

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 2, 2026 vol. 3

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 3, ISSUE 2

JUNE, 2026



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 2 JUNE, 2026

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Production of pyrolysis distillate – synthetic fuel from waste tires

M.R. Abasov¹

¹Institute of space research of natural resources of the National Aerospace Agency, Baku, Azerbaijan

Abstract: Biomass, as a form of solar energy stored in chemical form, is one of the most widely used and versatile resources on Earth. It provides not only food but also energy, construction materials, paper, textiles, pharmaceuticals, and chemical products. Biomass has been used for energy purposes since humans first discovered fire. Today, biomass-based fuels can be utilized for a wide range of applications, from residential heating to electricity generation and automotive fuels. This article presents the results of a study on the recycling of waste tires using the pyrolysis process. In Azerbaijan, the production of biodiesel fuel is expected to begin. The Balakhani industrial park will produce biodiesel through the recycling of used tires. However, the direct conversion of waste tires into biodiesel is neither a common nor an officially supported method. Biodiesel is typically produced from vegetable oils or other organic feedstocks through transesterification processes, in which the raw materials consist of vegetable oils, animal fats, or synthetic compounds.

Keywords: waste tire, fast pyrolysis, slow pyrolysis, pyrolysis distillate, carbon black, steel cord, fractional analysis, temperature, volume

Получения пиролизного дистиллята – синтетического топлива из изношенных шин

Абасов М.Р.¹

¹Институт космических исследований природных ресурсов Национального Аэрокосмического Агентства, Баку, Азербайджан

Аннотация: Биомасса, как производная энергии Солнца в химической форме, является одним из наиболее популярных и универсальных ресурсов на Земле. Она позволяет получать не только пищу, но и энергию, строительные материалы, бумагу, ткани, медицинские препараты и химические вещества. Биомасса используется для энергетических целей с момента открытия человеком огня. Сегодня топливо из биомассы может использоваться для различных целей - от обогрева жилищ до производства электроэнергии и топлив для автомобилей. В данной статье рассматриваются результаты исследования процесса переработки изношенных шин с использованием метода пиролиза. В Азербайджане начнется производство биодизельного топлива. Балаханский промышленный парк, будет осуществлять производство биодизеля за счет повторной переработки использованных шин. Прямая переработка использованных шин для получения биодизеля не является распространённым или официально поддерживаемым методом. Биодизель обычно производится из растительных масел или других органических материалов с использованием процессов транс этерификации, где сырьём служат растительные масла, животные жиры или синтетические соединения.

Ключевые слова: изношенная шина, быстрый пиролиз, медленный пиролиз, пиролизный дистиллят, технический углерод, металлокорд, фракционный анализ, температура, объём

1. Введение

По оценкам аналитиков, в 2025 году было запущено около 180 новых станций, работающих на биомассе. В результате общее число таких объектов в мире превысило 5800, а их совокупная электрическая мощность достигла 94,7 ГВт. Азия лидирует по объёму установленных мощностей – более 38 ГВт, за ней следует Европа с показателем около 24 ГВт. К 2034 году esorog прогнозирует увеличение мирового парка до 6800 станций общей мощностью почти 109 ГВт.

2. Методика исследования

Синтетический дизель - альтернативный источник топлива, который может заменить дизельное топливо. В сфере переработки отработанных шин ведётся большая работа [1]. Последствия использования традиционных ископаемых топлив для окружающей среды являются общепризнанными. В связи с этим разработка альтернативных источников топлива, таких как пиролиз растительных веществ и пластиковых отходов, активно исследуется.

Композиты из отработанной резины шин (WTR)

 <https://orcid.org/0009-0001-2738-6893>



состоят из сложной смеси ингредиентов: натуральных и синтетических каучуков, технического углерода, диоксида кремния, пластификаторов, антиоксидантов, технологических добавок в качестве активаторов и ускорителей, серы, стального корда и волокон из нейлона, полиэстера и целлюлозы [2]. В результате пиролиза он распадается на мелкие углеводороды.

Пиролиз — это процесс разложения вещества при отсутствии кислорода и при повышенных температурах, в результате которого образуются пролизынный дистилят. Эти пиролизный дистилят могут быть дополнительно переработаны в топливо и другие полезные продукты. Однако, из-за различий в составе исходных сырьевых материалов, пиролизный дистилят могут быть очень разнообразными и сложными [3]. Ученые провели эксперимент при различных температурах, от 400 до 700°C. Самые распространенные температуры для пиролиза шин составляют от 425 до 600°C, с наиболее частым значением 500°C. Увеличение температуры с 450 до 475°C приводит к увеличению выхода масла, достигающего пика при 475°C, но дальнейшее повышение температуры до 600°C сопровождается снижением выхода масла и ростом выхода газа.

Пиролизный дистилят, полученное из отходов шин (TDO), было оценено по характеристикам дизельного топлива, и были рассмотрены различные сценарии для экономической оценки [4]. В другом эксперименте отработанные шины подвергали пиролизу в лабораторном стационарном реакторе периодического действия. Полученные нефтепродукты смешивали с дизельным топливом в концентрациях 10% и 20% без предварительной обработки. При испытаниях на дизельном двигателе с прямым впрыском анализировались расход топлива, давление в цилиндре, тормозная мощность и выбросы SO₂ при различных оборотах двигателя и углах поворота коленчатого вала [5].

Основным отличием биодизеля от обычного дизтоплива является его экологическая чистота, так как использование этого топлива снижает эмиссию практически всех вредных веществ по сравнению с нефтяными дизельными топливами. Биодизель получил широкое распространение во многих странах мира. Среди них — Германия, Австрия, Чехия, Франция, Италия, Швеция, США, а также другие страны.

Использование биологических дизельных топлив снижает эмиссию практически всех вредных веществ по сравнению с нефтяными дизельными топливами. Для чистых биотоплив (B100) снижение составляет: несгоревших углеводородов — на 56 % мас.; твердых частиц — на 55 % мас.; оксидов углерода — на 43 % мас. [6-7].

Страны с интенсивной автомобилизацией столкнулись с серьезной проблемой нагромождения выведенных из эксплуатации автомобильных шин. В США ежегодное количество изношенных шин составляет 16-18 млн.т, причем уже накоплено около 2 млрд. старых шин. В Англии объем изношенных шин составляет 400 тыс.т, в Японии — 600-750 тыс. т, в Германии — 460-510 тыс. т, в Италии — около 250 тыс. т. В странах СНГ накоплено более 50 млн. т изношенных шин и в настоящее время ежегодно образуется более чем 250-300 тыс. т. Уровень переработки и использования амортизированных шин за рубежом колеблется в очень широких пределах: от 87% в Японии до 20-30% - в США

и большинстве стран Западной Европы, а в Германии он достигает 50% [8]. Изношенные шины образуются и накапливаются в больших и мелких автохозяйствах, предприятиях шиномонтажа и автосервиса, в частном секторе. В большинстве индустриальных стран есть программы и методы, которые направлены на поддержку сбора и переработки отработанных автопокрышек. Однако их эвакуация, захоронение, сжигание, которое происходит ради уменьшения их вредного воздействия на окружающую среду, малоэффективны.

Автомобильная шина состоит из нескольких основных частей: каркаса, брекера, протектора, боковины и бортов, боковой проволоки и шнура-наполнителя (рис.1).

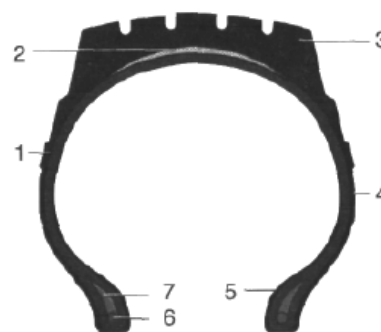


Рис. 1. Разрез автомобильной шины:
1 – каркас; 2 – брекер; 3 – протектор; 4 – боковина; 5 – борт; 6 – бортовая проволока; 7 – шнур-наполнитель

Таким образом, современная автомобильная шина — это сложная высококачественная конструкция, для производства которой тратится целый комплекс ценных сырьевых материалов: резина различного качества в зависимости от функционального назначения изделия; технические ткани; корды на полимерной основе, металлокорды, стальная проволока и др. Разнообразие эксплуатационных требований, которые предъявляются к данным резинотехническим изделиям, обеспечивается, в основном, выбором типов каучука, которых при производстве шин применяется более двадцати.

Таким образом, автомобильная шина представляет собой сложную многокомпонентную структуру, для изготовления которой используется серия материалов различного профиля. Поэтому во время выбора и разработки экологически безопасной технологии ее утилизации необходимо обязательно учитывать данный фактор [9-10].

Для обеспечения экологической безопасности, повышения энергоэффективности и ресурсосбережения, определены оптимальные режимы процесса пиролизной переработки изношенных и отбракованных шин;

Методики определения качественного и количественного состава продуктов пиролиза. Потенциометрическое титрование проводили на рН-метре РН-340 с использованием водно-спиртовых растворов субстратов. Идентификацию органических составляющих газообразных и жидких продуктов пиролиза и их содержание определяли методами газожидкостной хроматографии на хроматографе с пламенно-ионизационным детектором «Цвет-100» (колонка длиной 6м и диаметром 3мм с твердым



носителем «Хроматон NAW-HMDS», фракция 0,25 - 0,31мм) и хромато-масс-спектрометрии на приборе фирмы «Agilent».

Удельную поверхность твердого углеродного остатка пиролиза определяли по методу БЭТ [11]. Кинематическую вязкость и температуру вспышки в закрытом тигле определяли по известным методикам [12]. Содержание кремния в зольном остатке находили спектрофотометрическим методом, основанном на образовании кремнемолибденового комплекса с последующим восстановлением его аскорбиновой кислотой с образованием кремнемолибденовой сини [13].

Анализ концентрации цинка в зольном остатке находили объемным методом при титровании раствором трилона-Б в присутствии индикатора сульфасазена, кальция – тем же методом в присутствии индикатора мурексиды, железа и меди – спектрофотометрическим методом при взаимодействии водного раствора субстрата с сульфосалициловой кислотой и диэтилдитиокарбаматом натрия соответственно [14, 15]. Содержание калия, натрия, магния и алюминия в зольном остатке устанавливали пламенно-ионизационным методом [16].

Методика определения общего содержания ароматических углеводородов – по ГОСТ 6994-74. Массовую долю ароматических углеводородов X рассчитывали по формуле 1:

$$X = \frac{[m_1 - (m_2 - m_k)] \cdot 100}{m_1} - \frac{\text{ЙЧ} \cdot M}{254} \quad (1)$$

где m_1 – масса смолы до обработки серной кислотой, г;

m_2 – масса смолы после обработки серной кислотой, г;

m_k – масса серной кислоты, которая осталась на стенках воронки, г;

ЙЧ – йодное число смолы, г/100г;

M – средняя молекулярная масса ненасыщенных углеводородов, г;

254 – молекулярная масса йода.

Методика определения йодного числа – по ГОСТ 2070-82 по формуле 2:

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot F \cdot 0,0129}{m} \cdot 100 \quad (2)$$

где X – содержание йода, г на 100г смолы;

V – объем раствора тиосульфата натрия 0,1моль/дм³, использованного на титрование в контрольном опыте, см³;

F – фактор перерасчета тиосульфата натрия;

m – масса смолы, г;

0,01269 – количество йода, эквивалентное 1см³ 0,1М раствора тиосульфата натрия, г.

Методика определения адсорбционной активности твердого углеродного остатка пиролиза по метиленовому голубому [11]. По полученному значению оптической плотности с использованием калибровочного графика определяли остаточную концентрацию (мг/г твердого остатка) метиленового голубого в осветленном растворе по формуле 3:

$$X = \frac{(C_1 - C_2) \cdot k \cdot 0,025}{m} \quad (3)$$

где C_1 – концентрация исходного раствора, мг/л;

C_2 – концентрация раствора после контакта с твердым остатком, мг/л;

k – коэффициент разведения раствора;

m – навеска, г;

0,025 – объем метиленового голубого, который был взят для осветления, л.

При проведении экспериментальных исследований оценку погрешностей экспериментальных данных осуществляли по методике [15, 16].

Экспериментальные данные обрабатывали по Фишеру-Стьюденту с доверительной вероятностью 0,95.

Относительная погрешность измерений в эксперименте составляет соответственно: при нахождении химических показателей титрометрическим способом – 3...4%; при нахождении фотометрических показателей – 2,5%; при определении физических характеристик – 3...6%.

Результаты эксперимента были обработаны при помощи программного пакета «Mathcad».

Для определения четкого перечня проведения теоретических и экспериментальных работ была проведена на установке рис.2.

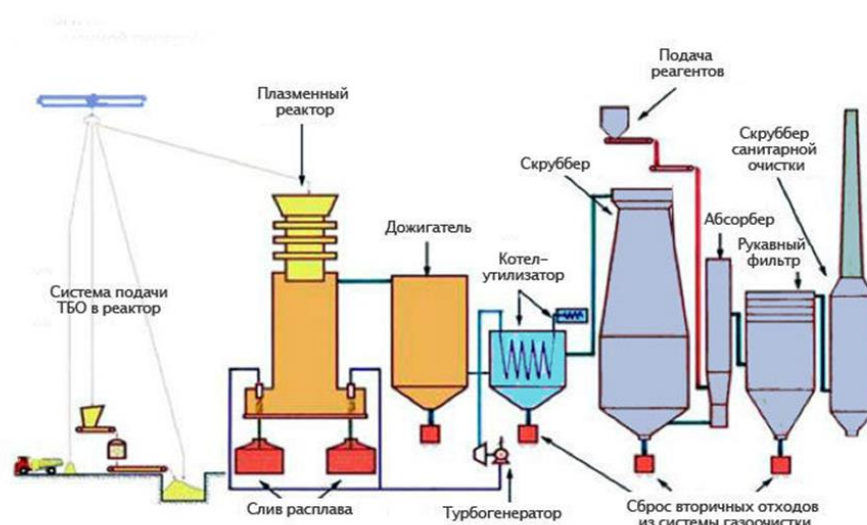


Рис. 2. Пиролизная установка

Технологический процесс на фабричной производственной линии проходит так:

Нагретый газ подается из печи по трубопроводу в скруббер, где осуществляется охлаждение и частичная конденсация.

Затем он проходит через специальный трубопровод, обеспечивающий дополнительное охлаждение, в конденсаторы для окончательного преобразования в жидкое горючее.

Оставшийся газ, не поддающийся преобразованию в жидкость, направляется для осушения в сепаратор, откуда идет в пиролизную печь для дальнейшей переработки.

Наиболее совершенные технологические линии пиролиза оснащены установками для каталитического крекинга, перегоняющими пиролизное масло, пиролизе шин.

3. Заключение

Для проведения необходимых исследований по повышению экологической безопасности переработки изношенных и отбракованных шин способом низкотемпературного пиролиза можно использовать существующие стандартные методики, оборудование, предметы и материалы.

Таким образом, изношенные шины непригодные к дальнейшему использованию, были подвергнуты процессу пиролиза в пиролизный реакторе. Было проведено 2 эксперимента по изучению влияния температуры и времени на процесс пиролиза. первый эксперимент проводился при высокой температуре, второй эксперимент при относительно низкой температуре. В результате пиролиза получили пиролизный дистиллят, пирогаз, технический углерод и металлические проволоки. Основным продуктом процесса является пиролизный дистиллят, который был подвергнут разделению на две фракции с использованием лабораторного оборудования. Процесс пиролиза позволяет получить различные ценные компоненты, такие как пиролизный дистиллят, пирогаз, технический углерод и металлические проволоки.

Использованная литература / References

[1] Modelling and simulation of waste tire pyrolysis process for recovery of energy and production of valuable chemicals (BTEX). Cao, Yan, Taghvaie Nakhjiri, Ali, Sarkar, Shahin. Scientific Reports (Nature Publisher Group), London Vol. 13, Iss. 1, (2023):

[2] Devulcanization of ground tire rubber: thermo oxidation followed by microwave exposure in the presence of devulcanizing agent. Oscar Buitrago Suescún, Rodrigo Britto. Iranian Polymer Journal (2020) 29:553–567 <https://doi.org/10.1007/s13726-020-00818-4>

[3] A Review of the Desulfurization Processes Used for Waste Tire Pyrolysis Oil. Hossain, Muhammad Nobi, Choi, Myung Kyu. Catalysts, Basel Vol. 11, Iss. 7, (2021)

[4] A novel approach for valorization of waste tires into chemical and fuel (limonene and diesel) through

pyrolysis: Process development and techno economic analysis Somayeh Farzad, Mohsen Mandegari, Johann F. Gorgens. Fuel Processing Technology. Volume 224, 15 December 2021, 107006.

<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107006>

[5] Alternative fuel produced from thermal pyrolysis of waste tires and its use in a DI diesel engine. Wei-Cheng Wang, Chi-Jeng Bai, Chi-Tung Lin, Samay Prakash. Applied Thermal Engineering/ Volume 93, 25 January 2016. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.09.056>

[6] Khan A.K. /Thesis the University of Queensland. Brisbane. Australia. 2002.

[7] Данилов А.М., Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. /Российский химический журнал. 2003.

[8] Демина Л.А. Вулкан на обочине // Энергия. - 2002.-№1

[9] Нореикайте В. Переработка шин в Италии // Твердые бытовые отходы. -2007. - №4.

[10] Тайц Е.М., Андреева И.А. Методы анализа и испытания углей. – М.Недра – 1983.

[11] Малышев А.И., Помогайбо А.С. Аналіз резин.- М.: Химия,1977.

[12] Саранчук В.И., Ошовский В.В., Власов Г.А. Физико-химические основы переработки горючих ископаемых.-Донецк: «Східний видавничий дім»,2001.

[13] Горлицкий Б.А. Некоторые концептуальные вопросы развития теории и практики использования техногенных ресурсов: Сб. науч. статей «Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов».-Одесса: «ОЦНТЭИ»,2004.

[14] Саранчук В.И., Яценко О.А., Галушко Л.Я., Ганюков С.В. Совместная переработка бытовых и промышленных отходов // Мат. І конференції с міжнародним участим «Сотрудничество для решения проблемы отходов». –Харьков: Экоинформ, 2004.

[15] Петренко Т.В., Братчун В.И., Новичков Ю.А. Исследование процесса бескислородного пиролиза изношенных автомобильных шин// Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов. Выпуск 29. Харьков, 2005 г.

[16] Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: «Наука», 1971.

Информация об авторах/ Information about the authors

Абасов Мурад Рамилович / Murad Abasov	Институт космических исследований природных ресурсов Национального Аэрокосмического Агентства, «Промышленные технологии» докторант, научный сотрудник E-mail: murad.abasov54@gmail.com Тел.: +998712990169 https://orcid.org/0009-0001-2738-6893
---------------------------------------	---



M. Miralimov, K. Juraev, Kh. Urazov <i>Analysis of the state of bridges exploited in the Republic of Uzbekistan</i>	203
S. Norkulov <i>The importance of foreign experience in the development of the metro transport system and recommendations for Uzbekistan.....</i>	207
Sh. Anarova, N. Khujakulov <i>Fractal geometry and patterns modeling methods</i>	210
N. Khujakulov <i>Computer modeling of geometric patterns based on fractal models.....</i>	215
M. Malikov <i>A theoretical basis for the influence of road pavement texture on traffic safety and skid resistance</i>	221
N. Abdullaev <i>Analysis of modern calculation methods for locomotive traction of trains based on the experience of developed countries.....</i>	225
S. Razzakov, Sh. Nuriddinova <i>Theoretical basis for the calculation of basalt fiber dispersed reinforced structures.....</i>	230
R. Hakimov <i>Development of the transport sector within the framework of the Uzbekistan–2030 strategy: Achieved results and new objectives</i>	234
N. Tursunov, Sh. Nazarov <i>Study of the influence of moisture on the strength characteristics of sand-clay molding mixture.....</i>	237
R. Hakimov <i>Development of Uzbekistan’s railway passenger transport system: reform outcomes and factors influencing efficiency.....</i>	241
M. Abasov <i>Production of pyrolysis distillate – synthetic fuel from waste tires.....</i>	244