

Ссылка для цитирования:

Калашников С. Ю., Гурова Е. В., Цыбулин О. С., Астахова Т. В. Анализ несогласованности отдельных актов управления общенормативного содержания и норм федерального законодательства при эксплуатации объекта культурного наследия // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 52–57.

УДК 624.04; 69.07

DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-57-61

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ НАДЕЖНОСТИ СООРУЖЕНИЙ РАЗНЫХ ТИПОВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ. ЧАСТЬ ПЕРВАЯ**С. С. Рекунов, А. А. Чураков**

Рекунов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительная механика», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7 (8442) 96-98-17; e-mail: rekunoff@mail.ru;

Чураков Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции, надежность и основания сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: +7 (8442) 96-99-90; e-mail: alexei.churakov@yandex.ru

Рассмотрены основные проблемы расчета и проектирования конструкций зданий и сооружений на экстремальное воздействие в виде взрывов различного вида. На основании проведенного анализа нормативной документации установлены основные требования к обеспечению эксплуатационной надежности конструкций зданий и сооружений при особых воздействиях. В первой части приведен анализ работы конструкций общественного здания при взрывном воздействии двух видов (попадание барражирующего снаряда в крайнюю колонну и локальный подрыв центральной колонны) с учетом дальнейшего прогрессирующего обрушения. Во второй части рассматривается анализ работы промышленного здания объекта хранения и переработки зерна при воздействии взрывов мучной пыли в зонах хранения продукта и производственном цехе. Расчетным путем обоснована необходимость выполнения дополнительных инженерных мероприятий по локализации разрушительного воздействия и недопущению развития внутренних усилий и деформаций в несущих элементах конструкций.

Ключевые слова: надежность; прогрессирующее обрушение; локальное разрушение; взрывное воздействие; объекты хранения и переработки зерна; конструктивная схема; монолитный железобетонный каркас.

RESEARCH OF THE STRUCTURAL RELIABILITY OF DIFFERENT TYPES UNDER EXTREME IMPACTS. PART ONE**S. S. Rekunov, A. A. Churakov**

Rekunov Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structural Mechanics, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7 (8442) 96-98-17; e-mail: rekunoff@mail.ru;

Churakov Aleksey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Foundations and Reliability of Structures, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: +7 (8442) 96-99-90; e-mail: alexei.churakov@yandex.ru

The main problems of calculation and design of building structures for extreme impact in the form of explosions of various types are considered. Based on the analysis of normative documentation, the main requirements for ensuring the operational reliability of building structures under special impacts are established. The Part One analyzes the operation of public building structures under two types of explosive impact (hit of a loitering projectile into the outermost column and local detonation of the central column), taking into account further progressive collapse. The Part Two deals with the analysis of the work of an industrial building of a grain storage and processing facility under the influence of explosions of flour dust in the product storage areas and the production workshop. Calculation substantiates the need to perform additional engineering measures to localize the destructive impact and prevent the development of internal forces and deformations in the load-bearing structural elements.

Keywords: reliability; progressive collapse; local destruction; explosive impact; grain storage and processing facilities; structural scheme; monolithic reinforced concrete frame.

Среди задач обеспечения эксплуатационной надежности зданий и сооружений особое место занимают вопросы, связанные с исследованием развития деформаций и напряжений при особых воздействиях [1-5]. Рост интереса в проектной практике и научном сообществе к вопросам защиты зданий и сооружений от экстремальных

воздействий привел к закономерным изменениям и актуализации существующей нормативной документации, регламентирующей безопасность и надежность объектов различного функционального назначения (ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований, ГОСТ 12.1.041-83

Пожаровзрывобезопасность горючих пылей, СП-296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия, СП-385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения, СП 108.13330.2012 Предприятия, здания и сооружения по хранению и переработке зерна и другие). Это, в свою очередь, приводит к тому, что в нашей стране, как и за рубежом, активно развиваются методы расчета строительных конструкций, способных сохранять устойчивость и геометрическую неизменяемость в случае локальных разрушений, вызванных различными факторами. В последнее время данные вопросы приобретают еще большее стратегическое значение с учетом происходящих природных катастроф (землетрясения на территориях Турции и Сирии) и событий техногенного характера (террористические атаки). В статье рассмотрены вопросы надежности зданий и сооружений при взрывных воздействиях, имеющих различную природу: взрывы направленного действия и технологические.

В первой части исследуется работа общественного здания каркасного типа, выполненного из монолитного железобетона, в результате внешнего воздействия в двух вариантах: попадание в несущие конструкции барражирующего боеприпаса и подрыв заложенного заряда. Рассмотрены механизмы возникновения прогрессирующего обрушения несущих конструкций.

Во второй части исследуется работа промышленного здания объекта хранения и переработки зерна каркасного типа, выполненного из монолитного железобетона, в результате взрывов мучной пыли в зонах хранения продукта и производственном цехе с целью выявления зон максимального риска возникновения аварийных ситуаций.

Взрыв направленного действия

Объектом исследования является монолитное железобетонное здание (13 надземных этажей и 3 подземных), конструктивная схема которого состоит из системы колонн, диафрагм жесткости и стен, которые соединены между собой дисками перекрытий. В качестве ядра жесткости здания выступает лестнично-лифтовой блок. Совместная работа этих элементов обеспечивает достаточно высокую пространственную жесткость всей конструкции. На рисунке 1 представлена объемная модель исследуемого здания в ПК «ЛИРА».

Выполнено численное моделирование работы конструкций здания с учетом прогрессирующего обрушения его конструкций при взрывном воздействии.

Среди вопросов количественной оценки надежности строительных конструкций большой интерес привлекают исследования объектов при запроектных нагрузках, приводящих к возникновению прогрессирующего обрушения [6-12], отдельное внимание при этом уделяется совместной работе конструкции с основанием [13-20]. В настоящем исследовании была

принята методика квазистатического расчета, при которой пораженный элемент удаляется из расчетной схемы, и заменяется усилием, возникающем в удаляемом элементе, для моделирования динамической нагрузки от выключения элемента из схемы.

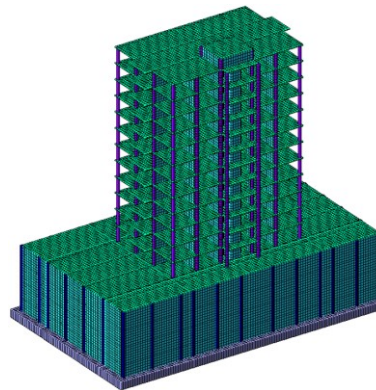


Рис. 1. 3D-схема исследуемого общественного здания

С целью изучения особенностей работы конструкций и разработке мероприятий по увеличению устойчивости здания к прогрессирующему обрушению рассмотрено два варианта экстремального воздействия и возможных сценариев выключения несущих элементов.

Первым вариантом является попадание непосредственно в несущий элемент (крайнюю колонну) барражирующего боеприпаса (рис. 2).

Были выполнены соответствующие расчеты до и после совершения атаки, сравнительные результаты которых представлены на рисунке 3.

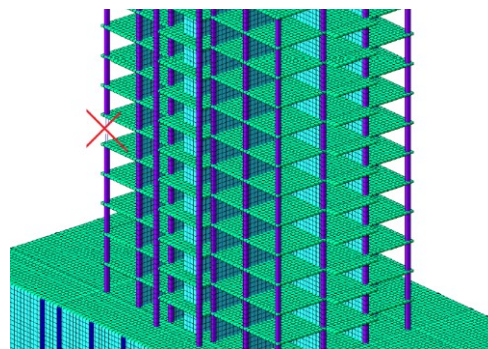


Рис. 2. Первый расчетный сценарий – выключение из работы крайней колонны в результате попадания барражирующего снаряда

Анализ полученных результатов показал, что при выключении из работы крайней колонны, происходит перераспределение усилий на соседние конструкции. Колонны, расположенные на следующих этажах, начинают работать на растяжение. Вызываемые взрывной нагрузкой изгибающие моменты в плитах перекрытия компенсируются установленной арматурой и частично каркасами поперечного армирования.

Таким образом, после удаления элемента из расчетной схемы угловой колонны соседние элементы распределяют между собой возникшие повышенные напряжения. С учетом малого заряда и, учитывая конструктивное

армирование, возникшая авария не приводит к прогрессирующему обрушению.

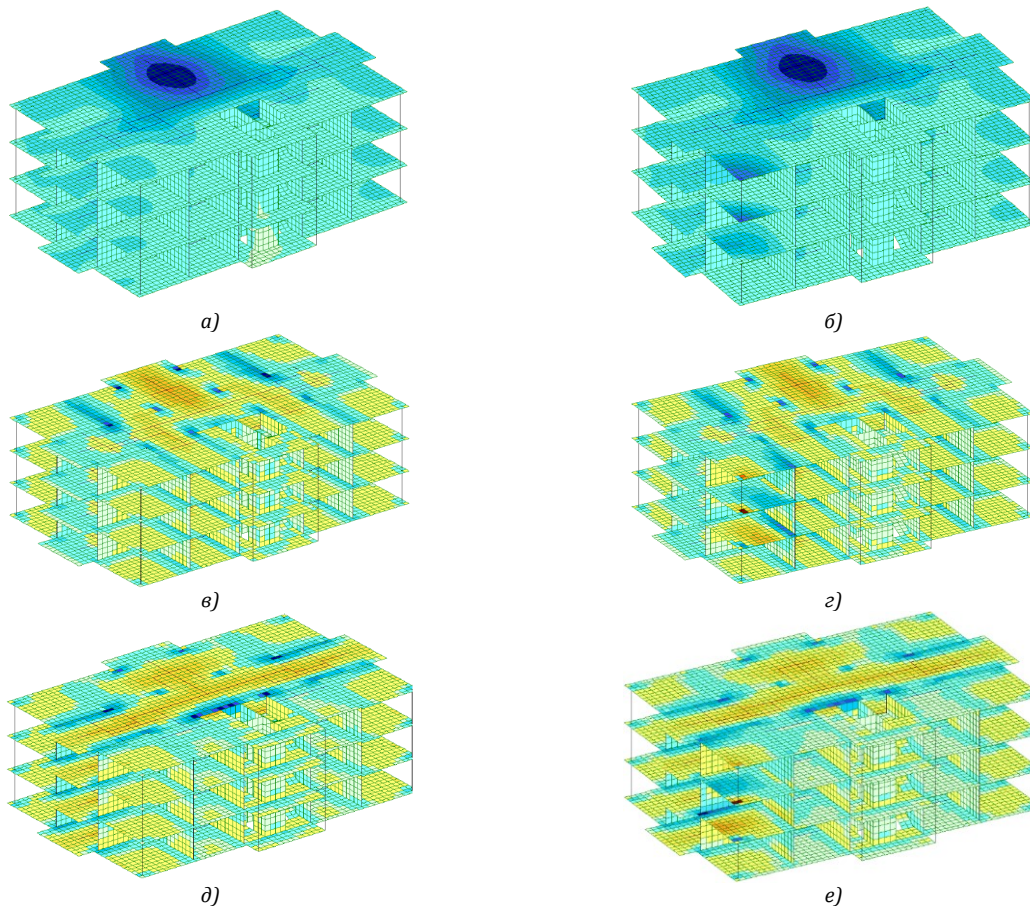


Рис. 3. Распределение деформаций и внутренних усилий перед и после совершения атаки: а, б – вертикальные перемещения; в, г – изгибающие моменты M_x ; д, е – изгибающие моменты M_y

Второй возможный сценарий, рассматриваемый в первой части исследования, – детонация заложенного заряда внутри здания в непосредственной близости одной из центральных колонн (рис. 4).

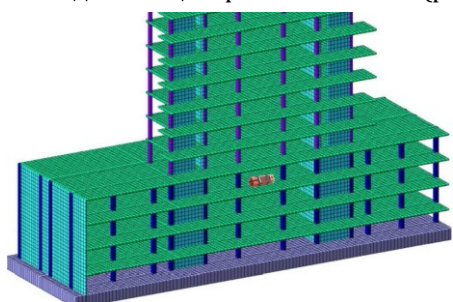
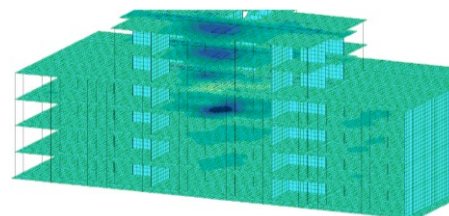


Рис. 4. Второй расчетный сценарий – выключение из работы средней колонны в результате ее подрыва

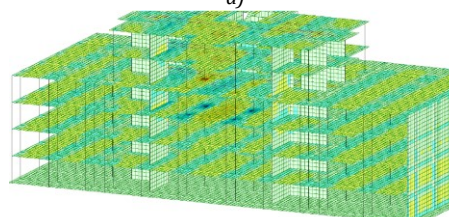
Удаление из расчетной схемы средней колонны, приводит к существенному перераспределению внутренних усилий, значительно превышающих расчетные величины, а именно:

- увеличению изгибающих моментов до 26 %;
- поперечных усилий до 33 %.

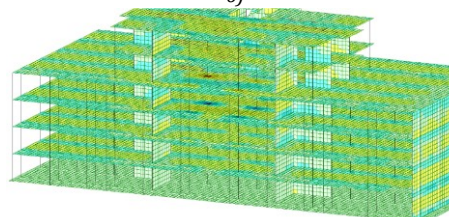
В пределах трех этажей (с цокольного до второго этажа) растягивающие усилия в колоннах вызывают разрушения несущих элементов.



а)



б)



в)

Рис. 5. Распределение деформаций и внутренних усилий после подрыва средней колонны: а – вертикальные перемещения; б – изгибающие моменты M_x ; в – изгибающие моменты M_y

Для обеспечения работы конструкции по первой группе предельных состояний необходимо значительное увеличение армирования плиты в обоих направлениях. В связи с тем, что опорная зона фактически становится серединой пролета, необходимо выполнение дополнительных мероприятий по усилению зоны сопряжения диска перекрытия с колонной с предварительным выполнением расчета на продавливание.

Заключение

В результате проведенного исследования работы монолитного железобетонного здания исследованы механизмы распределения внутренних усилий и формирования зон локальных деформаций в результате внешнего взрывного воздействия в двух вариантах. Численное моделирование работы конструкций здания выявило особенности его напряженно-деформированного состояния при выключении из работы

разрушенных ударным воздействием несущих элементов конструкций.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- в случае попадания барражирующего снаряда в угловую колонну корректный выбор конструктивной схемы (шаг колонн, постановка диафрагм жесткости и связи с дисками перекрытий), в которой усилия безопасно распределяются между составными элементами каркаса, практически исключает возможность прогрессирующего обрушения конструкций;

- в случае подрыва средней колонны внутри здания вероятность возникновения прогрессирующего обрушения значительна, в связи с чем необходимы дополнительные мероприятия по локальным усилениям элементов конструкций и узлов их сопряжения.

Список литературы

1. Колчунов В. И. Некоторые проблемы живучести железобетонных конструктивных систем при аварийных воздействиях / В. И. Колчунов, Н. В. Федорова // Вестник НИЦ «Строительство». – 2018. – № 1(16). – С. 115–119.
2. Расторгуев Б. С. Обеспечение живучести зданий при особых динамических воздействиях / Б. С. Расторгуев // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2003. – № 4. – С. 45–48.
3. Бондаренко В. М. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях / В. М. Бондаренко, В. И. Колчунов // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 2. – С. 28–31.
4. Мкртычев О. В. Теория надежности в проектировании строительных конструкций / О. В. Мкртычев, В. Д. Райзер. – Москва : АСВ, 2016. – 908 с.
5. Бирбраер А. Н., Роледер А. Ю. Экстремальные воздействия на сооружения / А. Н. Бирбраер, А. Ю. Роледер. – Санкт-Петербург : Политехн. ун-т, 2009.
6. Ведаков И. И. Расчет строительных конструкций на прогрессирующее обрушение : нормативные требования / И. И. Ведаков, П. Г. Еремеев, П. Д. Одесский и др. // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 4. – С. 16–24. – DOI 10.33622/0869-7019.2019.04.16-24.
7. Перельмутер А. В. Прогрессирующее обрушение и методология проектирования конструкций / А. В. Перельмутер // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2004. – № 6. – С. 17–21.
8. Перельмутер А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А. В. Перельмутер. – Москва : АСВ, 2007. – 256 с.
9. Алмазов В. О. Сопrotивление прогрессирующему разрушению. Расчеты и конструктивные мероприятия. / В. О. Алмазов // Вестник ЦНИИСК. – 2009. – С. 179–193.
10. Алмазов В. О. Динамика прогрессирующего обрушения монолитных многоэтажных каркасов : монография / В. О. Алмазов, Као Зуй Кхой. – Москва : АСВ, 2013. – 128 с.
11. Алмазов В. О. Проблемы прогрессирующего разрушения / В. О. Алмазов // Строительство и реконструкция. – 2014. – № 6 (56). – С. 3–11.
12. Вдовин Д. В. Исследование работы конструкции железобетонного здания при возникновении прогрессирующего обрушения / Д. В. Вдовин, С. С. Рекунов // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса : Международной научно-практической конференции, Волгоград, 15–16 декабря 2022 года. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 29–34.
13. Bao Y. Macromodel-based simulation of progressive collapse: reinforced concrete frame structures / Yihai Bao, Sashi K Kunnath, Sherif El-Tawil, Hai S Lew // Journal of Structural Engineering. – 2008. – Vol. 134, № 7. – Pp. 1079–1091.
14. Расчет многоэтажного здания на прогрессирующее обрушение при сейсмическом воздействии / С. С. Рекунов, А. Ю. Косова, С. Ю. Иванов, И. С. Завьялов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 2 (36). – С. 15–20.
15. Mkrtychev O. V. Modelling of Blast Effects on Underground Structure / O. V. Mkrtychev, A. Y. Savenkov // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2019. – Vol. 15, № 4. – Pp. 111–122.
16. Astarlioglu S, Krauthammer T., Morency D., Tran T. P. Behavior of reinforced concrete columns under combined effects of axial and blast-induced transverse loads / S. Astarlioglu, T. Krauthammer, D. Morency, T. P. Tran // Engineering Structures. – 2013. – Vol. 55. – Pp. 26–34.
17. Мкртычев О. В. Учет совместной работы железобетонного здания с грунтом основания при интенсивном сейсмическом воздействии / О. В. Мкртычев, М. С. Дударева // Строительство: наука и образование. – 2018. – Т. 8, № 2 (28). – С. 3.

18. Сравнительный анализ результатов расчета системы «здание - основание», представленной в виде слоистой модели / В. А. Пшеничкина, С. С. Рекунов, С. Ю. Иванов и др. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2023. – № 1 (90). – С. 43–53.

19. Купчикова Н. В. О факторах, влияющих на надежность свайных фундаментов с уширениями / Н. В. Купчикова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 3 (37). – С. 54–61.

20. Pshenichkina V. A. Stochastic Process Simulation of Soil Displacement in Calculations of Seismic Resistant Buildings / V. A. Pshenichkina, S. S. Rekunov, R. I. Bazhenov // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering : International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019", Vladivostok, Russky Island, 01–04 October 2019. – Vladivostok, Russky Island : Institute of Physics Publishing, 2020. – Vol. 753, 3, ch. 2. – Pp. 032089.

© С. С. Рекунов, А. А. Чураков

Ссылка для цитирования:

Рекунов С. С., Чураков А. А. Исследование вопросов надежности сооружений разных типов при экстремальных воздействиях. часть первая // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 2 (44). С. 57–61.

УДК 691.322

DOI 10.52684/2312-3702-2023-44-2-61-66

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВА
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ**

Л. Н. Лисиенкова, Л. С. Носова, Е. В. Баранова

Лисиенкова Любовь Николаевна, доктор технических наук, профессор кафедры энергетических и гидротехнических сооружений, Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7 (977) 499-35-04; e-mail: lisienkova@mail.ru;

Носова Людмила Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Российская Федерация, тел.: +7 (351) 216-63-09; e-mail: nosovals@cspsu.ru;

Баранова Екатерина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и право», филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте, г. Златоуст, Российская Федерация, тел. +7 (919) 113-98-00; e-mail: baranovaev@susu.ru

В работе исследованы экологические риски в производстве синтетического утепляющего строительного материала – экструзионного вспененного полистирола. Цель заключалась в совершенствовании системы контроля производства материала с учетом экологических экологических требований. В работе идентифицированы экологические риски на различных операциях процесса производства материала. Разработан перечень экологических требований к производственному процессу. Для оценки рисков разработана процессная модель получения экструзионного вспененного полистирола, установлены критические операции возникновения экологических рисков. Для каждой критической операции разработаны мероприятия по минимизации рисков на основе модернизации производства бункерного типа. Практический результат – разработана методика контроля и оценки соответствия процесса получения синтетического утепляющего строительного материала экологическим требованиям.

Ключевые слова: *строительные утепляющие материалы, экологические риски, экструзионный вспененный полистирол, оценка соответствия.*

**METHODOLOGY FOR ASSESMENT THE COMPLIANCE
OF THE BUILDING MATERIALS PRODUCTION WITH ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS**

L. N. Lisienkova, L. S. Nosova, Ye. V. Baranova

Lisienkova Lyubov Nikolayevna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy and Hydraulic Structures, National Research University "MPEI", Moscow, Russian Federation, phone: +7 (977) 499-35-04; e-mail: lisienkova@mail.ru;

Nosova Lyudmila Sergeevna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, Information Technologies and Methods of Teaching Computer Science, South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russian Federation, phone: +7 (351) 216-63-09; e-mail: nosovals@cspsu.ru;

Baranova Yekaterina Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Law, Branch of the South Ural State University in Zlatoust, Zlatoust, Russian Federation, phone: +7 (919) 113-98-00; e-mail: baranovaev@susu.ru