

УДК 614:84

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЯХ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

Головина Екатерина Валерьевна, Кректунов Алексей Александрович,
Ефимов Иван Александрович

Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования огнезащитных покрытий вспучивающегося типа для металлических конструкций методом оценки огнезащитной эффективности в условиях углеводородного горения. В качестве анализируемого огнезащитного материала выбран огнезащитный вспучивающийся состав на основе эпоксидного связующего в виде двух образцов, один из которых усилен армирующей сеткой из стекловолокна.

Основными задачами исследования являются проведение испытаний методом оценки огнезащитной эффективности в условиях углеводородного температурного режима и сравнительный анализ полученных результатов анализируемых образцов. Для осуществления поставленных задач были подготовлены образцы в соответствии с технической документацией и проведены исследования в соответствии с утвержденными методиками. В статье результаты исследования образцов приведены в графическом виде, а также представлены визуальные изменения, фиксируемые во время огневых испытаний. Опираясь на результаты испытаний, сделан вывод о более высокой огнезащитной эффективности вспучивающегося покрытия в виде огнезащитного состава, армированного стеклотканью, по сравнению с огнезащитным тонкослойным составом.

Ключевые слова: огнезащитная эффективность, средства огнезащиты, вспучивающийся огнезащитный материал, углеводородный температурный режим, огневые испытания

RESEARCH OF THE FIRE RETARDANT PROPERTIES OF INTUMESCENT COATINGS FOR METAL STRUCTURES DURING FIRE TESTS UNDER HYDROCARBON TEMPERATURE CONDITIONS

Ekaterina V. Golovina, Alexey A. Krekturnov, Ivan A. Efimov

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russian Federation

ABSTRACT

The article presents the results of a study of flame-retardant coatings of an intumescent type for metal structures by evaluating the fire rating in conditions of hydrocarbon combustion. A flame retardant swelling compound based on an epoxy binder in

the form of two samples, one of which is reinforced with a fiberglass reinforcing mesh, was selected as the analyzed flame retardant material.

The main objectives of the study are to carry out tests by the methods of fire rating assessment in hydrocarbon temperature conditions and a comparative analysis of the results obtained from the analyzed samples. To achieve the objectives, samples were prepared in accordance with the technical documentation and studies were carried out in accordance with approved methods.

The article presents the results of the sample study in graphical form, as well as visual changes recorded during fire tests. Based on the test results, it was concluded that the fire rating of intumescent coating in the form of a flame retardant agent reinforced with a glass mesh is higher than that of a flame retardant thin-layer composition.

Keywords: fire rating, fireproofing, intumescent fire-retardant agents, hydrocarbon temperature condition, fire tests.

Введение

В настоящее время на отечественном рынке существует множество средств огнезащиты для металлических конструкций, предназначенных для применения на объектах нефтегазовой отрасли. При всем существующем многообразии огнезащитных материалов перед собственниками промышленных организаций встает задача выбора оптимального решения для каждого конкретного объекта. В данном случае применение метода оценки огнезащитной эффективности является весьма информативным. Однако чаще проводятся огневые испытания в условиях стандартного температурного режима. В работах [1–4] приведены результаты испытаний при стандартном температурном режиме. В то же время следует отметить, что для объектов нефтегазового комплекса целесообразно проводить испытания огнезащитных материалов в условиях углеводородного температурного режима. В исследованиях [5–9] обосновано применение тонкослойных покрытий вспучивающегося типа на основе эпоксидного связующего для применения на промышленных объектах. В данном ис-

следовании авторами предлагается усилить анализируемый огнезащитный состав армирующей сеткой из стекловолокна, провести огневые испытания в температурных условиях углеводородного горения и проанализировать полученные результаты.

Объекты и методы

В качестве объектов исследования был выбран огнезащитный антикоррозионный состав, предназначенный для повышения предела огнестойкости несущих металлических конструкций. Состав представляет собой двухкомпонентную систему на основе эпоксидного связующего. Согласно технологической инструкции были подготовлены образцы, на которые было нанесено огнезащитное покрытие по схеме:

– образец № 1: грунтовочный слой + огнезащитный материал + финишное покрытие;

– образец № 2: грунтовочный слой + огнезащитный материал + армирующая стеклосетка + финишное покрытие.

Характеристики подготовленных образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1
Характеристики образцов, подготовленных для испытания
Table 1

Characteristics of the samples prepared for testing

Показатель Indicator	Образец № 1 Sample № 1	Образец № 2 Sample № 2
Толщина сухого слоя грунта, мм The thickness of the dry soil layer, mm	не менее 0,1 at least 0,1	не менее 0,1 at least 0,1
Толщина сухого слоя огнезащитного состава, мм The thickness of the dry layer of flame retardant, mm	7,74	7,74
Размер ячейки армирующей сетки (ровинговая стеклоткань), мм The cell size of the reinforcing mesh (roving fiber-glass), mm	–	5×5
Толщина сухого слоя финишного покрытия, мм The thickness of the dry layer of the finish coating, mm	не менее 0,05 at least 0,05	не менее 0,05 at least 0,05
Приведенная толщина металла стальной колонны двутаврового сечения The metal thickness of the I-section steel column	2,4	2,4

В качестве метода испытания был выбран метод определения огнезащитной эффективности и проведены испытания в соответствии с ГОСТ 1363-2-2014 [10] и ГОСТ 53295-2009 [11], были проведены испытания на огнезащитную эффективность в условиях углеводородного температурного режима. Сущность метода заключается в определении огнезащитной эффективности при тепловом воздействии на образец и определении времени от начала теплового воздействия до наступления предельного состояния этого образца.

За предельное состояние принимается достижение металлом испытанного образца критической температуры, равной 500 °С (среднее значение по показаниям трех термопар). Критическая температура стали в 500 °С характеризуется потерей несущей способности стальных конструкций при нормальной нагрузке.

Процедура подготовки образцов к испытаниям и испытания проведены в соответствии с нормативными документами вышеуказанного метода.

Во время проведения испытаний помимо времени наступления предельного состояния образца фиксировались изменения температуры в печи, поведение огнезащитного состава интумесцентного типа (вспучивание, обугливание, отслоение), изменение температуры металла опытного образца.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследования образцов при углеводородном температурном режиме представлены графически на рис. 1–2.

В процессе проведения испытаний также фиксировались визуальные изменения покрытия (см. табл. 2–3).

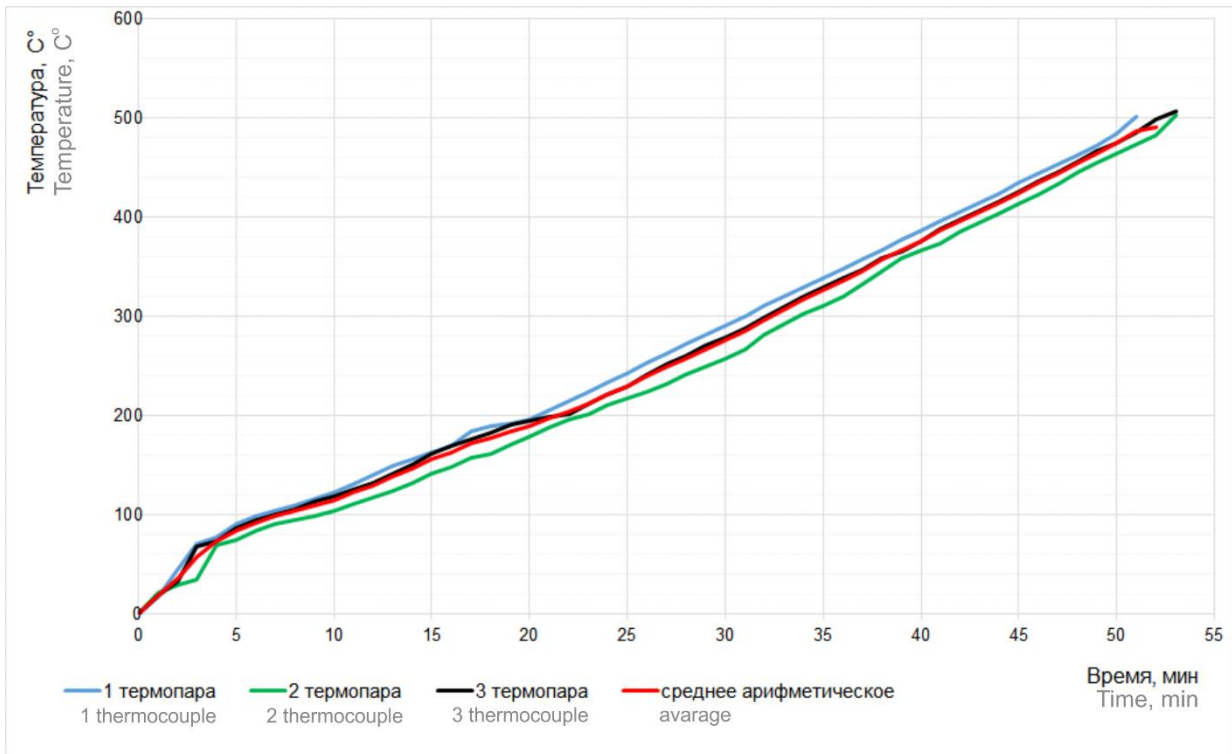


Рис. 1. Изменение температуры образца 1 при проведении огневых испытаний

Fig. 1. Change in temperature of sample 1 during fire tests

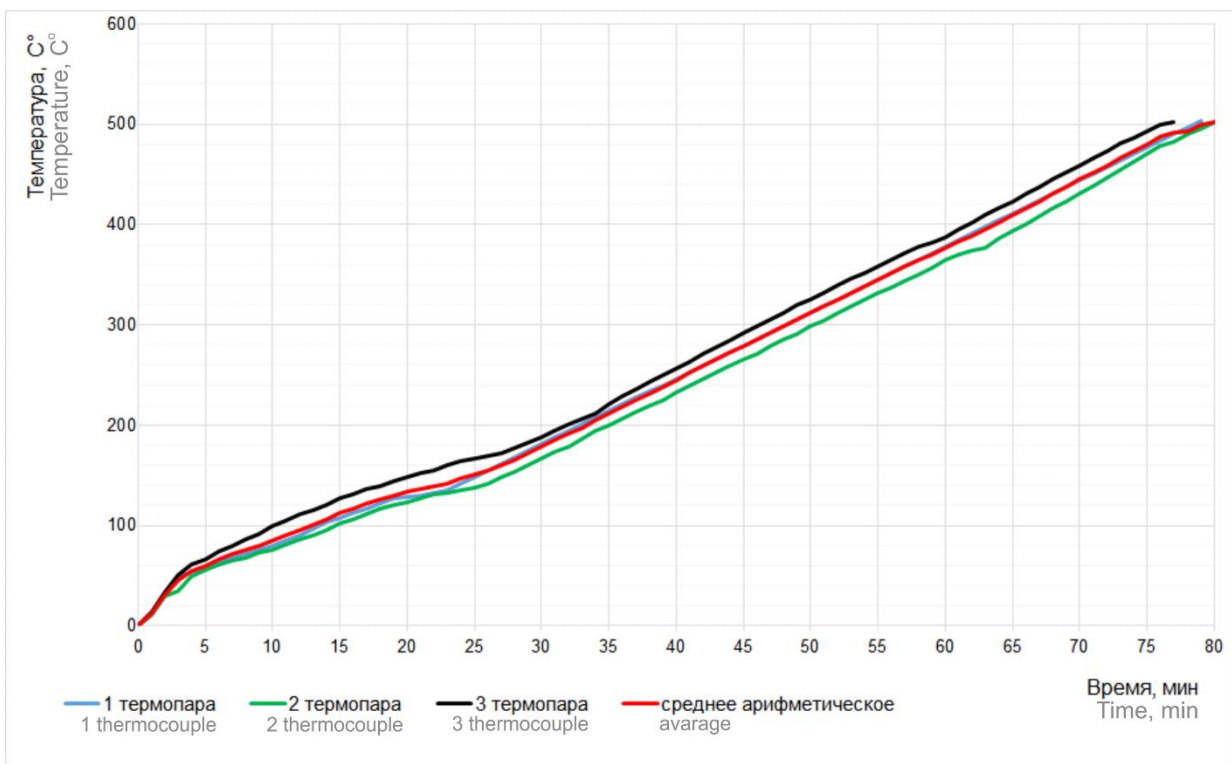


Рис. 2. Изменение температуры образца 2 при проведении огневых испытаний

Fig. 2. Change in temperature of sample 2 during fire tests

Таблица 2

Изменения, фиксируемые во время огневых испытаний для образца № 1

Table 2

Changes recorded during fire tests for the sample № 1

Время, мин Time, min	Температура в печи, °С Furnace temperature, °С	Средняя температура на поверхности образ- ца, °С The average tempera- ture on the surface of the sample, °С	Примечания Notes
0	18		
5	945	84,28	Вспенивание по центру ~ 10 мм Foaming in the center ~ 10 mm
10	1029	115,31	Без изменений No change
15	1037	155,62	Вспенивание ~ 20 мм Foaming ~ 20 mm
20	1051	189,81	Без изменений No change
25	1076	230,28	Вспенивание ~ 25 мм, незначи- тельное дымовыделение Foaming ~ 25 mm, slight smoke pro- duction
30	1099	276,08	Без изменений No change
35	1099	326,63	Без изменений No change
40	1100	376,71	Вспенивание закончилось, слой кок- са выровнялся ~ 30–35 мм Foaming is completed, the coke layer has levelled out ~ 30–35 mm
45	1101	424,51	Без изменений No change
50	1101	474,83	Без изменений No change
53	1103	505,04	Превышение критической темпера- туры для стали 500 °С на необогрева- емой поверхности образца Exceeding the critical temperature for steel of 500 ° C on the unheated sur- face of the sample

Таблица 3

Изменения, фиксируемые во время огневых испытаний для образца № 2

Table 3

Changes recorded during fire tests for the sample № 2

Время, мин Time, min	Температура в печи, °С Furnace temperature, °С	Средняя температура на поверхности образ- ца, °С The average tempera- ture on the surface of the sample, °С	Примечания Notes
0	18		
5	955	60,37	Вспенивание по центру ~ 10 мм Foaming in the center ~ 10 mm
10	1039	85,10	Без изменений No change
15	1047	112,05	Без изменений No change
20	1050	133,51	Без изменений No change
25	1074	150,44	Без изменений No change
30	1096	178,62	Без изменений No change
35	1095	211,21	Вспенивание ~ 20 мм Foaming ~ 20 mm
40	1100	245,35	Вспенивание ~ 25 мм, незначи- тельное дымовыделение Foaming ~ 25 mm, slight smoke pro- duction
45	1101	278,86	Без изменений No change
50	1101	312,21	Без изменений No change
55	1102	344,90	Вспенивание закончилось, слой кок- са выровнялся ~ 30–35 мм Foaming is over, the coke layer has lev- elled out ~ 30–35 mm
60	1102	376,64	Без изменений No change
65	1101	409,43	Без изменений No change
70	1103	444,84	Без изменений No change
75	1104	479,98	Без изменений No change
79	1104	502,04	Превышение критической темпера- туры для стали 500 °С на необогрева-

			емой поверхности образца Exceeding the critical temperature for steel of 500 ° C on the unheated surface of the sample
--	--	--	---

В результате испытаний методом оценки огнезащитной эффективности отмечается, что на 5-й мин наблюдается процесс интумесценции на обоих исследуемых образцах, при этом температура поверхности образца, усиленного армирующей сеткой, ниже на 24 °С. Далее мы наблюдаем рост температуры защищаемой металлоконструкции до достижения критической температуры 500 °С. Образец № 1 быстрее достигает предельного состояния – на 53-й мин нахождения в испытательной установке, в то время как образец № 2 выдерживает 79 мин в температурных условиях углеводородного режима пожара. Можно заметить, что в то время как образец № 1 уже утратил свои огнезащитные свойства (53 мин), огнезащитный материал с армирующей сеткой закончил процесс образования пенококса и

продолжает сохранять работоспособность на протяжении 24 мин.

Выводы

Установлено, что вспучивающееся покрытие, армированное стеклотеткой, характеризуется более высокими временными показателями огнезащитной эффективности при огневых испытаниях в условиях углеводородного температурного режима. Образец, на который была нанесена тонкослойная вспучивающаяся композиция, достиг критической температуры на 53 мин, что на 33 % ниже времени достижения предельного состояния образца № 2. Таким образом, применение тонкослойной краски вспучивающегося вида с армированием стеклотеткой является наиболее эффективным при ее применении на объектах нефтегазовой промышленности по сравнению с аналогичным образцом без армирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Цой А. А., Демехин Ф. В. Испытание огнезащитных материалов в условиях углеводородного температурного режима // Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2015. № 4. С. 20–24.
2. Ямщикова С. А., Кравцов В. В. Огнезащита металлических конструкций модифицированными вспучивающимися покрытиями // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2009. № 3. С. 41–43.
3. Головина Е. В., Ефимов И. А., Крестунов А. А. Исследование огнезащитных свойств огнезащитных покрытий вспучивающегося типа при огневых испытаниях в условиях стандартного температурного режима // Техносферная безопасность. 2024. № 1 (42). С. 40–46.
4. Eremina T., Korolchenko D. Fire Protection of Building Constructions with the Use of Fire-Retardant Intumescent Compositions. Buildings, 2020. № 10. 185 с. DOI: 10.3390/buildings10100185.
5. Анализ применения современных средств огнезащиты стальных конструкций нефтегазового комплекса в климатических условиях Арктического региона / Е. В. Головина [и др.] // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2022. № 2 (21). С. 19–29. DOI: 10.36622/VSTU.2022.21.2.002.
6. Головина Е. В., Калач А. В. Анализ современных средств огнезащиты стальных конструкций нефтегазового комплекса для климатических условий Арктического региона : монография. Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2023. 122 с.
7. Characterization of the performance of an intumescent fire protective coating / Jimenez M. et. al. // Surface & Coating Technology. 2006. Vol. 201. Pp. 979–987.
8. Kolarkar P., Mahendran V. Experimental studies of fire conditions. Fire Saf. J. 53 (2012). Pp. 85–104. DOI: 10.1016/J.FIRESAF.2012.06.009.
9. Калач А. В., Головина Е. В., Крутолапов А. С. Современные средства обеспечения огнезащиты стальных конструкций объектов нефтегазового комплекса // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 3 (67). С. 120–130.

10. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Альтернативные и дополнительные методы : нац. стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 6 октября 2014 г. № 1275-ст : введен впервые : дата введения 2015-06-01 // Кодекс : электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113419> (дата обращения: 13.07.2024).

11. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности : нац. стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 18 февраля 2009 г. № 71-ст : введен впервые : дата введения 2010-01-01 // Кодекс : электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071913> (дата обращения: 13.07.2024).

REFERENCES

1. Tsoi A.A., Demekhin F.V. Testing of flame-retardant materials under hydrocarbon temperature conditions. Scientific and analytical journal Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2015; 4: 20–24 (rus).

2. Yamshchikova S.A., Kravtsov V.V. Fire protection of metal structures with modified swelling coatings. Quality management in the oil and gas complex. 2009; 3: 41–43 (rus).

3. Golovina E.V., Efimov I.A., Krekturnov A.A. Investigation of flame-retardant properties of flame-retardant coatings of a bulging type during fire tests under standard temperature conditions. Technosphere safety. 2024; 1 (42): 40–46 (rus).

4. Eremina, T., Korolchenko, D. Fire Protection of Building Constructions with the Use of Fire-Retardant Intumescent Compositions. Buildings 2020, № 10: 185. DOI:10.3390/buildings10100185.

5. Golovina E. V., Kalach A. V., Kalach E. V., Akulov A. Yu. Analysis of modern means of fire protection application of steel structures in the oil and gas complex in the Arctic climatic conditions. Housing and utilities infrastructure. 2022; 2(21): 19–29. DOI 10.36622/VSTU.2022.21.2.002 (rus).

6. Golovina E.V., Kalach A.V. Analysis of modern means of fire protection of steel structures of the oil and gas complex for the climatic conditions of the Arctic region: monograph. Ekaterinburg, Ural Institute of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023; 122 p (rus).

7. Jimenez M. et. al. Characterization of the performance of an intumescent fire protective coating. Surface & Coating Technology. 2006; 201: 979–987.

8. Kolarkar P., Mahendran V. Experimental studies of fire conditions. Fire Saf. J. 53 (2012). Pp. 85-104. DOI:10.1016/J.FIRESAF.2012.06.009.

9. Kalach A.V., Golovina E.V., Krutolapov A.S. Modern means of ensuring fire protection of steel structures of oil and gas complex facilities. Problems of risk management in the technosphere. 2023; 3 (67): 120–130. (rus).

10. GOST R EN 1363-2-2014 Building structures. Fire resistance tests. Part 2. Alternative and additional methods. Access from the reference legal system "ConsultantPlus". (access date: 13/07/2024). (rus).

11. GOST R 53295-2009 Fire protection means for steel structures. General requirements. Method for determining fire retardant effectiveness. Access from the reference legal system "ConsultantPlus". (date of access: 13/07/2024). (rus).

Информация об авторах

Головина Екатерина Валерьевна, кандидат технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского отдела Уральского института ГПС МЧС России (620062, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22), РИНЦ ID: 846886; ORCID: 0000-0002-2999-0752, e-mail: ekaterinagolovina@yandex.ru

Information about the authors

Ekaterina V. Golovina, Cand. Sci. (Engineering), Deputy Head of the Research Department of Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia (22, Mira St., Yekaterinburg 620062, Russian Federation), ID RISC: 846886, ORCID: 0000-0002-2999-0752, e-mail: ekaterinagolovina@yandex.ru

Кректунов Алексей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры надзорной деятельности и права, Уральский институт ГПС МЧС России, Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22, ORCID: 0000-0003-2160-3305; e-mail: alexkrec96@mail.ru

Ефимов Иван Александрович, кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры надзорной деятельности и права, Уральский институт ГПС МЧС России, Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22, AuthorID: 799824; e-mail: e3efimov@yandex.ru

Alexey A. Krektunov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Supervisory Activities and Law, Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062 Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2160-3305; e-mail: alexkrec96@mail.ru

Ivan A. Efimov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Supervisory Activities and Law, Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062 Russian Federation; AuthorID: 799824; e-mail: e3efimov@yandex.ru