

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ВОДЯНОГО ПАРА НА ПРОЦЕСС МАТРИЧНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В СИНТЕЗ-ГАЗ*

А. В. Никитин¹, А. В. Озерский², К. А. Тимофеев³, И. К. Комаров⁴, Я. С. Зимин⁵,
И. В. Седов⁶, В. М. Шмелев⁷, В. С. Арутюнов⁸

Аннотация: Экспериментально показано, что проведение матричной конверсии метана в синтез-газ в присутствии водяного пара стабилизирует температурный режим внутри матричного конвертора, что позволяет варьировать условия проведения конверсии в динамическом режиме в рамках одного эксперимента с целью оптимизации процесса. Температура процесса в экспериментах с добавками воды не превышала 1100 °С. Вероятно, при данных условиях вклад газофазных процессов с участием воды оказывается незначительным, о чем свидетельствует отсутствие сильного изменения соотношения H₂/CO.

Ключевые слова: синтез-газ; матричная конверсия; водяной пар

DOI: 10.30826/CE18110203

Литература

1. Арутюнов В. С., Савченко В. И., Седов И. В., Шмелев В. М., Никитин А. В., Фокин И. Г., Эксанов С. А., Шаповалова О. В., Тимофеев К. А. Новый тип конверторов природного газа в синтез-газ на основе проницаемых объемных матриц // ЖПХ, 2016. Т. 89. Вып. 11. С. 1450–1458.
2. Никитин А. В., Савченко В. И., Седов И. В., Тимофеев К. А., Шмелев В. М., Арутюнов А. В. Матричная конверсия метана в синтез-газ с низким содержанием азота // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 1. С. 18–23.
3. Arutyunov V. S., Shmelev V. M., Savchenko V. I., Sedov I. V., Nikitin A. V., Shapovalova O. V., Strekova L. N. Matrix conversion of natural and associated petroleum gases to syn-gas — new developments and possibilities // 7th European Conference for Aeronautics and Space Sciences. — Milan, Italy, 2017. doi: 10.13009/EUCASS2017-45.
4. Wang L., Liu Z., Chen S., Zheng C., Li J. Physical and chemical effects of CO₂ and H₂O additives on counter flow diffusion flame burning methane // Energ. Fuel., 2013. Vol. 27. P. 7602–7611.
5. Liu F., Consalvi J.-L., Fuentes A. Effects of water vapor addition to the air stream on soot formation and flame properties in a laminar coflow ethylene/air diffusion flame // Combust. Flame, 2014. Vol. 161. P. 1724–1734.

Поступила в редакцию 12.01.18

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. (шифр темы 0089-2014-0032).

¹Институт проблем химической физики Российской академии наук; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; факультет фундаментальной физико-химической инженерии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, nik@icp.ac.ru

²Институт проблем химической физики Российской академии наук; Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, alex.ozersky.1992@gmail.com

³Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, kirill.timofeev1993@gmail.com

⁴Факультет фундаментальной физико-химической инженерии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, bkmz.1994@yandex.ru

⁵Факультет фундаментальной физико-химической инженерии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, iaroslav.zimin@gmail.com

⁶Институт проблем химической физики Российской академии наук; факультет фундаментальной физико-химической инженерии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, isedov@icp.ac.ru

⁷Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, shmelev@chph.ras.ru

⁸Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Институт проблем химической физики Российской академии наук; факультет фундаментальной физико-химической инженерии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, arutyunov@chph.ras.ru

EFFECT OF STEAM ADDITION ON THE PROCESS OF MATRIX CONVERSION OF METHANE TO SYNGAS

A. V. Nikitin^{1,2,3}, A. V. Ozerskiy^{1,2}, K. A. Timofeev², I. K. Komarov^{2,3}, Y. S. Zimin^{2,3}, I. V. Sedov^{1,3}, V. M. Shmelev², and V. S. Arutyunov^{1,2,3}

¹Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 1 Acad. N. N. Semenov Prosp., Chernogolovka 142432, Russian Federation

²N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation

³Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, M. V. Lomonosov Moscow State University, 1 Leniskie Gory Str., Moscow 119991 Russian Federation

Abstract: It is shown experimentally that matrix conversion of methane to synthesis gas in the presence of steam stabilizes the temperature inside a matrix converter that allows one to change the conditions of conversion in the dynamic mode to optimize the process. Temperature in experiments with steam addition did not exceed 1100 °C. Probably, at such temperatures, the contribution of gas-phase processes involving steam is insignificant.

Keywords: syngas; matrix conversion; steam

DOI: 10.30826/CE18110203

Acknowledgments

The work was fulfilled within the frames of the Program of fundamental scientific research of the state academies of sciences in 2013–2020 (theme No. 0089-2014-0032).

References

1. Arutyunov, V. S., V. I. Savchenko, I. V. Sedov, V. M. Shmelev, A. V. Nikitin, I. G. Fokin, S. A. Eksanov, O. V. Shapovalova, and K. A. Timofeev. 2016. Experimental studies of natural gas to synthesis gas converters based on permeable cavity matrices. *Russ. J. Appl. Chem.* 89(11):1816–1824.
2. Nikitin, A. V., V. I. Savchenko, I. V. Sedov, K. A. Timofeev, V. M. Shmelev, and V. S. Arutyunov. 2017. Matrichnaya konversiya metana v sintez-gaz s nizkim soderzhanie azota [Matrix conversion of methane into syngas with low content of nitrogen]. *Goren. Vzryv (Mosk.) — Combustion and Explosion* 10(1):18–23.
3. Arutyunov, V. S., V. M. Shmelev, V. I. Savchenko, I. V. Sedov, A. V. Nikitin, O. V. Shapovalova, and L. N. Strekova. 2017. Matrix conversion of natural and associated petroleum gases to syngas — new developments and possibilities. *7th European Conference for Aeronautics and Space Sciences*. Milan, Italy. doi: 10.13009/EUCASS2017-45.
4. Wang, L., Z. Liu, S. Chen, C. Zheng, and J. Li. 2013. Physical and chemical effects of CO₂ and H₂O additives on counter flow diffusion flame burning methane. *Energ. Fuel.* 27:7602–7611.
5. Liu, F., J.-L. Consalvi, and A. Fuentes. 2014. Effects of water vapor addition to the air stream on soot formation and flame properties in a laminar coflow ethylene/air diffusion flame. *Combust. Flame* 161:1724–1734.

Received January 12, 2018

Contributors

Nikitin Aleksey V. (b. 1988) — Candidate of Science in chemistry, research scientist, Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 1 Acad. N. N. Semenov Prosp., Chernogolovka 142432, Russian Federation; senior research scientist, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; teacher, Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, M. V. Lomonosov Moscow State University, 1 Leniskie Gory Str., Moscow 119991 Russian Federation; nik@icp.ac.ru

Ozerskiy Aleksey V. (b. 1992) — PhD student, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; engineer, Institute of Problems of Chemical

Physics, Russian Academy of Sciences, 1 Acad. N. N. Semenov Prosp., Chernogolovka 142432, Russian Federation, alex.ozersky.1992@gmail.com

Timofeev Kirill A. (b. 1993) — PhD student, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation, kirill.timofeev1993@gmail.com

Komarov Iliya K. (b. 1994) — student, Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, M. V. Lomonosov Moscow State University, 1 Leniskie Gory Str., Moscow 119991 Russian Federation; engineer, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation, bkmz.1994@yandex.ru

Zimin Yaroslav S. (b. 1995) — student, Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, M. V. Lomonosov Moscow State University, 1 Leniskie Gory Str., Moscow 119991 Russian Federation; engineer, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation, iaroslav.zimin@gmail.com

Sedov Igor V. (b. 1983) — Candidate of Science in chemistry, head of department, Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 1 Acad. N. N. Semenov Av., Chernogolovka, Moscow Region 142432, Russian Federation; associate professor, Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, M. V. Lomonosov Moscow State University, 1 Leniskie Gory Str., Moscow 119991, Russian Federation; isedov@icp.ac.ru

Shmelev Vladimir M. (b. 1940) — Doctor of Science in physics and mathematics, head of laboratory, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation, shmelev@chph.ras.ru

Arutyunov Vladimir S. (b. 1946) — Doctor of Science in chemistry, professor, head of laboratory, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; head of laboratory, Institute of Problems of Chemical Physics, 1 Acad. N. N. Semenov Prosp., Chernogolovka 142432, Russian Federation; professor, Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, M. V. Lomonosov Moscow State University, 1 Leniskie Gory Str., Moscow 119991, Russian Federation; arutyunov@chph.ras.ru