

<sup>2</sup> National Research Tomsk Polytechnic University,  
Tomsk, Russia, Lenin Avenue, 30, 634050

E-mail: [orlovaa@tpu.ru](mailto:orlovaa@tpu.ru)

During the operation of gas centrifuge (GC) cascade for the multicomponent isotope mixture (MCIM) separation there are nonstationary hydraulic and separation processes. It is necessary to ensure safety of the equipment and to minimize losses of cascade productivity during nonstationary processes.

In this regard, actual task is full-scale research of nonstationary processes. It is advisable to study the nonstationary processes by mathematical modeling. Known mathematical models [1-3] describe nonstationary hydraulic processes for only long cascade and nonstationary separation processes in the case of stationary hydraulic parameters of cascade. For elimination of these disadvantages we had developed the mathematical model of nonstationary hydraulic and separation processes occurring in GC cascade for the MCIM separation [4-6]. Earlier we had done verification of developed mathematical model as an example silicon and germanium isotope separation. Filling GC cascade with process gas precedes isotope separation mode. So far, a modeling of filling cascade was not carried out.

The results of research nickel isotope separation occurring of filling GC cascade with different stage number are shown. Nickel isotopes are used for nuclear physics experiments and production radioactive isotopes (for example, <sup>62</sup>Ni stable isotope is used as source material to produce <sup>63</sup>Ni radioactive isotope).

#### REFERENCE

1. E.V. Levin, N.I. Laguntcov, G.A. Sulaberidze Journal of Engineering Physics, 43, 456-462 (1982)
2. V.M. Vetcko, etc. Isotopenpraxis, 18, 288-293 (1982)
3. A.Yu. Smirnov, A.K. Bonarev, G.A. Sulaberidze, V.D. Borisevish, S. Zeng, D. Jiang, Y.N. Zhang IOP: Conference Series, 751, 012006 (2016)
4. A.A. Orlov, A.A. Ushakov, V.P. Sovach Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 90, 2, 258-265, 2017
5. A.A. Orlov, A.A. Ushakov, V.P. Sovach MATEC Web of Conferences, 92, 01033, 2017

#### MODELING OF NONSTATIONARY PROCESSES DURING SEPARATION OF MULTICOMPONENT ISOTOPE MIXTURES

A.A. Ushakov<sup>1,2</sup>, A.A. Orlov<sup>2</sup>, V.P. Sovach<sup>1</sup>

<sup>1</sup> JSC “PA ECP”, 663690, Zelenogorsk, Russia

E-mail: [ushakovaa2015@sibmail.com](mailto:ushakovaa2015@sibmail.com)

<sup>2</sup> National Research Tomsk Polytechnic University,  
Tomsk, Russia, Lenin Avenue, 30, 634050

E-mail: [orlovaa@tpu.ru](mailto:orlovaa@tpu.ru)

Isotopically-modified materials, in which the isotope content of chemical elements is different from natural values, have found wide application in various fields of the economy (nuclear power engineering, medicine, fundamental research, etc.). The composition of isotope mixtures changes in a separation process. The growing demand for isotopically-modified materials has resulted in an amount of research aiming to improve the technology of isotope mixture separation. One of the main negative factors decreasing the effectiveness of the MCIM separation process is nonstationary hydraulic and separation processes in gas centrifuge (GC) cascade. The research into the effects of nonstationary processes on the efficiency of MCIM separation seems to become even more important. An experimental approach in this case appears to be quite costly, so it is strongly recommended that nonstationary processes should be investigated by mathematical modeling.

This work presents a mathematical model for calculation of nonstationary hydraulic and separation processes in a gas centrifuge cascade for separation of multicomponent isotope mixtures. The model has been applied to calculate the parameters of nonstationary processes in a gas centrifuge cascade for separation of krypton, germanium and tungsten isotopes. As a result, the specifics of the excess holdup distribution along the cascade stages have been identified, and variations of the isotope concentrations in a nonstationary process have been revealed. The data obtained show that the proposed mathematical model is able to adequately describe nonstationary hydraulic processes in gas centrifuge cascades for separation of multicomponent isotope mixtures.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ФАНТОМА SP34 ДЛЯ ОРТОВОЛЬТНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

О.В. Тхорик, Е.С. Сухих

Научный руководитель: старший преподаватель, к.ф.-м.н. Е.С. Сухих  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [oxana.tkhorik@gmail.com](mailto:oxana.tkhorik@gmail.com)

**Введение.** В настоящее время широко используются два вида тканеэквивалентных фантомов: твердотельный и водный. Вода является «золотым стандартом» согласно рекомендациям МАГАТЭ в качестве среды для измерений поглощенной дозы, как для фотонных, так и для электронных пучков, поскольку вода обладает максимально схожими с человеческими тканями характеристиками [1]. Однако с практической точки зрения водный фантом не всегда является удобным в применении, поскольку требует большого времени подготовки к работе. Выходом в такой ситуации может стать использование твердотельного фантома вместе с коэффициентами, которые учитывают разницу между электронной и физической плотностью материала относительно дистиллированной воды.

Целью данной работы является экспериментальное подтверждение возможности использования твердотельного тканеэквивалентного фантома для ортовольтного рентгеновского излучения. Поскольку по данным производителя подобный материал фантом может использоваться для абсолютной и относительной дозиметрии в диапазоне энергий фотонного излучения от 1,25 МэВ до 50 МэВ и электронного излучения от 4 МэВ до 50 МэВ.

**Материалы и методы исследования.** Для подтверждения данной гипотезы были проведены ряд экспериментов и компьютерного моделирования по глубинному распределению дозы внутри фантомов. Измерения поглощенной дозы проводилось как в водном фантоме, так и в твердотельном фантоме при одинаковом расстоянии источник – поверхность для всех возможных размеров полей. Ионизационная камера облучалась при напряжении трубки: 100, 120, 150, 180, 200, 250, 300 кВ.

В первую очередь были произведены измерения глубинные измерения дозы в водном и твердотельном фантомах на гамма-терапевтическом аппарате TheratronEquinox 100. Гамма-терапевтический аппарат TheratronEquinox 100 - это внешняя система, предназначенная для проведения лучевой терапии. Theratron предназначен для доставки назначенной дозы радиации на определенный участок тела и заданным способом (фиксированное лечение или лечение с перемещающимся пучком, с использованием устройств модификации пуска или без них и т.д.). В качестве источника выступает  $^{60}\text{Co}$ . Использование  $^{60}\text{Co}$  в эксперименте обусловлено тем, что применение фантома SP34 в данном диапазоне энергий не вызывает сомнений [2].