

Л.А. Мазина (Общество с ограниченной ответственностью Производственно-коммерческая фирма «Полипласт», г. Ишимбай, Российская Федерация), **И.И. Зарипов, А.Х. Алибакова** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация), **Ю.Е. Сапожников** (ГБУ РБ «Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии наук Республики Башкортостан», г. Уфа, Российская Федерация), **И.В. Лапшакова** (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

ПЛАСТИФИКАТОРЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Ludmila A. Mazina (Production and Commercial Firm Polyplast, LLC, Ishimbay, Russian Federation), **Ilnar I. Zaripov, Aida Kh. Alibakova** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation), **Yuriy E. Sapozhnikov** (Research Technological Institute of Herbicides and Plant Growth Regulators with Pilot Production Academy of Sciences of Republic of Bashkortostan, Ufa, Russian Federation), **Irina V. Lapshakova** (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

SPECIAL PURPOSE PLASTICATORS FOR POLYVINYL CHLORIDE

Введение

Эластичные материалы на основе поливинилхлорида (ПВХ) находят широкое применение в различных областях: медицинские изделия, кабели, обувь, шланги, покрытия полов, уплотнители, упаковочная пленка и др. Поливинилхлорид является полярным жестким полимером, и для придания ему мягкости и каучукоподобных свойств используются пластификаторы. Наибольшее распространение в производстве эластичных ПВХ материалов получили диалкилфталатные пластификаторы общего назначения - диоктилфталат и диизононилфталат.

Background

Elastic materials based on polyvinyl chloride (PVC) are widely used in various fields: medical products, cables, shoes, hoses, floor coverings, seals, packaging films, etc. Polyvinyl chloride is a polar rigid polymer, and for plasticizers are used to give it softness and rubbery properties. The most widespread in the production of elastic PVC materials are dialkyl phthalate plasticizers for general purposes - dioctyl phthalate and diisononyl phthalate.

Цели и задачи

В работе рассмотрена эффективность применения экологически безопасного нефталатного пластификатора триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноата) в поливинилхлоридном пластикате, предназначенном для изготовления морозостойких шлангов.

Результаты

Исследовано влияние триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноата) в сравнении с диоктиладипинатом (ДОА) и полимерным пластификатором, представляющим собой сложный эфир адипиновой кислоты Edenol 1215, на физико-механические свойства ПВХ пластикатов, масло- и бензостойкость, морозостойкость и другие эксплуатационные характеристики, а также проведен динамомеханический анализ исследуемых материалов на приборе NETZSCH DMA 242. Пластификатор триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноат) способствует наибольшему снижению температуры стеклования ПВХ пластиката и обеспечивает более высокую эластичность при низких температурах и, как следствие, лучшую морозостойкость в сравнении с диоктиладипинатом и Edenol 1215. Масло- и бензостойкость ПВХ пластикатов, полученных с триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноатом), сопоставима с образцом, пластифицированным ДОА, и заметно уступает материалу с пластификатором Edenol 1215, имеющему более высокую молекулярную массу. Триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноат) является перспективным пластификатором для промышленного получения ПВХ пластикатов с повышенной морозостойкостью.

Aims and Objectives

The paper considers the efficiency of the use of an environmentally friendly oil-free plasticizer triethylene glycol bis (2-ethylhexanoate) in a PVC compound intended for the manufacture of frost-resistant hoses.

Results

The effect of triethylene glycol bis (2-ethylhexanoate) in comparison with dioctyl adipate (DOA) and a polymer plasticizer, which is an ester of adipic acid Edenol 1215, on the physical and mechanical properties of PVC compounds, oil and petrol resistance, frost resistance and other performance characteristics, as well as a dynamo-mechanical analysis of the investigated materials was carried out on a NETZSCH DMA 242 device. The plasticizer triethylene glycol bis (2-ethylhexanoate) contributes to the greatest decrease in the glass transition temperature of PVC compound and provides higher elasticity at low temperatures and, as a consequence, better frost resistance in comparison with dioctyl adipate and Edenol 1215. The oil and petrol resistance of PVC compounds obtained with triethylene glycol bis (2-ethylhexanoate) is comparable to the sample plasticized with DOA and is noticeably inferior to the material with the plasticizer Edenol 1215, which has a higher molecular weight. Triethylene glycol bis (2-ethylhexanoate) is a promising plasticizer for the industrial production of PVC compounds with increased frost resistance.

Ключевые слова: ПВХ пластикаты; пластификаторы; поливинилхлорид; триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноат)

Keywords: PVC plasticates; plasticizers; polyvinyl chloride; triethylene glycol bis (2-ethylhexanoate)

Введение

Эластичные материалы на основе поливинилхлорида (ПВХ) находят широкое применение в различных областях: медицинские

изделия, кабели, обувь, шланги, покрытия полов, уплотнители, упаковочная пленка и др. [1-3]. ПВХ является полярным жестким полимером, и для придания ему мягкости и каучукоподобных свойств используются пластификаторы [4].

Наибольшее распространение в производстве эластичных ПВХ материалов получили диалкилфталатные пластификаторы общего назначения - диоктилфталат (ДОФ) и диизононилфталат (ДИНФ) [5, 6]. Они хорошо совместимы с ПВХ, обладают высокой пластифицирующей эффективностью, а также сравнительно низкой ценой [7]. При этом по объемам применения ДОФ занимает лидирующие позиции [8].

Этот универсальный пластификатор, обеспечивающий удовлетворительные физико-механические характеристики, эластичность, морозостойкость пластикатов, имеет некоторые свойства, ограничивающие области его применения. ДОФ обладает сравнительно высокой летучестью, низкой устойчивостью к экстрагированию маслами, бензинами и др. Десорбция пластификатора из ПВХ приводит к увеличению температуры его стеклования, что значительно ухудшает эксплуатационные свойства полимерных изделий [9, 10]. С введением в состав ПВХ пластикатов ДОФ и увеличением его содержания значительно увеличивается горючесть эластичных материалов, увеличивается образование дыма при пожарах [11, 12]. Кроме того, ПВХ материалы, пластифицированные ДОФ, при понижении температуры теряют свою эластичность, застывают и теряют способность сохранять свои эксплуатационные свойства.

Для снижения горючести ПВХ пластикатов в качестве пластификаторов используют фосфорсодержащие сложные эфиры, хлорпарафины, галогенированные диоктилфталаты. Повышение морозостойкости достигается применением диоктилсебацата, диоксиладипината, диизонониладипината. Полиэфирные пластификаторы слабо экстрагируются из полимерного материала и позволяют получать ПВХ пластикаты, устойчивые к действию масел и бензина. Повысить теплоустойчивость ПВХ пластикатов можно, пластифицируя их сложными эфирами тримеллитовой кислоты [7]. Таким образом, определяющим условием, влияющим на выбор пластификаторов, является область применения эластичных ПВХ материалов.

Ещё одним фактором, ограничивающим области применения ДОФ, является установленное неблагоприятное воздействие на здоровье человека, что ведет к поиску альтернативных экологически безопасных пластификаторов [13-16].

В связи с необходимостью расширения ассортимента нетоксичных пластификаторов специального назначения в данной работе исследовано влияние триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноата) (ТЭГО) на свойства ПВХ пластикатов.

Материалы и методы исследования

В работе использованы суспензионный ПВХ с константой Фикентчера $K_f = 70$, бутадиен-нитрильный каучук ПБНК-3365, комплексный кальций-цинковый стабилизатор производства Ставропольского завода стабилизаторов полимеров, микрорамор со средним размером частиц 2,5 мкм, ДИНФ, пластификатор триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноата) (ТЭГО) и в качестве объектов сравнения диоксиладипинат (ДОА) и пластификатор Edenol 1215, представляющий собой сложный эфир адипиновой кислоты. В рецептуре использовались смеси пластификаторов ДИНФ с ДОА, или Edenol 1215, или ТЭГО при их соотношении 3 : 1 соответственно.

Характеристика пластификатора ТЭГО представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноата)

№ п/п	Наименование показателя	Значение
1	Молекулярная масса	402,564
2	Температура кипения, °С	381
3	Температура плавления, °С	минус 70
4	Плотность при 20 °С, г/см ³	0,966
5	Растворимость в воде при 20 °С, г/л	0,00153

Испытание ТЭГО проводили на базе рецептуры морозостойкого маслостойкого шлангового ПВХ пластиката.

Варку ПВХ композиций осуществляли в лабораторном смесителе при скорости перемешивания 1500 об/мин, в течение 10-12 мин. Затем композиции гомогенизировали и пластицировали в течение 10 мин на двухвалковых вальцах ПД 320 160/160 при температурах 150-155 °С.

Для физико-химических испытаний из отвальцованных пленок прессовали образцы толщиной 1 мм.

Температуру хрупкости определяли по ГОСТ 16783, прочность при разрыве и относительное удлинение при разрыве - по ГОСТ 1236, водопоглощение - по ГОСТ 4650, показатель текучести расплава (ПТР) - по ГОСТ 11645, динамо-механический анализ (ДМА) проводили на приборе NETZSCH DMA 242 в

режиме растяжения и в интервале температур от минус 100 °С до плюс 80 °С, при частоте 1 Гц в атмосфере азота, подаваемого со скоростью 100 мл/мин.

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные данные, приведенные в таблице 2, показывают, что при использовании пластификатора ТЭГО обеспечивается наилучшая морозостойкость ПВХ пластиката.

Температура хрупкости при этом снижается до минус 65 °С.

Образцы пластиката, полученные с адипинатными пластификаторами, имеют более высокие значения температуры хрупкости: для ДОА значение данного показателя достигает минус 58 °С, для Edenol 1215 - минус 53 °С.

Таблица 2. Результаты испытаний шлангового ПВХ пластиката с различными пластификаторами

Наименование показателя	Результаты испытаний		
	ДОА	Edenol 1215	ТЭГО
Прочность при разрыве, МПа	12,9	14,2	13,5
Относительное удлинение при разрыве, %	398	445	402
Плотность, г/см ³	1,2697	1,2870	1,2710
Потери в массе при (160 ± 2) °С в течение 6 ч, %	1,8	1,2	1,55
Показатель текучести расплава (ПТР), Т = 190 °С, Р = 10 кгс, г/10 мин	145	108	154
Температура хрупкости, °С	-58	-53	-65
Твердость по Шор А, усл. ед.	58	59	57
Водопоглощение, %	0,59	0,63	0,55
Изменение массы образца после выдержки 24 ч в бензине, %	-13,1	-1,9	-12,2
Изменение массы образца после выдержки 24 ч в масле, %	-2,5	-0,85	-2,3

По влиянию на физико-механические свойства ПВХ пластика ТЭГО находится на одном уровне с ДОА, а полиэфирный пластификатор Edenol 1215 позволяет получить полимерный материал с более высокими значениями показателей прочности при разрыве и относительного удлинения при разрыве.

По влиянию на твердость, плотность, водопоглощение, потери в массе при прогреве пластификатор ТЭГО занимает промежуточное положение между ДОА и Edenol 1215, но значительно улучшает текучесть расплава пластика. Поскольку ТЭГО мономерный

пластификатор, он не устойчив к экстракции минеральным маслом и бензином, и по изменению массы пластика после выдержки в данных средах сопоставим с ДОА. Пластификатор Edenol 1215, имеющий более высокую молекулярную массу, экстрагируется значительно меньше.

При исследовании термомеханических свойств установлено, что в сравнении с Edenol 1215 и ДОА пластификатор ТЭГО способствует наибольшему снижению температуры стеклования ПВХ пластика и обеспечивает более высокую эластичность при низких температурах (таблица 3).

Таблица 3. Термомеханические свойства ПВХ пластика

Наименование показателя	ДОА	Edenol 1215	ТЭГО
Температура начала перехода в стеклообразное состояние $T_n, ^\circ\text{C}$	-35,4	-0,1	-41,1
Температура стеклования $T_{ст}, ^\circ\text{C}$	-54,1	-46,3	-60,6
Температура конца перехода из стеклообразного состояния в высокоэластическое $T_k, ^\circ\text{C}$	-68,2	-60,9	-86,5
Температура пика тангенса угла механических потерь, $^\circ\text{C}$	-21,3	-14,9	-27,7
Интервал температур, в котором наблюдается область α -релаксации $T_k - T_n, ^\circ\text{C}$	32,8	30,8	55,8

Основываясь на результатах проведенных исследований, можно заключить, что пластификатор ТЭГО позволяет получить ПВХ пластику с повышенной морозостойкостью и улучшенными эластическими свойствами при низких температурах, не ухудшая при этом физико-механические и эксплуатационные свойства полимерного материала.

Вывод

Исследовано влияние триэтиленгликоль бис(2-этилгксаноата) в сравнении с диоктиладипинатом и полимерным пластифика-

тором, представляющим собой сложный эфир адипиновой кислоты Edenol 1215, на физико-механические свойства ПВХ пластику, масло- и бензостойкость, морозостойкость и другие эксплуатационные характеристики, а также проведен динамо-механический анализ исследуемых материалов на приборе NETZSCH DMA 242.

Пластификатор триэтиленгликоль бис(2-этилгксаноат) способствует наибольшему снижению температуры стеклования ПВХ пластика и обеспечивает более высокую эластичность при низких температурах и,

как следствие, лучшую морозостойкость в сравнении с диоктиладипинатом и Edenol 1215.

Масло- и бензостойкость ПВХ пластификатов, полученных с триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноатом), сопоставима с образцом, пластифицированным ДОА, и заметно усту-

пает материалу с пластификатором Edenol 1215, имеющему более высокую молекулярную массу.

Триэтиленгликоль бис(2-этилгексаноат) является перспективным пластификатором для промышленного получения ПВХ пластификатов с повышенной морозостойкостью.

Список литературы

1. Wilkie C., Summers J., Daniels C. *Polyvinyl Chloride*. St. Petersburg: Profession, 2007. 728 p.
2. Schiller M. *Additives to PVC. Composition, Properties, Application / Trans. from English*, Edited by N.N. Tikhonov. St. Petersburg: Profession, 2017. 400 p.
3. Patrick S.G. *Practical Guide to Polyvinyl Chloride*. Shrewsbury: Rapra Technology, 2005. 162 p.
4. Gutkovich S.A., Shebyrev V.V., Grishin A.N. *Physical and Mechanical Properties of a Plasticized Composition Based on Polyvinyl Chloride (PVC) // Materialovedenie*. 2007 No. 8. P. 42-45.
5. Gutkovich S.A. *Features of Production and Application of Polyvinyl Chloride with Different Physical and Chemical Characteristics: Doct. Engin. Sci. Diss.* M.: 2011. 314 p.
6. Барштейн Р.С., Кирилович В.И., Носовский Ю.Е. *Пластификаторы для полимеров*. М.: Химия, 1982. 200 с.
7. Grossman F. *Guidance on The development of Compositions Based on PVC. Scientific Foundations and Technologies*. St. Petersburg: 2009. 550 p.
8. *The Market of Plasticizers and Stabilizers of Polymer Materials in Russia - 2021. Indicators and Forecasts*. M.: Analytical Company Tebiz Group, 2021. 89 p.
9. Dedov A.V., Stolyarov V.L., Pitikova O.V., Nazarov V.T. *Approaches to Modelling Kinetics Extraction of Plasticizers from Polyvinyl Chloride // Plastic Masses*. 2013. No. 5. P. 36-39.
10. Yagudina D.I., Sadretdinov I.F., Sultanbekova I.A., Alyabev A.S. *Diisonyl and Diisodecyl Phthalates are New Promising Plasticizers for the Domestic Industry // Oil and Gas Business*. 2014. Vol. 12. No. 2. P. 113-132.
11. Muhin Yu.F., Cherneckij S.A., Korolchemko A.Ya. *Current State of the Problem of Reducing Flammability of Plasticized Polyvinyl Chloride // Fire and Explosion Safety*. 1998. Vol. 7. No. 2. P. 20-28.
12. Mazina L.A., Nafikova R.F., Ahmethanov R.M. *Polyvinyl Chloride Plasticates of Reduced Fire Hazard, Modified with Bromine and Phosphorus-Containing Plasticizers // Vestnik Bashkirskogo Universiteta*. 2020. Vol. 25. No. 4. P. 776-779. DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2020.4.12.
13. Shkaeva I.E., Solnceva S.A., Nikulina O.S.,

References

1. Wilkie C., Summers J., Daniels C. *Polyvinyl Chloride*. St. Petersburg, Profession, 2007. 728 p.
2. Schiller M. *Additives to PVC. Composition, Properties, Application*. Trans. from English, Edited by N.N. Tikhonov. St. Petersburg, Profession, 2017. 400 p.
3. Patrick S.G. *Practical Guide to Polyvinyl Chloride*. Shrewsbury, Rapra Technology, 2005. 162 p.
4. Gutkovich S.A., Shebyrev V.V., Grishin A.N. *Physical and Mechanical Properties of a Plasticized Composition Based on Polyvinyl Chloride (PVC)*. *Materialovedenie*, 2007, No. 8, pp. 42-45.
5. Gutkovich S.A. *Features of Production and Application of Polyvinyl Chloride with Different Physical and Chemical Characteristics: Doct. Engin. Sci. Diss.* Moscow, 2011. 314 p.
6. Barshtein R.S., Kirilovich V.I., Nosovskii Yu.E. *Plastifikatory dlya polimerov* [Plasticizers for Polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1982. 200 p. [in Russian].
7. Grossman F. *Guidance on The development of Compositions Based on PVC. Scientific Foundations and Technologies*. St. Petersburg, 2009. 550 p.
8. *The Market of Plasticizers and Stabilizers of Polymer Materials in Russia - 2021. Indicators and Forecasts*. Moscow, Analytical Company Tebiz Group, 2021. 89 p.
9. Dedov A.V., Stolyarov V.L., Pitikova O.V., Nazarov V.T. *Approaches to Modelling Kinetics Extraction of Plasticizers from Polyvinyl Chloride*. *Plastic Masses*, 2013, No. 5, pp. 36-39.
10. Yagudina D.I., Sadretdinov I.F., Sultanbekova I.A., Alyabev A.S. *Diisonyl and Diisodecyl Phthalates are New Promising Plasticizers for the Domestic Industry*. *Oil and Gas Business*, 2014, Vol. 12, No. 2, pp. 113-132.
11. Muhin Yu.F., Cherneckij S.A., Korolchemko A.Ya. *Current State of the Problem of Reducing Flammability of Plasticized Polyvinyl Chloride*. *Fire and Explosion Safety*, 1998, Vol. 7, No. 2, pp. 20-28.
12. Mazina L.A., Nafikova R.F., Ahmethanov R.M. *Polyvinyl Chloride Plasticates of Reduced Fire Hazard, Modified with Bromine and Phosphorus-Containing Plasticizers*. *Vestnik Bashkirskogo Universiteta*, 2020, Vol. 25, No. 4, pp. 776-779. DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2020.4.12.

Nikolaev A.I., Dulov S.A., Zemlyanov A.V. Toxicity and Danger of Phthalates // *Toxicological Bulletin*. 2019. No. 6. P. 3-9.

14. Regulation (EC) No. 1907/2006 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*. 2006. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&from=EN> (accessed 09.06.2021).

15. Zhang L., Zhang J., Ding X., Zhu J., Liu Y., Fan Y., Wu Y., Wei Y. Synthesis and Application of a New Environmental Friendly Plasticizer // *American Journal of Biomedical Science and Engineering*. 2015. Vol. 1. P. 9-19.

16. Bocque M., Voirin C., Lapinte V., Caillol S., Robin J.-J. Petro-Based and Bio-Based Plasticizers: Chemical Structures to Plasticizing Properties // *Journal of Polymer Science Part A Polymer Chemistry*. 2016. Vol 54. Issue 1. P. 11-33. DOI: 10.1002/pola.27917.

13. Shkaeva I.E., Solnceva S.A., Nikulina O.S., Nikolaev A.I., Dulov S.A., Zemlyanov A.V. Toxicity and Danger of Phthalates. *Toxicological Bulletin*, 2019, No. 6, pp. 3-9.

14. Regulation (EC) No. 1907/2006 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*. 2006. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907&from=EN> (accessed 09.06.2021).

15. Zhang L., Zhang J., Ding X., Zhu J., Liu Y., Fan Y., Wu Y., Wei Y. Synthesis and Application of a New Environmental Friendly Plasticizer. *American Journal of Biomedical Science and Engineering*, 2015, Vol. 1, pp. 9-19.

16. Bocque M., Voirin C., Lapinte V., Caillol S., Robin J.-J. Petro-Based and Bio-Based Plasticizers: Chemical Structures to Plasticizing Properties. *Journal of Polymer Science Part A Polymer Chemistry*, 2016, Vol 54, Issue 1, pp. 11-33. DOI: 10.1002/pola.27917.

Авторы

• Мазина Людмила Александровна, канд. хим. наук
Общество с ограниченной ответственностью
Производственно-коммерческая фирма
«Полипласт»
Начальник лаборатории
Российская Федерация, 453203, г. Ишимбай,
ул. Левый берег, 36
e-mail: mazina.la@gmail.ru

• Зарипов Ильнар Ильгизович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Прикладные
и естественнонаучные дисциплины»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: elenaasf@yandex.ru

• Алибакова Аида Хабиловна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Прикладные
и естественнонаучные дисциплины»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: elenaasf@yandex.ru

The Authors

• Mazina Ludmila A., Candidate of Chemical
Sciences
Production and Commercial Firm Polyplast, LLC
Head of Laboratory
36, Levyy bereg str., Ishimbay, 453203,
Russian Federation
e-mail: mazina.la@gmail.ru

• Zaripov Ilnar I.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Applied and Natural
Sciences Department
195, Mendeleev str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: elenaasf@yandex.ru

• Alibakova Aida Kh.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Applied and Natural
Sciences Department
195, Mendeleev str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: elenaasf@yandex.ru

• Сапожников Юрий Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук
ГБУ РБ «Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии наук Республики Башкортостан»
Заведующий лабораторией
Российская Федерация, 450029, г. Уфа,
ул. Ульяновых, 65
e-mail: priem_nitig@mail.ru

• Sapozhnikov Yuriy E., Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Research Technological Institute of Herbicides and Plant Growth Regulators with Pilot Production
Academy of Sciences of Republic of Bashkortostan
Head of Laboratory
65, Ulyanov str., Ufa, 450029,
Russian Federation
e-mail: priem_nitig@mail.ru

• Лапшакова Ирина Васильевна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 197
e-mail: irvasya@rambler.ru

• Lapshakova Irina V., Candidate of Engineering Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Water Supply and Drainage Department
197, Mendeleev str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: irvasya@rambler.ru