

МАЛОГАБАРИТНА ПРИСКОРЮВАЛЬНА НЕЙТРОННА ТРУБКА ТИПУ НТГ-2М

О. В. Коваленко, М. Ф. Коломієць, Н. А. Кубай

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Представлено результати моделювання та проектування малогабаритної прискорювальної трубки НТГ-2М. Визначено напрямки досліджень й оптимізації її фізико-технічних характеристик та використання в апаратурі імпульсного нейтронного каротажу свердловин розвідки та контролю за розробкою родовищ корисних копалин.

Нейтронні методи та апаратура займають значне місце в широкому колі методів аналізу та досліджень. Це активаційний аналіз матеріалів, визначення підкритичності в басейнах витримки відпрацьованого ядерного палива, розвідка родовищ корисних копалин, пошук вибухових речовин тощо. Особливо широко вони використовуються геофізиками в апаратурі імпульсного нейтронного каротажу нафтогазових свердловин. Така апаратура випускається і в Україні, але на основі вакуумних запаяних прискорювальних нейтронних трубок типу ТНТ-1411, які виробляються в Росії, що змушує здійснювати імпортування цих виробів.

Крім цього, згадані трубки мають ряд принципівих недоліків, до яких належать: низький ресурс роботи (~ 50 год); низька частота генерації нейтронних імпульсів (до 30 Гц); низька стабільність генерації нейтронів. Ці недоліки звужують методичні можливості та ресурс апаратури в цілому, а також призводять до подорожчань досліджень свердловин.

В Інституті ядерних досліджень НАН України у свій час були проведені дослідження та розробки газонаповнених прискорювальних нейтронних трубок, у результаті яких були створені нейтронні трубки типу НТГ [1]. У цих трубках на відміну від трубок ТНТ замість вакуумно-дугового джерела іонів використовується джерело типу Пеннінга, що дало змогу розширити частотний діапазон і стабільність генерації нейтронних імпульсів (50 ÷ 20000 Гц). Також замість класичної схеми здійснення ДТ-реакції (тригієва мішень – дейтронний пучок) у трубці типу ТНТ, у трубках НТГ ДТ-реакція здійснюється на “набивній” титановій мішені змішаним тритон-дейтронним пучком, що значно збільшило ресурс (≥ 200 год) роботи трубки завдяки підживленню нейтроноутворюючої мішені тритієм.

Перша газонаповнена прискорювальна трубка типу НТГ-1 [2] була виконана в металоскляному варіанті, мала середній нейтронний вихід $\geq 10^8 \text{ c}^{-1}$ у вищезгаданому діапазоні частот генерації нейтронних імпульсів і величині прискорюючої напруги 100000 В.

Подальші розробки прискорювальних нейтронних трубок цього типу були націлені на пере-

хід від металоскляного корпусу, що застосований також у трубці ТНТ-1411, до металокерамічного корпусу, який має вищу механічну та електричну міцність, що особливо важливо при використанні її в складі польової свердловинної апаратури. Таким чином, було створено газонаповнену прискорювальну трубку НТГ-2 [3] з аналогічними фізико-технічними характеристиками, як у трубки НТГ-1 (таблиця).

Фізико-технічні характеристики нейтронних прискорювальних трубок ТНТ-1411, НТГ-2 та НТГ-2М

Характеристики	ТНТ-1411	НТГ-2	НТГ-2М
Нейтронний вихід, нейтрон/с	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^8$
Частота нейтронних імпульсів, Гц	30 ± 3	$50 \div 20000$	$50 \div 20000$
Мінімальний ресурс роботи, год	50	200	200
Габарити, мм:			
діаметр	26	35	19,3
довжина	132	250	153,5

У конструкції трубок НТГ також передбачено антидинаatronний електрод для подавлення вторинних електронів, емітованих мішенню, завдяки чому зменшилось навантаження на джерело прискорюючої напруги.

Ці переваги дають підставу стверджувати, що розробки були актуальними. Але, на жаль, налагодження виробництва трубок НТГ в Україні не було здійснено.

Крім того, останнім часом значно зросли вимоги до апаратури нейтронного каротажу свердловин. По-перше, крім розвідки нафтогазових родовищ необхідно здійснювати контроль за їх розробкою, а це означає, що габаритні розміри цієї апаратури повинні дозволяти опускати її в міжтрубний простір свердловини, а саме зовнішній діаметр приладу не повинен перевищувати 42 мм (раніше було 90 мм). По-друге, замість методу імпульсного нейтрон-нейтронного каротажу

необхідно застосовувати метод нейтрон-гамма-каротажу, що дає змогу отримати значно більше геофізичної інформації. Для цього необхідно збільшити частоту генерації нейтронних імпульсів, що неможливо здійснити в трубках типу ТНТ. По-третє, розвідку та контроль за розробкою родовищ корисних копалин необхідно проводити вже на більших глибинах, де температура навколишнього середовища може сягати 150 °С. Тому розробка малогабаритної прискорювальної нейтронної трубки типу НТГ, яка б задовольняла цим вимогам, є надзвичайно актуальною. А основним завданням такої розробки є створення газонаповненої трубки зі значно меншим габаритними

розмірами, ніж у трубки НТГ-2, при збереженні її фізико-технічних характеристик.

У лабораторії фізико-технічних проблем джерел ядерних випромінювань відділу ядерної фізики в 2007 р. було проведено роботи за науково-технічним інноваційним проектом, у результаті якого створено малогабаритну прискорювальну трубку типу НТГ-2М, що являє собою металокерамічний корпус (рис. 1), в якому розміщено джерело іонів типу Пеннінга, сховище тритій-дейтерієвої суміші, електроди іонної геометрії для прискорення та фокусування іонів, титанова мішень, високовольний ізолятор, антидинатронний електрод, колектор.

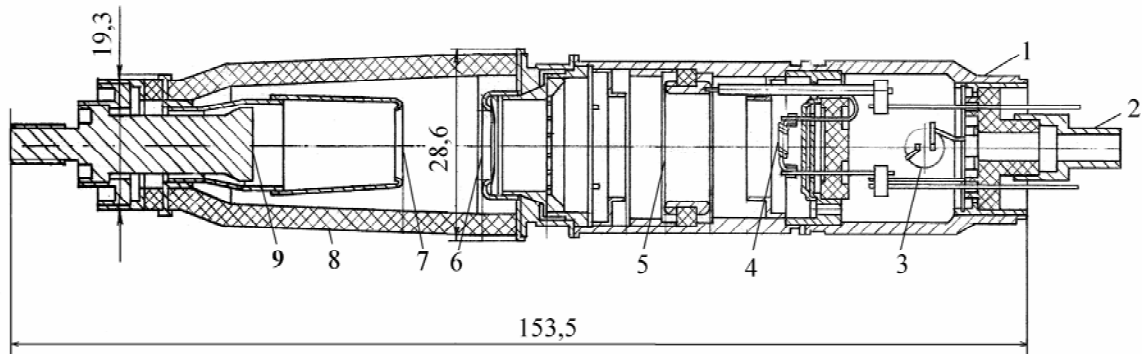


Рис. 1. Прискорювальна нейтронна трубка НТГ-2М (схематичний розтин): 1 - корпус; 2 - штангель; 3 - сховище тритій-дейтерієвої суміші; 4 - катод джерела іонів; 5 - анод джерела іонів; 6 - екстрактор; 7 - антидинатронний електрод; 8 - високовольний ізолятор; 9 - титанова мішень.

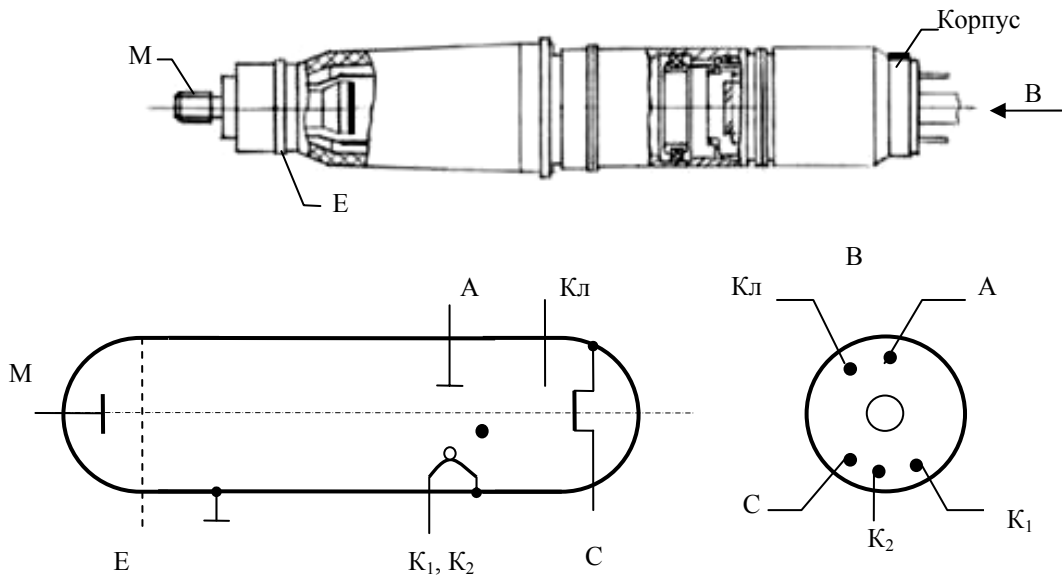


Рис. 2. Схема розміщення електродів трубки НТГ-2М та їх з'єднань: М - мішень; А - анод іонного джерела; С - нагрівач сховища тритій-дейтерієвої суміші; КЛ - колектор; К₁, К₂ - накал катода іонного джерела; Е - антидинатронний електрод; ⊥ - корпус.

При моделюванні цієї трубки протонний струм на титанову мішень сягав декількох десятків міліампера. Ця обставина дає підставу припустити, що трубка НТГ-2М повинна мати фізико-технічні характеристики (див. таблицю) у порівнянні з трубками ТНТ-1411 та НТГ-2.

Для реалізації ДТ-реакції в трубці типу

НТГ-2М необхідно здійснити її електричне живлення, а саме: подати прискорюючу напругу (100 кВ), що може бути сталою або імпульсною; підключити електроживлення до нагрівача сховища тритій-дейтерієвої суміші (регульоване в діапазоні від 0 до 9 В); подати напругу накалу катода джерела іонів; подати напругу на анод

джерела іонів, яка може бути сталою або імпульсною. Необхідно також помістити джерело іонів у магнітне поле величиною близько 1 Т, що направлене вздовж осі трубки та може бути створене соленоїдом або сталим магнітом.

На рис. 2 наведено схему розміщення електродів трубки НТГ-2М та схему їх з'єднань.

Звісно, що необхідно дослідити залежності виходу нейтронів від величин струмів катода джерела іонів, підігрівача газосховища, амплітуди імпульсів анодного модулятора, іонного струму джерела іонів, величини опору зміщення для подавлення вторинних електронів, складу тритій-дейтерієвої суміші, величини магнітного поля, температурних залежностей цих характеристик тощо, що дає змогу оптимізувати показники призначення трубки НТГ-2М. Ці роботи плануємо провести в рамках окремого дослідження.

Слід зауважити, що для використання прискорювальної трубки типу НТГ-2М у свердловинній апаратурі імпульсного нейтронного каротажу діаметром 42 мм необхідно врахувати, що внутрішній діаметр баростійкої труби становить 34 мм. Крім того, генератор нейтронів необхідно виконувати у вигляді моноблока, що повинен

бути розміщений в окремому герметичному корпусі з товщиною стінки 0,7 мм. Тому зовнішній діаметр високовольтного ізолятора не повинен перевищувати 32,6 мм, а зовнішній діаметр антинейтронного електрода трубки типу НТГ-2М - 20 мм. Таким чином, товщина високовольтного ізолятора з урахуванням товщини контактних циліндричних електродів та ізолятора між цими електродами, а також зазору для прокладання транзитних провідників буде становити близько 4 мм. Якщо високовольтний ізолятор виконати з матеріалу, що має високу пробивну напругу (наприклад, із фторопласту) більше 25 кВ на 1 мм, то є надія створення такого свердловинного генератора термоядерних нейтронів, де прискорююча напруга становитиме 100 кВ. Треба зауважити, що існує ще ряд методів уникнення можливості електричного пробоя в такій геометрії.

Таким чином, вважаємо, що після дослідження та оптимізації фізико-технічних характеристик прискорювальної нейтронної трубки типу НТГ-2М та з урахуванням рекомендацій щодо її застосування трубка може бути успішно застосована в складі свердловинної каротажної апаратури діаметром 42 мм для розвідки та контролю за розробкою газонафтових родовищ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ионно-вакуумные* приборы для генерации нейтронов в электронной технике / В. М. Гулько, А. А. Ключников, Н. Ф. Коломиец и др. - К.: Техника, 1988. - 136 с.
2. *ТУ 95 1860-89*. Трубка ускорительная газонаполненная НТГ-1. - К., 1989. - 27 с. (ТУ/НАН Украины. Ин-т ядерных исслед.).
3. *ТУ 95 2262-91*. Трубки ускорительные газонаполненные типа НТГ-2. - К., 1991. - 29 с. (ТУ/НАН Украины. Ин-т ядерных исслед.).

МАЛОГАБАРИТНАЯ УСКОРИТЕЛЬНАЯ НЕЙТРОННАЯ ТРУБКА ТИПА НТГ-2М

А. В. Коваленко, Н. Ф. Коломиец, Н. А. Кубай

Представлены результаты моделирования и проектирования малогабаритной ускорительной трубки НТГ-2М. Определены направления исследований, оптимизации ее физико-технических характеристик и использования в аппаратуре импульсного нейтронного каротажа скважин разведки и контроля за разработкой месторождений полезных ископаемых.

COMPACT ACCELERATION NEUTRON TUBE OF NTG-2M TYPE

O. V. Kovalenko, M. F. Kolomiets, N. A. Kubay

The results of simulations and designing of compact acceleration neutron tube NTG-2M are presented. The directions of research, its physico-technical characteristics optimization and application in impulse neutron probing hole logging and minerals exploitation and control are defined.

Надійшла до редакції 29.02.08,
після доопрацювання – 01.08.08.