

## УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ДИОКСИДА УРАНА ПРИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ ЭНЕРГИИ. СРАВНЕНИЕ ТЕОРИИ И ЭКСПЕРИМЕНТА.

И.Л. Иосилевский<sup>1</sup>, А.Б. Медведев<sup>2</sup>, В.К. Грязнов<sup>3</sup>, А.В. Украинец<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (Государственный Университет) Москва

<sup>2</sup>РФЯЦ ВНИИЭФ, Саров,

<sup>3</sup>Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка

В рамках международного проекта МНТЦ (см. доклад Б. Шаркова и др. на этой Сессии), посвященного экспериментальной проверке уравнения состояния высокотемпературных продуктов нагрева диоксида урана [1], во ВНИИЭФ (Саров) проведены эксперименты по ударному сжатию и последующему изоэнтропическому расширению пористого диоксида урана (см. доклад М. Жерноклетова и др. на этой Сессии). Для интерполяционного описания результатов этого эксперимента было разработано модифицированное широкодиапазонное уравнение состояния, обобщающее модель т. наз. «сжимаемого коволюма» (МСК) [2]. Свободные параметры УРС МСК подбирались по результатам динамического эксперимента. Помимо этого кинематические параметры ударного сжатия и изоэнтропического расширения были пересчитаны в термодинамические параметры этих процессов, минуя построение интерполяционного УРС [2], прямым интегрированием соотношений Римана вдоль изоэнтроп [3]. Полученные двумя способами термодинамические параметры изэнтроп системы уран-кислород (давление, плотность, энергия), сравниваются с данными теоретического УРС [1] в окрестности границ предсказываемого им в этой системе неконгруэнтного фазового расслоения [1]. Сравнение подтверждает факт экспериментальной достижимости этих границ, как в до-, так и в закритической области этого фазового перехода, включая район предполагаемой критической точки. Кроме того, сравнение показывает удовлетворительное согласие в пределах применимости УРС [1] ( $T < 12'000$  К) теоретических и экспериментальных данных по наклонам полученных изоэнтроп в P-V плоскости. В докладе обсуждаются перспективы дальнейших исследований.

Работа проводится при поддержке Грантов ISTC 2107 и CRDF № MO-011-0 и научной Программы Президиума РАН «Теплофизика вещества под действием потоков высокой энергии».

1. Иосилевский И.Л. и др. «ВАНТ» вып. 1, (2003) с.3; Iosilevskiy I. Hyland G., Yakub E., Ronchi S. *Int. Journ. Thermophys.* **22** (2001) 1253.
2. Медведев А.Б. *Вопросы Атомной Науки и Техники (ВАНТ). Теоретическая и прикладная физика* **1** 23 (1990);
3. Иосилевский И.Л., Украинец А.В., Медведев А.Б., Грязнов В.К. *XI Российская конференция по теплофизическим свойствам веществ*. С-Петербург, 2005, Тезисы: С.108.

Данные авторов:

Иосилевский Игорь Львович (\*)

Украинец Артем Владимирович (\*\*)

Грязнов Виктор Константинович (\*\*\*)

Медведев Александр Борисович (\*\*\*\*)

=====

(\*)

Московский физико-технический институт (Гос. Университет)

г. Долгопрудный, Московской обл. 141700, Россия

Тел: (095) 408-7494 (o)

(095) 251-4267 (h)

Факс (095) 576-6528 (o)

E-mail [ilios@orc.ru](mailto:ilios@orc.ru) ;

[NPP-2004@mail.ru](mailto:NPP-2004@mail.ru)

=====

(\*\*)

Московский физико-технический институт

[ukrainets\\_art@mail.ru](mailto:ukrainets_art@mail.ru)

=====

(\*\*\*)

Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка

[grvk@icp.ac.ru](mailto:grvk@icp.ac.ru)

=====

(\*\*\*\*)

РФЯЦ ВНИИЭФ, Саров

[medvedev@gdd.vniief.ru](mailto:medvedev@gdd.vniief.ru)

## EQUATION OF STATE FOR URANIUM DIOXIDE AT HIGH ENERGY DENSITY. COMPARISON OF THEORY AND EXPERIMENT.

Iosilevskiy I.L.<sup>1</sup>, Ukrainets A.V.<sup>1</sup>, Gryaznov V.K.<sup>2</sup>, Medvedev A.B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Moscow Institute of Physics and Technology (State University) Moscow*

<sup>2</sup>*Institute for Problems of Chemical Physics RAS, Chernogolovka*

<sup>3</sup>*RFNC VNIIEF, Sarov,*

In frames of the international ISTC project [1], which is devoted to the experimental test of the equation of state for the high temperature products of uranium dioxide heating [2], the set of experiments have been provided in VNIIEF (Sarov) in strong shock compression (up to  $P \sim 1\text{Mbar}$ ) with a following deep isentropic expansion (down to  $P \sim 1\text{kbar}$ ) of the porous uranium dioxide [3] with initial density 6.0, 4.5 and 2.0 g/cc (against normal density  $\sim 10\text{ g/cc}$ ). An improved version of semi-empirical wide-range equation of state (WEOS) has been developed by A.Medvedev (VNIIEF) for interpolative description of the results of these experiments. This WEOS generalizes the so called «compressible covolume» model (CCM) [2]. The free parameters of this WEOS were selected basing on the results of the dynamic experiment. As alternative to this standard approach, the kinematic parameters of shock compression  $D(U)$  and that of isentropic expansion  $P(U)$  have been evaluated in thermodynamic parameters of these processes directly, avoiding the total interpolative WEOS construction [2] via direct integration of the well-known Riemann relations for the primary experimental data –  $P(U)$  isentropic curves [5]. Thermodynamic parameters of the isentropic curves of the Uranium Dioxide system (pressure, density, energy) obtained by these two methods, are compared with the theoretically predicted parameters of isentropes [2] within their range of applicability at a boundaries of the predicted by this EOS non-congruent phase decomposition [2]. The comparison verifies firstly the experimental accessibility of predicted non-congruent phase transition boundaries both in sub- and supercritical region, including the vicinity of critical point. Next, the comparison shows a satisfactory agreement between the  $P$ - $V$  slopes of isentropic curves predicted by the theory [1, 2, 3] and experimental data, within the range of applicability of this EOS [2] ( $T < 12'000\text{ K}$ ).

This work is partially supported by Grants CRDF (REC MO-011-0), by the ISTC-2107 and by the Scientific Programs of RAS “Thermophysics of the intensive energy impacts”

1. Sharkov B. et al. // Contribution at this session NPP-2005
2. Iosilevskiy I.L. et al. *Bulletin of Atomic Ministry “VANT”* Issue 1, (2003) c.3 (in Russian); Iosilevskiy I. Hyland G., Yakub E., Ronchi C. *Int. Journ. Thermophys.* **22** (2001) 1253.
3. Zhernokletov M. et al. // Contribution at this session NPP-2005
4. Medvedev A.B. *Bulletin of Atomic Ministry “VANT”* Issue 1 23 (1990);
5. Iosilevskiy I.L., Ukrainets A.V., Medvedev A.B., Gryaznov V.K., *XI Russian Conference on the thermophysical properties*. St-Petersburg, 2005, : C.108.

Данные авторов:

Iosilevskiy Igor Lvovich (\*)

Ukrainets Artem Vladimirovich (\*\*)

Gryaznov Viktor Konstantinovich (\*\*\*)

Medvedev Alexander Borisovich (\*\*\*\*)

=====

(\*)

Moscow Institute of Physics and Technology (state university)

Dolgoprudny, Moscow region, 141700, Russia

Phone: (095) 408-7494 (o)

(095) 251-4267 (h)

Fax (095) 576-6528 (o)

E-mail [ilios@orc.ru](mailto:ilios@orc.ru) ;

[NPP-2004@mail.ru](mailto:NPP-2004@mail.ru)

=====

(\*\*)

Moscow Institute of Physics and Technology

[ukrainets\\_art@mail.ru](mailto:ukrainets_art@mail.ru)

=====

(\*\*\*)

Institute for Problems of Chemical Physics RAS, Chernogolovka

[grvk@ficp.ac.ru](mailto:grvk@ficp.ac.ru)

=====

(\*\*\*\*)

RFNC VNIIEF, Sarov

[medvedev@gdd.vniief.ru](mailto:medvedev@gdd.vniief.ru)