

По первому направлению было сделано 14 докладов. Специалистами ЦНИИ механизации и электрификации сельского хозяйства (ЦНИИМЭСХ) создан и эксплуатируется радиационный комплекс «Боровляны», являющийся в настоящее время основной базой для разработки и внедрения радиационной техники. Доклады специалистов института были посвящены исследованию обезвреживания навозных стоков животноводческих комплексов с использованием гамма-установок и ускорителей электронов, задачам технологической дозиметрии, выбору сенсibilизаторов, а также новым свойствам многоцелевой сельскохозяйственной радиоизотопной техники. По мнению многих специалистов, в настоящее время еще нельзя сделать вывод о том, какие установки лучше — гамма или ускорители. Главный недостаток последних заключается в их недостаточной надежности.

Проводимые в ЦНИИМЭСХ работы имеют хорошее математическое обеспечение, что также было отражено в докладах.

Группа институтов работает над технологией и экономикой обеззараживания сточных вод животноводческих комплексов на базе ускорителей ЭОЛ (0,4 МэВ). Н. А. Высоцкая привела обзор работ по радиационной обработке сточных вод в ФРГ.

Были заслушаны доклады о предпосевной обработке семян, в которых рассматривалось обоснование применения конкретного типа облучателя гамма-установки (Г. Т. Тычина), обсуждалась эффективность предпосевого облучения (Л. К. Страцкевич) и использование нейтронной радиации для стимуляции роста растений (Г. В. Пономарев) и др.

По радиоизотопному приборостроению было сделано 13 докладов специалистами ЦНИИМЭСХ, Литовского НИИ и Харьковского института механизации и электрификации сельского хозяйства. Приводились результаты разработки гамма-реле ГР-10 на ионизационных камерах для дискретного контроля уровней и основ теории радиоизотопной информационно-измерительной техники (М. Л. Гольдин); метод исследования сепарации высушиваемой массы в пневмобарабанных сушилках (Л. Ю. Венцус); оценка удельных потерь энергии электронов в веще-

стве (В. Д. Ткаченко); радиоизотопный газоанализатор, аэроионизатор и спектрометр аэроионов для системы регулирования микроклимата. С интересом участники совещания ознакомились с докладами и разработанными специалистами ЦНИИМЭСХ установками по обнаружению инородных предметов в потоках кормовых материалов (И. И. Гирудский), плотномером сенажа (А. М. Дмитриев), а также датчиками температуры и влажности.

Ядерно-физические методы анализа почвы и растений рассмотрены в докладах специалистов ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова, а также ВНИИ ветеринарной санитарии. Обсуждены вопросы автоматизации массовых агрохимических анализов почвы и растений на основе ядерно-физических аналитических комплексов (Р. А. Срапеняц); система полной автоматической обработки  $\gamma$ -спектров в нейтронно-активационном анализе растений и кормов (А. И. Новиков); состояние и перспективы использования рентгено-флуоресцентного анализа для определения валового состава (П. Г. Марков). Особый интерес вызвал доклад И. Е. Замкова о принципах субстехиометрии в радиохимическом варианте активационного анализа.

В настоящее время внедрение нейтронно-активационного анализа почвы и растений сдерживается отсутствием соответствующей аппаратуры. Кроме того, определенное число элементов не контролируется не только нейтронно-активационным, но и рентгено-флуоресцентным анализом. Принципы субстехиометрии, основанные на использовании отечественных генераторов нейтронов и метода изотопного разбавления, позволяют определять около 50 элементов с точностью, не уступающей указанным двум видам анализа.

Участники совещания ознакомились с радиоизотопными лабораториями ЦНИИМЭСХ и посетили радиационный комплекс «Боровляны».

На заключительном заседании было принято решение, на основе которого будут координироваться работы по использованию радиационной техники в сельскохозяйственном производстве, а также на агропромышленных комплексах.

ГОЛЬДИН М. Л.

## В лабораториях

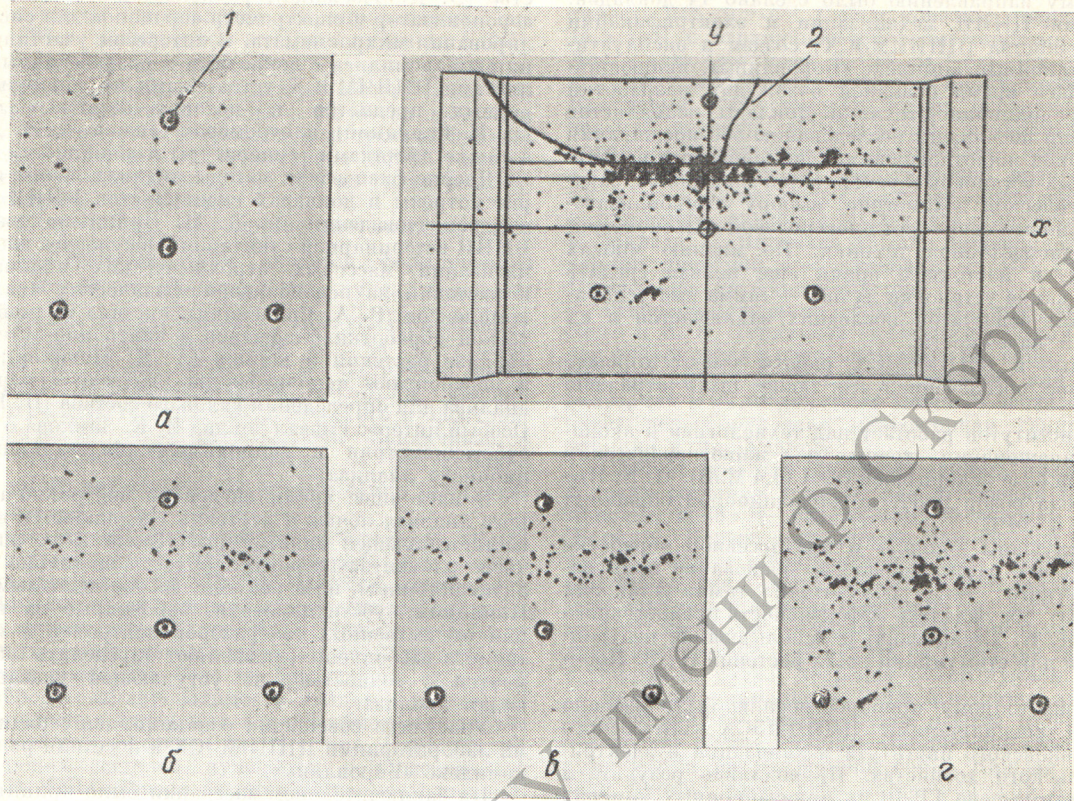
### Оценка технического состояния конструкции акустической эмиссией

В обеспечении эксплуатационной надежности ответственного оборудования АЭС на основе неразрушающих методов принципиально новые решения дает акустическая эмиссия. Преимущество перед известными методами неразрушающего контроля (ультразвуковым, рентгеновским, магнитопоршковым, капиллярным и другими) — в высокой чувствительности, позволяющей выявлять ранние стадии развития разрушений; возможности определять местоположение опасных зон разрушения неподвижно установленными датчиками, что исключает сканирование по поверхности контролируемого объекта и что особенно важно при затрудненном доступе к оборудованию; возможности на основе получаемой информации оценивать техническое состояние и прогнозировать ресурс конструкции путем сопоставления данных с проектными требованиями о допустимых условиях развития повреждений. Все это определяет повышенный интерес к использованию метода для контроля качества оборудования в процессе изготовления, монтажа и эксплуатации. Имеющиеся решения по схемам измерений и аппаратуре для регистрации эмиссии обеспечивают надежное выявление и определение

местоположения опасных зон в конструкции. Поэтому уже в настоящее время в некоторых случаях традиционными методами можно проводить лишь выборочный контроль в зонах, указанных акустической эмиссией, что дает значительный технико-экономический эффект.

Характерный пример результатов локации акустической эмиссии на разных этапах гидравлического нагружения трубопровода диаметром 850 мм, толщиной стенки 48 мм из хромоникельмолибденовой стали с продольным сварным соединением и антикоррозионной наплавкой представлен на рис. 1. Показана схема участка трубопровода с расположенными на его поверхности у сварного соединения датчиками. Графическое изображение результатов представляет собой копии, полученные непосредственно с экрана многоканальной локационной аппаратуры акустической эмиссии.

Как следует из рис. 1, по мере возрастания давления точки (события акустической эмиссии) концентрируются в области сварного соединения и таким образом выявляются зоны расположения опасных дефектов. В лабораторных условиях отрезок трубопровода был нагружен до раз-



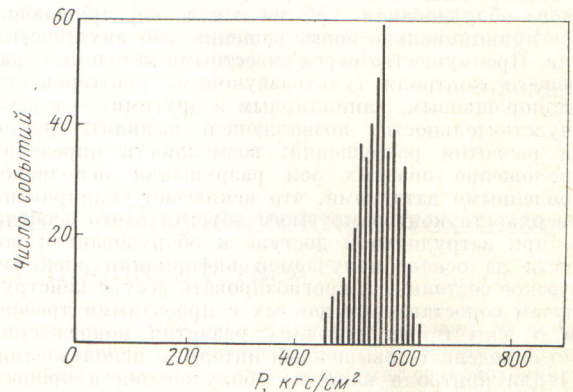
Р и с. 1. Схема расположения датчиков (1) акустической эмиссии и результаты локации сигналов при нагружении внутренним давлением 180 (а), 200 (б), 235 (в) и 340 кгс/см<sup>2</sup> (г) (каждая точка соответствует зарегистрированному сигналу акустической эмиссии). 2 — линия разрушения

рушения. Анализ поверхности показал, что начало разрушения произошло в зоне соединения основного металла, наплавки и наплавленного металла шва. В ней до гидротестирования при ультразвуковом и радиографическом контроле были обнаружены сварочные дефекты. Этот пример свидетельствует об эффективности сочетания традиционных методов контроля с акустической эмиссией.

Однако наибольшие перспективы связаны с использованием акустической эмиссии для диагностики технического состояния и прогнозирования прочности и долговечности конструкций. Исследования, ведущиеся в НПО ЦНИИТМАШ, показывают, что для этого есть реальная основа. Замечено, в частности, что на этапах зарождения и распространения разрушения акустическая эмиссия имеет особенности, обусловленные различной природой процессов, которые генерируют акустические импульсы. Как показывает анализ распределения импульсов по амплитуде, в период, предшествующий образованию трещин, регистрируется главным образом «низкоамплитудная» эмиссия, вызванная пластической деформацией. При возникновении и в процессе распространения разрушения на фоне низкоамплитудной выявляется акустическая эмиссия с более чем на порядок высшей амплитудой, причиной чего являются упругие микроразрывы в сплошном материале — собственно разрушение, сопровождающееся появлением новых поверхностей трещин.

Отмеченный факт имеет принципиальное значение, поскольку позволяет исследовать разные стадии разрушения и анализировать кинетику зарождения и развития разрушений в связи с условиями нагружения конструкций. Так, было установлено, что в реальных телах с неизбежными технологическими дефектами акустическая эмис-

сия, обусловленная разрушением, наблюдается уже на начальных этапах нагружения при весьма низком номинальном напряжении. При распространении усталостного разрушения это проявляется в виде характерного распределения случаев акустической эмиссии от каждого из развивающихся дефектов в узком диапазоне растягивающих нагрузок (рис. 2). Такая особенность положена в основу определения в конструкции зон развивающегося разрушения. Использование данного способа имеет особое значение в условиях помех, создаваемых работающим оборудованием. Кроме того, позволяет при известном



Р и с. 2. Характерный пример распределения по нагрузкам сигналов акустической эмиссии из зоны разрушения

местоположении зон разрушения (определенном посредством локации) выявить для каждой из них критическую нагрузку, при которой отмечается акустическая эмиссия. По этим данным можно оценить кинетику разрушения в опасных зонах, сделать вывод об аварийности конструкции и принять соответствующее решение. Такой принцип положен в основу создаваемой в НПО ЦНИИТМАШ акустико-эмиссионной аппаратуры для контроля технического состояния конструкций. В частности, выполняется программа по использованию метода для контроля сосудов и трубопроводов высокого давления. Проведено значительное число испытаний сосудов и участков трубопроводов из различных материалов, отработана методика оценки их технического состояния при статическом и циклическом нагружении.

При проведении контроля с использованием акустической эмиссии необходимо предварительно оценить уровень и параметры шумов, которые могут помешать контролю, а также их устранить. Схема контроля выбирается в зависимости от конфигурации объекта. После установки датчиков проводится калибровка системы контроля, в про-

цессе которой устанавливаются пороговые уровни и оценивается точность определения координат источников акустической эмиссии. По результатам регистрации источников оценивается их степень опасности: пассивный или активный. Активные источники идентифицируются другими методами неразрушающего контроля.

Акустическая эмиссия сигнализирует только об опасных дефектах, склонных к развитию, поэтому ее показания дают более полную и достоверную информацию для оценки технического состояния объекта и вероятности его безотказной работы, чем данные об эквивалентном размере дефекта при ультразвуковом контроле, показания следа дефекта в капиллярной дефектоскопии и т. п. Метод акустической эмиссии, основанный на информации о состоянии объекта и объединяющий в себе идеологию неразрушающего контроля с основными элементами механики разрушения, позволяет прогнозировать ресурс конструкции и обеспечивает более высокую эксплуатационную надежность энергетического оборудования.

КУРАНОВ В. Н., ИВАНОВ В. И., РЯБОВ А. Н.

## Новые книги

**Атомно-водородная энергетика и технология.** Сборник статей. Вып. 3. М., Атомиздат, 1980. 272 с. 3 руб.

В сборнике шесть статей, посвященных физике и технике применения атомной энергии в технологических производствах химии и металлургии. В первой статье изложены основные требования к температуре, мощности, ядерной безопасности и топливным циклам высокотемпературных газовых реакторов (ВТГР) с гелиевым и расплавно-солевым теплоносителем. Если основная концепция ВТГР с гелиевым охлаждением широко известна, то материал о реакторах с расплавно-солевым теплоносителем является новым. Ранее были проработки таких реакторов со сравнительно низкой температурой в первом контуре (около 700 °С) и использованием металлов в качестве конструкционных материалов активной зоны. Необходимость применения трех контуров и невозможность использования тепла для технологических процессов вследствие низкой температуры не давали реальных преимуществ этому типу реактора. Предлагаемая авторами идея безмашинного съема и передачи тепла из активной зоны к технологическому потребителю за счет интенсивной естественной конвекции расплава фтористых солей, содержащих ядерное топливо, в замкнутых коаксиальных каналах непосредственно в самих твэлах, устанавливаемых нижними концами в графитовом блоке замедлителя-отражателя таким образом, что там возникает ядерная реакция, весьма интересна и заманчива. С учетом совместности расплава солей с плотным конструкционным графитом последний предлагается применять в качестве материала твэла. Это позволяет получить температуру расплава на выходе из активной зоны реактора около 1500 °С и передавать тепло излучением от верхней части графитовых твэлов к энергетическому или технологическому теплообменнику. Особенность рабочего процесса конвективного переноса тепла заключается в его гидродинамической стабильности при изменении на порядки тепловой мощности. Такая ядерная установка может компоноваться с различного рода энергопотребителями при передаче тепла излучением по зеркальному лучевому каналу. Недостатком рассматриваемой концепции является, по-видимому, отсутствие опытных образцов твэлов и длительных ресурсных испытаний в отечественной технике. В этом отношении ядерные установки с ВТГР уже прошли стадию длительной проверки на опытных и опытно-промышленных реакторах и могут в ближайшее время найти широкое применение в энерготехнологии.

Во второй статье рассматриваются технические решения и проектные рекомендации по атомным энерготехнологическим станциям (АЭТС) на базе ВТГР с гелиевым охлаждением. Убедительно выглядят доводы авторов о необходимости привлечения атомной энергии для решения проблемы увеличения продукции азотной промышленности, поскольку она уже в ближайшем будущем не может быть обеспечена необходимым количеством природного газа. В имеющейся технологии почти половина идущего на производство аммиака и метанола природного газа сжигается для покрытия энергетических потребностей, поэтому уже сейчас актуальна замена этого тепла путем использования атомной энергии на базе ВТГР.

Авторами описываются наиболее эффективные варианты энерготехнологического применения ВТГР, оцениваются удельные объемы вытеснения органического топлива, отмечается эффективность перевода энерготехнологического производства с органического топлива на ядерное. Недостаток статьи в том, что авторы не предлагают каких-либо более подходящих конструкций для реализации, например, паровой каталитической эндотермической конверсии метана и с подводом тепла от ВТГР, а надеются использовать применяемые в настоящее время реакционные трубы в печах, в которых сжигается природный газ. Объем статьи слишком велик, однако специфических требований к нейтронно-физическим характеристикам и удельным показателям собственно ВТГР нет.

Пятая статья несомненно интересна, особенно разделы об использовании ядерного тепла и выборе концепции в атомно-водородной энергетике. Как показал автор, термохимические циклы имеют термодинамические преимущества, реализация которых в технике будет означать расширение применения атомной энергии в химическом производстве. Интересен вывод о том, что удельная энергетическая производительность термохимических циклов на порядок выше таковой для энергетического производства электроэнергии по циклу Ренкина. Такие циклы предпочтительны и для освоения возможно более широкого интервала экстремальной температуры в ядерном реакторе по теплоносителю. Недостаток статьи состоит в отсутствии подобного же анализа для энергетического газотурбинного цикла. Нецелесообразно помещать в книге столь объемное приложение 2, его следовало бы опубликовать в специальной книге.

Книга в основном нужна специалистам, занимающимся применением атомной энергии в энерготехнологических