Акционерное общество

«METTEK»

Времяпролетная масс-спектрометрия: аналитические приложения для промышленности и научных исследований

194223, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, Проспект Тореза, дом 68 литер В
Тел./факс: +7-812-591-6710, +7-812-591-6733
www.mettek.ru

Process Mass Spectrometry

АО «МЕТТЕК» — научно-производственная компания с 25-летним опытом разработки, производства и внедрения промышленных масс-спектрометров для проведения газового анализа в непрерывном (on-line) и дискретном режимах измерений. Компания является лидером в России по выпуску газоаналитических систем и комплексов на базе времяпролетных масс-спектрометров для различных задач газового контроля требующих аналитические приложения в: производстве особо чистых газов и изотопов, нефтедобывающей, газоперерабатывающей, атомной и металлургической отраслях промышленности, проведения мониторинга промышленных выбросов, научных исследований и других отраслях. В данной статье приведены несколько примеров внедрения промышленной масс-спектрометрии. На самом деле сфер применения *гораздо больше*, но чтобы описать все, понадобиться написать книгу, но такую цель мы себе не ставим.

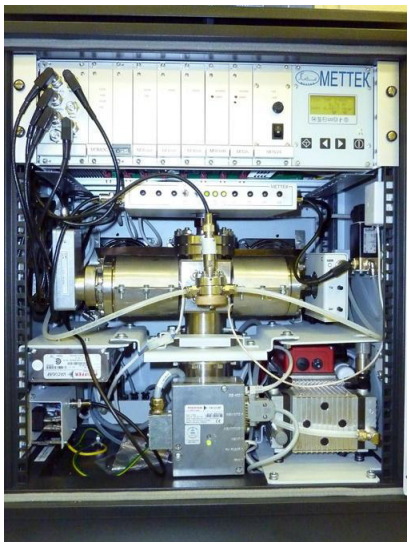
Промышленная масс-спектрометрия, являясь самым мощным из существующих аналитическим методом анализа, способна к непрерывной эксплуатации в сложных производственных условиях для контроля, управления и оптимизации технологического процесса, обеспечения промышленной и экологической безопасности, контроля качества сырья и выпускаемой продукции. Внедряя технические инновации и know-how в области масс-спектрометрии, высокоскоростной цифровой обработки сигнала, вакуумных технологий, защищенные собственными патентами, компания «МЕТТЕК» предлагает заказчикам широкий выбор аналитических решений на базе промышленных времяпролетных масс-спектрометров ЭМГ – экспрессных многокомпонентных газоанализаторов.

Начиная с предпроектных изысканий и заканчивая готовыми аппаратными и программными средствами АСУ ТП нижнего уровня, компания выполняет весь комплекс работ: от проектирования газоаналитической системы, с учетом индивидуальных требований Заказчика, до сдачи объекта в эксплуатацию с последующим авторским надзором, включая обучение персонала, гарантийное и сервисное обслуживание. Используемые технические решения и универсальность программного обеспечения позволяют легко адаптировать газоаналитические комплексы для работы в системах автоматизации ведущих производителей оборудования и системных интеграторов: Siemens, Rockwell Automation (Allen Bradley) и др.

25 лет внедрения и инноваций

Process Mass Spectrometry

Масс-спектрометры **ЭМГ** обеспечивают проведение экспрессного, прецизионного, многокомпонентного газового анализа в режиме реального времени.



Масс-спектрометр ЭМГ-20-7

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

– модульная конфигурация с быстрой заменой блоков при техническом обслуживании и ремонте;
– пылевлагозащитное исполнение IP54;
– непрерывная автономная работа 24 часа в течение 6 ÷ 12 месяцев без технического обслуживания вакуумной системы;
– автоматический алгоритм работы с встроенными операциями диагностики состояния, настройки, градуировки прибора, оперативного контроля точности измерений.

H_2, D_2, T_2, He, CH_4, H_2O, Ne, N_2, NH_3, Cl, CO, O_2, Ar, CO_2, H_2S, SO_2, Kr, Xe ***200 ns***

C_2H_6, C_3H_8, C_4H_{10}, C_5H_{12}, C_6H_{14}

Стойка газоподготовки

В зависимости от технической задачи масс-спектрометры **ЭМГ** могут быть оснащены различными модификациями системы пробоотбора и пробоподготовки.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПП

непрерывный отбор пробы при условиях:

– температура до 1200°С и запыленность до 30 г/м3;
– давление (10-3 3) бар;
– наличие конденсата, агрессивных газов;
– ступенчатая очистка газовой пробы от пыли, удаление конденсата, охлаждение;
– коммутация от различных точек отбора и транспортировка пробы на вход масс-спектрометра;
– автоматический контроль рабочих параметров системы (температура, давление, объемный расход газовой пробы);
– самодиагностика состояния системы и работа по заданному алгоритму.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРОИЗВОДСТВО ОСОБО ЧИСТЫХ ГАЗОВ И ИХ ИЗОТОПОВ
- He, Ne, Ar, Kr, Xe, H_2, N_2, O_2 (^{3}He, ^{17}O, ^{18}O, ^{21}Ne, ^{22}Ne и другие стабильные)

НЕФТЕГАЗОВАЯ ОТРАСЛЬ
- Получение СПГ, переработка природного, попутного нефтяного газов;
- Процесс регенерации катализатора;
- Химический анализ технологических газов: водородсодержащего, топливного, инертного.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА
- Химический и изотопный анализ водород-гелиевых тритий содержащих газовых смесей (Международный проект —ITER - экспериментальный термоядерный реактор);
- Химический и изотопный анализ состава газовой фазы ТВЭЛов;
- Мониторинг миграции водорода, других газов в при испытаниях атомных реакторов.

МЕТАЛЛУРГИЯ
- Воздухоразделительные установки (анализ чистоты технических газов: азот, кислород, аргон), кислородные цеха, станции защитных газов;
- Конвертирование стали, доменное производство, вакуумирование стали, коксохимическое производство, непрерывное горячее цинкование.

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА
- Газовый каротаж, разведочное, эксплуатационное бурение;
- Изотопный анализ;
- Газовая съемка, геологоразведка;
- Анализ газовых включений, геохимические исследования.

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА
- Плазменная газификация твердых отходов с получением синтез-газа для энергетики и химической промышленности;
- Анализ примесей водорода и эффективности катализатора при разработке и испытаниях топливных ячеек (водородная энергетика).

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
- Контроль газовой фазы при термическом, термогравиметрическом анализе;
- Элементный анализ (C, N, O), определение растворенных газов в металле;
- Анализ газовой фазы пилотных установок и процессов черной и цветной металлургии.

ПРОИЗВОДСТВО ОСОБО ЧИСТЫХ ГАЗОВ И ИХ ИЗОТОПОВ

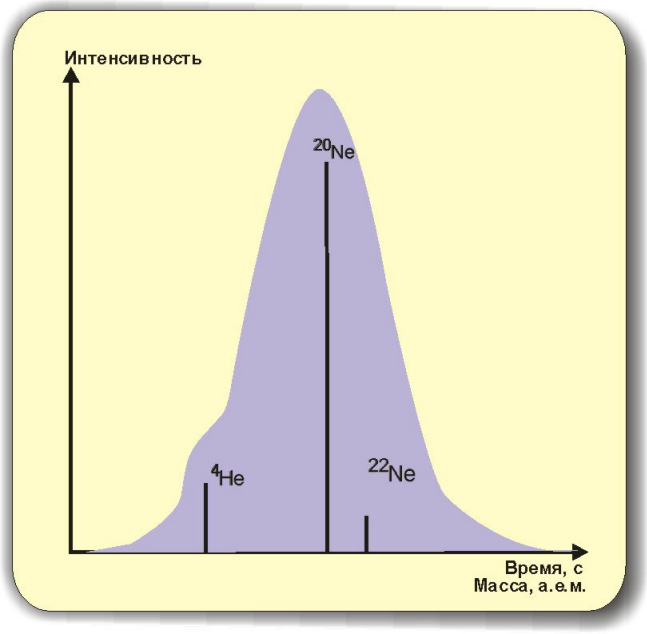
Современные радиоэлектроника, криогенная, лазерная, космическая техника, медицина требуют всего большего количества особо чистых газов, предъявляя при этом все более жесткие требования по содержанию микропримесей. Технология получения особо чистых газов требует современных аналитических методов - как для оперативного контроля технологического процесса, так и для контроля качества сырья, промежуточных и конечных продуктов. Промышленная масс-спектрометрия является методом, который позволяет решать задачи аналитического контроля на всех стадиях технологического цикла производства особо чистых газов и газов спектральной чистоты. Основные достоинства метода:

- высокая скорость анализа — возможность оперативного контроля технологического процесса одним прибором в нескольких узловых точках;
- одновременный многокомпонентный анализ в широком динамическом диапазоне — определение основных компонентов и микропримесей газовой смеси за один цикл измерений;
- низкие пределы обнаружения — определение микропримесей и ультра микропримесей без стадии концентрирования;
- изотопный анализ — контроль процесса производства газов спектральной чистоты.

Масс-спектрометр ЭМГ-20-9.
Определение микропримесей при производстве неона высокой чистоты (99,9999 %), ООО «IceBlick», г. Одесса

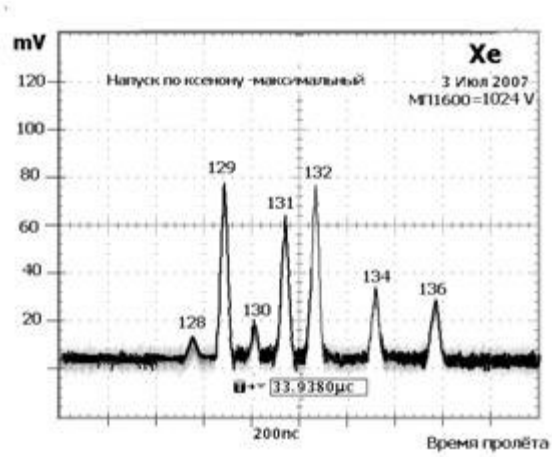
Process Mass Spectrometry

При разделении неоно-гелиевых и ксенон-криптоновых газовых смесей, анализе микропримесей в этих смесях, масс-спектрометрия является самым точным и достоверным инструментом. По пику хроматографа невозможно определить наличие в особо чистом неоне примеси гелия из-за физических свойств этих газов. Масс-спектрометр решает эту задачу за счет своей разрешающей способности.



Наложение хроматографического пика неона на масс-спектрометрические пики гелия, неона 20 и изотопа неона 22

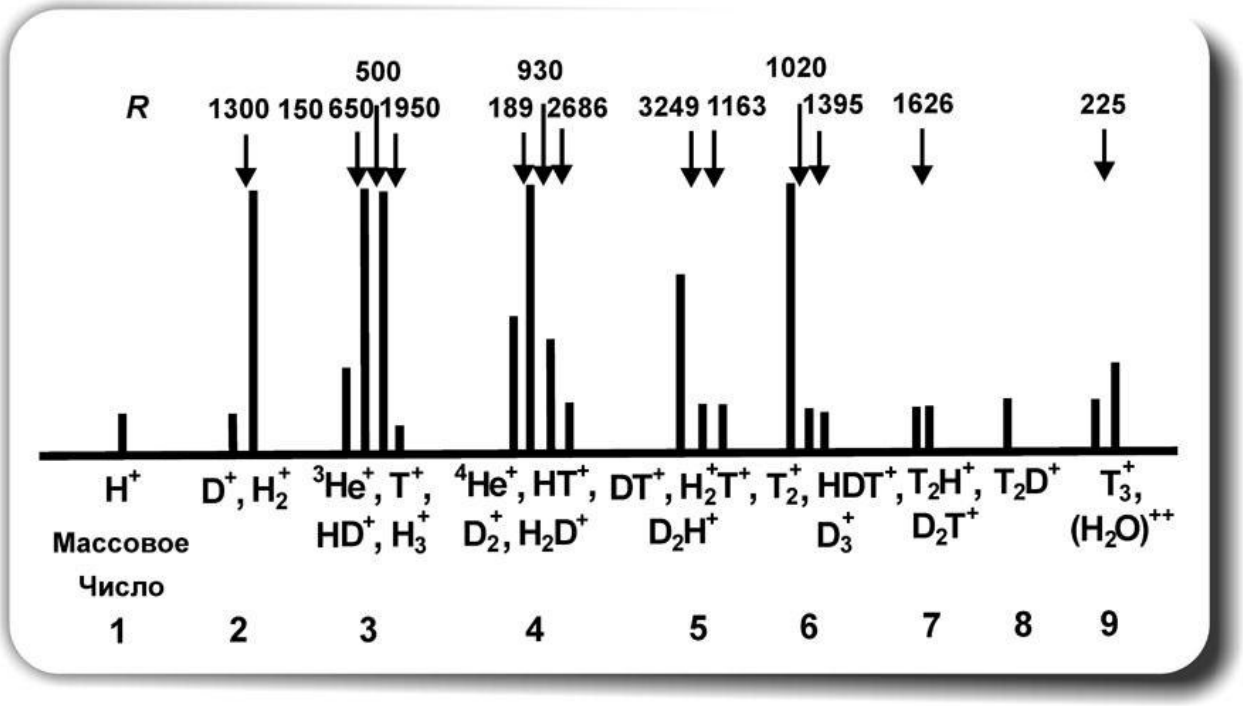
Другим показательным примером в пользу масс-спектрометрии, может быть возможность масс-спектрометра анализировать изотопный состав газа. Самое большое количество стабильных изотопов у ксенона.



Масс-спектр изотопов ксенона. Масс-спектрометр ЭМГ-20-8.

Масс-спектрометрический анализ химического и изотопного состава водород-гелиевых тритий содержащих газовых смесей

Решение задачи прецизионного, непрерывного химического и изотопного анализа топливных водород-гелиевых тритий содержащих газовых смесей необходимо для создания термоядерных ректоров. Примесями в топливной смеси являются протий, гелий-3, гелий-4, кислород и оксиды различных элементов, азот и его производные, неон, аргон, углеводороды. Концентрации примесей в топливной газовой смеси находятся в диапазоне от 0,001 1 объемной доли, %.



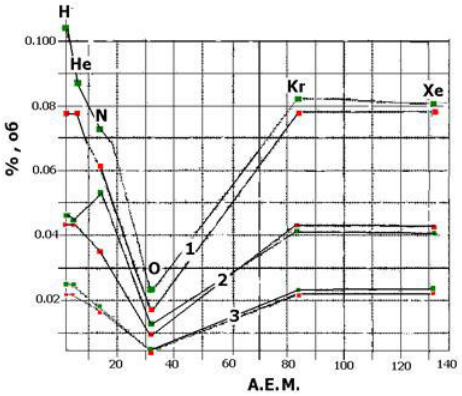
Разрешающая способность масс-спектрометра, M/ΔM, при полном изотопном анализе всех составляющих водород-гелиевой газовой смеси должна составлять не менее 3000, при этом дублет тритий - гелий-3 не будет разрешен. Однако, для решения практических задач анализа подобных смесей достаточно спектрального разрешения, M/ΔM для 10 % высоты массового пика, не менее 500, что требуется для разделения дублетов ^{3}He - HD и ^{4}He — D_2.

Масс-спектрометрический анализ химического и изотопного состава газовой фазы облученных ТВЭЛ

При эксплуатации ТВЭЛ инертные газы, продукты деления (Xe и Kr), выходят из топлива в специально предусмотренные свободные объемы, предназначенные для компенсации (снижения) газового давления. Массоперенос компонентов топлива, миграция нуклидов деления, химические превращения с образованием продуктов меньшей плотности способствуют появлению пробок в топливном столбе, непроницаемых для газа, что может приводить к возрастанию газового давления до недопустимых пределов, разрушению защитной оболочки и выходу ТВЭЛа из строя. Для определения газопроницаемости топливного столба ТВЭЛов и места расположения пробки, непроницаемой для газа, в Научно-исследовательском институте атомных реакторов, г. Димитровград, был разработан метод заключающийся в последовательном нарушении и восстановлении герметичности защитной оболочки ТВЭЛа по его длине с выбранным шагом при одновременном измерении параметров газа, по изменению которых судят о газопроницаемости и месте расположения пробки, непроницаемой для газа. Нарушение и восстановления герметичности ТВЭЛа осуществляют дистанционно с помощью оптического лазера, работающего в режимах прокола и заварки образовавшегося отверстия в защитной оболочке. Давление и состав газов, вышедших из ТВЭЛа при проколе оболочки, определяют манометрическим и масс-спектрометрическим методами.

Для реализации данного метода испытаний ТВЭЛов по заказу НИИАР АО «МЕТТЕК» совместно с ФТИ РАН им. А. Ф. Иоффе и фирмой «ИНТЕК Вакуум» был разработан масс-спектрометр ЭМГ-20-8.

Масс-спектрометр ЭМГ-20-8 с V-образным времяпролетным масс-анализатором и дифференциальной откачкой ионного источника. Прибор имеет оригинальную систему ввода пробы с возможностью проведения анализа проб в герметичных ампулах при пониженном давлении (до 100 мм рт. ст.).



Результаты масс-спектрометрического химического анализа газовой фазы ТВЭЛов:
- эталонные значения;
- данные ЭМГ-20-8.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Обеспечение безопасности атомной энергетики одна из актуальных задач при проектировании, технологических испытаниях оборудования, отработки и оптимизации сценариев протекания проектных аварий, алгоритмов срабатывания систем безопасности. В научно-исследовательском техническом институте им. А.П. Александрова в рамках разработки проекта АЭС нового поколения средней мощности с реактором типа ВВЭР мощностью 640 Мвт создан крупномасштабный интегральный стенд (КМС), включающей модель реакторной установки с электронагреваемыми имитаторами ТВЭЛов и защитной оболочки. Стенд КМС является единственным в России стендом, предназначенным для получения представительных экспериментальных данных по процессам тепло-массопереноса, по распространению водорода, переносу газов и аэрозолей в контейнментах АЭС.

Крупномасштабный интегральный стенд,
НИТИ им. А.П. Александрова, г. Сосновый Бор

Стенд КМС предназначен для проведения комплексных экспериментальных исследований взаимосвязанных теплогидравлических, физико-химических и термомеханических процессов в реакторной установке, в пассивных системах безопасности и в контейнменте при «сквозном» моделировании переходных и аварийных режимов. Встроенный в КМС автоматизированный газоаналитический комплекс на базе промышленного

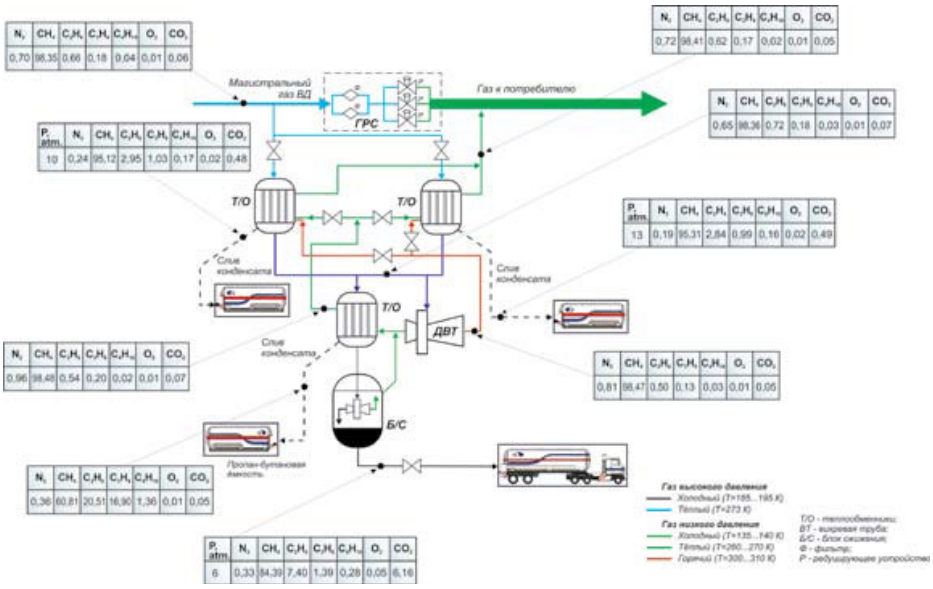
масс-спектрометра ЭМГ-20-7 позволяет проводить измерения объемной концентрации водорода, гелия, компонентов воздуха в помещениях контейнмента. Анализ проб газа осуществляется от 11 точек отбора, по автоматическому алгоритму или по команде оператора.

Отличительными характеристиками данного комплекса является блочный принцип компоновки и размещения оборудования: аналитическая стойка располагается в опасной зоне, а блок управления масс-спектрометром и системы пробоотбора, в безопасной зоне с общей длиной кабельных соединений ~ 50 м. Данные газового анализа служат для количественной оценки следующих моделируемых в КМС процессов.

– Конвекция паро-газовой среды.
– Тепловая и концентрационная стратификация среды.
– Распространение и накопление водорода в помещениях.
– Распространение и локализация аэрозолей (на имитаторах).

НЕФТЕГАЗОВАЯ ОТРАСЛЬ

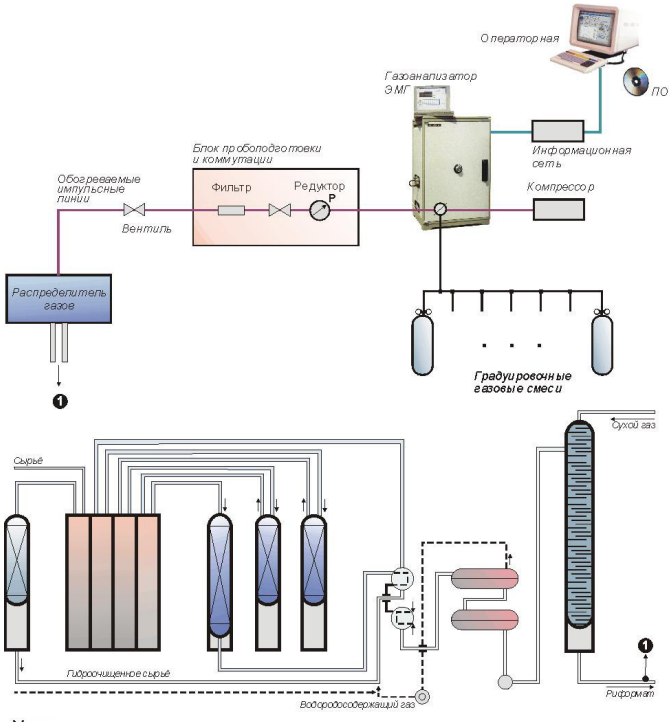
Добыча, транспортировка и переработка углеводородов не обходится без применения времяпролетной масс-спектрометрии. В данной отрасли она актуальна для: газового каротажа на буровых установках, анализа газовых фаз на установках риформинга, установках сжижения природного газа, установках очистки природного и попутного нефтяного газа от сернистых соединений.



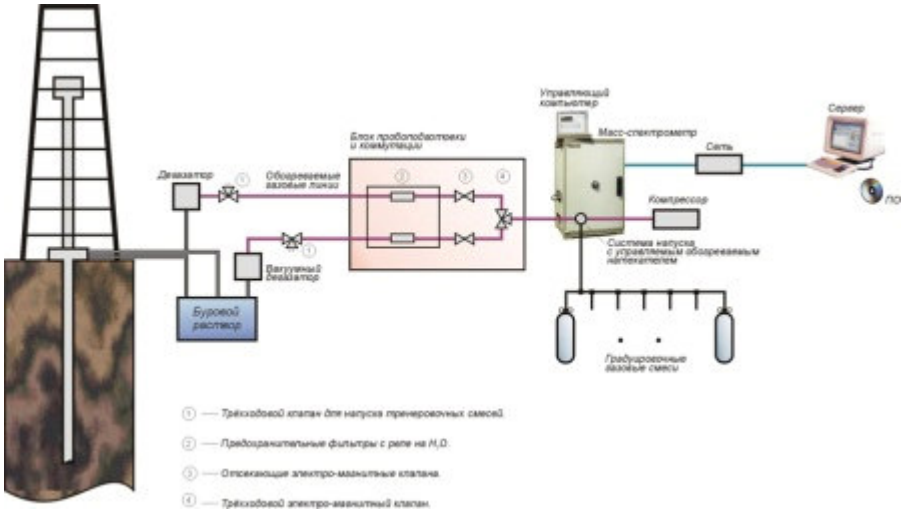
Газовый анализ в технологии сжижения газа

Process Mass Spectrometry

Примеры использования масс-спектрометрии в нефтегазовой отрасли.



Установка каталитического риформинга нефти



Геофизические исследования скважин – газовый каротаж.
Масс-спектрометры ЭМГ-20-7 входят в состав станций ГТИ «Разрез-2» треста «Сургутнефтегазгеофизика»

МЕТАЛЛУРГИЯ

ВАКУУМИРОВАНИЕ СТАЛИ

Повышение качества выплавляемой стали и выпуск сталей специального назначения — цель инвестиций современных металлургических предприятий в строительство установок для вакуумной обработки металла при модернизации производства.

Процесс вакуумирования позволяет эффективно удалять растворенные газы в металле: H2, N2, O2, а также C за счет реакции с O2 при понижении давления. Вакуумная обработка стали уменьшает количество неметаллических включений (оксидов), примесей (S, Mn, Pb, Zn, Cu), повышает пределы упругости, прочности, прочностной усталости, другие механические и технологические свойства конечного продукта.

Установка вакуумирования стали на металлургическом заводе компании Tianjin Pipe Corporation (TPCO) г. Тяньцзинь, КНР

Технологии Вакуумирования Стали:

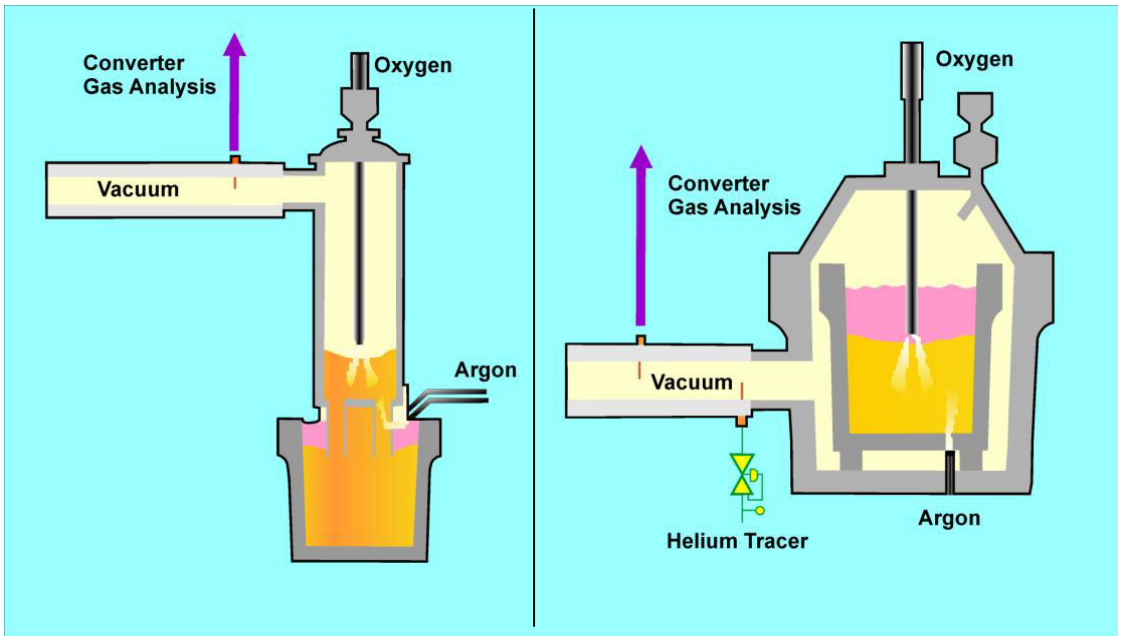
1) помещение ковша с металлом в вакуумную камеру, перемешивание металла инертным газом; ввод раскислителей и легирующих добавок из

бункера, находящегося в вакуумной камере; метод "вакуумирования в ковше";

2) вакуумирование при переливе из ковша в ковш или из ковша в изложницу; метод "струйного вакуумирования" или "вакуумирования струи", обычно комбинируется с Машиной Непрерывной Разливки Стали;

3) порционное вакуумирование, DH-процесс, разработан немецкой фирмой "Dortmund-Horder Hiittenunion" — вакуумная обработка расплавленного металла путем многократного его всасывания из ковша порциями в вакуумную камеру;

4) циркуляционное вакуумирование, RH-процесс, разработан немецкими фирмами "Ruhrstahl AG" и "Heraeus" — вакуумная обработка расплавленного металла путем его непрерывного поступления из ковша в вакуумную камеру по одному патрубку и обратного слива в ковш по другому патрубку. Процесс VOD — «вакуум-кислородное рафинирование» или «вакуум-кислородное обезуглероживание», может использоваться для различных вариантов технологии вакуумирования стали и предназначен для получения низкоуглеродистых сталей: коррозионностойких, высоколегированных хромсодержащих подшипниковых сталей, жаропрочных сплавов, содержащих никель, кобальт, хром, специальных сталей и сплавов.



а) б)

На рисунке показаны различные модификации VOD-процесса:

а) циркуляционное вакуумирование

б) вакуумирование стали в ковше стали (RH-процесс);

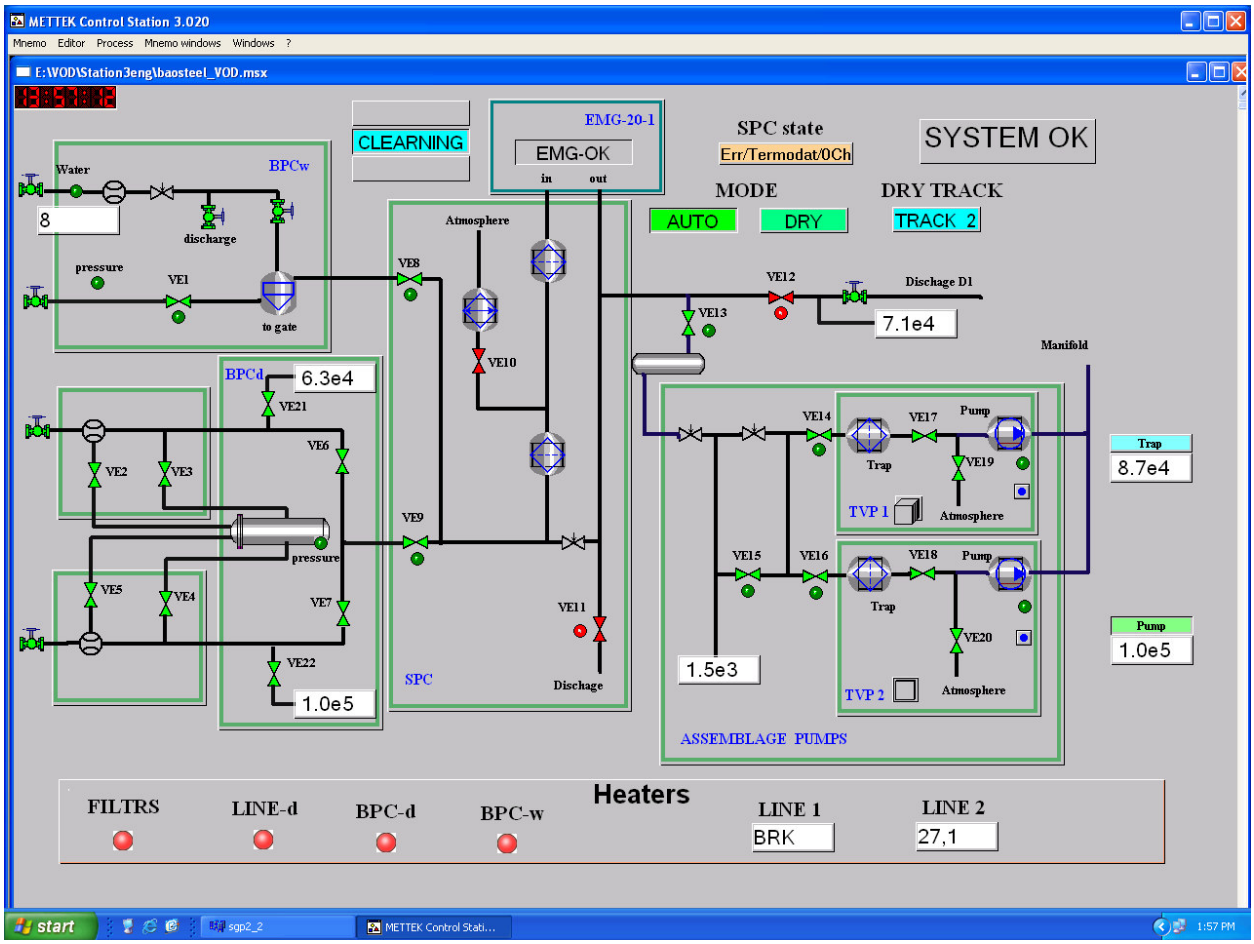
Process Mass Spectrometry

Технология вакуумирования обеспечивает:

- гомогенизацию стали в ковше; - точное доведение по химическому составу перед разливкой; - снижение содержания серы в стали < 50 ppm; - получение стали с содержанием углерода < 0,003 %; - снижение содержания неметаллических включений в стали < 0,002 %; - снижение содержания азота в стали < 40 ppm; - снижение содержания водорода в стали < 1,5 ppm; - снижение содержание кислорода в стали < 30 ppm. Примеры марок стали получаемых с помощью процесса вакуумирования: - автомобильная сталь с низким пределом текучести для штамповки деталей сложной конфигурации (содержание в металле: C < 0,003 %, N < 0,004 %); - электротехнические стали с низкими ваттными потерями (содержание в металле: C, N < 0,001 %, H < 0,0001 %); - низкоуглеродистые, высоколегированные стали: коррозионностойкие, подшипниковые, жаропрочные, специальные стали. Встроенная в установку вакуумирования стали и связанная с системой АСУ ТП масс-спектрометрическая газоаналитическая система ЭМГ, компании МЕТТЕК, обеспечивает проведение экспрессного, прецизионного, многокомпонентного (H_2, CO, N_2, O_2, Ar, CO_2) газового анализа в режиме реального времени.

Временная диаграмма газового анализа процесса вакуумирования стали (RH-процесс)

Process Mass Spectrometry



Пневматическая схема газоаналитической системы для контроля и управления процессом вакуумирования стали

Внедрение газоаналитической системы на базе промышленного масс-спектрометра ЭМГ, компании МЕТТЕК, позволяет:

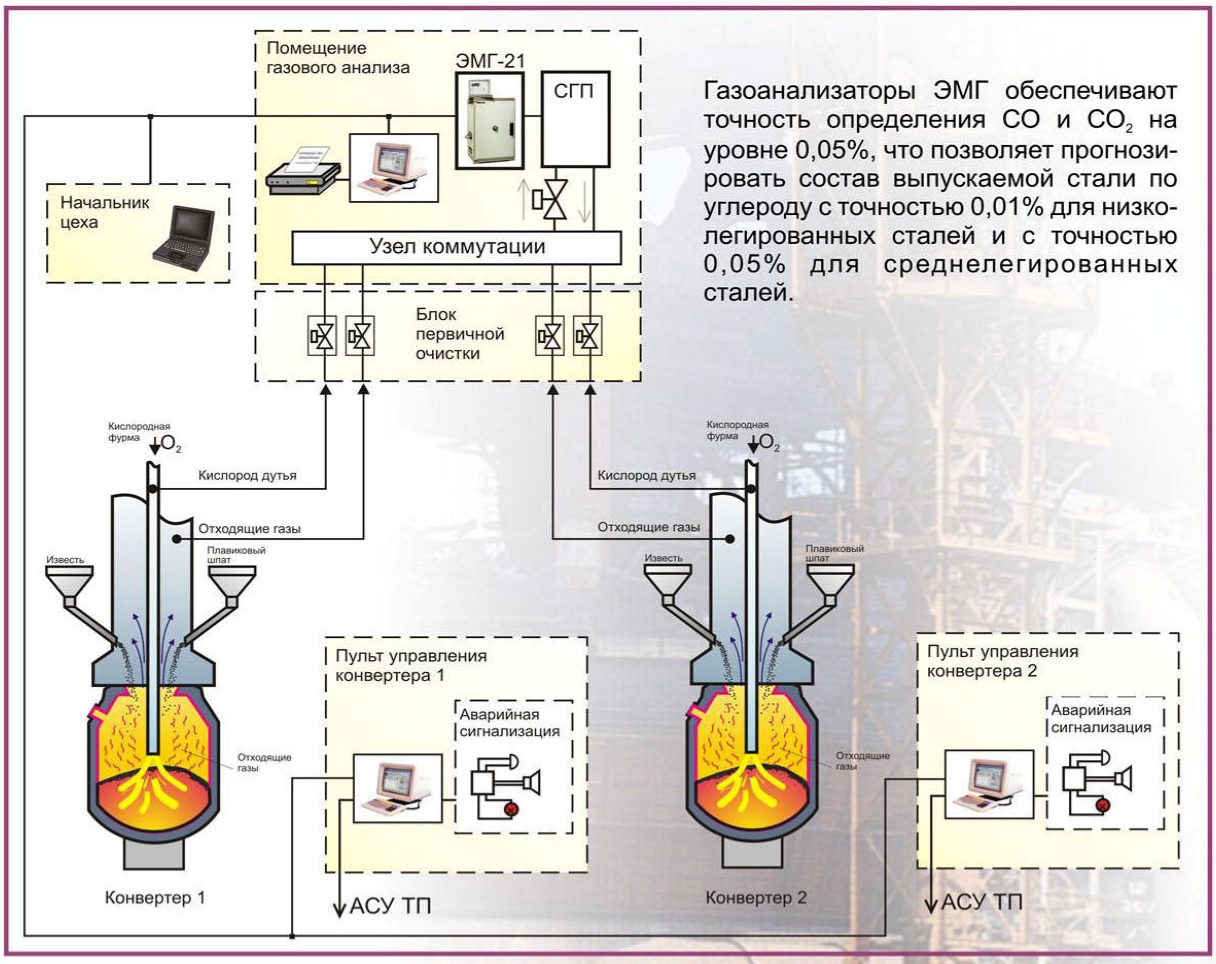
- осуществлять управление технологическим процессом, оптимизировать рабочие параметры, получать данные для математического моделирования;

- контролировать эффективность дегазации металла и получать сталь с заданными характеристиками, погрешность химического состава по примесям и растворенным газам 1 ppm;

- сокращать временные и материальные затраты при расширения сортамента выпускаемой стали, совершенствовании технологии и модернизации производства; - использование трассера в составе газоаналитической системы (импульсная инжекция He или Xe в газоход) позволяет корректно рассчитывать объемный расход отходящих газов при различном давлении, что дает необходимые данные для полного контроля процесса вакуумирования стали.

КОНВЕРТЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

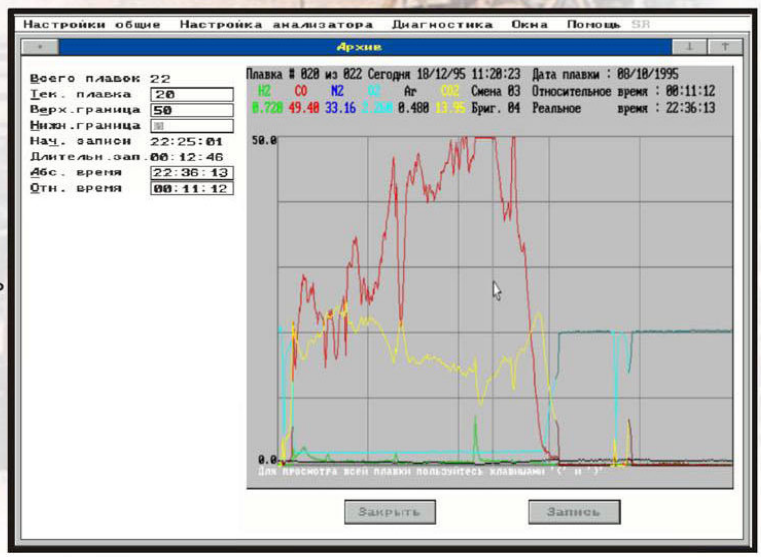
Непрерывный анализ состава конвертерных газов в газоотводящем тракте, в дымососном отделении, кислорода дутья, газа в режиме аргонной продувки позволяет уменьшать энергорасходы цехов и взрывоопасность газоходов, увеличивать производительность труда и качество выпускаемой стали.



Газоанализаторы ЭМГ обеспечивают точность определения CO и CO_2 на уровне 0,05%, что позволяет прогнозировать состав выпускаемой стали по углероду с точностью 0,01% для низколегированных сталей и с точностью 0,05% для среднелегированных сталей.

Информация, собранная и обработанная газоаналитическим комплексом, позволяет оператору на пульте управления конвертером:

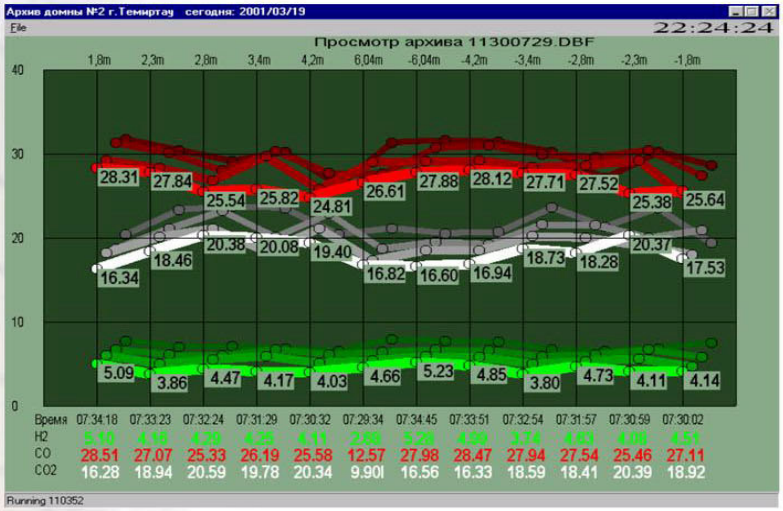
- Определять момент “зажигания” плавки.
- По кривой спада CO определять время окончания продувки.
- Контролировать степень усвоения извести.
- По графику O_2 контролировать герметичность газоотводящего тракта.
- По графику H_2 фиксировать момент прогара водоохлождаемой фурмы



ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

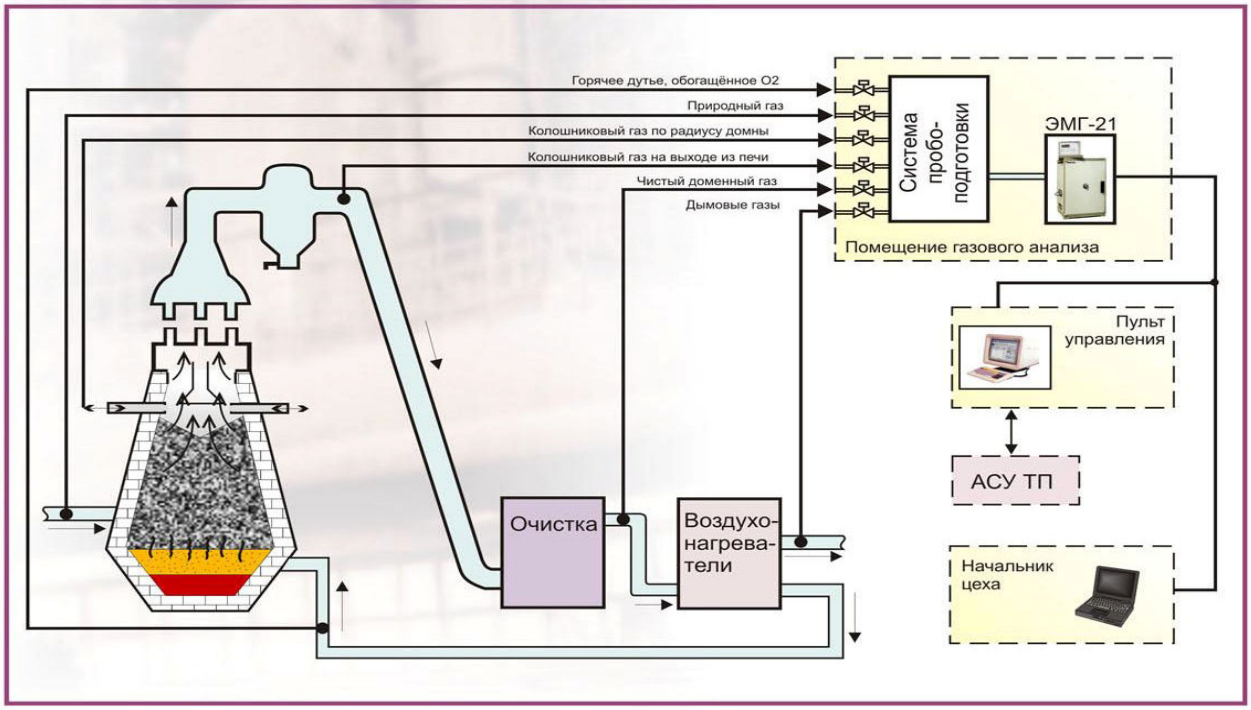
Применение газового анализа в доменном производстве даёт возможность решать задачи по сокращению аварийных ситуаций, вести контроль технологических режимов и подбор оптимальных технологических параметров, что в свою очередь снижает удельный расход дутья, природного газа и кокса, повышает производительность труда и качество выпускаемого чугуна.

Газоаналитический комплекс ЭМГ позволяет оперативно, в режиме реального времени, контролировать газовый состав по радиусу домны, производя забор колошникового газа с помощью премещаемых или стационарных зондов



Информация о составе газовых потоков используется для:

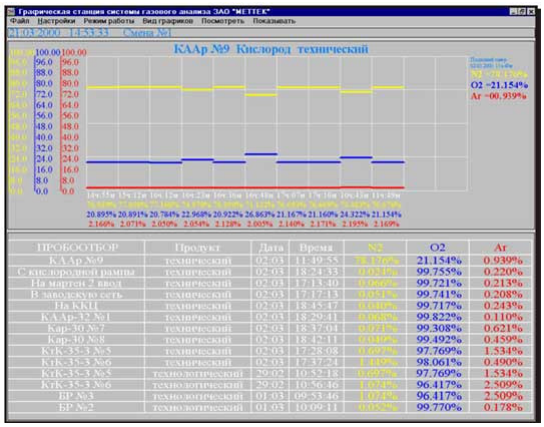
- Слежения за равномерностью процесса плавления руды.
- Контроля за восстановительной средой в горловине домны.
- Определения теплотворности колошникового и природного газа.



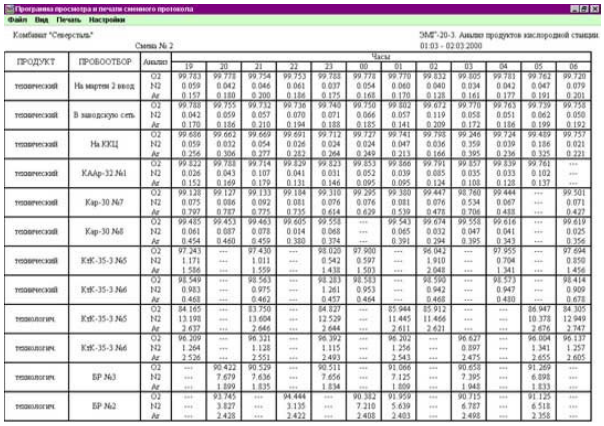
Структурная схема газоаналитической системы

Process Mass Spectrometry

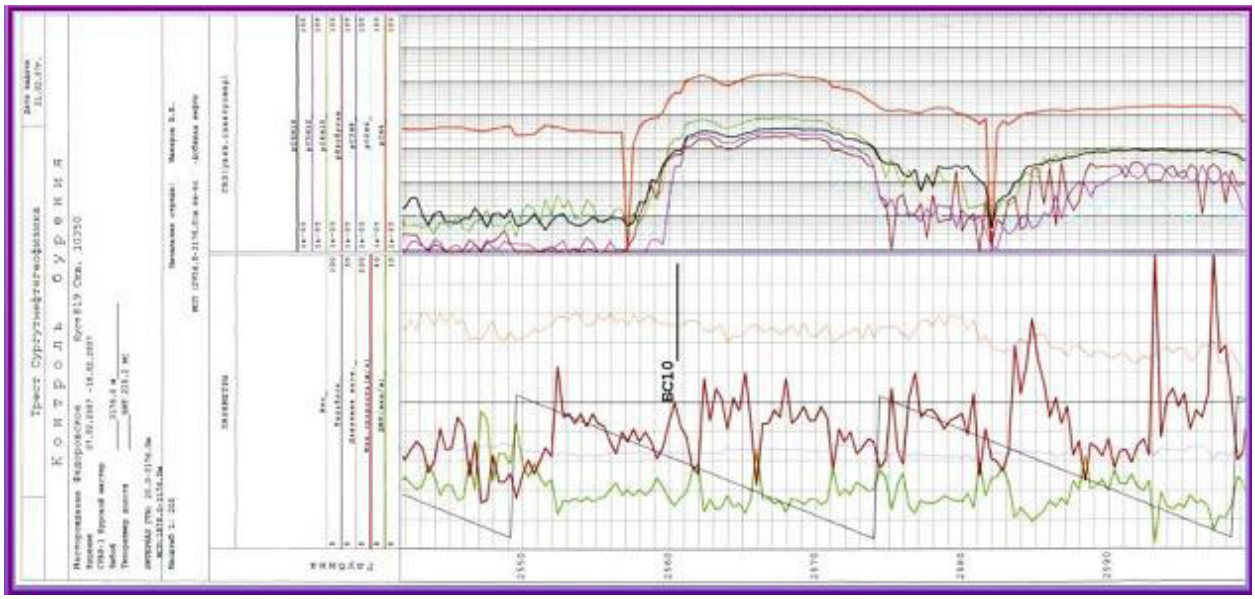
Отображение данных измерений может иметь любую удобную для оператора форму: табличную, графическую или с помощью самописца. Ниже приведены примеры отображения данных.



Графическоя и табличное отображение данных кислородного цеха ОАО «Северсталь»



Протокольное отображение данных кислородного цеха ОАО «Северсталь»



Графическое отображение данных многоканальным самописцем на станции ГТИ «Разрез-2» ОАО «Сургутнефтегаз»

АО «МЕТТЕК» - РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ

К 25–летнему юбилею АО «МЕТТЕК» подходит с готовыми техническими решениями аналитического приборостроения для любой отрасли промышленности. С момента организации компании, специалистами «МЕТТЕК» были разработаны в внедрены более 140 проектов газоаналитических систем, на базе времяпролетных масс-спектрометров, под различные задачи газового анализа для заказчиков из России, Казахстана, Китая, Украины. В настоящее время компания имеет большой опыт разработки и внедрения газоаналитического оборудования.

I) Производство особо чистых газов, кислородное производство:

- ОАО «Северсталь» – кислородный цех;
- ООО «Айсблик» – 3 системы (особо чистые газы);
- ДП «Ингаз» – 1 система (особо чистые газы);
- МГТУ им. Баумана – 1 система (особо чистые газы);
- ГК «Росатом – 3 системы (специзмерения);
- Усолье-Сибирский силикон – 1 система (особо чистый водород).

II) Добыча и переработка углеводородов:

- ОАО «Сургутнефтегаз» – 68 систем;
- АО «КазМунайГаз» – 4 системы (Жонажолское месторождение);
- ЗАО «Криогаз» – 2 комплекса (Санкт-Петербург);
- ООО «Танеко» – 1 система (Нижнекамский НПЗ).

III) Изотопный анализ и специальные измерения ГК «Росатом»:

- 15 комплексов и систем для предприятий и НИИ ГК «Росатом».

IV) Металлургия:

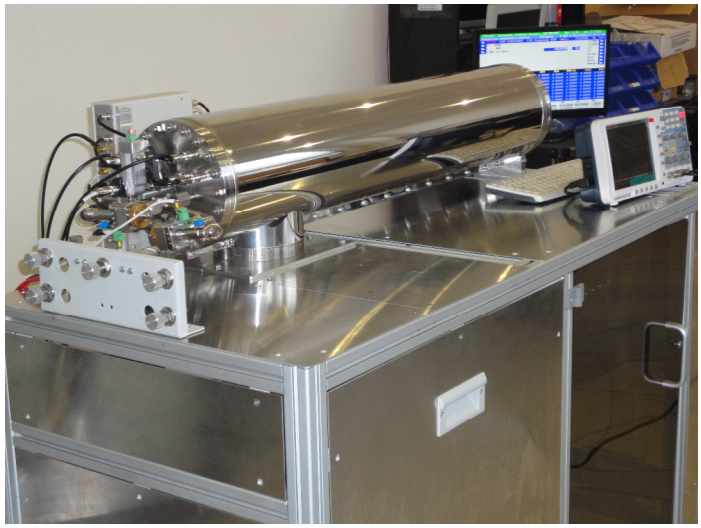
- 30 систем на доменном, кислородно-конвертерном производстве, установках вакуумирования стали (ОАО «ММК», ОАО «НЛМК», ОАО «Северсталь», ОАО «Североникель», ОАО «Норильский никель», Arcelor Mittal Темиртау, Кривой Рог, Baosteel, WISCO, Shandong Iron & Steel Group, Anyang Iron & Steel Group, TPCO).

V) Научные исследования и медицина:

- 15 систем и комплексов под различные задачи контроля (МФТИ, Томский ГТУ, Новосибирский ГТУ, Институт электрофизики и электроэнергетики РАН, Институт высоко-молекулярных соединений, «ГНИИХТЭОС», Институт «Гипроникель», Пекинский национальный технологический университет, Northeastern University Шэньян, Военно-медицинская Академия им. Кирова)

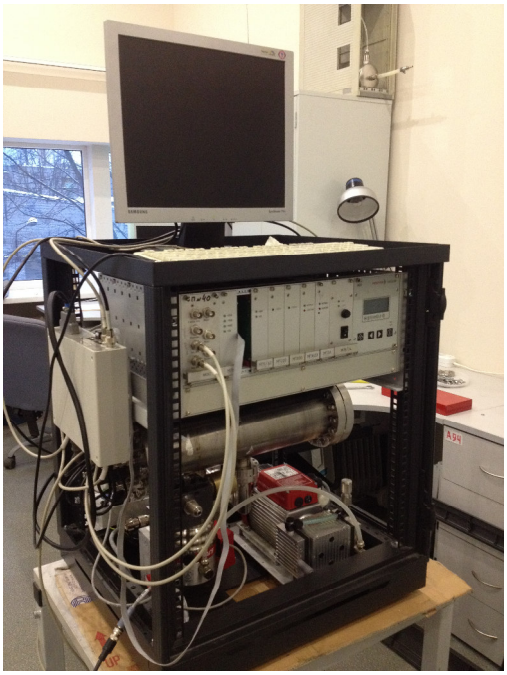
Process Mass Spectrometry

В настоящее время компания «МЕТТЕК» разработала и изготовила два совершенно новых прибора – ЭМГ-40-3 для анализа водородно-гелиевых тритий содержащих смесей и изотопов в диапазоне легких масс. Этот масс-спектрометр пришел на смену ЭМГ-40-2, разработанному для проекта ITER.



Экспрессный многокомпонентный газоанализатор ЭМГ-40-3

«11» ноября 2016 г. выполнен пробный запуск совершенно нового, перспективного масс-спектрометра ЭМГ-30-3, который должен будет заменить приборы ЭМГ-20-1, ЭМГ-20-7 и даже ЭМГ-20-9. Сейчас ЭМГ-30-3 проходит заводские испытания и уже показал результаты выше, чем планировалось по чувствительности, разрешающей способности и диапазону измеряемых масс.



Экспрессный многокомпонентный газоанализатор ЭМГ-30-3

Process Mass Spectrometry

«Масс-спектрометрия является универсальным аналитическим измерительным методом высшей категории, обеспечивающим в современных технологиях контроль состава и примесей в любых материалах и сырье. Во многих случаях она является единственным методом прецизионного контроля состава вещества в любых состояниях: газообразном, твердом или жидком.»

Л.Н.Галль, д.ф.-м.н., профессор, Институт аналитического приборостроения РАН, Санкт-Петербург, из статьи «Масс-спектрометрия – дело государственное» (02/11/2005).

К определению масс-спектрометрии, которую дала блистательный российский ученый Лидия Николаевна Галль, добавить просто нечего. В Европе и Америке, бывшие советские масс-спектрометристы, продолжают создавать новейшие приборы и методики. Вырвавшись из стен лабораторий, сегодняшняя мировая масс-спектрометрия вошла практически во все сферы промышленности и науки. Перечислять все – нет смысла, нужно внедрять и развивать отечественную отрасль, что актуально в рамках процессов импортозамещения.

194223, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, Проспект Тореза, дом 68 литер В
Тел./факс: +7-812-591-6710, +7-812-591-6733
www.mettek.ru