

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕЙТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ

Планы развития ядерной энергетики в России предусматривают значительное увеличение числа атомных станций. Получат дальнейшее развитие реакторы на быстрых нейтронах и исследования в области термоядерного синтеза. Чтобы успешно реализовать эти планы, необходимо развивать ядерно-физическое приборостроение и, в первую очередь, создать новое поколение спектрометрической и дозиметрической аппаратуры. Авторы предлагают новый подход к созданию дозиметрических приборов, основанный на цифровых методах регистрации и обработки сигналов детекторов ионизирующих излучений. Применение цифровых методов должно существенно расширить возможности и повысить точность дозиметрической аппаратуры. Уже разработан и успешно прошел испытания прибор, в котором реализован такой подход.

Задача радиационного контроля заключается в измерении спектра нейтронов и гамма-квантов, из которых состоит поток ионизирующего излучения, а также в определении эквивалентной дозы и мощности эквивалентной дозы для каждого вида частиц. Сложность этой задачи связана, в частности, с тем, что в потоке ионизирующего излучения обычно присутствуют одновременно и нейтроны, и гамма-кванты – такие потоки называют смешанными полями. Сигналы детекторов излучения, вызванные различными типами частиц в смешанных полях, часто трудно различить.

Решить эту задачу можно на основе цифровых методов регистрации и обработки информации. Цифровые методы обработки сигналов детекторов ионизирующего излучения начали разрабатывать уже давно [1]. Однако только в последнее время, с появлением высокопроизводительных электронных устройств – аналого-цифровых преобразователей (АЦП), программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), микропроцессоров, стало возможным эффективное применение этих методов в устройствах измерения сигналов.

М. Прокуронов, П. Руднев

При использовании цифровых методов измерения параметров ионизирующего излучения токовый импульс, возникающий в анодной цепи фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) при регистрации сцинтилляций, преобразуется в цифровую форму с помощью АЦП. Затем полученный цифровой массив подвергается процедуре идентификации.

Лучшие результаты дают методы идентификации нейтронов и гамма-квантов по форме сцинтилляционного импульса [1]. Они основаны на том, что для органических монокристаллов (стильбен, паратерфинил) и жидких сцинтилляторов форма импульсов радиoluminesценции характеризуется наличием двух компонент, высвечивание которых затухает в e раз за время порядка $\tau_1 \approx 5$ нс и $\tau_2 \approx 300$ нс соответственно (рис.1). По оси ординат на рис.1 отложена величина

$$I_A(t_i) = A(t_i) / \sum_{i=1}^N A(t_i),$$

где $A(t_i)$ – анодный ток детектора* (величина заряда, создаваемого в анодной цепи ФЭУ за время $\Delta t_i = t_i - t_{i-1} = 1$ нс), N –

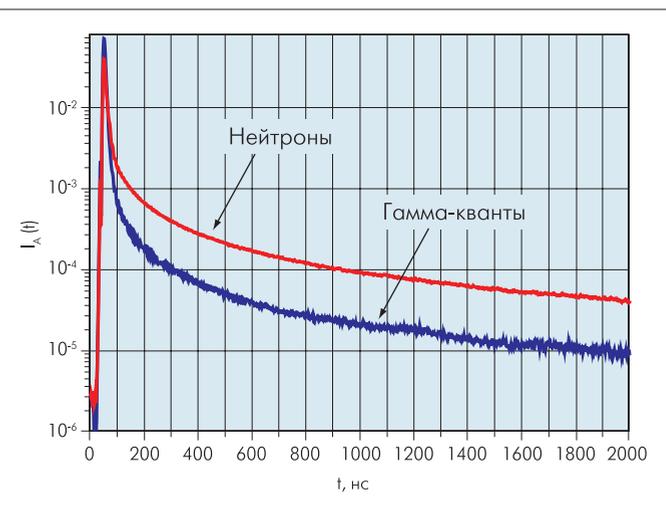


Рис. 1. Импульсные характеристики детектора, полученные при регистрации гамма-квантов (источник – ^{137}Cs) и нейтронов (источник – ^{252}Cf) в энергетическом диапазоне 30–800 кэВ (поглощенная энергия электронов)

* Измерения проводились детектором на основе стильбена и ФЭУ HR6095.

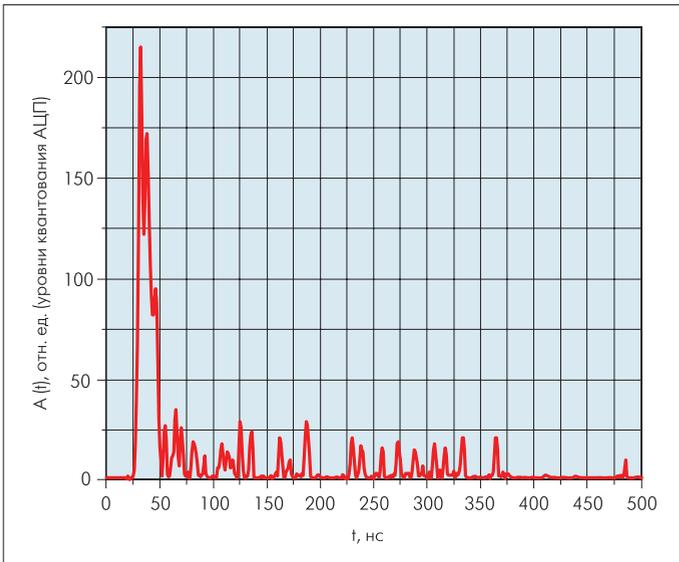


Рис.2. Зависимость тока детектора от времени, полученная при регистрации гамма-кванта источника ^{133}Ba

число временных интервалов. Быстрая компонента слабо зависит от типа регистрируемых частиц. Форма и интенсивность медленной компоненты существенно зависят от типа регистрируемых частиц. При этом соотношение между зарядом от быстрой компоненты и полным зарядом на выходе ФЭУ составляет $\sim 0,5-0,6$ для протонов отдачи при регистрации нейтронов и $\sim 0,8-0,85$ для комптоновских электронов при регистрации гамма-квантов. Импульсные характеристики, приведенные на рис.1, вычислялись как среднее по массиву импульсов тока детектора, вызванных регистрацией частиц определенного типа. В зависимостях тока детектора от времени при регистрации отдельных частиц присутствует как импульс, соответствующий быстрой компоненте токового сигнала, так и импульсы, вызванные регистрацией отдельных фотонов медленной компоненты (рис.2).

В методе идентификации по форме импульса зарегистрированной частицы (гамма-кванту и нейтрону) ставится в соответствие случайная величина S (S_γ и S_n для гамма-квантов и нейтронов соответственно), которая определяется выражением

$$S = \sum_{i=1}^N p_i \cdot A_i \cdot \Delta t_i,$$

где p_i – постоянные коэффициенты, $A_i = A(t_i)$. Существует совокупность значений постоянных коэффициентов p_i , при которых среднее по массиву импульсов тока детектора значение величины S_γ меньше нуля, а среднее значение величины S_n – больше нуля [2].

При определении типа зарегистрированной частицы анализируется сумма токов A_i с весовыми коэффициентами p_i . Результат идентификации определяется тем, реализацией какой случайной величины – S_γ или S_n – является сумма S : если $S < 0$, то зарегистрированная частица идентифицируется как γ -квант, если $S > 0$, то как нейтрон. Поскольку S_γ и

S_n – случайные величины, то некоторые импульсы, вызванные γ -квантами, будут иметь значение $S_\gamma > 0$ и будут ложно идентифицированы как импульсы, вызванные нейтронами, причем таких импульсов будет тем больше, чем больше относительная дисперсия DS_γ / S_γ^2 . Следовательно, коэффициент блокировки γ -квантов (отношение числа γ -квантов, попавших в детектор, к числу γ -квантов, идентифицированных как нейтроны) будет тем больше, чем меньше величина DS_γ / S_γ^2 . Аналогично, некоторые импульсы, вызванные нейтронами, будут иметь значение $S_n < 0$ и будут идентифицированы как импульсы, вызванные гамма-квантами, и их также будет тем больше, чем больше величина DS_n / S_n^2 . Максимальные значения коэффициента блокировки γ -квантов и эффективности идентификации нейтронов достигаются при минимуме величины: $(DS_n + DS_\gamma) / (S_\gamma - S_n)^2$, которая, в свою очередь, принимает минимальное значение при коэффициентах: $p_{oi}(t_i) = (A_{iv} - A_{in}) / (A_{iv} + A_{in})$, называемых коэффициентами оптимального фильтра. Эти коэффициенты получаются в результате калибровки прибора при регистрации отдельно гамма-квантов и нейтронов.

Таким образом, задача идентификации частицы сводится к вычислению суммы из произведений значений тока детектора на коэффициенты оптимального фильтра и определению знака этой суммы.

Синтез аналоговой схемы на основе метода оптимального фильтра весьма сложен, и поэтому такие схемы не разработаны.

Относительная дисперсия $DS_{\gamma(n)} / S_{\gamma(n)}^2$ обратно пропорциональна количеству фотонов, которые образуются при регистрации гамма-кванта (нейтрона). Количество фотонов пропорционально поглощенной энергии гамма-кванта (нейтрона), а следовательно, дисперсия $DS_{\gamma(n)} / S_{\gamma(n)}^2$ обратно пропорциональна поглощенной энергии гамма-кванта (нейтрона). Поэтому использование цифрового алгоритма оптимального фильтра, который обеспечивает минимальные значения дисперсии при фиксированной поглощенной энергии гамма-кванта (нейтрона), позволяет понизить нижний энергетический порог идентификации.

При составлении суммы S , помимо определения коэффициентов p_{oi} , требуется выбрать оптимальный временной интервал T_N , на котором выполняется алгоритм идентификации. С увеличением этого интервала за счет лучшей статистики увеличиваются коэффициент блокировки гамма-квантов и эффективность идентификации нейтронов. Однако в условиях большой загрузки детектора следует длительность интервала T_N сделать переменной, равной длительности интервала между максимумами зарегистрированных импульсов, подлежащих идентификации. Численные эксперименты показывают, что оптимальным для величины T_N является интервал $500 \text{ нс} < T_N < 2000 \text{ нс}$. Если длительность между импульсами $< 500 \text{ нс}$, принимается величина $T_N = 500 \text{ нс}$ и вы-

полняется режекция импульсов. Алгоритм режекции предполагает, что только первый максимум в интервале $T_N=500$ нс вызван регистрацией частицы, а остальные являются фоновыми и могут привести к ложной идентификации. Поэтому используется процедура коррекции функции тока детектора $A(t_i)$. Она состоит в том, что в интервале $T_N=500$ нс экстремумы временной зависимости тока детектора $A(t_i)$, начиная со второго, заменяются нулевыми значениями (рис.3). Скорректированная функция тока детектора $A(t_i)$ используется для идентификации типа частицы.

Для аналоговых схем идентификации характерно ухудшение параметров при увеличении входной загрузки, т.е. частоты поступления импульсов с детектора. Это связано, в первую очередь, с невозможностью провести достаточно полную режекцию входных импульсов. Для цифровой идентификации можно практически полностью устранить эффект наложения импульсов.

Аналоговые системы идентификации позволяют идентифицировать нейтроны и гамма-кванты при нижнем энергетическом пороге от $\sim 0,3$ МэВ (поглощенная энергия протонов отдачи) и при загрузке до $\sim 10^5$ импульсов/с. Коэффициент блокировки фона гамма-квантов может достигать $\sim 10^3$ при пороге $\sim 0,5$ МэВ и при загрузке до $\sim 10^3$ импульсов/с. Использование цифровой идентификации вместо аналоговой дает возможность увеличить коэффициент блокировки гамма-квантов не менее чем на порядок, а нижний энергетический порог идентификации уменьшить примерно в три раза, доведя его до ~ 100 кэВ по поглощенной энергии протонов. При этом загрузка детектора может достигать 10^6 импульсов/с, что существенно расширяет динамический диапазон измеряемых мощностей доз. Так, при регистрации детектором на основе монокристалла стибьбена $\varnothing 30 \times 10$ мм и ФЭУ Hamamatsu R6095 излу-

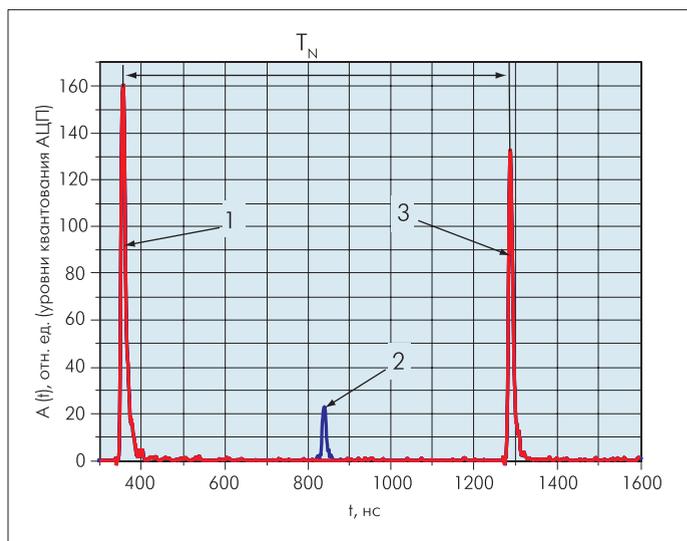


Рис.3. Импульс тока детектора от гамма-квантов (источник – ^{137}Cs), содержащий три экстремума. Экстремум (2) заменяют нулевым значением, так как расстояние от экстремума (1) меньше 500 нс

ния радиоактивных источников ^{137}Cs и ^{252}Cf в энергетическом диапазоне $\sim 30\text{--}600$ кэВ (поглощенная энергия электронов) коэффициент блокировки гамма-квантов составляет $\sim 10^4\text{--}10^3$ при загрузке $\sim 1,5 \cdot 10^5\text{--}5 \cdot 10^5$ импульсов/с, а эффективность идентификации нейтронов превышает $\sim 0,9$ [2]. В энергетическом диапазоне $2\text{--}35$ кэВ (поглощенная энергия электронов) цифровым методом можно идентифицировать импульсы, для которых амплитуда быстрой компоненты соизмерима с амплитудой одноэлектронных шумов ФЭУ. Например, для энергии ~ 10 кэВ (поглощенная энергия электронов) значения коэффициента блокировки гамма-квантов и эффективности идентификации нейтронов составляют соответственно ~ 300 и $\sim 0,7$ [2].

Таким образом, цифровая идентификация частиц по форме импульса позволяет добиться более высоких характеристик сцинтилляционных измерительных устройств по сравнению с аналоговыми системами:

- увеличивается коэффициент блокировки фона гамма-квантов, эффективность идентификации нейтронов и понижается нижний энергетический порог идентификации;
- увеличивается загрузка детектора, при которой возможна идентификация частиц, за счет цифровой режекции наложенных импульсов;
- идентификацию можно проводить в реальном масштабе времени. Перспективным решением для реализации алгоритма цифровой идентификации в реальном времени является ПЛИС;
- лучшее энергетическое разрешение сцинтилляционных спектрометров;
- стабильность метрологических характеристик сцинтилляционных спектрометров, которая достигается за счет использования цифровых устройств.

Спектрометр-дозиметр с цифровой идентификацией типа частиц по форме импульса (рис.4, таблица) разработан в Центре АЦП. Прибор состоит из блока детектирования и блока регистрации и обработки информации. Блок детектирования выполнен на основе органического кристаллического сцинтиллятора $\varnothing 30 \times 10$ мм, который обладает разной формой сцинтилляционного импульса при регистрации нейтронов и гамма-квантов, и ФЭУ Hamamatsu R6095. В первых вариантах прибора в качестве сцинтиллятора использовался стибьбен, однако затем он был заменен паратерфенилом, который имеет схожие физические параметры, но обладает лучшими по сравнению со стибьбеном эксплуатационными характеристиками. В состав блока регистрации и обработки информации входят: быстродействующий 8-разрядный АЦП с частотой дискретизации 1 ГГц, ПЛИС, а также ноутбук. Масса прибора составляет около 4 кг.

В состав программного обеспечения спектрометра-дозиметра входят специальные алгоритмы для восстановления энергетических спектров нейтронного и гамма-излучения

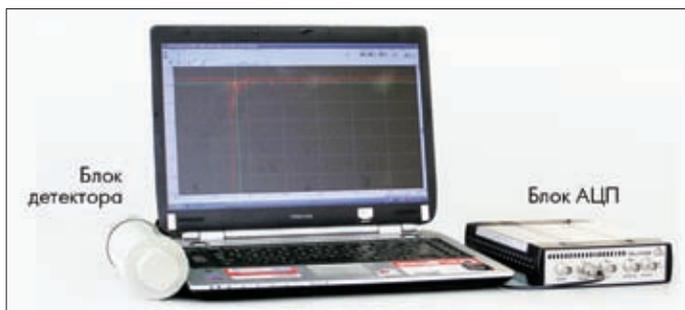


Рис.4. Макетный образец спектрометра-дозиметра нейтронов с цифровой идентификацией

Основные характеристики спектрометра-дозиметра

Параметр	Значение
Энергетические диапазоны измерения спектрального состава и эквивалентной дозы (мощности дозы) нейтронного и гамма-излучения смешанных полей	0,01–10 МэВ – гамма-излучение 0,1–15 МэВ – нейтронное излучение
Диапазон измерения мощности эквивалентной дозы смешанных гамма-нейтронных полей	(0,1–1000) мкЗв/ч
Погрешность определения мощности эквивалентной дозы	Менее 10% в диапазоне энергий 0,1–10 МэВ (поглощенная энергия электронов), менее 20% в диапазоне энергий 0,01–0,1 МэВ (поглощенная энергия электронов)
Коэффициент блокировки гамма-квантов радиоизотопного источника ¹³⁷ Cs	Не менее 4,0·10 ³ , при загрузке 5,0·10 ⁵ импульсов/с в диапазоне энергий 30–600 кэВ (поглощенная энергия электронов)
Эффективность идентификации нейтронов с энергией 2,5 МэВ	Не менее 90%, при загрузке 5,0·10 ⁵ импульсов/с в диапазоне энергий 30–800 кэВ (поглощенная энергия электронов)

по амплитудным распределениям импульсов детектора, вызванных регистрацией протонов отдачи и комптоновских электронов (рис.5, 6). На основе этих спектров можно рассчитывать эквивалентные дозы в различных тканях. Наличие производительного процессора делает систему гибкой, позволяющей производить энергетическую калибровку, стабилизацию спектрометрического тракта и другие метрологические операции. Программное обеспечение включает модули, которые обеспечивают предварительную обработку цифровых массивов в блоке регистрации и обработки информации, и затем передачу данных в компьютер, а также программные блоки идентификации нейтронов и гамма-квантов, режекции наложенных импульсов, построения амплитудных распределений. Программное обеспечение можно дополнять и развивать.

Сегодня на рынке дозиметрической аппаратуры имеются дозиметры для измерения доз нейтронного и гамма-излучения, такие как ДКС-96, УИМ2-2Д, РМ-1402М. Спектр такие приборы не измеряют (кроме РМ-1402М, который измеряет спектр гамма-излучения), а погрешность измерения доз нейтронного излучения составляет до 40%.

На рынке представлен также прибор для измерения спектра и дозы нейтронного излучения ДСН-4 (www.doza.ru). Масса корпуса внешнего блока детектирования у этого прибора составляет около 25 кг. Спектр измеряется за счет того, что замедление быстрых нейтронов в сферах разной массы зависит от энергии быстрых нейтронов. Поэтому проведение измерений таким спектрометром требует участия оператора, который проводит последовательную замену сфер-замедлителей. Такая процедура не обеспечивает оперативности измерений.

Предлагаемый спектрометр-дозиметр с цифровой идентификацией типа частиц позволяет добиться конкурентного преимущества над вышеперечисленными приборами за счет качественного улучшения технических характеристик

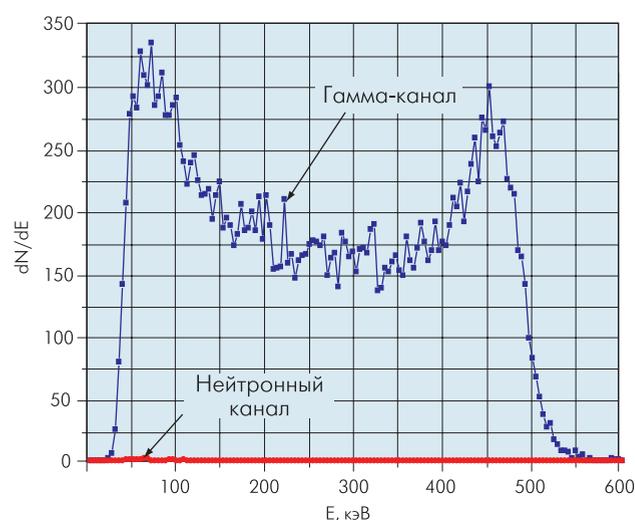


Рис.5. Амплитудные распределения импульсов в гамма-канале и в нейтронном канале, полученные при регистрации гамма-квантов радиоактивного источника ¹³⁷Cs при загрузке 1,5·10⁵ импульсов/с

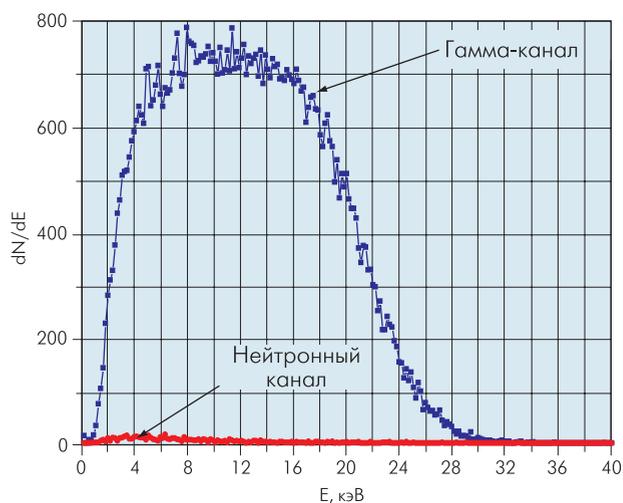


Рис.6. Амплитудные распределения импульсов в гамма-канале и в нейтронном канале, полученные при регистрации гамма-квантов радиоактивного источника ¹³³Ba при загрузке 3·10³ импульсов/с

и новых функциональных возможностей прибора, которые достигаются в результате внедрения цифровых методов в регистрации и обработке информации. Методом цифровой идентификации можно измерять эквивалентную дозу и мощность эквивалентной дозы одновременно и отдельно от нейтронов и гамма-квантов, причем с более высокой точностью (~10%), чем существующие дозиметры, а также получать спектральные распределения нейтронов и гамма-квантов в смешанных полях. В этом заключаются основные отличия и преимущества предлагаемого прибора перед другими дозиметрами. Следует отметить, пока аналогичные спектрометры-дозиметры с цифровой идентификацией типа частиц западных фирм на рынке отсутствуют.

Спектрометры-дозиметры с цифровой идентификацией типа частиц по форме импульса можно применять для спектрометрии и дозиметрии нейтронов и гамма-квантов в процессе всего технологического цикла работ с делящимися материалами (ДМ): обогащения и изготовления материалов и изделий из ДМ, эксплуатации АЭС и судов с

ядерными реакторами, выгрузке, транспортировке, переработке и хранении облученного ядерного топлива. Прибор пригоден для работ с электрофизическими установками (в том числе с термоядерными) и радионуклидными источниками излучений, а также для исследований в области радиационной биологии и медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gatti E., de Martini F. A new linear method of discrimination between elementary particles in scintillation counters. – Nuclear Electronics, I.A.E.A., Vienna, 1962, no. 2.
2. Прокуронов М.В., Шабалин А.Н. Цифровая идентификация нейтронов и гамма-квантов по форме импульса при высокой загрузке детектора и низкой энергии регистрируемого излучения. – ПТЭ, 2007, №2.
3. Промежуточный отчет по НИР №7 ООО "Центр АЦП". – www.centeradc.ru/nir-i-okr/okr-7.

PowerElectronics и Powertek: итоги "силового" объединения

Английское слово "power" переводится на русский язык и как "сила", и как "энергия". Наверное, это весьма взаимосвязанные в наше время понятия, и не случайно произошло объединение международных проектов PowerElectronics и Powertek. Результатом этого объединения явилась 5-я Международная специализированная выставка "Силовая электроника и энергетика", которая прошла в Москве 2–4 декабря 2008 года и стала одним из самых ярких событий в жизни отрасли в прошлом году. Слияние проектов позволило представить в комплексе состояние и основные тенденции стратегически важных для дальнейшего развития экономики России отраслей промышленности: силовой электроники и энергетике.

Выставка была организована компаниями "Примэкспо" (Россия) и ITE Group plc. (Великобритания) при официальной поддержке Министерства науки и образования РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Федерального Фонда развития электронной техники РФ, Правительства Москвы и ОАО "Российская электроника".

"Динамичное развитие электронной и энергетической промышленности в современном мире оказывает заметное влияние на прогресс самых различных областей науки, производства и образования. Выставка "Силовая электроника и энергетика", на которой представлены новейшие технологии и разработки российских и зарубежных компаний, способствует расширенному обмену опытом, налаживанию научных и деловых контактов специалистов и представителей бизнес-сообщества и, безусловно, имеет важное значение для

реализации планов ускоренного развития нашей страны", – отметил министр образования и науки РФ А.Фурсенко.

Несмотря на мировой финансовый кризис, выставка не только не сократила своего масштаба, но и получила новый толчок к развитию, включив раздел, посвященный энергетике. По мнению представителя ООО "Семикрон" А.Колпакова, выставка по уровню приближается к европейским аналогам. "Нам удалось познакомиться с несколькими перспективными проектами. Уровень российских специалистов вообще очень высокий, а в силовой электронике – особенно. Это относится практически ко всем посетителям нашего стенда. Во время выставки было рассмотрено несколько проектов будущих контрактов. В России мы отказались от всех выставок, кроме "Силовой электроники и энергетике", – утверждает А.Колпаков.

Выставка собрала большое количество участников. Общая площадь экспозиции составила 2000 кв. м. Свои стенды представили 140 компаний из 11 стран мира: Германии, Великобритании, Италии, Австрии, Финляндии, Франции, России, Азербайджана, Белоруссии, Украины; а также впервые в выставке участвовал Китай.

Генеральный директор ЗАО "Сетьстрой" В.Радченко свидетельствует: "В условиях экономического кризиса выставка такого рода очень актуальна. Ведь мы все прекрасно понимаем, что без энергетике и электроники невозможно развивать экономику страны. Уверен, что подобные форумы позволят нашей компании еще более укрепить позиции в выбранном сегменте энергетического рынка и найти новых партнеров".



Серия семинаров, посвященных новым решениям и технологиям в измерительной отрасли компания Agilent Technologies

Традиционно 21–23 апреля 2009 года компания Agilent в десятый раз проведет трехдневный семинар, по праву ставший наиболее крупным событием на рынке контрольно-измерительного оборудования. В 2008 году семинар посетили более 250 специалистов ведущих научно-исследовательских центров, конструкторских бюро, вузов. И как всегда, большой интерес к семинару проявили представители государственных структур и специалисты оборонной и аэрокосмической отраслей, а на сессии, посвященной контрольно-измерительному оборудованию для телекоммуникационной отрасли, присутствовали представители всех ведущих операторов мобильной и проводной связи. Как обычно сессии семинара будут посвящены трем направлениям: контрольно-измерительное оборудование для телекоммуникационной отрасли, осциллографы и цифровой анализ, оборудование для радиоизмерений. В ходе семинара будут продемонстриро-

ваны новые приборы, выпущенные в 2008–2009 годах.

Весной также пройдет семинар, посвященный тестированию параметров материалов на базе анализатора цепей PNA-X.

На осень запланировано проведение семинара "Осциллография и цифровой анализ", где будут представлены новейшие решения Agilent, будет обсуждаться теория и практика применения осциллографов, в том числе для анализа устройств со смешанным аналого-цифровым сигналом, отладки устройств на ПЛИС компаний Xilinx и Altera, анализа джиттера, тестирования по маске, векторного анализа сигналов и многое другое.

Кроме того, все новинки компании Agilent Technologies можно будет увидеть на выставках ЭкспоЭлектроника и СвязьЭкспокомм.

Получить дополнительную информацию можно на сайте www.agilent.ru/find/russia_events, контактное лицо: Ольга Бардашова, +7 (495) 7973928, tmo_russia@agilent.com.

Под одной крышей организаторы выставки собрали ведущие мировые бренды электронной промышленности (GE Jenbacher, Mitsubishi Electric, Fuji Electric, ABB Switzerland, Semelab, Infineon Technologies, Semikron, LEM и др.); крупнейших российских дистрибьюторов (ГК "Симметрон", "Аргуссофт Компани", "Остек", "Сигма Технолджис", "Платан компонентс", "Компэл", "Эфо" и др.); главных российских производителей ("Ангстрем", "Группа Кремний Эл", ОКБ "Искра", НПП "Пульсар", "Протон-Импульс", "Ферроприбор" и др.), а также лидеров энергетической отрасли (ДЭП, "ЭДС Холдинг", "Сетьстрой", НПО "Ирвик" и др.).

Полезную и достоверную информацию о рынке, его состоянии и тенденциях, о новинках и перспективах можно было получить в рамках деловой программы, включавшей более десяти семинаров и круглых столов.

Насыщенная программа вызвала большой интерес к выставке со стороны руководителей и ведущих специалистов представленных на рынке компаний. Всего экспозицию посетило 2460 человек, 99% посетителей – специалисты отрасли, 90,5% посетителей принимают решения о закупке продукции или услуги или влияют на принятие таких решений.

Новинкой 2008 года стал всесторонний официальный выставочный аудит, позволивший всем участникам и посетителям выставки получить достоверную информацию о площади экспозиции, количестве экспонентов и посетителях, их задачах и других важных данных.

Так, целями участия в выставке экспоненты назвали: установление новых деловых контактов (90,3%), представление новой продукции и услуг (67,7%), поддержание имиджа

компании (67,7%), получение информации о рынке (66,1%), заявление о себе (53,2%), изучение деловой активности конкурентов (51,6%), продажа продукции и услуг (48,4%).

Коммерческий директор ООО "IGBT Electronics" А.Сердюкова отметила: "Наша компания впервые участвовала в выставке "Силовая электроника и энергетика". Мы ставили перед собой следующие задачи: вывести на российский рынок нового производителя Fuji Electric, провести переговоры с основными клиентами, установить новые деловые контакты, увеличить количество потенциальных клиентов. Со всеми поставленными задачами компания справилась. Хотелось бы отметить высокий уровень компетентности посетителей выставки. Можно сказать, что на выставке не было случайных посетителей".

По данным независимого аудита, большинство участников своих целей достигли. Так, 97,9% участников остались довольны количеством посетителей, 99% – отметили высокий уровень их компетентности.

Как подчеркнул представитель компании Mitsubishi Electric (Германия) Дж. Стеферт, компания Mitsubishi Electric очень довольна количеством посетителей и уровнем их компетентности, гордится тем, что была удостоена награды за активное участие в деловой программе и планирует в 2009 году в рамках выставки "Силовая электроника и энергетика" провести еще более масштабное мероприятие.

Мнение Mitsubishi Electric разделяет большинство участников, 91,5% из них заявили о намерении принять участие в следующей выставке "Силовая электроника и энергетика", которая пройдет 1–3 декабря 2009 года в Москве.

Л.Гофман