукции. Специалисты обеих компаний регулярно работают и над повышением стойкости тепловых агрегатов, улучшением эксплуатационных характеристик всех огнеупорных материалов, реализуемых в АО ОЭМК. Совместная стратегическая цель — расширить ассортимент, номенклатуру и объемы поставок серийной, перспективной и высокотехнологичной продукции, в том числе в рамках политики импортозамещения.

С 1986 г. АО БКО выпускает огнеупорные фасонные доменные изделия марок ШПД-39 и ШПД-41 [1] по ГОСТ 1598–96 для футеровки шахтных печей металлизации окатышей АО ОЭМК. На данный момент данной продукцией футерована шахтная печь № 4 ЦОиМ АО ОЭМК. В 2016 г. в адрес АО БКО поступило техническое задание в рамках модернизации установки металлизации окатышей № 2 (УМ № 2), в рамках проекта планировалось увеличить выход металлизированных окатышей с 72 до 115 т/ч. В связи с этим было необходимо уменьшить толщину футеровки шахтной печи, а также изменить конструкцию фурменного пояса для увеличения объема подачи восстановительной газовой смеси. Для обеспечения указанных в техническом задании (ТЗ) эксплуатационных показателей специалистами АО

БКО было предложено использовать огнеупорные материалы с повышенными по сравнению с традиционными изделиями эксплуатационными свойствами, применить новые виды огнеупорных материалов, что в совокупности позволило победить в тендере на реализацию данного проекта (рис. 3).

В августе – сентябре 2017 г. в АО ОЭМК была произведена модернизация УМ № 2 (рис. 4). В рамках проекта АО БКО поставило огнеупорные материалы для шахтной печи № 2. Комплексная поставка включала пол-

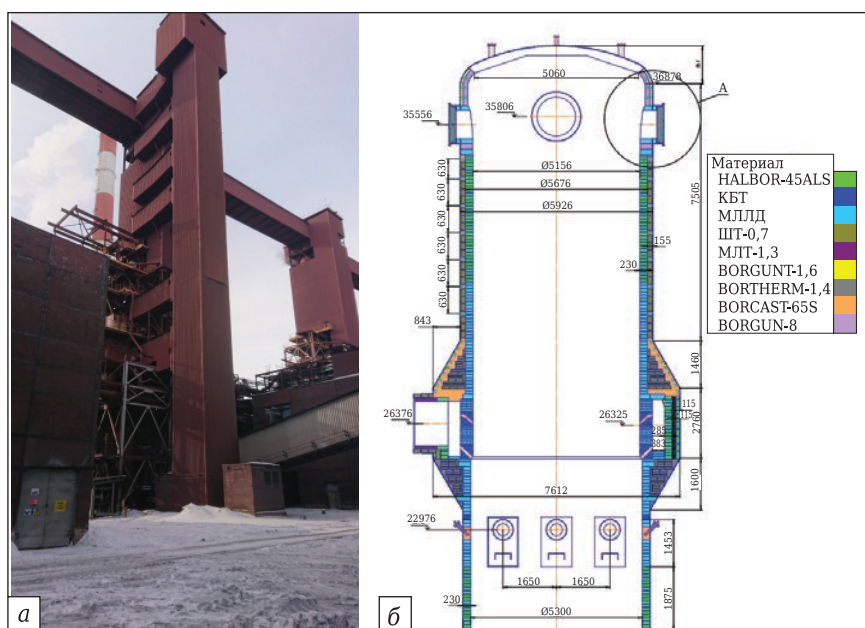


Рис. 3. Установка металлизации окатышей: а — внешний вид печи; б — дизайн футеровки



Рис. 4. Футеровочные работы на УМ № 2: а — кладка изделий марки HALBOR-45ALS; б — торкретирование массой BORGUNT-1,6

ный перечень огнеупоров (общим объемом более 400 т) для футеровки данной установки согласно ТЗ: высокоглиноземистые изделия HALBOR-45ALS (табл. 1) [1] и МЛЛД (табл. 2) для различных зон печи, теплоизоляционные изделия марок ШТ-0,7 и МЛТ-1,3, бетонные смеси BORTHERM-1,4 и BORCAST-65S, бетонные блоки марки КБТ (табл. 3) для фурменного пояса, алюмосиликатные торкрет-массы марки BORGUNT-1,6 и BORGUN-8 для футеровки свода печи (табл. 4), специально разработанные техническими специалистами ЦСТИП АО БКО для данного проекта.

Фурменный пояс установки футерован изделиями марки КБТ (см. табл. 3). Для максимального облегчения монтажа изделий в печь была проведена предварительная стендовая сборка данного узла в ЦСП АО БКО с маркировкой каждого изделия.

Все виды футеровочных работ были проведены под техническим надзором (шефмонтаж) представителей АО БКО в соответствии с техническим проектом и в установленные сроки. Претензии к качеству проведения монтажных и кладочных операций от АО ОЭМК отсутствовали, качество поставленной огнеупорной продукции также не вызвало нареканий.

Таблица 1. Физико-химические свойства изделий марки HALBOR-45 ALS (зона надфурменного пояса)

Показатели	ТУ 14-194-324-16	Фактические величины
Массовая доля, %:		
Al ₂ O ₃	>45	>47,5
Fe ₂ O ₃ , не более	1,5	0,95
SiO ₂	–	48,60
TiO ₂	–	1,29
CaO	–	0,21
MgO	–	0,24
Na ₂ O + K ₂ O	–	0,74
Кажущаяся плотность, г/см ³	–	2,40
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	35	60
Открытая пористость, %, не более	17	14,6
Температура начала размягчения, °С, не ниже	1400	1500
Термостойкость (1300 °С – вода), теплосмены, не менее	25	30

Сушка и разогрев футеровки установки металлизации проведены в соответствии с утвержденным графиком. В октябре 2017 г. установка вышла на проектную мощность, заданный режим производительности и успешно эксплуатируется, обеспечивая увеличенную производитель-

Таблица 2. Физико-химические свойства изделий марки МЛЛД (зоны наиболее интенсивного износа: фурменный пояс и разгрузочные валы)

Показатели	ГОСТ 10381–94	Фактические величины
Массовая доля, %:		
Al ₂ O ₃ , не менее	63	65,2
Fe ₂ O ₃ , не более	1,2	0,97
SiO ₂	–	30
TiO ₂	–	0,43
Na ₂ O + K ₂ O	–	0,5
Открытая пористость, %, не более	19	12
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	30	82
Дополнительная линейная усадка при 1500 °С, %, не более	0,2	0,2
Температура начала размягчения под нагрузкой 0,4 МПа, °С, не ниже	1500	1560

Таблица 3. Физико-химические свойства изделий марки КБТ

Показатели	ТУ 14-194-221–98 с изм. 1–3	Фактические величины
Массовая доля (на прокаленное вещество), %:		
Al ₂ O ₃ , не менее	96	97,1
Fe ₂ O ₃ , не более	0,5	0,4
CaO	1–2	1,58
Na ₂ O + K ₂ O	–	0,4
Кажущаяся плотность после обжига при 1300 °С, г/см ³	–	3,1
Открытая пористость после обжига при 1300 °С, %, не более	22	15,8
Предел прочности при сжатии после обжига при 1300 °С, МПа, не менее	35	99
Остаточные изменения размеров при нагреве, %, при 1600 °С, не более	0,8	0,1

Таблица 4. Физико-химические свойства изделий марки BORGUN-8 (рабочий слой) и BORGUNT-1,6 (теплоизоляционный слой)

Показатели	Техническое соглашение	Фактические величины
BORGUN-8		
Массовая доля, %:		
Al ₂ O ₃ , не менее	68	80,5
CaO, не более	3,5	0,18
Fe ₂ O ₃	–	1,2
Na ₂ O + K ₂ O	–	0,6
Массовая доля влаги при отгрузке, %, не более	1,0	0,3
Кажущаяся плотность, г/см ³	–	2,13
Предел прочности при сжатии, МПа	–	15,3
Зерновой состав, %:		
остаток на сетке № 3,2, не более	5	1
проход через сетку № 0063, не менее	30	35
BORGUNT-1,6		
Массовая доля, %:		
Al ₂ O ₃ , не менее	45	54,6
CaO	6,5–9,5	8,1
Fe ₂ O ₃	–	1,3
Na ₂ O + K ₂ O	–	1,7
Кажущаяся плотность после обжига при 1300 °С, г/см ³ , не более	1,6	1,5
Предел прочности при сжатии после обжига при 1300 °С, МПа, не менее	15	18,4
Массовая доля влаги при отгрузке, %, не более	1,0	0,3
Теплопроводность, Вт/(м·К), не более, при средней температуре (350±25) °С	1,0	0,54
Зерновой состав, %:		
остаток на сетке № 3, не более	5	0
проход через сетку № 0063, не менее	30	41

ность 115 т/ч. Гарантированный срок эксплуатации футеровки шахтной печи — не менее 3 лет. Прогнозируемая стойкость футеровки не менее 10 лет.

Выполнение данного масштабного проекта в рамках реализации политики импортозамещения позволило укрепить взаимодействие между компаниями, успешно внедрить новые и перспективные виды продукции.

АО БКО является серийным поставщиком огнеупорных материалов для футеровки 160-т сталеразливочных ковшей электросталеплавильного цеха (ЭСПЦ) АО ОЭМК (рис. 5). При этом осуществляются комплекные поставки продукции, в том числе вспомогательных и ремонтно-восстановительных материалов. Применяются следующие эффективные огнеупоры:

– изделия марки МКБ-75 в арматурной футеровке в зоне стен (обеспечение стойкости не менее 3 кампаний) и ШКУ-37 в дне сталеразливочных ковшей;

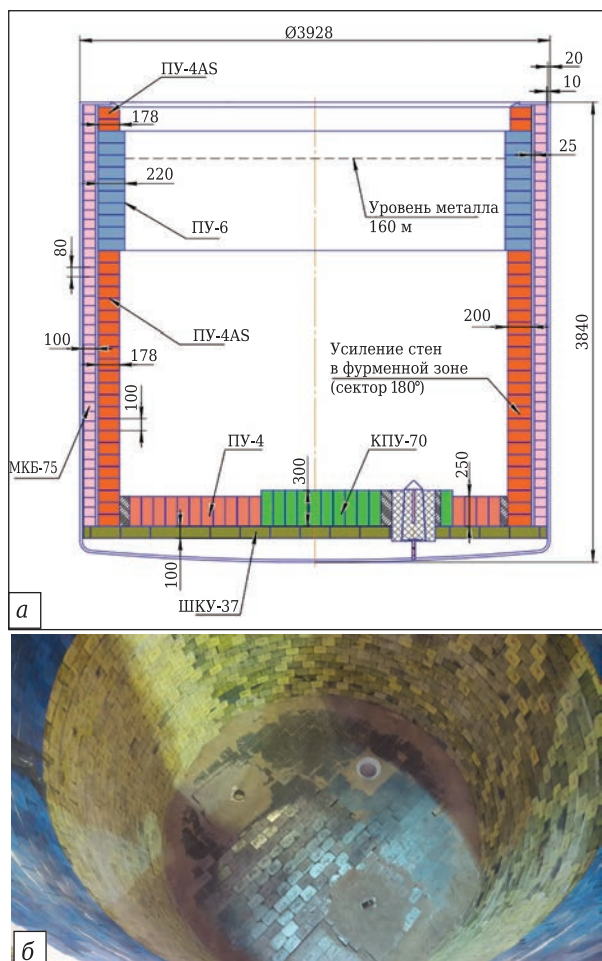


Рис. 5. Условная схема (а) и внешний вид футеровки 160-т сталеразливочного ковша ЭСПЦ АО ОЭМК (б)

– мертели марок МШ-39 и ММК-72 для кладки арматурных слоев;

– гнездовые блоки КБТУ, гарантирующие стойкость не менее 40 плавов;

– оксидоуглеродистые изделия оптимизированного состава (марки ПУ-6, ПУ-4AS, ПУ-4, КПУ-70) и улучшенного дизайна в рабочем слое футеровки, обеспечивающие достижение средней стойкости не менее 105 плавов.

Произведена поставка опытных футеровок с увеличенным эксплуатационным ресурсом шлакового пояса за счет использования крупнокристаллического плавленного периклаза, многокомпонентного связующего и комплексных антиокислительных добавок. Данные огнеупорные изделия производятся на совместном предприятии (СП) АО БКО — Yingkou Jinhongyuan Meilu Ceramics Co., Ltd. Предприятие мощностью до 100 тыс. т углеродсодержащих изделий и масс, организованное с китайскими акционерами на базе сырьевого карьера магнезита с запасом 25 млн т и завода по плавке высококачественного магнезита, обладает современным высокотехнологичным смесительным и прессовым оборудо-

ванием. При этом выпуск огнеупорной продукции с заявленным уровнем качества и набором физико-химических характеристик осуществляется под постоянным и пристальным контролем технических служб комбината [2].

Успешно используются огнеупорные материалы производства АО БКО для футеровки промежуточных ковшей (рис. 6):

– специальные огнеупорные изделия марки КБУ (табл. 5) для футеровки рабочего слоя промежуточных ковшей (для разливки 1 и 2 групп стали). Изделия обладают повышенными физико-химическими характеристиками: огнеупорность и термостойкость, снижение доли Fe_2O_3 и пористости. Данные оптимизированные муллитокремнеземистые изделия дополнительно обладают увеличенными механической прочностью и кажущейся плотностью [3]. Использование изделий марки КБУ для футеровки промежуточных ковшей позволяет значительно снизить содержание водорода в металле по сравнению с серийно применяемыми торкрет-массами;

– модернизированные перегородки марки КБТУ (Т). Использование перегородок значительно снижает содержание первичных неметаллических включений при рафинировании стали.

АО БКО реализует в АО ОЭМК широкий спектр огнеупорных изделий для сталепроводки (рис. 7). Для непрерывной разливки стали на МНЛЗ осуществляются серийные поставки труб защиты струи металла марки ТКГУ для МНЛЗ 1-4, в том числе с продувкой аргона (средняя серийность 4 плавки), и стаканов-дозаторов марки КБТУ для МНЛЗ 1-4 (максимальная стойкость 10 плавов). Проходят опытно-промышленные испытания стопоров-моноблоков СКГ и стаканов-дозаторов СДКГ для МНЛЗ № 6.

Таким образом, АО БКО и АО ОЭМК осуществляют совместную деятельность по следующим основным направлениям:

• всесторонний диалог специалистов предприятий;



Рис. 6. Сборка промежуточного ковша: 1 — перегородка марки КБТУ (Т); 2 — изделия марки КБУ

Таблица 5. Физико-химические свойства изделий марки КБУ

Показатели	ТУ 14-194-300–10 с изм. № 1	Фактические величины
Массовая доля, %:		
Al_2O_3 , не менее	55	61
Fe_2O_3 , не более	4	2,5
Открытая пористость, %, не более	20	15,2
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	35	68
Огнеупорность, °С, не ниже	1750	1750
Остаточные изменения размеров при нагреве при 1400 °С, %	-0,4 ... +1,0	0
Термостойкость, теплосмемы, не менее	4	6

- оптимизация и улучшение качества поставок;
- поставки перспективной и высокотехнологичной продукции;
- расширение ассортимента и номенклатуры огнеупоров;
- повышение стойкости тепловых агрегатов;
- реализация политики импортозамещения.

Планомерная работа технических специалистов предприятий по оптимизации огнеупоров, повышению стойкости узлов рабочих агрегатов металлургических производств АО ОЭМК приносит свои положительные плоды. Внедрены и успешно эксплуатируются новые высокоэффек-



Рис. 7. Промежуточный ковш МНЛЗ АО ОЭМК (а) и внешний вид изделий разливочного припаса производства АО БКО (б)

тивные конструкционные огнеупорные продукты [4], проводится политика по непрерывному улучшению качества поставляемых огнеупоров в адрес одного из наших ключевых заказчиков, осуществляется постоянный мониторинг службы поставляемой продукции, основанный на

Библиографический список

1. **Маргишвили, А. П.** Разработка и внедрение в производство новых огнеупорных материалов и пропантов / А. П. Маргишвили, С. И. Гершкович, А. Н. Иксанова [и др.] // Новые огнеупоры. — 2017. — № 6. — С. 16–24.
2. **Можжжерин, А. В.** Перспективы поставок огнеупорных материалов ОАО «БКО» на ОАО «НЛМК», совершенствование продукции и повышение эффективности металлургических процессов / А. В. Можжжерин, А. П. Маргишвили, В. А. Мусевич, А. П. Дука // Новые огнеупоры. — 2013. — № 11. — С. 6–9.
3. **Можжжерин, А. В.** Совершенствование дизайна и материалов футеровок сталеразливочных ковшей /

прямом диалоге и организации «обратной связи». Реализация данного комплекса мер обеспечивает слаженную совместную деятельность, направленную в целом на снижение удельных затрат и улучшение процессов металлургического производства в АО ОЭМК.

А. В. Можжжерин, А. П. Маргишвили, В. А. Мусевич [и др.] // Новые огнеупоры. — 2015. — № 8. — С. 31–33.

4. **Коржавин, А. Ю.** Уверенно смотрим в будущее / А. Ю. Коржавин, А. В. Витовский, В. А. Мусевич // Новые огнеупоры. — 2017. — № 6. — С. 25–28. ■

Получено 10.07.18

© А. В. Можжжерин, А. В. Сакулин, А. П. Маргишвили, С. И. Гершкович, А. Н. Иксанова, А. Ю. Коржавин, А. В. Витовский, В. А. Мусевич, М. В. Хайченко, 2018 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Ассоциация производителей и потребителей огнеупоров
“Санкт-Петербургский научно-технический центр”
Ассоциация “СПб НТЦ”

IX Научно-практическая конференция Актуальные проблемы огнеупорного производства

Санкт-Петербург, 8–9 ноября 2018 г.

Тематика конференции:

- ▶ современные разработки в области огнеупоров
- ▶ стандартизация и информационное обеспечение в области огнеупоров
- ▶ метрологическое обеспечение производства и деятельности лабораторий, а также другие вопросы по этой тематике
- ▶ обеспечение повышения квалификации специалистов
- ▶ технологическое и лабораторное оборудование
- ▶ проблемы производства огнеупоров и оценка качества огнеупоров у потребителей и производителей

В конференции примут участие:

- директор Департамента распространения информационной продукции и услуг ФГУП «Стандартинформ» Е. К. Кузина с докладом «Политика распространения стандартов»
- представитель ФСА «Росаккредитация» Е. А. Быкова с докладом «Современные требования при аккредитации лаборатории. Обзор последних нормативных актов»

Сведения об Ассоциации можно получить на сайте www.ogneupor-spb.ru, по телефону (812) 310-42-00 или e-mail: refinfo@mail.ru