

2.4.5 Энергетические системы и комплексы (технические науки)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗИФИКАЦИИ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ И КАРТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗИФИЦИРУЮЩИХ АГЕНТОВ

Р.В. БЕЗУГЛОВ¹, канд. техн. наук, доцент

Р.А. АННЕНКОВ¹, аспирант

annenkov-1999-161@mail.ru

В.Б. ИЛЬИН¹, канд. техн. наук, доцент

Ю.В. ТЫРНИКОВА¹, старший преподаватель

Н.Г. АНДРЕЙКО², старший преподаватель

R.V. BEZUGLOV¹, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

R.A. ANNENKOV¹, Postgraduate Student

V.B. ILYIN¹, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

Yu.V. TYRNIKOVA¹, Senior Lecturer

N.G. ANDREYKO², Senior Lecturer

¹Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова, Российская Федерация, Новочеркасск

²Кубанский государственный технологический университет, Российская Федерация, Краснодар

¹South-Russian State Polytechnical University named after M.I. Platov, Russian Federation, Novocherkassk

²Kuban State Technological University, Russian Federation, Krasnodar

Аннотация. В статье описываются результаты численного моделирования газификации твердых бытовых и сельскохозяйственных отходов двух видов: тары деревянной и упаковочного картона. Авторами проведено численное моделирование газификации твердых и сельскохозяйственных отходов в диапазоне температур 700-900 °С, что позволяет проследить поведение сырья в различных температурных режимах. Расчет производился в условиях неидеальных газов при использовании модели Пенга–Робинсона. Численное моделирование выявило, что полученный генераторный газ обладает достаточной теплотой сгорания, позволяющей использовать его для котлов и печей различного назначения. Также в процессе численного моделирования выявлено, что рационально использовать температуру газификации около 800-900 °С, при которой происходит полная конверсия углерода сырья. Повышение температуры не приносит заметного повышения содержания горючих веществ и снижения балласта. Основное влияние на калорийность генераторного газа имеет вид газифицирующего агента, а также коэффициент избытка окислителя.

Ключевые слова: газификация, численное моделирование, органические отходы, твердые бытовые отходы, паровой котел

Список источников

1. Васильева Е. А. Технология обращения с твердыми коммунальными отходами. Ч. 2: учебное пособие / Е. А. Васильева. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 80 с.,
2. Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ (с изм. и доп. от 07.04.2020) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 14.11.2020).
3. Хорошавин, Л. Б. Основные технологии переработки промышленных и твердых коммунальных отходов : [учеб. пособие] / Л. Б. Хорошавин, В. А. Беляков, Е. А. Свалов ; [науч. ред. А. С. Носков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 220 с.
4. Титов, И. Н. Рециклинг органической фракции твёрдых бытовых отходов с помощью вермикомпостирования / И. Н. Титов, А. С. Сапаров, В. М. Кан // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2. – С. 81-90.
5. Процессы и аппараты переработки твердых бытовых отходов: Учебное пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования / В. С. Демьянова, Э. А. Овчаренков. – Пенза: ПГУАС, 2007. – с. 80
6. Постановлению Правительства РФ от 12.10.2020 № 1657 «Единые требованиям к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365180/ (дата обращения: 12.01.2021).
7. Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ (с изм. и доп. от 07.04.2020) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 14.11.2020).
8. Безуглов, Р.В. Обоснование использования твердых отходов как вторичных и возобновляемых источников энергии для повышения энергетической эффективности при производстве теплоты и электроэнергии / Папин В.В., Ефимов Н.Н., Дьяконов Е.М., Ведмичев Н.А., Филимонов В.Р. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2023. Т. 23, № 3. С. 78–90.
9. Безуглов, Р.В. Разработка схемы топливоприготовления на ТЭС для совместного сжигания твердых отходов и угля // Р.В. Безуглов, В.В. Папин, Ведмичев Н. А., Воловиков В. Ю. // Энергосбережение и Водоподготовка. 2023. № 5 (145). С. 51-55.
10. Проблемы создания автомобильного топлива из продуктов переработки отходов / Р. В. Безуглов, В. В. Папин, Е. М. Дьяконов [и др.] // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств : сборник научных трудов по материалам XV Международной научно-технической конференции, Саратов, 16 апреля 2020 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2020. – С. 262-271.
11. Калюттик А.А., Трещев Д.А., Поздеева Д.Л. Утилизация твердых бытовых отходов на ТЭЦ г. Санкт-Петербурга // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25, № 3. С. 59–70. DOI: 10.18721/JEST.25304.
12. Исследования горения композитного топлива из угля и опилок / А.И. Сечин, Ю.Ф. Патраков, И.Л. Мезенцева, А.А. Сечин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг

георесурсов. – 2025. – Т. 336. – № 3. – С. 222–231. DOI: 10.18799/24131830/2025/3/4990.

13. Сиухин, Р. В. Разработка технологии утилизации отходов растительного производства с получением топливных элементов / Р. В. Сиухин // Студенческие исследования - производству: Сборник работ 27-й студенческой научной конференции, Благовещенск, 30 октября – 13 2019 года / Ответственный редактор А.И.

Герасимович. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2019. – С. 173-175. – EDN FKKTD.

14. Электронная модель территориальной схемы обращения с отходами Ростовской области [URL] // <http://www.tbo-rostov.ru> [Дата обращения 20.08.2025 г].

NUMERICAL SIMULATION OF GASIFICATION OF WOOD AND CARDBOARD WASTE USING VARIOUS GASIFYING AGENTS

Abstract. *This article describes the results of numerical modeling of the gasification of solid municipal and agricultural waste of two types: wooden containers and cardboard packaging. The authors conducted numerical modeling of the gasification of solid and agricultural waste in the temperature range of 700-900 °C, which allows us to trace the behavior of the raw materials under different temperature conditions. The calculation was performed under non-ideal gas conditions using the Peng-Robinson model. Numerical modeling revealed that the resulting generator gas has sufficient heat of combustion, allowing it to be used in boilers and furnaces for various purposes. Also, the numerical modeling revealed that it is rational to use a gasification temperature of about 800-900 °C, at which complete conversion of the carbon in the raw materials occurs. Increasing the temperature does not lead to a noticeable increase in the content of combustible substances and a decrease in ballast. The calorific value of the generator gas is primarily influenced by the type of gasifying agent, as well as the excess oxidizer coefficient.*

Keywords: *gasification, numerical modeling, organic waste, household solid waste, steam boiler*

References

- Vasilyeva, E. A. "Municipal Solid Waste Handling Technology. Part 2: Study Guide" / E. A. Vasilyeva. – St. Petersburg: Higher School of Economics, St. Petersburg State University of Industrial and Technological Development, 2021. – 80 p.,
- Federal Law of June 24, 1998, No. 89-FZ (as amended and supplemented on April 7, 2020) "On Production and Consumption Waste" [Electronic resource] // ConsultantPlus. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (accessed on November 14, 2020).
- Khoroshavin, L. B. "Basic Technologies for Processing Industrial and Municipal Solid Waste": [study guide]. [manual] / L. B. Khoroshavin, V. A. Belyakov, E. A. Svalov; [scientific editor A. S. Noskov]; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Ural. Federal University – Ekaterinburg: Ural. University Publishing House, 2016. – 220 p.
- Titov, I. N. Recycling of the organic fraction of municipal solid waste using vermicomposting / I. N. Titov, A. S. Saparov, V. M. Kan // Soil Science and Agrochemistry. – 2012. – No. 2. – pp. 81-90.
- Processes and equipment for processing municipal solid waste: A tutorial for completing coursework and diploma projects / V. S. Demyanova, E. A. Ovcharenkov. – Penza: PSUAS, 2007. – p. 80
- Resolution of the Government of the Russian Federation of 12.10.2020 No. 1657 "Uniform Requirements for Facilities for the Processing, Utilization, Neutralization, and Placement of Municipal Solid Waste" [Electronic resource] // ConsultantPlus. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365180/ (date of access: 12.01.2021).
- Federal Law of 24.06.1998 No. 89-FZ (as amended and supplemented on 07.04.2020) "On Production and Consumption Waste" [Electronic resource] // ConsultantPlus. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (date accessed: 14.11.2020).
- Bezuglov, R.V. Justification of the use of solid waste as secondary and renewable energy sources to improve energy efficiency in heat and electricity production / Papin V.V., Efimov N.N., Dyakonov E.M., Vedmichev N.A., Filimonov V.R. //

Bulletin of SUSU. Series "Power Engineering". 2023. Vol. 23, No. 3. Pp. 78–90.

9. Bezuglov, R.V. Development of a fuel preparation scheme at a thermal power plant for the co-combustion of solid waste and coal // R.V. Bezuglov, V.V. Papin, Vedmichev N.A., Volovikov V. Yu. // Energy Saving and Water Treatment. 2023. No. 5 (145). P. 51-55.

10. Problems of creating automobile fuel from waste processing products / R. V. Bezuglov, V. V. Papin, E. M. Dyakonov [et al.] // Current issues of organizing automobile transportation, traffic safety and operation of vehicles: collection of scientific papers based on the materials of the XV International Scientific and Technical Conference, Saratov, April 16, 2020. - Saratov: Saratov State Technical University named after Yu. A. Gagarin, 2020. - P. 262-271.

11. Kalyutik A. A., Treshchev D. A., Pozdeeva D. L. Disposal of solid municipal waste at the CHPP of St. Petersburg // Scientific and technical statements of SPbPU. Natural and engineering sciences. 2019. Vol. 25, No. 3, pp. 59–70. DOI: 10.18721/JEST.25304.

12. Studies of combustion of composite fuel from coal and sawdust / A.I. Sechin, Yu.F. Patrakov, I.L. Mezentseva, A.A. Sechin // Bulletin of Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering. - 2025. - Vol. 336. - No. 3. - pp. 222–231. DOI: 10.18799/24131830/2025/3/4990.

13. Siukhin, R. V. Development of a technology for the utilization of plant production waste to produce fuel cells / R. V. Siukhin // Student research - for production: Collection of works of the 27th student scientific conference, Blagoveshchensk, October 30 - 13, 2019 / Editor-in-chief A. I. Gerasimovich. - Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2019. - Pp. 173-175. - EDN FKKTD.

14. Electronic model of the territorial waste management scheme of the Rostov Region [URL] // <http://www.tbo-rostov.ru> [Accessed 08/20/2025].

© Безуглов Р.В., Анненков Р.А., Ильин В.В., Тырникова Ю.В., Андрейко Н.Г., 2025