

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов В.П., Иванов А.И., Ширяев В.В. и др. Обзор исследований в области теплового неразрушающего контроля в Томском НИИ интроскопии // Изв. ТПУ "Неразрушающий контроль и диагностика". - Томск: Изд-во НТЛ, 1998. - С. 13-18.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. - М.: Высшая школа, 1967. - 604 с.
3. Vavilov V., Taylor R. Theoretical and Practical Aspects of the Thermal NDT of Bonded Structures. - In: "Res. Techn. in NDT", Vol. 5, ed. by R. Sharpe, Academic Press, London, U.K., 1982. - P. 239-280.
4. Вавилов В.П., Джин Х., Томас Р., Фавро Л. Экспериментальная тепловая томография твердых тел при импульсном одностороннем нагреве // Дефектоскопия. - 1990. - № 12.
5. Диагностика и определение теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным методом (методика). - Свид. об аттестации МВИ Госстандарт РФ № 1305/442 от 10.01.2001, Госстандарт РФ. - 36 с.
6. Методика тепловизионной диагностики дымовых труб и газоходов. - Свид. об аттестации МВИ № 11/442 от 6.03.2002, Госстандарт РФ. - 44 с.
7. Torgunakov V. G., Sukhanov M. S. Computer Model of Thermal Processes in a Cement Kiln // The 7th European Conference on Non-Destructive Testing. - Copenhagen, Denmark, 1998. - P. 2676-2679.
8. Торгунаков В.Г., Яманаев Н.М., Яманаев М.С. Свидетельство РФ № 2000610040, Автоматизированная система дистанционного контроля температуры промышленных установок ("Термоинспектор"), РОСПАТЕНТ, 18.01.00.

УДК 620.179.155

НЕЙТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ДАТЧИКИ ДЛЯ ЭКСПРЕССНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Ю.А. Волченко

В работе описаны нейтронные приборы и датчики для экспрессного неразрушающего контроля материалов, изделий и параметров технологических процессов, созданные в отделе радиационных методов контроля НИИ интроскопии (Россия, г. Томск). Приведены основные технические характеристики и фотографии нейтронных приборов и датчиков.

Отдел нейтронных методов контроля был создан в НИИ интроскопии в 1968 г. и до 1990 г. занимался исключительно применением нейтронного излучения для решения различных оригинальных задач неразрушающего контроля. В связи с усложнением практических задач неразрушающего контроля, особенно в области контроля параметров технологических процессов, и необходимостью комплексования различных методов для решения таких задач в 1990 г. отдел нейтронных методов контроля был преобразован в отдел радиационных методов контроля.

Теоретические и экспериментальные исследования, выполненные в период с 1968 по 1980 гг. позволили создать ряд оригинальных нейтронных радиометрических дефектоскопов, основные технические характеристики которых приведены ниже [1].

Нейтронный радиометрический дефектоскоп-толщиномер для контроля Рb, W и их сплавов.

- Материал Рb, W и т.п.
- Толщина изделий, мм 300
- Скорость контроля, м/мин 2
- Минимальное измеряемое изменение толщины, % 3
- Вероятность обнаружения, % ... 95
- Выход источника нейтронов, нейтр./с не более 2·10⁷

Нейтронный радиометрический дефектоскоп для контроля сварных соединений толщиной свыше 400 мм.

- Материал сталь
- Толщина, мм 400...600
- Минимальный измеряемый дефект . сфера диаметром 2 % толщины
- Вероятность обнаружения, % 95
- Скорость контроля, м/ч 1...3

Установка для контроля параметров легкого материала в стальных сосудах.

- Объект контроля легкие материалы плотностью до 2 г/см³
- Толщина объекта контроля, мм . . до 300
- Толщина стальной оболочки, мм . до 200
- Скорость измерения параметров легкого материала, мм/с до 3
- Зона контроля, см² не менее 5
- Минимальное измеряемое изменение толщины, % не менее 5

Дальнейшее развитие теоретических и экспериментальных исследований переноса нейтронов в объектах, геометрические размеры которых сравнимы с длиной свободного пробега нейтронов ис-

точника в материале объекта и комплексирование нейтронного метода с другими методами контроля привело к созданию ряда приборов и контрольно-измерительных комплексов, не имеющих аналогов как в России, так и за ее пределами [2-5].

Нейтронный обнаружитель мест закупорки технологических трубопроводов НО403Т.

Обеспечивает обнаружение мест закупорки технологических трубопроводов различного диаметра и позволяет оценить толщину отложений практически любых технологических веществ при скорости контроля до 1 км/ч.

Температура окружающей среды, °С ...-20...+30

Нейтронный толщиномер НГ10Т.

Измеряет толщину стальных стенок трубопроводов и резервуаров диаметром свыше 100 мм со средней относительной погрешностью 5 % при толщине стенок до 35 мм. Контроль проводится как на незаполненных трубопроводах, так и на заполненных трубопроводах, бесконтактно, без нарушения целостности защитных покрытий.

Температура окружающей среды, °С ...-20...+30

Нейтронные поисковые приборы "Сверчок - 1, 2".

Обнаруживают водосодержащие вещества, в том числе взрывчатые и наркотические, за обшивкой и в полостях транспортных средств, в контейнерах, в трубопроводах и т.д.

Минимальная масса вещества,

обнаруживаемая за стальной обшивкой до 3 мм, г . 100

Площадь датчика, мм 150x100

Масса измерительного зонда, кг . . не более 1,6

Масса снаряженного прибора, кг . не более 7,6

Ресурс непрерывной работы, ч не менее 30

Общие виды приборов НО403Т, ТН-4 и "Сверчок 1, 2" показаны на рис. 1-3.

Нейтронные влагомеры проб сыпучих и пластических материалов НИ10ВШ, НИ10ВА, НИ20ВБ.

Объем пробы, дм³ 0,5...2

Диапазон измерения влажности, % 1...100

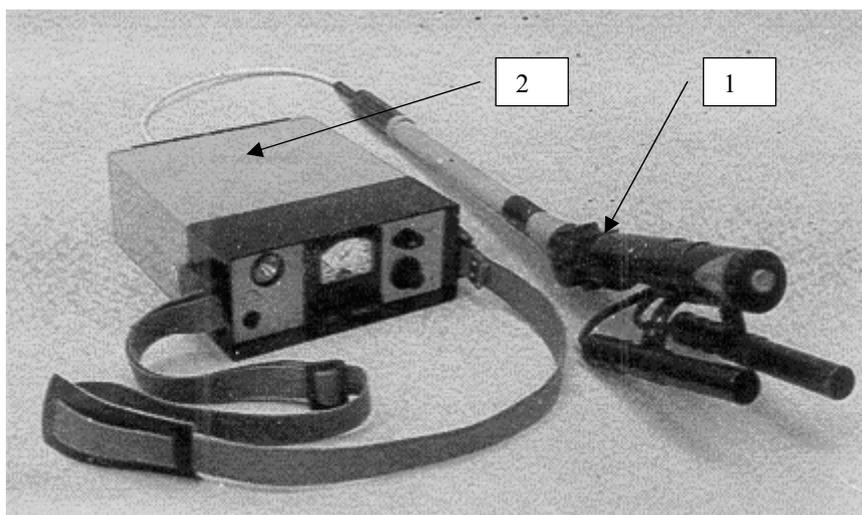


Рис. 1. Нейтронный обнаружитель мест закупорки технологических трубопроводов НО403Т: 1) датчик; 2) пульт

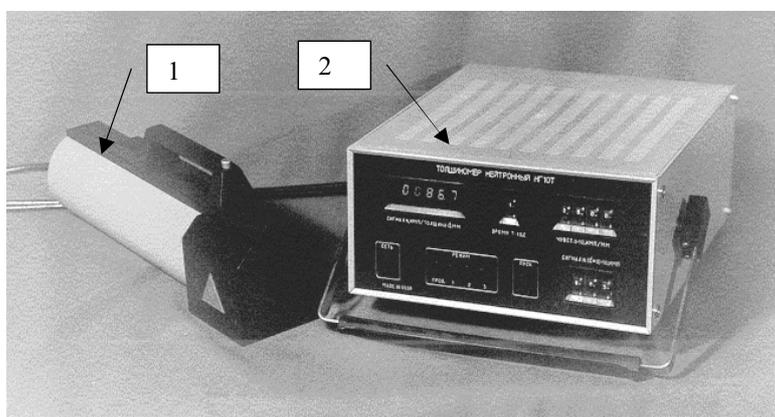


Рис. 2. Нейтронный толщиномер НГ10Т: 1) датчик; 2) пульт

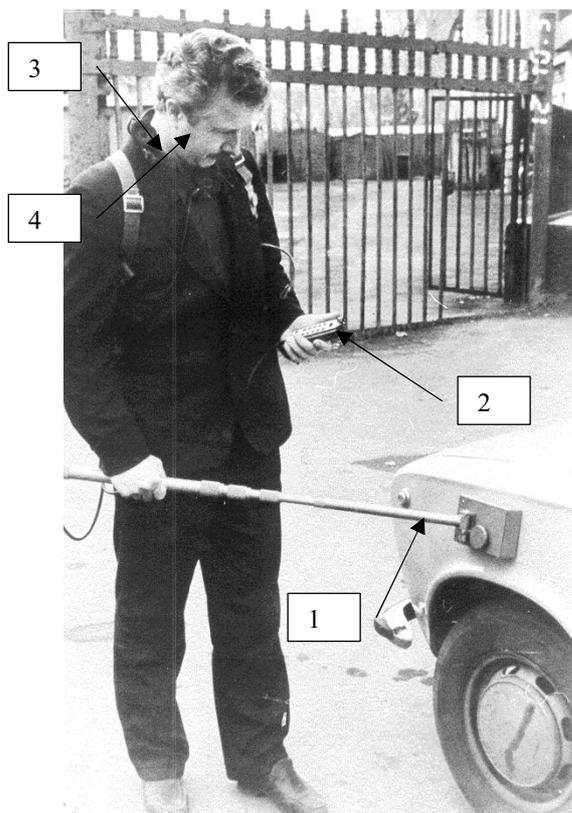


Рис. 3. Нейтронный поисковый прибор "Сверчок - 2": 1) датчик; 2) пульт; 3) аккумуляторный источник питания; 4) телефоны

Основная погрешность
(абсолютная), % 0,25
Время на анализ одной пробы, мин . не более 10
Масса влагомера, кг не более 40

Анализатор зерна нефтеносных коллекторов АНКР-2М.

Обеспечивает анализ зерна непосредственно на буровой, чем исключается потеря информации за счет испарения из зерна при перевозках и хране-

нии легких фракций нефти. Повышает производительность анализа зерна более чем в 100 раз. Делает ненужной перевозку больших партий зерна в базовые лаборатории.

Диаметр анализируемого
зерна, мм 60...100
Высота анализируемого
зерна, мм 100...150
Минерализация пластовой
воды, г/л 10...200
Диапазон измерения суммар-
ного количества нефти
и пластовой воды, % 10...40
Основная погрешность
(абсолютная), % 0,5
Диапазон измерения количества
пластовой воды, % 10...40
Основная погрешность
(абсолютная), % 1,0
Диапазон измерения плотности
зерна, г/см³ 1,8...3,0
Основная погрешность, г/см³ 0,01
Диапазон определения коэффициента
пористости зерна, % 0...40
Основная погрешность, % 1,12
Диапазон измерения минерализации
пробы воды, г/л 10...200
Основная погрешность, г/л 1,5
Время на анализ одного
зерна, мин не более 20
Выход источника нейтронов
(252-калифорний), нейтр./с не более 10⁶
Активность источника гамма-
квантов (137-цезий), Бк не более 6·10⁶
Масса анализатора, кг:
измерительного блока не более 30
пульта не более 8

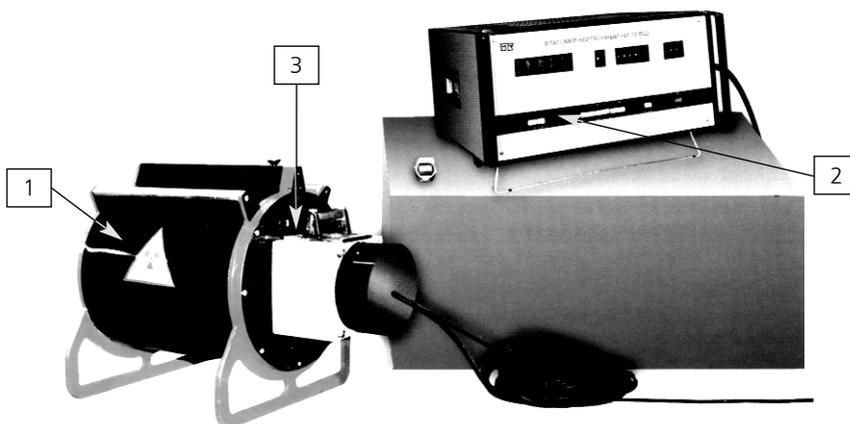


Рис. 4. Общий вид нейтронных влагомеров проб сыпучих и пластических неорганических материалов НИ10ВШ, НИ10ВА, НИ20ВБ: 1) измерительный блок; 2) пульт; 3) контейнер с пробой

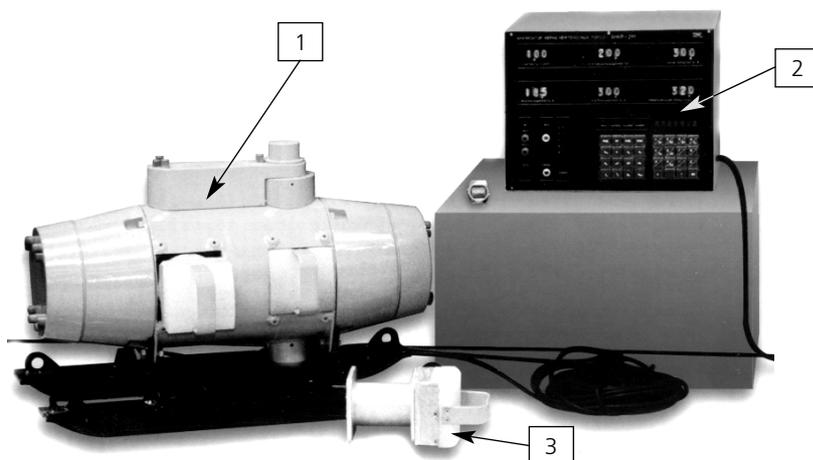


Рис. 5. Общий вид анализатора (влажмера - плотномера - концентратомера) кернов нефтеносных пород АНКР-2М: 1) измерительный блок; 2) пульт; 3) контейнер с керном

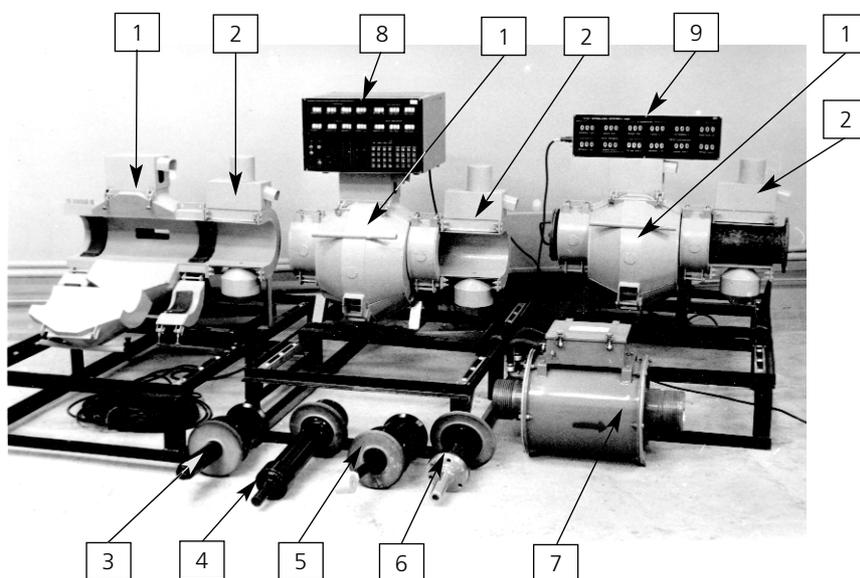


Рис. 6. Общий вид комплекса технических средств экспрессного контроля параметров буровых растворов КИБР: 1) датчик массовой доли жидкой фазы; 2) датчик плотности; 3) датчик температуры; 4) датчик степени засоленности; 5) датчик удельного сопротивления; 6) датчик вязкости; 7) датчик расхода; 8) основной пульт; 9) табло пульта бурильщика

Питание от сети переменного тока напряжением 220 ± 22 В и частотой $50 \pm 0,5$ Гц.

Конструкция измерительного блока анализатора гарантирует радиационную безопасность для обслуживающего персонала.

Нейтронный датчик массовой доли жидкой фазы бурового раствора комплекса КИБР.

Диапазон измерения массовой доли жидкой фазы, % 40...100

Основная относительная погрешность, % 1

Диапазон температуры окружающей среды, °С -45...+45

Масса датчика, кг не более 35

Общие виды влажмеров, анализатора керна АНКР-2М и датчика общего газосодержания комплекса КИБР представлены на рис. 4-6.

Опытные образцы и опытные партии этих приборов были внедрены на различных предприятиях России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пекарский Г.Ш. Нейтронный радиометрический контроль материалов и изделий. - М. Энергоатомиздат, 1987. - 120 с.
2. Ефимов П.В., Дьяков Ю.Г., Пекарский Г.Ш. Контроль отложений и закупорок в трубопроводах химических производств с помощью нейтронного обнаружителя НО403Т // В кн.: Химическая промышленность. - 1980. - № 9. - С. 47.
3. Безуглов А.И., Пекарский Г.Ш., Плешанов В.С. Радиоизотопный прибор для измерения толщины стальных оболочек // Приборы и техника эксперимента. - 1984. - № 1.
4. Volchenko Ju.A. Proximate absorption Neutron Moisture Meters for Samples of Nonorganic Materials. 7th ECNPT Conference and Exhibition. - Copenhagen 26-29 May 1998.
5. Волченко Ю.А., Безуглов А.И., Клименков Н.П., Тоушканов Ю.К., Числов Н.Н. Комплекс технических средств экспрессного контроля параметров бурового раствора в процессе бурения нефтегазопромысловых и нефтегазоразведочных скважин "КИБР". - В кн.: Неразрушающий контроль и диагностика. Тезисы докладов. Том 1. 15 Российская научн.-техн. конф., Москва, 1999, (28 июня - 2 июля). - С. 165.

УДК 620.179.15

АНАЛИЗ СИСТЕМ СКАНИРОВАНИЯ В КОМПТОНОВСКОЙ ТОМОГРАФИИ. ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Б.И. Капранов, И.А. Короткова, В.Л. Чахлов, В.Н. Филинов, В.Я. Маклашевский

Проведен обзор наиболее известных схем и устройств сканирования комптоновской томографии, проанализирован их принцип работы. Описана область применения установок, указан перечень контролируемых объектов. Для одних из последних разработок томографов "TomScan-200" и CBS LBD приведены апертурные функции рассеивающего объема сканирующей системы, обосновано их применение с точки зрения улучшения пространственного разрешения систем

В настоящее время основным методом, применяемым для определения внутренней структуры различных типов объектов, является трансмиссионная томография, основанная на использовании ослабления проходящих потоков излучения. Кванты, прошедшие через объект контроля, не несут координатной информации в направлении зондирующего пучка. Известны и могут быть использованы только координаты пучка в плоскости, перпендикулярной его оси. В связи с этим, восстановление плотности среды по третьей координате может быть осуществлено только по набору проекционных данных.

Принципиальное отличие имеет использование комптоновски рассеянных квантов. Как указано в одной из первых работ по комптоновской томографии [1], преимущество использования рассеянных фотонов состоит в том, что каждый из них несёт информацию о положении точки взаимодействия на первичном луче, или точную позиционную информацию. Если первичный пучок локализован в плоскости, перпендикулярной ему, то локализация вторичного (однократно рассеянного) излучения однозначно определяет третью координату. Т.е. коллимация первичных и рассеянных потоков позволяет получить трехмерное распределение электронной плотности среды без использования сложных математических преобразований. Дополнительным преимуществом комптоновской томографии является линейная зависимость сигнала от электронной плотности и, следовательно, связанной с ней объёмной плотности.

Анализ состояния исследований по томографии на комптоновском обратном рассеянии, проведен-

ный по патентным и литературным материалам, позволил выявить основные направления проводимых работ, уровень достигнутых результатов при решении отдельных задач, основные трудности на пути практической реализации метода, перспективы направления исследований. Анализ тенденций развития показал, что основными параметрами устройств томографии на комптоновском обратном рассеянии, определяющими их потребительские свойства, как и для трансмиссионных томографов, являются: пространственная разрешающая способность, разрешение по плотности, время получения изображения, массогабаритные характеристики. Главные препятствия на пути создания промышленных установок это: чрезвычайно высокие требования к точности позиционирования сканирующих систем, малые интенсивности потоков обратного рассеянного излучения, выходящего из малых элементов объёма тела, влияние ослабления первичных и рассеянных пучков на результаты измерения электронной плотности в элементе объёма, ограничение проекционных данных из-за одностороннего доступа.

Интерес к комптоновской томографии возрастает в связи с последними достижениями в области трансмиссионной томографии и наличием широкого класса объектов, контроль которых трансмиссионной томографией неэффективен.

Среди многообразия разработанных систем комптоновской томографии можно выделить основные тенденции, схемы, способы реализации повышения эффективности метода.

Один из простейших методов увеличения интенсивности потока квантов, регистрируемых де-