

# ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВОДОРОДА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПИРОЛИЗ ЭТАНА В УСЛОВИЯХ АДИАБАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ\*

И. В. Билера<sup>1</sup>

**Аннотация:** Исследовано влияние добавки водорода на окислительный пиролиз этана в условиях адиабатического сжатия в области температур 1180–1420 К. Состав исследуемой смеси:  $C_2H_6/O_2/H_2/N_2 = 2,0/0,7/0,7/96,6$  % (об.), коэффициент избытка окислителя  $\alpha = 0,095$ . Диапазон степеней превращения по сумме продуктов 32,6%–85,2%. Определены основные (этилен, водород, метан и CO) и второстепенные продукты реакции, в том числе предшественники сажеобразования (ацетилен и его гомологи, диены  $C_3-C_5$  и бензол). Сажи в продуктах обнаружено не было. Получены зависимости выхода продуктов реакции от максимальной степени сжатия  $\varepsilon_{max}$  и селективности образования продуктов от степени превращения. Установлено, что в газофазном процессе эквимольная относительно кислорода добавка водорода ( $H_2/O_2 = 1$ ) не оказывает существенного влияния на окисление этана, степень превращения этана и выход продуктов, при этом селективность образования этилена снижается во всем исследованном диапазоне степеней превращения.

**Ключевые слова:** этан; окислительный пиролиз; адиабатическое сжатие; этилен; водород

**DOI:** 10.30826/CE24170104

**EDN:** KXRVP

## Литература

1. Тменов Д. Н., Гориславец С. П. Интенсификация процессов пиролиза. — Киев: Техника, 1978. 192 с.
2. Арутюнов В. С. Окислительная конверсия природного газа. — М.: КРАСАНД, 2011. 640 с.
3. Арутюнов В. С., Магомедов Р. Н. Газофазный оксипиролиз легких алканов // Успехи химии, 2012. Т. 81. № 9. С. 790–822.
4. Арутюнов В. С., Савченко В. И., Седов И. В., Никитин А. В., Магомедов Р. Н., Прошина А. Ю. Кинетические закономерности и технологические перспективы селективного окислительного крекинга легких алканов // Успехи химии, 2017. Т. 86. № 1. С. 47–74.
5. Cavani F., Ballarini N., Cericola A. Oxidative dehydrogenation of ethane and propane: How far from commercial implementation? // Catal. Today, 2007. Vol. 127. P. 113–131. doi: 10.1016/j.cattod.2007.05.009.
6. Gao Y., Neal L., Ding D., Wu W., Baroi C., Gaffney A. M., Li F. Recent advances in intensified ethylene production — a review // ACS Catal., 2019. Vol. 9. No. 9. P. 8592–8621. doi: 10.1021/acscatal.9b02922.
7. Najari S., Saeidi S., Concepcion P., Dionysiou D. D., Bhargava S. K., Lee A. F., Wilson K. Oxidative dehydrogenation of ethane: Catalytic and mechanistic aspects and future trends // Chem. Soc. Rev., 2021. Vol. 50. No. 7. P. 4564–4605. doi: 10.1039/D0CS01518K.
8. Huff M., Schmidt L. D. Ethylene formation by oxidative dehydrogenation of ethane over monoliths at very short contact times // J. Phys. Chem., 1993. Vol. 97. No. 45. P. 11815–11822. doi: 10.1021/j100147a040.
9. Bodke A. S., Olschki D. A., Schmidt L. D., Ranzi E. High selectivities to ethylene by partial oxidation of ethane // Science, 1999. Vol. 285. No. 5428. P. 712–715. doi: 10.1126/science.285.5428.712.
10. Bodke A. S., Henning D., Schmidt L. D., Bharadwaj S. S., Maj J. J., Siddall J. Oxidative dehydrogenation of ethane at millisecond contact times: Effect of  $H_2$  addition // J. Catal., 2000. Vol. 191. P. 62–74. doi: 10.1006/jcat.1999.2802.
11. Zerkle D. K., Allendorf M. D., Wolf M., Deutschmann O. Understanding homogeneous and heterogeneous contributions to the platinum-catalyzed partial oxidation of ethane in a short-contact-time reactor // J. Catal., 2000. Vol. 196. No. 1. P. 18–39. doi: 10.1006/jcat.2000.3009.
12. Henning D., Schmidt L. D. Oxidative dehydrogenation of ethane at short contact times: Species and temperature profiles within and after the catalyst // Chem. Eng. Sci., 2002. Vol. 57. No. 14. P. 2615–2625. doi: 10.1016/S0009-2509(02)00155-0.
13. Никитин А. В., Озерский А. В., Афаунов А. А., Седов И. В., Савченко В. И., Арутюнов В. С. Влияние добавок водорода на окислительный крекинг этана // Ж. прикладной химии, 2018. Т. 91. № 11. С. 1559–1565. doi: 10.1134/S0044461818110051.
14. Колбановский Ю. А., Щупачев В. С., Черняк Н. Я. и др. Импульсное сжатие газов в химии и технологии. — М.: Наука, 1982. 240 с.
15. Билера И. В. Высокотемпературный гомогенный пиролиз этана в реакторе адиабатического сжатия // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 2. С. 12–17.
16. Билера И. В. Окислительный пиролиз этана в условиях адиабатического сжатия // Горение и взрыв, 2023. Т. 16. № 3. С. 21–29. doi: 10.30826/CE23160303.
17. Bilera I. V. The formation of small amounts of cyclopropane during pulsed pyrolysis of  $C_4-C_5$  acyclic alkanes

\*Работа выполнена в рамках Государственного задания ИНХС РАН.

<sup>1</sup>Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева Российской академии наук, bilera@ips.ac.ru

- in the adiabatic compression reactor // *Reactions*, 2023. Vol. 4. No. 3. P. 381–397. doi: 10.3390/reactions4030023.
18. *Колбановский Ю. А.* Метод адиабатического сжатия в исследованиях кинетики и механизма реакций с участием фторсодержащих карбенов // *Успехи химии*, 1989. Т. 58. № 11. С. 1800–1814.
19. *Билера И. В.* Сопиролиз диметилового эфира и этана в условиях адиабатического сжатия // *Горение и взрыв*, 2020. Т. 13. № 4. С. 20–28. doi: 10.30826/CE20130403.
20. *Магомедов Р. Н., Прошина А. Ю., Арутюнов В. С.* Газофазный окислительный крекинг этана в атмосфере азота // *Кинетика и катализ*, 2013. Т. 54. № 4. С. 401–412. doi: 10.1134/S0023158413040113.
21. *Озерский А. В., Зимин Я. С., Тимофеев К. А., Никитин А. В., Седов И. В., Арутюнов В. С.* Окислительный крекинг пропана в присутствии водорода // *Ж. прикладной химии*, 2021. Т. 94. № 6. С. 778–783. doi: 10.31857/S0044461821060128.

*Поступила в редакцию 13.12.2023*