

УДК 504.064

В. И. Чурикова^a, О. А. Баландина^b, Д. О. Игнаткина^a, О. С. Власова^a, О. П. Радченко^a

^a Волгоградский государственный технический университет

^b Самарский государственный технический университет

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СЕРОВОДОРОДА В АТМОСФЕРЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ВОЛГОГРАДА И ВОЛЖСКОГО

Сероводород представляет собой значительную проблему для городской среды, в том числе для городского хозяйства, так как тесно связан с жизнедеятельностью человека. Помимо этого, источниками образования сероводорода являются канализация, промышленные стоки, свалки. Сероводород оказывает удручающее воздействие на организм человека: появляется слабость, недомогание, в некоторых случаях возможен летальный исход. При избыточной концентрации сероводорода в городской среде происходит коррозия металлических и бетонных систем городского хозяйства, что непосредственно ведет к износу инженерных систем городской среды. Нарушение экологического состояния воздуха в городе приводит к росту обращений населения, связанных с нарушением экологического состава городской среды. Исследование посвящено анализу современного мониторинга воздуха в атмосфере городской среды и выявлению содержания в ней сероводорода. На основе данных за 2020—2024 гг. выявлены превышения ПДК по сероводороду.

Ключевые слова: сероводород, городское хозяйство, городская среда, экологическая безопасность, концентрация сероводорода, мониторинг атмосферного воздуха.

Введение

Серосодержащие газообразные вещества, присутствующие в атмосфере городской среды, возникают вследствие хозяйственной деятельности человека. В связи с этим необходимо осуществлять мониторинг атмосферного воздуха городской среды на предмет содержания сернистых соединений, в том числе и сероводорода. В г. Волгограде контроль состояния воздушной среды осуществляется девятью наблюдательными постами, установленными в различных районах города [1].

Система мониторинга включает в себя следующие элементы:

- Стационарные посты контроля, на которых установлено оборудование для мониторинга атмосферного воздуха в реальном времени, с помощью которого собирается информация о концентрациях различных веществ в воздухе. При наличии неавтоматизированных постов анализ производится по следующим веществам: CO, CO₂, NO, NH₃, H₂S, CH₄, SO₂, SO₃, пыль, ксилолы толуол. Основная задача данного комплекса — сбор информации о состоянии атмосферного воздуха [2].

- Мобильные экологические лаборатории, которые представляют собой автотранспорт с установленным в нем оборудованием для исследования атмосферного воздуха. С помощью данных систем анализ ситуации происходит непосредственно у предполагаемого источника выброса вредных веществ после поступления обращений о качестве атмосферного воздуха от граждан или организаций [3].

Помимо рассмотренных выше систем, существует система мониторинга с применением нейросетей или искусственного интеллекта (ИИ) [4]. В рабо-

те [5] применяют комплексный подход к анализу данных мониторинга качества воздуха, который представляет собой классические измерения с помощью стационарных станций и мобильных станций. Проводят почасовой мониторинг концентраций PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO , NO_2 и CO , а также H_2S . Полученные данные вводят в систему и анализируют, а недостающие данные генерирует нейросеть (ИИ), предварительно обученная мониторингу атмосферного воздуха, а также имеется доступ в нормативную документацию. Далее полученные данные анализирует человек на реальность и на точность. После этого выдают конечный отчет по мониторингу атмосферного воздуха [4—8].

Необходимо помнить, что надлежит составлять актуальные сводные расчеты мониторинга по загрязняющим веществам городской среды [1]. Разумеется, требуется постоянное наполнение и поддержание сводных расчетов в актуальном состоянии; расчеты представляет собой материалы, которые содержат достоверную информацию, отражающую состояние атмосферного воздуха городской среды [9].

Особую актуальность проблема мониторинга воздуха городской среды, в частности содержание сероводорода в ней, приобретает в связи с высокой токсичностью и коррозионной активностью, что требует комплексных подходов к мониторингу, снижению и устраниению концентраций сероводорода [10]. Предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе составляет $0,008 \text{ мг}/\text{м}^3$, из чего следует, что при мониторинге необходимо использовать высокоточное оборудование, а также разработать комплексные меры по снижению концентрации. Современные системы мониторинга должны не только включать все элементы для фиксации текущего уровня загрязнения, но и с помощью нейросетей (ИИ) прогнозировать неблагоприятные метеорологические условия, способствующие накоплению загрязняющих веществ, в частности сероводорода, в приземном слое атмосферы городского хозяйства.

Обсуждение

Информация, полученная на постах экологического мониторинга, поступает в центр приема и обработки информации, где происходит анализ данных, заполнение общих данных по состоянию атмосферы городской среды, формируется отчетная документация и генерируется математическое моделирование экологической обстановки исследуемого города. Данные мониторинга публикуются на интернет-ресурсах [11—13].

В табл. 1 представлена динамика общего объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников на территории Волгоградской области в 2020—2024 гг.

Волгоград представляет собой систему с высоким уровнем развития промышленной части, а также с постоянно увеличивающейся транспортной сетью. Юг Волгограда представлен предприятиями химического и нефтехимического комплекса, оказывающими неблагоприятное воздействие на экологию этой части города [14]. Север представлен металлургическими и машиностроительными предприятиями, а в центре города источниками загрязнения являются выбросы автотранспорта, количество которого возрастает с каждым годом. В Волжском причинами загрязнения атмосферного воздуха городской среды являются предприятия химической и обрабатывающей промышленности. Основные вещества-загрязнители в Волгограде и Волжском —

оксиды азота, диоксид серы, сероводород, оксид углерода, хлористый водород, взвешенные вещества [15, 16]. Перечисленные вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека, снижая иммунитет и приводя к заболеваниям органов дыхания (у населения возникают хронические бронхиты, фарингиты, астма).

Таблица 1

Динамика общего объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников на территории Волгоградской области в 2020—2024 гг.

Показатель	Единица измерения	Год				
		2020	2021	2022	2023	2024
Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников	тыс. т	174,5	222,5	216,9	171,6	169,0

Нарушение экологического состояния воздуха города приводит к росту обращений населения, связанных с нарушением экологического состава городской среды. Концентрация специфических примесей, а именно сероводорода, за год составила 0,5 ПДК, максимальная из разовых — 2,1 ПДК.

В табл. 2 приведены основные характеристики загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе экологических постов Волгограда и Волжского.

Таблица 2

Характеристики загрязняющих веществ атмосферного воздуха в районе экологических постов Волгограда и Волжского

Пост	Загрязняющее вещество	Среднее значение показателя, мг/м ³	ПДК _{м.р}	Число случаев превышений ПДК _{м.р}		
				1,0...2,5 ПДК	2,5...5,0 ПДК	> 5,0 ПДК
№ 1	Оксид азота	0,0137	0,4	1	0	0
	Диоксид серы	0,0095	0,5	—	—	—
	Оксид углерода	0,3053	5,0	—	—	—
	Диоксид азота	0,0308	0,2	—	—	—
	Сероводород	0,0009	0,008	432	92	16
№ 2	Диоксид азота	0,0143	0,2	7	0	0
	Сероводород	0,0003	0,008	76	13	1
	Диоксид серы	0,0042	0,5	—	—	—
	Оксид азота	0,0547	0,4	23	0	0
	Оксид углерода	0,2077	5,0	27	0	0
	Аммиак	0,0520	0,2	—	—	—
№ 3	Оксид азота	0,0077	0,4	—	—	—
	Диоксид азота	0,0192	0,2	—	—	—
	Сероводород	0,0008	0,008	123	92	33
	Диоксид серы	0,0109	0,5	—	—	—
	Оксид углерода	0,2854	5,0	1	0	0
№ 4	Пыль	0,0399	0,5	—	—	—
	Оксид азота	0,0071	0,4	—	—	—
	Диоксид азота	0,0127	0,2	—	—	—
	Сероводород	0,0002	0,008	—	—	—
	Диоксид серы	0,0029	0,5	—	—	—

Пост	Загрязняющее вещество	Среднее значение показателя, мг/м ³	ПДК _{м. р}	Число случаев превышений ПДК _{м. р}		
				1,0...2,5 ПДК	2,5...5,0 ПДК	> 5,0 ПДК
№ 5	Пыль	0,0163	0,5	2	0	0
	Пыль	0,1058	0,5000	0,5	0	0
	Диоксид серы	0,0017	0,0300	0,5	0	0
	Оксид азота	0,0219	0,1000	0,4	0	0
	Сероводород	0,0005	0,0110	0,008	2	0
	Фенол	0,0033	0,0120	0,01	3	0

Анализ данных табл. 2 показывает, что сероводород является проблемным загрязнителем с регулярным превышением ПДК, особенно на посте № 1 (432 случая в диапазоне 1,0...2,5 ПДК и 16 случаев с превышением более 0,5 ПДК), что свидетельствует о наличии у поста источника сероводорода. На посту № 3 также отмечается высокий уровень загрязнения (123 случая превышения 1,0...2,5 ПДК и 33 случая более 5,0 ПДК). Данное распределение указывает на то, что необходим дифференцируемый подход к организации мониторинга и принятию решений по устранению выбросов.

Представленные в таблицах данные показывают средние значения величины концентрации волях ПДК по данным газам, находящимся в атмосфере Волгограда и Волжского.

За 2024 г. в зоне действия постов экологического мониторинга регистрировались следующие превышения сероводорода:

- январь — Волжский 3,8 ПДК_{м. р};
- февраль — Волжский 5,5 ПДК_{м. р}, Краснослободск 1,6 ПДК_{м. р};
- март — Волжский 6,0 ПДК_{м. р}, Краснослободск 1,3 ПДК_{м. р}, р. п. Светлый Яр 6,1 ПДК_{м. р};
- апрель — Волжский 8,6 ПДК_{м. р};
- май — Краснослободск 2,6 ПДК_{м. р};
- июнь — Краснослободск 1,4 ПДК_{м. р};
- август — Волжский 8,1 ПДК_{м. р}, р. п. Светлый Яр 4,6 ПДК_{м. р};
- сентябрь — Волжский 13,7 ПДК_{м. р}, р. п. Светлый Яр 4,6 ПДК_{м. р};
- октябрь — Волжский 6,2 ПДК_{м. р}, Краснослободск 1,8 ПДК_{м. р}, р. п. Светлый Яр 1,5 ПДК_{м. р};
- ноябрь — Волжский 3,8 ПДК_{м. р}, Краснослободск 1,4 ПДК_{м. р}, р. п. Светлый Яр 3,3 ПДК_{м. р};
- декабрь — Волжский 1,1 ПДК_{м. р}, р. п. Светлый Яр 4,5 ПДК_{м. р} [15].

Таким образом, в зоне действия автоматизированных постов в Волжском, Краснослободске и р. п. Светлый Яр фиксировались концентрации сероводорода, характеризующие загрязнение воздуха как высокое.

Появление избыточного сероводорода, по сравнению с другими газами, кроме активного воздействия на объекты городской среды, приводит к нарушению комфортных условий горожан из-за резкого специфического запаха тухлых яиц. Это являлось причиной увеличения обращений горожан в природоохранные органы. В табл. 3 представлено распределение обращений по вопросам нарушения экологического состояния атмосферного воздуха в течение 2024 г. [15].

Таблица 3

Распределение обращений, связанных с нарушением экологического состояния воздуха, поступивших от жителей Волгограда в 2024 г.

Объект обращения	Квартал				Всего за 2024 г.
	I	II	III	IV	
Загрязнение атмосферного воздуха	40	118	322	92	572
Другое	16	38	22	19	95
<i>Итого</i>	60	176	358	119	713

Анализ обращений граждан и результатов мониторинга атмосферного воздуха в Волгограде и Волжском показывает зависимость между ростом концентрации сероводорода и количеством жалоб населения, так как сероводород имеет очень специфический запах.

В современных городах располагается значительная часть систем городского хозяйства, а именно канализация и коллекторы, а также канализационно-насосные станции (КНС), которые находятся практически в каждом районе Волгограда и Волжского. Нарушение или выход из строя данных систем может привести к негативным экологическим последствиям, а также, при нахождении рядом людей или обслуживающего персонала КНС, — к летальным исходам (рис.) [17].

Люди, долго находящиеся рядом с источниками выбросов сероводорода, испытывают хроническое отравление сероводородом [17]. Одной из причин аварии на КНС в Волгограде была крайняя загазованность сероводородом: при совершении ремонтных работ произошел взрыв, повлекший за собой смертельные исходы.



Авария на КНС в Волгограде

Согласно проведенным исследованиям [18], было выполнено математическое моделирование и выявление диапазонов концентрации сероводорода в воздушной среде подводного пространства сооружений (резервуары насосных станций, быстротоки, перепадные колодцы). В ходе исследований были получены подтверждения наличия сероводорода и значительной загазованности им сооружений.

Заключение

В соответствии с результатами проведенного анализа экологического мониторинга содержания сероводорода в атмосфере городской среды Волгограда и Волжского в течение последних пяти лет установлено, что рассматриваемые города находятся в зоне, близкой к значению ПДК по сероводороду, что, в свою очередь, ведет к понижению защищенности природной среды и населения городов, в частности от неблагоприятного воздействия сероводорода. Поэтому необходима разработка современных методов, позволяющих обеспечить экологическую безопасность объектов городского хозяйства и защиту населения городов от воздействия сероводорода.

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. Существующая система мониторинга атмосферного воздуха в Волгограде и Волжском обеспечивает необходимыми данными для анализа экологической ситуации, но целесообразно добавить посты, где зафиксировано превышение по сероводороду (р. п. Светлый Яр и г. Краснослободск).

2. Сероводород, несомненно, является одним из приоритетных загрязняющих веществ, требующих особого внимания в связи с регулярными превышениями ПДК.

3. Для повышения эффективности системы мониторинга атмосферы городской среды желательно увеличить количество мобильных лабораторий для оперативного реагирования на жалобы населения, связанные с нарушением экологического состояния атмосферы городской среды; ввести автоматизированные системы с подключение нейросетей (ИИ) для обработки данных, а также прогнозирования неблагоприятных условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оводков М. В., Баранникова С. И., Азаров В. Н. Актуализация сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2023. Вып. 1(90). С. 211—223. EDN: IFLECB.
2. Разработка процесса унификации представления данных результатов экологического мониторинга атмосферного воздуха / Н. М. Ращевский и др. // Изв. ВолгГТУ. Сер. : Актуал. проблемы управления, вычисл. техники и информатики в техн. системах. 2017. № 8(203). С. 78—81.
3. Мобильное устройство экомониторинга для транспортных средств : пат. 216499 U1 Рос. Федерации : МПК G01W 1/02 / Мохов В. В.; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Информатикс». № 2022114625 ; заявл. 31.05.2022 ; опубл. 09.02.2023. EDN: ZQVCAL.
4. Xiaojun C., Xianpeng L., Peng X. IOT-based air pollution monitoring and forecasting system // 2015 International Conference on Computer and Computational Sciences (ICCCS). Noida, India, 2015. Pp. 257—260. URL: <https://doi.org/10.1109/ICCACS.2015.7361361>.
5. An integrated approach for analyzing air quality monitoring data: a case study in Hanoi, Vietnam / T. D. Nghiêm, D. H. Mac, A. D. Nguyễn et al. // Air Quality, Atmosphere & Health. 2021. Vol. 14. Pp.7—18. URL: <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00907-6>.
6. Atmospheric environment monitoring technology and equipment in China: a review and outlook / S. Youwen, Y. Ting, G. Huaqiao et al. // Journal of Environmental Sciences. 2023. Vol. 123. Pp. 41—53. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.01.014>.
7. Mitryasova O., Pohrebennyyk V. Hydrochemical indicators of water system analysis as factors of the environmental quality state // Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems. Studies in Systems, Decision and Control. Vol. 198. Cham, Springer, 2020. Pp. 91—104. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-11274-5_7.
8. Król S., Zabiegala B., Namieśnik J. Monitoring VOCs in atmospheric air I. On-line gas analyzers // TrAC: Trends in Analytical Chemistry. 2010. Vol. 29. Iss. 9. Pp. 1092—1100. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2010.05.007>.

9. Расстянина О. А., Прокопенко В. В., Ганжа О. А. Методы оценки качества среды крупнейшего города // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 2(83). С. 126—136. EDN: VCOCYL.
10. Фомичев В. Т., Чурикова В. И. Сероводород как фактор экологической опасности городской среды // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2016. Вып. 44-2(63). С. 80—85. EDN: WFVZIN.
11. Modeling DO and BOD₅ changes in the Dez River by using QUAL2Kw / S. F. Jamalizadeh, H. Rabieefar, A. Afrous, A. Hosseini, H. Ebrahimi // Pollution. 2022. Vol. 8. No. 1. Pp. 15—35.
12. Spatial distribution, multivariate statistical analysis, and health risk assessment of some parameters controlling drinking water quality at selected primary schools located in the southwestern coastal region of Bangladesh / T. Kormokar, A. M. Idris, M. M. Khan et al. // Toxin Rev. 2022. Vol. 41. No. 1. Pp. 247—260. URL: <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1866012>.
13. Amaechi C. F., Igbinoba Q. A., Okoduwa A. K. Assessment of atmospheric pollutants (NO₂, CO, and aerosols) in Kano State, Northwestern Nigeria, from 2019—2023 // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2024. Vol. 28 (11B Supplementary). Pp. 3777—3786.
14. Сидоренко В. Ф., Игнатьев А. В., Аброськин А. А., Ганжа О. А. Разработка и актуализация генерального плана города во взаимодействии с совершенствованием системы экологического мониторинга атмосферного воздуха для обеспечения оптимальных условий проживания // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 3(84). С. 122—129. EDN: ZBDDML.
15. О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2024 году : докл. / Под ред. Е. П. Православнова и др. Волгоград : Темпора, 2025. 300 с.
16. Глинянова И. Ю., Фомичев В. Т., Асанова Н. В. Оценка токсичности атмосферного воздуха в обеспечении экологической безопасности населенных пунктов // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2021. Вып. 1(82). С. 184—199. EDN: MOMEKA.
17. Степанова Н. В., Святова Н. В., Сабирова И. Х., Косов А. В. Оценка влияния и риск для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта // Фундаментальные исследования. 2014. № 10-6. С. 1185—1190. EDN: TBHUCP.
18. Федоров С. В., Васильев В. М., Столбихин Ю. В., Черников Н. А. Разработка мероприятий по снижению загазованности канализационной сети // Вестн. граждан. инженеров. 2019. № 5(76). С. 175—181. DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-5-175-181. EDN: GPLEUH.

© Чурикова В. И., Баландина О. А., Игнаткина Д. О., Власова О. С., Радченко О. П., 2025

Поступила в редакцию
29.09.2025

Ссылка для цитирования:

Анализ экологического мониторинга сероводорода в атмосфере городской среды Волгограда и Волжского / В. И. Чурикова, О. А. Баландина, Д. О. Игнаткина, О. С. Власова, О. П. Радченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 4(101). С. 242—249. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_242.

Об авторах:

Чурикова Валерия Игоревна — канд. техн. наук, ст. препод. каф. строительных конструкций, оснований и надежности сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; vachurikova@yandex.ru

Баландина Ольга Александровна — канд. тех. наук, доц. каф. теплогазоснабжения и вентиляции, Самарский государственный технический университет (СамГТУ). Российская Федерация, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244; balandinaolya88@rambler.ru

Игнаткина Дарья Олеговна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; viv_vgasu@mail.ru

Власова Оксана Сергеевна — канд. техн. наук, доц. каф. пожарной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1; pb_i_zchs@vgasu.ru

Радченко Ольга Петровна — ассистент каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Valeriya I. Churikova^a, Olga A. Balandina^b, Darya O. Ignatkina^a, Oksana S. Vlasova^a,
Olga P. Radchenko^a**

^a *Volgograd State Technical University*

^b *Samara State Technical University*

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF HYDROGEN SULFIDE IN THE URBAN ATMOSPHERE OF VOLGOGRAD AND VOLZHSKY

Hydrogen sulfide is a problem in the urban economy, as hydrogen sulfide is closely related to human activity. In addition, the sources of hydrogen sulfide formation are sewage, industrial effluents, and landfills. Hydrogen sulfide has a depressing effect on the human body, weakness, malaise appear, and can also lead to death. With an excessive concentration of hydrogen sulfide in the urban environment, corrosion of metal and concrete systems of the urban economy occurs, which directly leads to wear of the engineering systems of the urban environment. Violation of the ecological state of the city's air leads to an increase in public complaints related to violations of the ecological composition of the urban environment.

K e y w o r d s: hydrogen sulfide, urban economy, urban environment, environmental safety, hydrogen sulfide concentration, atmospheric air monitoring.

For citation:

Churikova V. I., Balandina O. A., Ignatkina D. O., Vlasova O. S., Radchenko O. P. [Analysis of environmental monitoring of hydrogen sulfide in the urban atmosphere of Volgograd and Volzhsky]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 4, pp. 242—249. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_242.

About authors:

Valeriya I. Churikova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; vachurikova@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-4807-9953

Olga A. Balandina — Candidate of Engineering Sciences, Samara State Technical University (SamSTU). 244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation; balandinaolya88@rambler.ru; ORCID: 0000-0002-2044-8545

Darya O. Ignatkina — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; viv_vgasu@mail.ru

Oksana S. Vlasova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; pb_i_zchs@vgasu.ru

Olga P. Radchenko — Assistant, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation