

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕКОМБИНАТОРА ВОДОРОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Зыонг Куанг Хыонг¹, Авдеенков А.В.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО Обнинский институт атомной энергетики Национального исследовательского ядерного университета МИФИ», Москва

² АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций», Москва

Аннотация. В работе представлены результаты численного моделирования с использованием CFD подхода (код STAR CCM+) и точным учетом химической кинетики. Предполагается, что при уменьшении гидравлического диаметра, увеличиваются предел поджига и эффективность работы рекомбинатора. В данной работе проведены расчеты на различных масштабах каталитического блока рекомбинатор типа РВК.

Ключевые слова: водород, пассивный каталитический рекомбинатор водорода, эффективность, пределы воспламенения.

OPTIMIZING THE LOCATION OF THE CATALYTIC ELEMENTS IN THE HYDROGEN RECOMBINATOR TO INCREASE ITS EFFICIENCY

Duong Quang Huong¹, A. V. Avdeenkov^{1,2}

¹ Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of the National Research Nuclear University MEPHI, Moscow

² «All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants Operation» JSC, Moscow

Abstract. The report presents the results of numerical simulation using the CFD approach (STAR CCM + code) and accurate consideration of chemical kinetics. It is assumed that with a decrease in the hydraulic diameter, the ignition limit and the efficiency of the recombiner increase. In this work, calculations are performed on various scales of the catalytic unit of the RVK recombiner.

Keywords: hydrogen, passive autocatalytic hydrogen recombiner, efficiency, flammability limit.

На данном этапе одной из основных мировых тенденцией обеспечения водородной взрывобезопасности является использование пассивных каталитических рекомбинаторов водорода (ПКРВ). Одной из наиболее остро стоящих проблем является необходимость в повышении предела беспламенной рекомбинации водорода и эффективности работы рекомбинатора. Для ясного понимания проходящих процессов необходимо достаточно точное моделирование с использованием CFD подхода и точным учетом химической кинетики. В работе рассматриваются количественный критерий предела воспламенения водорода и влияние расположения каталитических элементов рекомбинатора водорода на эффективность в зависимости от различных термогидравлических и геометрических условий. Численно проанализировано, как каталитическое, так и объемное воспламенение водорода с использованием CFD кода STAR CCM+ и учетом многоступенчатости реакции горения. В данной работе проведены расчеты на различных масштабах каталитического блока рекомбинатор типа РВК, а именно с 4-мя каталитическим цилиндрами и с разными значениями гидравлического диаметра сечения ячейки $D_1 = 11,3$ мм, $D_2 = 34,808$ мм и $D_3 = 96,911$ мм соответственно.

Было показано, что пределы воспламенения воздушно-водородной среды в ПКРВ типа РВК при сухом воздухе составляет 5-8%об. (рис.1) в зависимости от гидравлического диаметра сечения ячейки. При 45%об начальной концентрации пара расчеты показали, что воспламенение наступает при 7,4 %об. Концентрации водорода (рис.3) При уменьшении гидравлического диаметра, увеличиваются предел поджига и эффективность работы рекомбинатора (рис.2). Критерием поджига выбраны точки, при которых тепловыделение при

объемном горении начинает превышать тепловыделение при каталитическом горении водорода.

Многочисленные испытания ПКРВ на предмет поджига были проведены при атмосферном давлении с различным количеством пара [1], которые достаточно хорошо совпадают с нашим численным анализом предела поджига воздушно-водородной среды. Основные результаты этих испытаний показывают, что воспламенение, вызванное рекомбинаторами, происходит при низких концентрациях водорода в следующих пределах:

- в сухом воздухе воспламенение наблюдалось для молярной доли водорода между 5,5% и 6,8%;

- при 9,2% начальной молярной доли пара было обнаружено воспламенение для 8,5% молярной доли водорода.

Эти результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными в рамках программы KALI-H₂, проведенными СЕА. Также они были подтверждены при испытаниях рекомбинаторов, проведенными в рамках проекта ОЭСР ТНАІ.

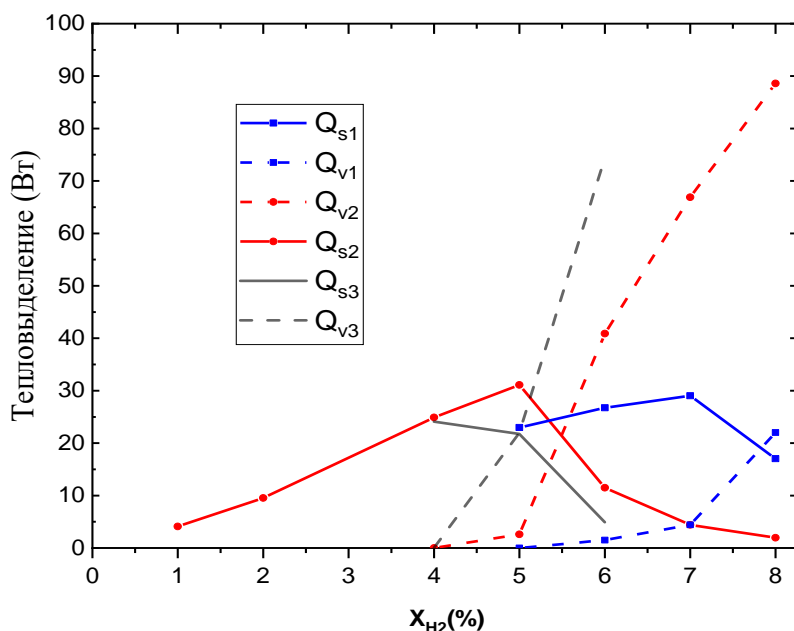


Рис.1. Тепловыделение при горении водорода на поверхности катализатора (Q_s) и в объеме (Q_v) в сухом воздухе.

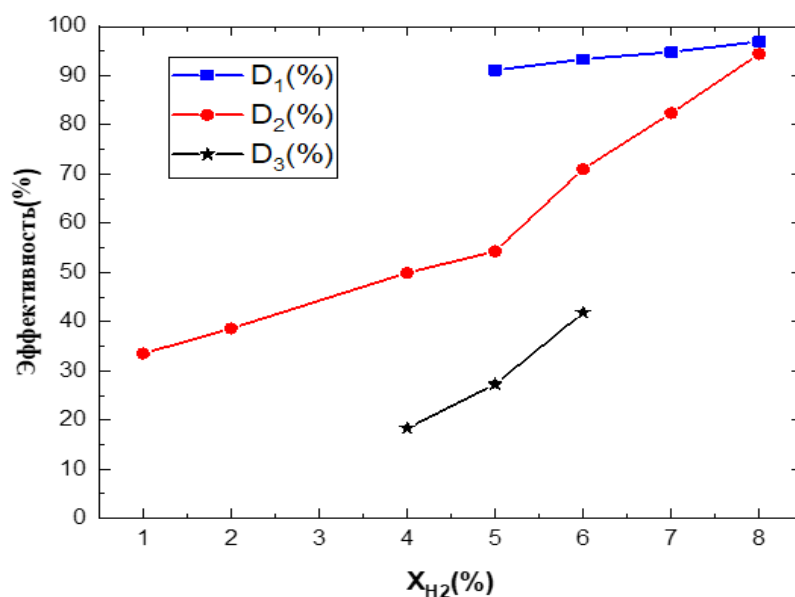


Рис. 2. Зависимость эффективности работы рекомбинатора РВК при разных значениях гидравлического диаметра сечения ячейки

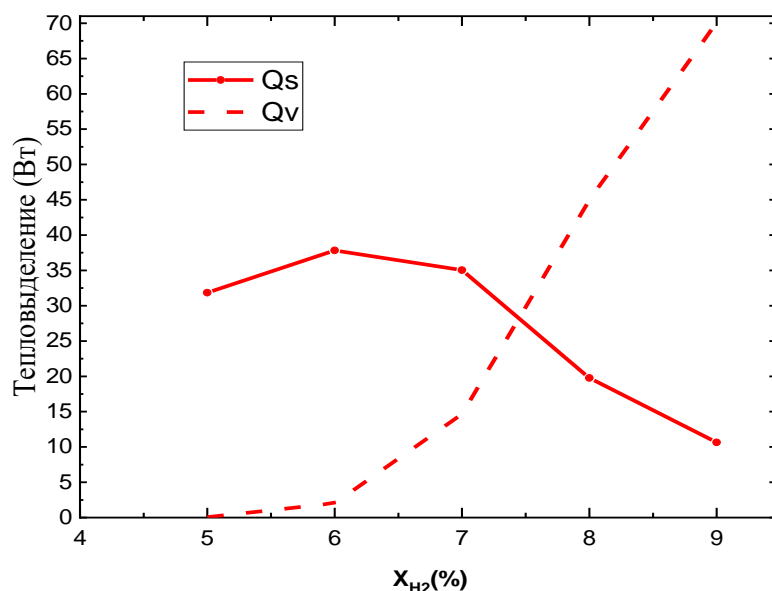


Рис. 3. Тепловыделение на поверхности катализатора (Q_s) и в объеме (Q_v) при 45% начальной объемной доле пара, $D_2 = 34.808$ мм

Библиографический список

1. P. Rongier et al, "Studies of catalytic recombiner performances in H2PAR facility", *Proc. CSARP*, Bethesda, USA, May 5-8, (1997)
2. Reinecke E.-A., Modeling of catalytic recombiners: comparison of RECO-DIRECT calculations with REKO-3 experiments / Reinecke E.-A., Bohm J., Drinovac P., Struth S., Tragsdorf I.M. // *Proceedings of International conference on Nuclear energy for new Europe*, September 5-8. – 2005