

УДК 691.5:546.46

Т. К. Акчурин, А. В. Савченко, Г. П. Губаревич

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

Приведена краткая характеристика магнезиальных вяжущих материалов. Исследовано влияние различных добавок (жидкого стекла — силиката натрия, поливинилацетата — ПВА, гидроксида алюминия) на прочностные свойства образцов-балочек на основе магнезиальных вяжущих материалов: предел прочности на сжатие и на растяжение при изгибе. По коэффициенту размягчения дана оценка влияния добавок на водостойкость.

Ключевые слова: магнезиальное вяжущее, предел прочности на сжатие, предел прочности на растяжение при изгибе, гидроксид алюминия, жидкое стекло, ПВА, коэффициент размягчения.

Магнезиальное вяжущее и изделия на его основе давно используются в разных сферах современного строительства. К настоящему времени сформировалась краткая характеристика, отражающая достоинства и недостатки данного материала. К достоинствам относят:

1. Высокие прочностные характеристики на сжатие и растяжение. Проведенные исследования показывают, что растворы на магнезиальных вяжущих при высоком качестве сырья достигают через 28 сут предела прочности на сжатие 80...100 МПа, на растяжение — около 2 МПа [1—3]. Данные показатели позволяют применять магнезиальное вяжущее при производстве сборных или монолитных конструкций и изделий, бесшовных полов в промышленных и гражданских зданиях и др.

2. Высокую скорость твердения. По сравнению с бетонными смесями магнезиальные считаются нормально схватывающимися быстротвердеющими материалами. Так, твердение вяжущих на каустическом магнезите начинается не ранее 20 мин от начала затворения, конец схватывания наступает не позднее, чем через 6 ч [4—6]. При использовании каустического доломита схватывание наступает не позднее, чем через 3 ч.

3. Повышенную прочность сцепления с органическими заполнителями (древесными опилками, стружкой и т. п.). Это обусловлено нейтральным химическим составом вяжущего, что обеспечивает защиту от загнивания заполнителя [1, 5, 7]. Поэтому материалы на основе магнезиальных вяжущих имеют повышенные теплоизоляционные, звукоизоляционные и теплоизоляционные свойства.

4. Биостойкость и беспыльность поверхностей. Благодаря своему химическому составу на поверхности магнезиальных вяжущих не образуются пыль, бактерии и грибки, что позволяет использовать изделия из этого материала в гражданских и общественных зданиях [8—10].

Однако, как и у любого другого материала, у магнезиальных вяжущих и изделий, кроме положительных сторон, есть и недостатки. К ним относятся:

1. Низкая водостойкость. Основной причиной является высокая гигроскопичность материалов и изделий. Данный процесс происходит из-за образования водорастворимых кристаллогидратов — гидроксохлоридов и гидрокосульфатов магния, которые образуются при твердении вяжущего [3], что приводит к снижению прочности, образованию трещин, потере теплофизических и звукоизоляционных свойств.

2. Высокие внутренние напряжения в изделиях. Это объясняется тем, что гидроксид магния, как тонкодисперсный продукт, во время реакции покрывает частицы MgO и тормозит диффузию. Чем больше удельная поверхность MgO, тем интенсивнее протекает гидратация на его поверхности в ранние сроки. Поскольку гидратация — экзотермический процесс, при локальном повышении температуры быстро происходит кристаллизация гелеобразного $Mg(OH)_2$.

Появление деформаций, возникающих при твердении магнезиальных вяжущих, обуславливается:

- а) особенностями гидратации магнезиального вяжущего при его затворении низкоактивными растворами;
- б) различиями в активности и степенях закристаллизованности кристаллов оксида магния в магнезиальных вяжущих;
- в) использованием при производстве вяжущего низкокачественного сырья или нарушениями технологии производства материалов и изделий. Все это приводит к потере несущей способности, образованию трещин и, как следствие, разрушению материала [3, 11].

Для устранения недостатков магнезиальных вяжущих предлагаются следующие решения:

1. Замена затворителя. Самым распространенным затворителем при изготовлении магнезиальных материалов является шестиводный хлорид магния. Он имеет оптимальный состав, удобен при применении, недорогой. Однако большинство изделий, затворенных данным рассолом, обладают высокой гигроскопичностью, достигающей 7...8 %, и низкой водостойкостью. Возможно применение других видов затворителей, таких как сульфат магния $MgSO_4$, дигидроортофосфат аммония $NH_4H_2PO_4$, водные растворы NaCl, KCl и т. д. Получающиеся изделия обладают высокими гигроскопическими свойствами (гигроскопичность снижается до 0,64...0,45 %) при сохранении высоких прочностных характеристик [12—16].

2. Покрытие магнезиальных изделий водоотталкивающими средствами и их пропитка — это один из простых способов улучшения свойств магнезиальных строительных изделий. Покрытия защищают материалы от проникновения влаги, паров в изделия, воздействия различных агрессивных сред и др. [17].

3. Использование активных заполнителей — включение модифицированных тонкодисперсных минеральных добавок, за счет которых формируется направленная структура вяжущего, дополнительно к оксигидрохлоридам магния, водостойких гидросиликатов магния (сепиолита, антигорита, талька), а также снижение количества образующегося гидроксида магния за счет повышения плотности затворителя до $1,24 \text{ г/см}^3$. Введение в состав магнезиаль-

ного вяжущего модифицирующих добавок позволяет получить водостойкий магнезиальный камень с коэффициентом размягчения 0,82, что достигается при следующих оптимальных количествах добавок: активная минеральная добавка (микрокремнезем) — 7...12 %, добавка-кренг (тальк) — 4...8 %. При этом для получения водостойкого магнезиального камня на модифицированном вяжущем необходимо использовать затворитель с плотностью не менее 1,24 г/см³ [10, 18—20].

Экспериментальная часть проведена в лаборатории кафедры строительных материалов и специальных технологий Института архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета.

При изготовлении образцов из магнезиальных вяжущих использовались следующие материалы: порошок магнезитовый каустический ПМК — 83; бишофит предприятия «Волгоградский магниевый завод» плотностью 1,33 г/см³; жидкое натриевое стекло Na₂SiO₃; строительный поливинилацетатный клей (ПВА); гидроксид алюминия Al(OH)₃.

Определяли влияние добавок на прочностные характеристики (предел прочности на сжатие и на растяжение при изгибе) образцов-балочек стандартных размеров 40 × 40 × 160 мм. Образцы-балочки твердели в воздушно-сухих условиях 7 и 28 сут.

Добавки в магнезиальное вяжущее вводились различными способами:

1) натриевое жидкое стекло Na₂SiO₃ добавлялось непосредственно в готовое тесто, что придавало вяжущему пластичность и удобоукладываемость;

2) строительный поливинилацетатный клей (ПВА) добавлялся в разбавленном в воде виде вместе с бишофитом;

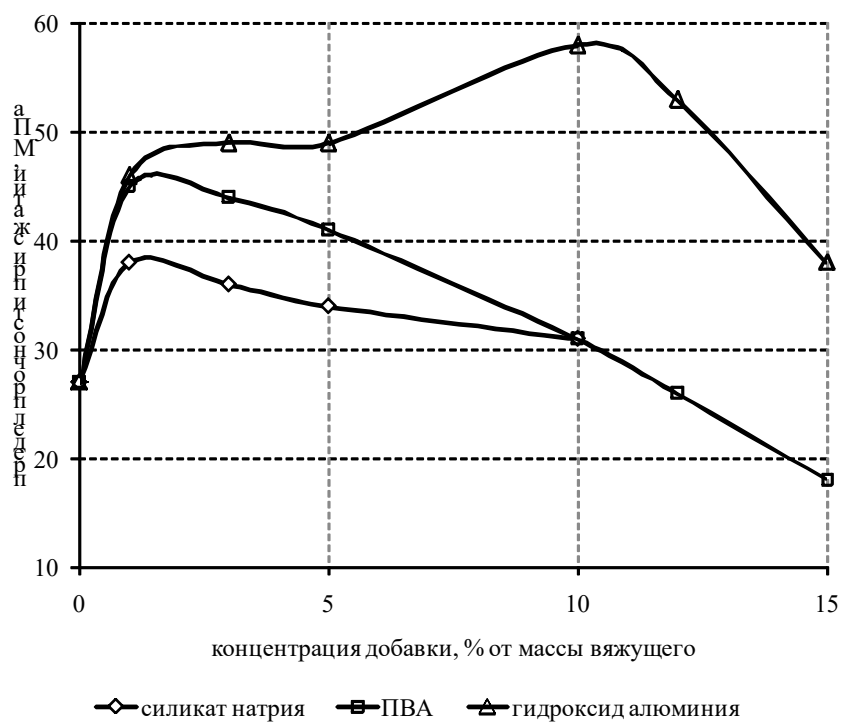
3) гидроксид алюминия Al(OH)₃ добавлялся просеянным через сито № 05 в сухое вяжущее, смесь перемешивалась до однородного состояния.

Влияние добавок на предел прочности на сжатие представлено на рис. 1. Наибольшие показатели предела прочности при сжатии отмечены у образцов, содержащих 3 % Na₂SiO₃, 1 % ПВА, 10 % Al(OH)₃. Максимальное значение предела прочности при сжатии достигается при добавлении 10 % гидроксида алюминия.

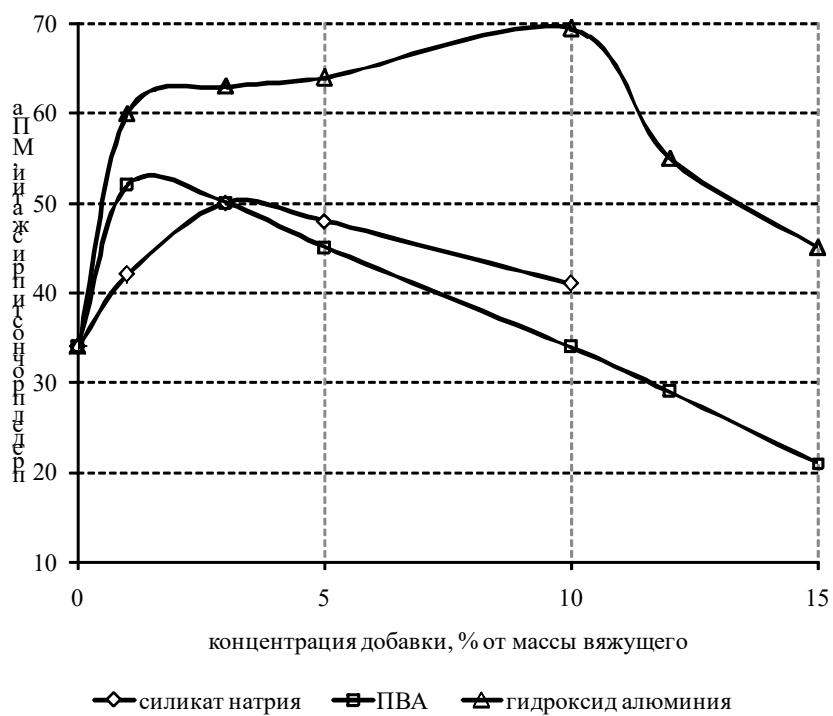
Во всех случаях использование в составе магнезиальных вяжущих добавок приводило к увеличению пределов прочности на сжатие. Однако дальнейшее увеличение концентрации добавок (выше экспериментально найденного оптимального значения) приводит к снижению прочности образцов.

Влияние добавок на предел прочности на растяжение при изгибе представлено на рис. 2. В большинстве случаев введение добавок приводит к снижению прочности на растяжение при изгибе, незначительное увеличение наблюдается при добавлении 1 и 3 % Al(OH)₃.

Водостойкость образцов оценивалась по коэффициенту размягчения: отношение предела прочности на сжатие образцов, твердевших 28 сут в воздушно-сухих условиях, а затем помещенных в воду и выдержанных в ней в течение двух суток, к пределу прочности на сжатие образцов, твердевших 28 сут в воздушно-сухих условиях (рис. 3). Во всех случаях использование добавок снижает водостойкость магнезиального вяжущего по сравнению с образцами без добавок.



а



б

Рис. 1. Влияние содержания добавок на предел прочности при сжатии образцов-балочек в возрасте: а — 7 сут твердения; б — 28 сут твердения

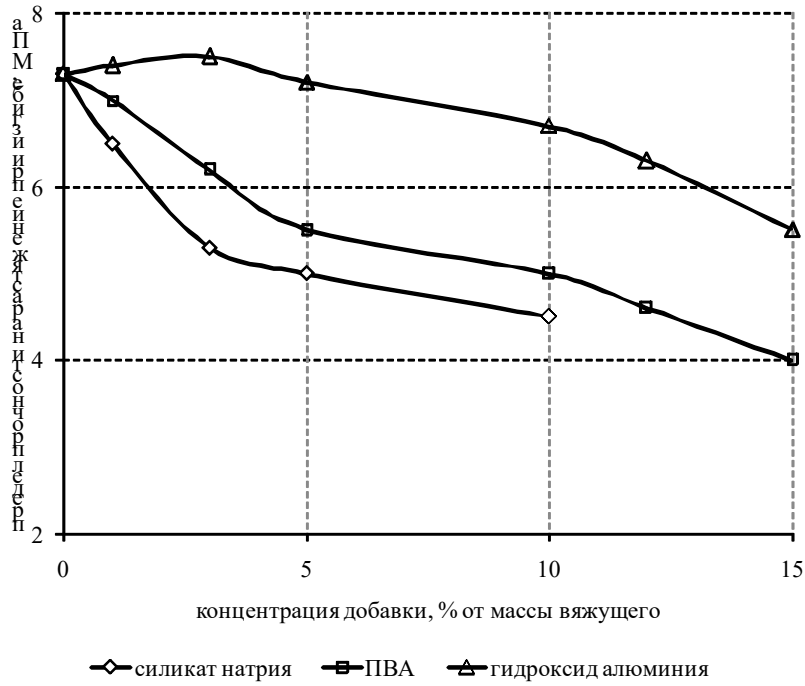


Рис. 2. Влияние содержания добавок на предел прочности на растяжение при изгибе образцов-балочек в возрасте 28 сут твердения

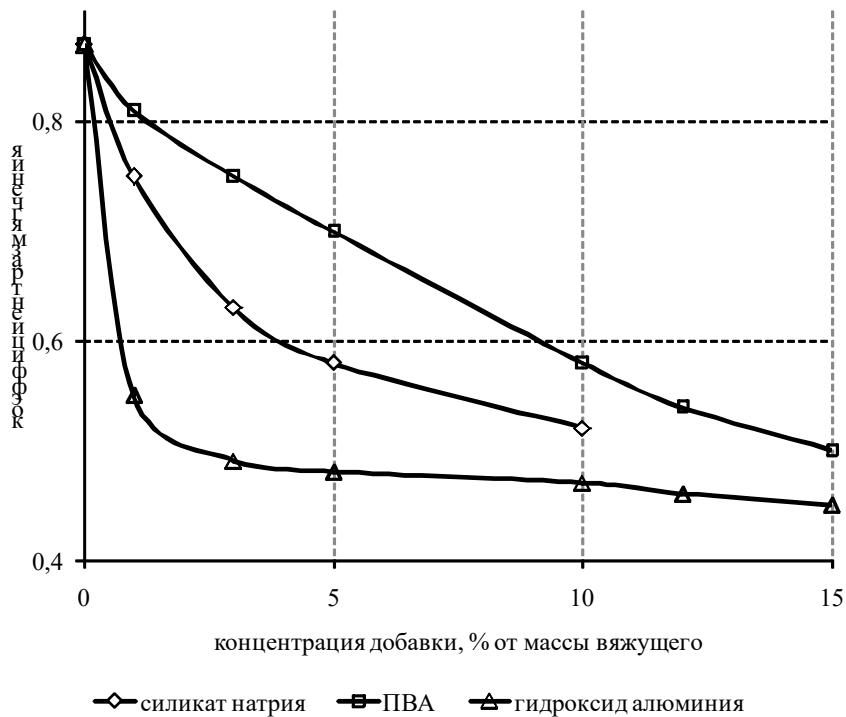


Рис. 3. Влияние содержания добавок на коэффициент размягчения

Выводы

1. Получен оптимальный состав магниезиального вяжущего с добавкой: водный раствор бишофита $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ плотностью $\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$ и 10 % $Al(OH)_3$. Данный состав позволяет увеличить прочность при сжатии образцов до 70 МПа, что в два раза больше предела прочности при сжатии образцов без добавок.

2. Применение добавки гидроксида натрия в количестве 1...3 % незначительно увеличивает предел прочности на растяжение при изгибе. Добавки силиката натрия и ПВА снижают предел прочности на растяжение при изгибе.

3. Применение добавок силиката натрия, ПВА, гидроксида алюминия в количестве 1...15 % снижают водостойкость образцов на основе магниезиальных вяжущих.

4. Вероятно, повышение прочности при использовании гидроксида алюминия объясняется образованием новых минералов, которые имеют более высокие прочностные характеристики, изменением структуры образующегося конгломерата. Необходимы дополнительные исследования для определения минералогического состава и его влияния на свойства магниезиального вяжущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Широкий Г. Т., Юхневский П. И., Бортницкая М. Г. Строительное материаловедение. Минск : Высш. шк., 2015. 464 с.
2. Позин М. Е. Технология минеральных солей. Л. : Химия, 1974. 792 с.
3. Митина Н. А., Лотов В. А., Сухушина А. В. Жидкость затворения для магниезиального вяжущего // Строительные материалы. 2015. Вып. 11. С. 64—68.
4. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительное материаловедение. М. : Инфра-Инженерия, 2013. 832 с.
5. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительные минералы и вяжущие материалы. М. : Инфра-Инженерия, 2011. 544 с.
6. Gur'eva V. A. Application of magnesium-bearing technogenic raw material in the production of decorative-finishing ceramics // Glass and Ceramics. 2009. Vol. 66. No. 3-4. Pp. 95—98.
7. Clifford Y. Tai, Chia-Te Tai, Ming-Hui Chang, Hwai-Shen Liu. Synthesis of magnesium hydroxide and oxide nanoparticles using a spinning disk reactor // Ind. Eng. Chem. Res. 2007. No. 46. Pp. 5536—5541.
8. Compressive strength of fly ash magnesium oxychloride cement containing granite wastes / L. Ying, Y. Hongfa, Z. Lina, W. Jing, W. Chengyou, T. Yong-shan // Construction and Building Materials. 2013. Vol. 38. Pp. 1—7.
9. Yunsong J. A new type of light magnesium cement foamed material // Materials Letters. 2002. Vol. 56. Pp. 353—356.
10. Zeyneb C., Sema (Akyil) E., Sabriye (Doyurum) Y. Magnesium oxide nanoparticles: preparation, characterization, and uranium sorption properties // Environmental Progress & Sustainable Energy. 2012. Vol. 31. Iss. 4. Pp. 536—543.
11. Киянец А. В., Дьяков К. В., Головнев С. Г. Магниезиальные бетоны и растворы в строительстве // Академ. вестн. УралНИИПРОЕКТ РААСН. 2009. Вып. 1. С. 74—75.
12. Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В. С. Минеральные вяжущие вещества. М. : Стройиздат, 1979. 476 с.
13. Акчурин Т. К., Ананьина С. А., Никитин И. Н. Перспективы освоения и технологии переработки бишофита волгоградских месторождений : моногр. Волгоград : ВолгГАСА, 1995. 116 с.
14. Jakowlew G. I. Gepresste Holzmagnesiaerzeugnisse als abfallprodukte der Holzbearbeitung // Bauzeitung. 1999. No. 9. S. 38—40.
15. Зырянова В. Н., Лыткина Е. В., Бердов Г. И. Повышение механической прочности и водостойкости магниезиальных вяжущих веществ при введении минеральных наполнителей // Изв. высш. учеб. заведений. Стр.-во. 2010. № 3(615). С. 21—26.

16. Акчурин Т. К., Савченко А. В., Дробин И. Ю. Совершенствование процесса обжига гидроксида магния с целью получения магнезиального вяжущего // Аспирант. 2021. № 3(60). С. 34—37.
17. Бердов Г. И., Машкин Н. А. Перспективные направления совершенствования составов и технологии строительных материалов на основе минеральных вяжущих веществ // Изв. высш. учеб. заведений. Стр-во. 2015. № 4(676). С. 45—57.
18. Ахмедов А. Д., Рыжов Н. М., Дубровина Ю. Ю. Влияние процентного соотношения компонентов магнезиального вяжущего на реологические свойства // Научные исследования XXI века. 2020. № 5(7). С. 13—16.
19. Зырянова В. Н., Лыткина Е. В., Бердов Г. И., Верещагин В. И. Влияние минеральных наполнителей на свойства магнезиальных вяжущих // Техника и технология силикатов. 2010. Т. 17. № 2. С. 1—7.
20. Рахимов Р. З., Халиуллин М. И., Гайфуллин А. Р. Композиционное гипсовое вяжущее с добавками извести и керамзитовой пыли // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2013. Вып. 31-2(50). С. 149—155.

© Акчурин Т. К., Савченко А. В., Губаревич Г. П., 2023

Поступила в редакцию
в декабре 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Акчурин Т. К., Савченко А. В., Губаревич Г. П. Исследование влияния различных добавок на прочностные свойства строительных материалов на основе магнезиальных вяжущих // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 1(90). С. 129—136.

Об авторах:

Акчурин Талгат Кадимович — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., зав. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; Scopus ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Савченко Алексей Владимирович — канд. техн. наук, доц., доц. каф. математических и естественно-научных дисциплин, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; savtchenko2@mail.ru

Губаревич Галина Павловна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. математических и естественно-научных дисциплин, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; ggubarevich@mail.ru

Talgat K. Akchurin, Aleksei V. Savchenko, Galina P. Gubarevich

Volgograd State Technical University

STUDYING THE EFFECT OF DIFFERENT ADDITIVES ON STRENGTH PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS BASED ON MAGNESIUM BINDERS

A brief description of magnesia binders is given. The influence of various additives (liquid glass — sodium silicate, polyvinyl acetate — PVA, aluminum hydroxide) on the strength properties of specimens-beams based on magnesia binders: compressive strength and tensile strength in bending has been studied. According to the softening coefficient, an assessment of the effect of additives on water resistance is given.

Key words: magnesia binder, compressive strength, flexural tensile strength, aluminum hydroxide, water glass, PVA, softening factor.

For citation:

Akchurin T. K., Savchenko A. V., Gubarevich G. P. [Studying the effect of different additives on strength properties of building materials based on magnesium binders]. *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], 2023, iss. 1, pp. 129—136.

About authors:

Talgat K. Akchurin — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; Scopus ID: 57190967539; info@vgasu.ru

Aleksei V. Savchenko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; savtchenko2@mail.ru

Galina P. Gubarevich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; ggubarevich@mail.ru