



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

**РИНЦ**



**№ 3(13)**

# **НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

МОСКВА, 2018



# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам XIII международной  
научно-практической конференции*

№ 3 (13)  
Март 2018 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва  
2018

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

Председатель редколлегии:

*Лебедева Надежда Анатольевна* – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

*Ахмеднабиев Расул Магомедович* – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

*Данилов Олег Сергеевич* – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

*Маршалов Олег Викторович* – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО "Южно-Уральский государственный университет" (НИУ), Россия, г. Златоуст.

**НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки:** сб. ст. по материалам XIII междунар. науч.-практ. конф. – № 3 (13). – М.: Изд. «МЦНО», 2018. – 68 с.

ISSN 2541-8394

Сборник входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2018

## **Оглавление**

<b>Раздел 1. Технические науки</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Авиационная и ракетнокосмическая техника</b>	<b>5</b>
МОДЕЛИРОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНОГО ЭФФЕКТА В СРЕДЕ ANSYS Шилин Павел Дмитриевич	5
<b>1.2. Безопасность деятельности человека</b>	<b>11</b>
АНАЛИЗ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА БЕЗОПАСНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ Буклешев Дмитрий Олегович	11
<b>1.3. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>25</b>
ВИРТУАЛЬНОЕ ПОЛЕ БОЯ И ЕГО СИНХРОНИЗАЦИЯ В ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ Егорова Елизавета Сергеевна	25
СОЗДАНИЕ ЕДИНОГО ТРАНСПОРТНО– ЛОГИСТИЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА В РФ – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ Ефимова Татьяна Борисовна Мананков Александр Сергеевич	33
ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА С ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ Черных Сергей Николаевич	41
<b>1.4. Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы</b>	<b>53</b>
РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПОСТОЯННОГО ПОЛЯ ОТ ГЭТ12-2011 В ОБЛАСТЬ «СВЕРХСЛАБЫХ» ПОЛЕЙ Шифрин Владлен Яковлевич Калабин Владимир Николаевич Беляков Денис Игоревич	53

<b>1.5. Строительство и архитектура</b>	<b>58</b>
ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АРХИТЕКТУРЫ ОБЪЕКТОВ Мадьяров Абылай Серикұлы	58
АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ, В СИСТЕМАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА Скибин Геннадий Михайлович Колесниченко Игорь Евгеньевич Стрельцов Сергей Владимирович Богомазов Александр Александрович	63

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### РАЗДЕЛ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### 1.1. АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНОГО ЭФФЕКТА В СРЕДЕ ANSYS

*Шилин Павел Дмитриевич*

*АО «КБП», инженер,  
РФ, г. Тула*

#### MODELING CUMULATIVE EFFECTS IN THE ENVIRONMENT OF ANSYS

*Pavel Shilin*

*JSC "KBP", engineer,  
Russia, Tula*

**Аннотация.** В статье изложен механизм образования кумулятивной струи. Проведено математическое моделирование данного процесса в среде ANSYS AUTODYN и получены основные характеристики кумулятивного узла.

**Abstract.** The article describes the mechanism of cumulative jet formation. Mathematical modeling of this process in ANSYS AUTODYN environment is carried out and the main characteristics of cumulative node are obtained.

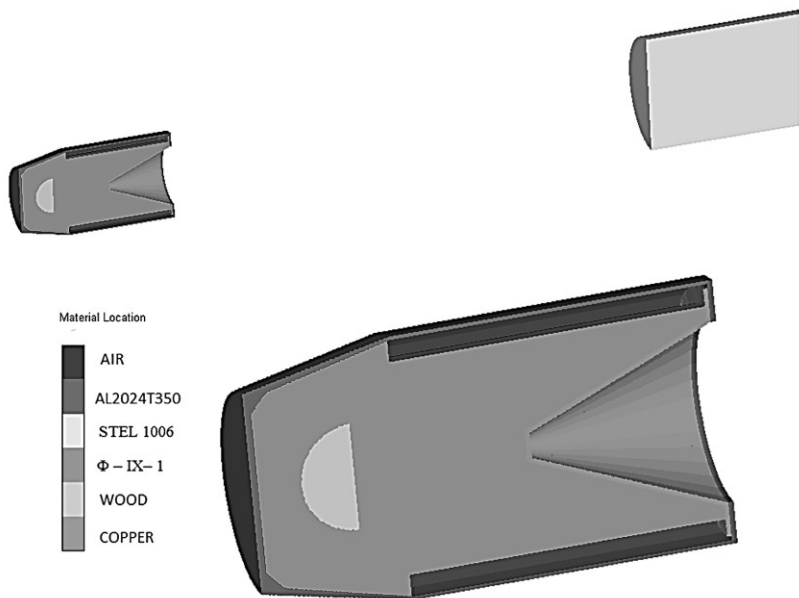
**Ключевые слова:** кумуляция; ansys autodyne; боевая часть.

**Keywords:** cumulation; ansys autodyne; combat unit.

Эффект концентрации энергии в определенном направлении или в определенном месте является кумуляцией. Если при обычном взрыве энергия "разбрасывается" во все стороны, то при кумулятивном она "собирается" в некотором направлении. Кумулятивный эффект является глобальным действия взрыва в одном направлении. Он получается при использовании шашек взрывчатых веществ, имеющих на одном из торцов полость, обычно конической формы. При инициации заряда с противоположной стороны эффект действует в направлении оси симметрии заряда и многократно увеличивается, чем при действии обычных зарядов. Также при добавлении на поверхность выемки тонкого слоя металлической облицовки пробивное действие такого заряда во много раз усиливается.

Для обеспечения минимальной массы КУ принимаем, что он имеет цилиндроконическую форму с  $2\alpha = 42^\circ$ , снаряжен взрывчатым веществом Ф – IX– 1, имеет тонкостенный алюминиевый корпус. Для получения малой стоимости КУ в качестве материала облицовки используем медь.

Проведем моделирование процесса кумуляции рассчитанного кумулятивного узла, с целью подтверждения величины бронепробития и получения основных характеристик кумулятивной струи. Расчет будет производиться в двумерной постановке в пакете программного комплекса ANSYS Workbench с использованием среды ANSYS AUTODYN, который позволяет моделировать крайне сложные быстропротекающие процессы механики сплошной среды, такие как моделирование взрыва, образование и перемещение ударных волн в среде, также позволяет получать результат динамического воздействия и поведения конструкции после контакта с ударной волной, а также моделировать разрушение материала.

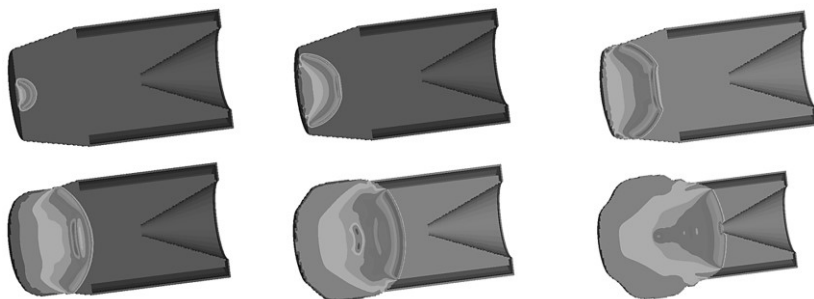


**Рисунок 1. Модель кумулятивного узла**

Материал кумулятивной облицовки — медь (уравнение состояния в форме Ми — Грюнайзена). Заряд ВВ плотностью  $\rho_0 = 1620 \text{ кг/м}^3$  имел скорость детонации  $D = 8730 \text{ м/с}$ . Уравнение состояния продуктов детонации брали в форме Джонса — Уилкинса — Ли (JWL). Для воздуха ( $\rho = 1.225 \text{ кг/м}^3$ ;  $C_p = 1004 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ ;  $C_v = 716 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ ) было выбрано уравнение состояния идеального газа. Все расчеты выполнены при нормальных атмосферных условиях  $P=101325 \text{ Па}$ . Для расчетов использована явная схема Годунова второго порядка точности. Шаг по времени  $\Delta t$  выбирался из условия устойчивости численного решения по числу Куранта. Параметры расчета соответствуют расчетным исследованиям и статистическим данным.

Давление продуктов взрыва, достигающее порядка 100 ГПа, оно во много раз превышает предел текучести материала брони. В связи с этим материал облицовки движется подобно течению жидкости, однако плавления материала не происходит, материал деформируется и превращается в струю только за счет пластических деформаций.





**Рисунок 2. Этапы образования детонационной волны**

Аналогично жидкости, металл облицовки формирует две зоны — медленно двигающийся «пест», который составляет 70-90 % от массы, и тонкую (около толщины воронки) гиперзвуковую металлическую струю массой 10-30 %, перемещающуюся прямолинейно по оси снаряда, скорость которой зависит от скорости детонации взрывчатого вещества и геометрии воронки.

При схлопывании облицовки боевой части скорости частей струи оказываются различными, и струя в полёте растягивается. Поэтому отнесение кумулятивного узла от брони на расстояние (фокусное расстояние) позволяет увеличить величину бронепробития за счёт удлинения струи. Однако при увеличении расстояния между зарядом и мишенью непрерывность струи нарушается что снижает броневой эффект.

В момент взрыва металлическая обкладка кумулятивной выемки под давлением взрывных газов собирается в некую монолитную массу, имеющую скорость 1-3 км/сек., из которой вперед выходит тонкая металлическая струя, скорость которой в несколько раз выше (9-12 км/сек). Пест движется сравнительно медленно (со скоростью 0,5-1 км/с). Струя, наоборот, обладает весьма большой скоростью поступательного движения. Однако скорость эта различна в различных частях вдоль струи: головная часть струи имеет наибольшую скорость, а скорость хвостовой части близка к скорости песта. В зависимости от формы и природы металла облицовки, свойств ВВ заряда и других факторов, скорость головной части струи может изменяться в широких пределах. Различие скоростей головной и хвостовой частей струи приводит к тому, что струя при движении все время растягивается и в конечном счете распадается на отдельные капли.

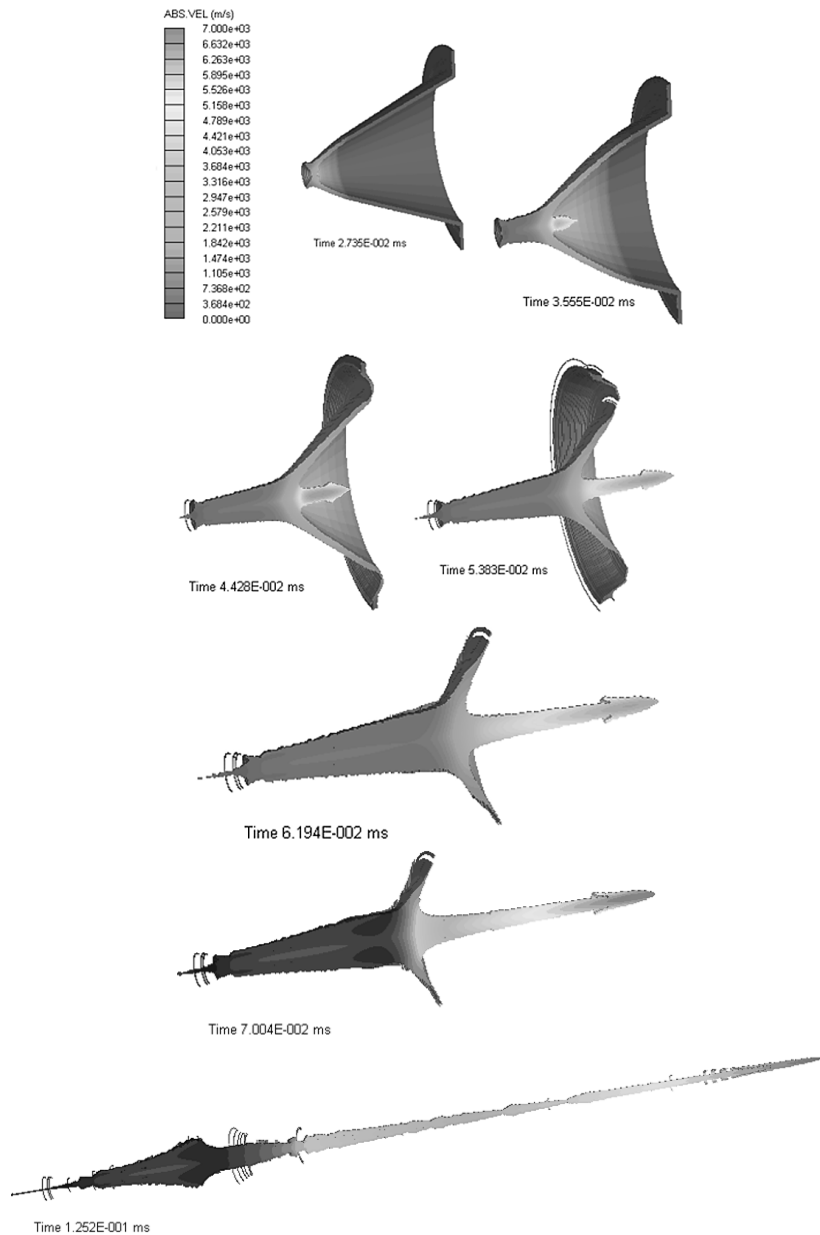
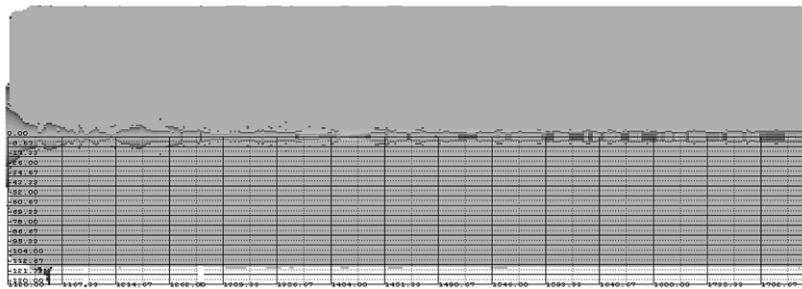


Рисунок 3. Этапы образования кумулятивной струи

При встрече кумулятивной струи с преградой, на границе возникает очень высокое давление, в 10-100 раз превосходящее предел прочности материала преграды.



**Рисунок 4. Результат пробивания стальной пластины**

В результате возникающего давления струя начинает вести себя подобно воде, ударившей в ледяную стенку, т. е. ее материал струи растекается в обратном направлении. Т. е. она приобретает свойства квазизжидкости. Материал преграды также "вымывается" из зоны высокого давления, причем часть материала выносится вместе с кумулятивной струей к свободной поверхности (т. е. назад, а другая часть, за счет пластического деформирования, перемещается в радиальном направлении. Таким образом, образуется углубление (кратер), глубина которого увеличивается пока не будет израсходована вся энергия кумулятивной струи.

#### **Список литературы:**

1. Инженерные боеприпасы. Руководство по материальной части и применению. Книга первая. Военное издат-во. Москва. 1976 г.
2. Л.П. Орленко. Физика взрыва. Том 2. Физматлит. Москва. 2002 г.
3. М. Сухаревский. Взрывчатые вещества и взрывные работы. Том 1. Государственное техническое издательство. Москва. 1923 г.

## 1.2. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

### АНАЛИЗ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА БЕЗОПАСНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

*Буклешев Дмитрий Олегович*

*аспирант  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
РФ, г. Самара*

### ANALYSIS OF THE METHOD FOR CALCULATING THE SAFE OPERATING LIFE OF WELDED JOINTS OF MAIN PIPELINES

*Dmitriy Bukleshev*

*post-graduate student, Samara State Technical University,  
the Russian Federation, Samara*

**Аннотация.** В статье приведены результаты анализа действующей методики расчета величины напряжений в околошовной зоне трубопроводов. Автор пришел к выводу, что на сегодняшний день напряженное состояние можно определить как экспериментальными, так и теоретическими (расчетными) методами. Существуют теоретические подходы, позволяющие оценивать напряженное состояние в различных конструкциях. Главным недостатком расчетных методов является невозможность учета влияния всех параметров технологического процесса, свойств металла и его состояния. Также сложно учесть влияние фазовых превращений, введения присадочного материала и других важных факторов, существенно изменяющих характер распределения остаточных напряжений и деформаций. Исследованная методика расчета величины напряжений в околошовной зоне трубопроводов при наличии фронтальной коррозии не учитывает неоднородность свойств околошовной зоны сварных стыков, которые проявляются в сочетании множества факторов. Кроме того, данный метод расчета на прочность и наличия напряжений не учитывают работу металла

околошовной зоны трубопровода в условиях скольжения и сдвиговой деформации, а именно эти условия являются основными при эксплуатации и могут значительно сократить срок эксплуатации трубопровода, создавая большие по значению напряжения на околошовной зоне трубопровода.

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of existing methods of calculating stresses in the HAZ of pipelines. The author came to the conclusion that today, the stress state can be defined as experimental and theoretical (calculation) methods. There are theoretical approaches, allowing to estimate the stress state in various designs. The main drawback of the computational methods is the impossibility of accounting for the influence of all parameters of technological process, properties of metal and its condition. It is also difficult to consider the influence of phase transformations, the introduction of filler material and other important factors that significantly alter the character of distribution of residual stresses and deformations. Investigated methods of calculating the stress values in the HAZ of pipelines in the presence of the corrosion front does not take into account the heterogeneity of the properties of the HAZ of welded joints that result in a combination of many factors. In addition, this method of calculating the strength and presence of stress does not take into account the work of the metal of the weld zone of the pipeline in terms of slip and shear deformation, and these conditions are basic in operation and can significantly shorten the life of the pipeline, creating a large stress value at the weld zone of the pipeline.

**Ключевые слова:** напряжение; трубопровод; методика расчета; околошовная зона.

**Keywords:** electricity; pipeline; calculation methods; heat-affected zone.

**Актуальность темы.** Наибольшее число отказов трубопроводов возникает от сварочных дефектов и трещин, которые развиваются в зоне максимальных напряжений. При этом зоны сварного шва и термического влияния являются наиболее вероятными местами разрушения трубопроводов за счет существования в этих районах необнаруженных технологических дефектов. Практически все наблюдавшиеся случаи разрушения трубопроводов носит характер усталостных трещин, которые развиваются от зоны максимальных напряжений или от мест расположения дефектов [5].

Изменение свойств металла в сварном шве или околошовной зоне оказывает существенное влияние на процессы разрушения. Наиболее часто встречаются случаи отказов трубопровода при развитии

усталостной трещины по хрупкому механизму. При исследовании хрупкого разрушения рассматривается напряженное состояние участков в вершине трещины с использованием трубопроводов силовых, энергетических и деформационных критериев разрушения [6].

Основной и главной задачей всех методов неразрушающего контроля и средств технической диагностики при оценке состояния трубопроводов, находящихся в длительной эксплуатации является поиск потенциально опасных участков с развивающимися повреждениями [1]. Так же основной из задач определения допуска к безаварийной эксплуатации трубопровода является прогнозирование очагов будущих дефектов. Прогнозирование можно сделать исходя из напряженно-деформированного состояния металла трубопровода. В работе [6] доказано, что основными причинами образования дефектов являются зоны концентрации напряжений, которые при наличии нагрузок (внешние нагрузки и внутреннее давление трубопровода) образуют дефекты. Так же при эксплуатации превалирующее значение имеет определение мест возможных аварий на магистральном трубопроводе. При анализе напряжений и деформаций в потенциально опасных зонах магистральных нефти и газопроводов возникают сложности вследствие отсутствия аналитического решения задач в теории пластичности. Наличие аналитических решений позволило бы предвидеть образование напряженно-деформированного состояния трубопровода в определенных его зонах и изучить поведение напряженно-деформированных участков трубопровода (участков с зонами концентрации напряжений). Развитие вычислительной техники и методов конечных элементов способствует увеличению возможностей анализа протекания процессов упругопластических деформаций в зонах концентрации напряжений. Однако именно использование данного подхода требует значительных затрат времени для решения возникающих сложных уравнений и существенно зависит от исходной информации. Так же математический аппарат не может учесть все внешние факторы и силы, воздействующие на трубопровод при эксплуатации. Помимо этого, на данный момент не предоставляется возможным спрогнозировать точные условия эксплуатации конкретного участка трубопровода. Кроме этого, результаты решения возможно применять лишь к рассматриваемой конструкции, а не к трубопроводной системе в целом [4].

Однако при эксплуатации магистральных трубопроводов нефти и газа в ряде случаев образование недопустимых до эксплуатации трещин наблюдается в отдалении сварных от сварного шва- в зоне термического влияния -околошовной зоне (ОШЗ), где больше концентраторов напряжений из-за изменений структуры трубной стали.

Из опыта эксплуатации магистральных трубопроводов можно сделать вывод о том, что чаще всего разрушение трубопроводов происходит в зонах сварных стыков и их элементов [8]. Наличие напряжений в таких участках трубопровода как околошовная зона приводит к авариям при воздействии нагрузки перекачки [5]. В связи с этим актуальной задачей является выявление диагностических признаков, позволяющих определять потенциально опасные зоны разрушения в трубопроводе.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Возникновение остаточных внутренних напряжений и деформаций при производстве сварочно-монтажных работ на трубопроводах было описано и исследовано в работах многих ученых и исследователей. Были точно сформированы классификации напряжений и деформаций, также причины их возникновения и различные расчетные, теоретические и аналитические способы определения таковых. Также исследованы и описаны методы предупреждения появления напряжений и деформаций, возникающих в элементах магистральных трубопроводов в процессе сварочно-монтажных работ.

Процесс возникновения остаточных напряжений в свариваемых элементах магистральных трубопроводов был исследован и описан в трудах ученых: Н.А. Зайцева, К.М. Гатовского, Т.Ю. Малеткиной, Г.А. Николаева, С.А. Куркина и др. Такие исследователи, как А.А. Зарезин, В.А. Ряполов, Р.В. Гольдштейн и др. Перечисленные ученые описали приборные и технические методы определения остаточных напряжений и деформаций металла. Методы предупреждения и уменьшения, а также использования компьютерных технологий при определении напряжений и деформаций при сварке описаны в работах Е.М. Федосеевой, В.М. Козинцева и др.

В развитии и совершенствовании экспериментальных методов определения остаточных напряжений основополагающими являются работы А.А. Антонова, И.А. Биргера, В.А. Винокурова и др.

Первый метод определения остаточных напряжений металла – это метод фиктивных сил. Данный метод был представлен в рабочем и наиболее полном и законченном виде в работах Н.Н. Рыкалина определения и Г.А. Николаева. В перечисленных работах метод фиктивных сил имел значительную погрешность и не учитывал множества факторов, сопутствующих эксплуатации магистральных трубопроводов. Этот способ основан на предположениях одномерности поля напряжений и гипотезе переменных плоских сечений. Он подразумевает, что в процессе остывания металла (например, после термического воздействия при выполнении сварочных работ) в зоне сварного шва возникают усадочные растягивающие напряжения, которые представляются в виде активной

нагрузки, приложенной к свариваемой металлической детали. Применяя гипотезу плоских сечений и учитывая, что в данном (конкретном) поперечном сечении внутренние силы находятся в равновесии, можно найти основные параметры для определения закона распределения деформирования этих усадочных напряжений.

Второй метод основан на решении обратной температурной задачи предельно деформируемой среды. В процессе исследования образования возникающих сварочных напряжений и деформаций, устанавливается закон распределения температуры свариваемой детали для любого момента времени в зависимости от мощности источника и скорости его перемещения (речь идет о процессах сварки металлических деталей). Далее, на основании построенной температурной кривой и гипотезы плоских сечений, находят как временные, так и остаточные напряжения и деформации для данного поперечного сечения свариваемой детали [7]. Впервые данное направление было разработано и представлено в трудах А.Д. Бондаренко, Р.В. Гольдштейна, В.М. Козинцева, Д.А. Курова, А.Л. Попова. В своих трудах они описали метод определения сварочных напряжений по цветам побежалости (образование тончайшей оксидной пленки на поверхности металлического изделия).

Однако, в настоящее время определению наличия концентрации напряжений в околошовных зонах магистральных трубопроводов уделяется очень мало внимания, а это необходимо. Информация, полученная в результате оценки напряженно-деформированного состояния линейной части магистральных нефте- и газопроводов, позволяет определить участки с предаварийной ситуацией (в том числе до появления дефектов) и предпринять все необходимые меры для их устранения, повышая тем самым надежность трубопроводной системы [6]. Доля аварий на магистральных трубопроводах по причине коррозионного растрескивания металла под напряжением достигла значения более 40 % [6]. Практически половина аварий на магистральных нефтепроводах и газопроводах происходят из-за наличия сварных остаточных напряжений в околошовной зоне (напряженно-деформированного состояния околошовных зон сварных стыков). Эти напряжения накладываются на рабочие, ускоряя процесс зарождения и образования различного вида трещин в околошовных зонах соединений труб, и обуславливают коррозионный процесс, а также способствуют развитию трещины до разрушения трубопровода. Коррозионные процессы трубной стали напрямую зависят от степени напряженно-деформированного состояния. Так как коррозия это потеря металла, то укрупнение зерен кристаллической решетки трубной стали, характерное для напряженно-деформированного состояния способствует



уменьшению молекулярного взаимодействия металла. Чем выше величина напряжений в металле магистральных трубопроводов, тем быстрее будут проходить коррозионные процессы, способствующие утончению стенки труб и потери прочности трубопровода. Все эти факторы обуславливают негативное воздействие зон концентрации напряжений на прочностные характеристики трубопровода и повышают промышленную опасность его эксплуатации.

В связи с этим, для обеспечения безаварийной эксплуатации магистральных трубопроводов, необходимо своевременно и точно оценивать напряженно-деформированное состояние элементов магистральных трубопроводов, наиболее подверженных разрушению.

Таким образом, цель исследования в данной работе заключается в анализе действующей методики расчета величины напряжений в околошовной зоне сварных стыков магистральных нефте- и газопроводов.

**Методика исследования.** При проведении исследования применялся комплексный подход к изучаемому объекту, который включал анализ и обобщение результатов исследований и научных работ по выбранной теме.

Напряжения в околошовной зоне являются результатом наличия структурного изменения трубной стали, которое может быть вызвано несколькими причинами. К основным причинам их появления относят неравномерность нагрева и усадки сварного шва.

Одной из причин возникновения напряжений в околошовных зонах сварных стыков при эксплуатации магистральных трубопроводов также является внутреннее давление в трубопроводе, создаваемое продуктом транспортировки при его перекачке.

**Анализ полученных результатов.** Для оценки технического состояния магистральных трубопроводов, находящихся в процессе эксплуатации, предварительно выявляют дефектные участки, дают оценку напряженно-деформированного состояния металла трубы и околошовной зоны и степени опасности разрушения трубной стали в различных участках. Контроль величины и степени напряженно-деформированного состояния металла трубы (тела магистрального трубопровода) и околошовной зоны в трассовых условиях проводится техническими средствами, которые основаны именно на разных физических явлениях (акустические, температурной электромагнитные, магнитные и т. д.).

Основным и единственным методом контроля напряженно-деформированного состояния и определения величины напряжений в трубопроводе и его элементах является метод на основе магнитной памяти металла (ММПМ). Суть этого метода заключается в определении

степени намагниченности отдельных участков трубопровода при воздействии магнитного поля, так как напряжение металла связано с его структурой и кристаллической решеткой, то намагниченность разных металлических структур происходит по-разному. То есть напряженно-деформированные участки будут намагничиваться совершенно отлично от основного металла трубопровода. Получая в качестве результата обследования трубопровода магнитограмму распределения магнитных полей можно с высокой точностью определить места напряженно-деформированного состояния, а также величину напряжений исходя из степени намагниченности конкретной зоны (участка) трубопровода.

Сварочный процесс оказывает интенсивные воздействия, которые способствуют неизбежному появлению технологических и конструкционных концентраторов напряжений (дефектов) и зон напряженно-деформированного состояния металла с высоким уровнем величины напряжений, выявить и устранить развития которых зачастую бывает практически невозможно [8]. Это обуславливает более интенсивное накопление высоких по величине напряжений в зоне сварного соединения трубной стали, и, как следствие, более 50 % разрушений сварных стальных конструкций трубопроводов происходит в околошовной зоне сварных стыков.

Как известно, помимо концентрации напряжений в сварных элементах магистральных трубопроводов и их участках приводит изменениям прочностных показателей металла околошовной зоны, а также порождает дополнительные высокие остаточные напряжения, которые являются причинами образования дефектов.

Вышеописанные разрушения факторы и их значимость (в особенности также остаточные температурной напряжения) в ряде позволяет случаев разрушение соизмеримы с концентрацией напряжений.

Под концентрацией сварных напряжений понимается повышение напряжений в зонах резкого изменения распределения сечения деформируемого тела [9]. В околошовных зонах магистральных трубопроводов такими концентраторами могут быть различные дефекты сварочного производства, металлические и неметаллические включения, отверстия, поры, непровары, надрезы и прочие. Концентрация напряжений сварных соединениях и их элементах определяется общей структурой металла соединяемых элементов, геометрической формой свариваемого шва магистрального трубопровода с основным металлом, а также способом передачи силы тепловой энергии технологического сварочного процесса. Для магистральных трубопроводов нефти и газа такими концентраторами несомненно являются кольцевые стыковые соединения. Характерным для остаточных напряжений является то,

что они существуют и уравниваются внутри материала (металла) трубы без приложения к нему внешних усилий и нагрузки.

Из огромного многообразия различных методов и технологий проведения неразрушающего контроля для точного и достоверного выявления дефектов различного рода в различных участках трубопровода, характеризующихся различной глубиной залегания и геометрическими размерами, выделяют оптические, капиллярные методы, радиоволновый и радиационный контроль, ультразвуковую дефектоскопию, тепловой контроль и т. д. Потенциальную зону разрушения на этапе формирования дефекта можно определить по результатам анализа изменения уровня напряженного состояния в локальных зонах [8].

Среди основных методов оценки напряженно-деформированного состояния трубопроводов выделяют [7]: расчетные методы, основанные на теории упругопластического сварных деформирования металла, на компьютерном моделировании и методе конечных элементов (КЭ моделирование), имитационное моделирование, экспериментальные методы, методы, сущность которых заключается в разделении конструкции трубопровода на элементы с применением различных приборов контроля и определения.

В соответствии с современным представлением ученых выделяют четыре типа разрушения: хрупкое, попер пластичное (вязкое), превалирующее усталостное и разрушение при ползучести [2, 7].

**Анализ методики расчета величины напряжений.** В условиях наличия остаточных напряжений и различных по природе внешних циклических воздействий материал магистрального трубопровода подвергается суммарному воздействию различного рода напряжений, изменяющихся по асимметричному циклу, имеющему постоянную и недостатком переменной составляющие:

$$\sigma = \sigma_m + \sigma_v f(\tau) \quad (1)$$

где:  $\sigma_m$  – постоянное напряжение, МПа;

$\sigma_v$  – амплитуда переменных напряжений, или просто переменное напряжение, МПа;

$f(\tau)$  – периодическая функция времени, которая изменяется в пределах  $-1 \leq f(\tau) \leq 1$ .

При  $\sigma_m = 0$  напряжение изменяется по симметричному циклу, и разрушение наступает при условии:

$$\sigma_v = \sigma_{-1} \quad (2)$$

где:  $\sigma_{-1}$  – предел выносливости материала при симметричном цикле, МПа.

При отсутствии переменных напряжений ( $\sigma_v=0$ ) разрушение (статического характера) наступает при условии:

$$\sigma_m = \sigma_B \quad (3)$$

где:  $\sigma_B$  – временное сопротивление, МПа.

Экспериментальные практические исследования [3] показали, также что с увеличением степени постоянных растягивающих напряжений предел выносливости металла (в конкретном случае трубной стали) уменьшается.

На современном этапе при оценке величины напряженно-деформированного состояния магистрального трубопровода в настоящее время используется позволяющая методика определения остаточного ресурса магистрального трубопровода РД 12-411-01. Данная инструкция учитывает как начальные кольцевые напряжения, так и фактические напряжения металла трубной стали, что позволяет сделать вывод о возможности её применения при оценке и расчёте напряжённо-деформированного временное состояния околошовных зон сварных стыков магистральных трубопроводов.

Помимо неизбежно возникающих в процессе сварки при сооружении или ремонте магистральных трубопроводов нефти и газа остаточных напряжений на напряженно-деформированное состояние ОШЗ будет влиять степень дефектности (наличия дефектов и общего технического состояния) исследуемого участка магистрального трубопровода.

Фактические действующие кольцевые напряжения в трубной стали, с учётом фактического утонения стенки трубы (коррозия металла трубопровода), при исследовании сплошной коррозии трубопровода  $\sigma_{кцф}$ , рассчитывают по формуле:

$$\sigma_{кцф} = \frac{P \cdot (D - 2h_0)}{2h_T} \quad (4)$$

где:  $D$  – наружный диаметр магистрального трубопровода, мм;

$h_0$  – проектная толщина стенки трубы в начале эксплуатации, мм;

$P$  – рабочее давление в магистральном трубопроводе, МПа;

$h_T$  – толщина стенки трубы в зоне повреждений (дефекта), мм.

Предельно допустимые для расчета значения фактических кольцевых напряжений ( $\sigma_{кцф}$ ) в стенке магистрального трубопровода должны быть не более  $0,75 \sigma_T$ .

Данная действующая методика расчёта величины напряжений в околошовных зонах сварных стыков магистрального трубопровода предполагает независимость имеющихся на поверхности металла процессов коррозии и коррозионной потери.

Одними из важнейших прочностных показателей металла являются: усталости и ползучести, однако в процессе эксплуатации магистрального трубопровода эти физические и химические процессы протекают одновременно в различном сочетании, что является, несомненно, основным недостатком при расчетном методе оценки величины остаточных напряжений.

Начальные кольцевые напряжения в металле трубопровода  $\sigma_{кц0}$  определяются по формуле:

$$\sigma_{кц0} = \frac{P \cdot (D - 2h_0)}{2h_0} \quad (5)$$

где:  $D$  – наружный диаметр магистрального трубопровода, мм;  
 $h_0$  – проектная толщина стенки трубы в начале эксплуатации, мм;  
 $P$  – рабочее давление в трубопроводе, МПа.

Коэффициент интенсивности напряжений определяется по формуле:

$$K_i = \sigma_p \sqrt{h} \cdot Y(\eta) \quad (6)$$

где:  $Y(\eta)$  – полином, зависящий от текущего значения относительной глубины трещины металла трубной стали.

Наличие высокого уровня рабочих напряжений в зонах сварного соединения сопровождается развитием неоднородности этих участков, т. е. увеличением разности в значениях стационарных потенциалов, отвечающих за интенсивность развития процессов коррозионно-механического повреждения или коррозионного растрескивания под напряжением. Таким образом, от наличия и величины напряжений в околошовной зоне сварных стыков трубопроводов будет значительно зависеть работоспособность участка трубопровода.

При выполнении оценки и анализа распространения напряжений в околошовной зоне сварных стыков трубопроводов выяснилось, что чем ближе измеряемые остаточные напряжения в околошовной зоне к сварному стыку трубопровода, тем выше их фактическое значение выше. То есть существует прямопропорциональная зависимость величины напряжений от степени близости к сварному шву.

При этом, чем больше значения возникающих внутренних напряжений, согласно формулам (7,8), тем больше будет вероятность аварии на трубопроводе. Не порыва трубы именно на данном, конкретном технологическом участке магистрального трубопровода.

Фактор наличия остаточных напряжений способствует развитию коррозионных трещин под напряжением в околошовных зонах сварных стыков магистральных трубопроводов и способствует разрушению сварных элементов при эксплуатации трубопровода и внутренних нагрузок, создаваемых давлением перекачки.

$$K_i = \frac{I_c}{m_i} \quad (7)$$

$$K_i = \frac{0.4 \cdot I_c^{0.5} \cdot \frac{a_{mp}}{0.5} \cdot (1-\eta)^Y(\eta)}{\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_p} \left( \frac{1 - (\sigma_p / \sigma_{BP})^2}{1 - (\sigma_{0.2} / \sigma_{BP})^2} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

где:  $K_i$  – коэффициент интенсивности напряжений при усредненном давлении в трубопроводе, МПа·√м;

$I_c$  – предел трещиностойкости для допускаемой глубины трещины в трубной стали, МПа·√м;

$m_i$  – коэффициент запаса по пределу трещиностойкости металла трубной стали;

$\sigma_p$  – уровень рабочих напряжений в теле трубопровода;

$a_{mp}$  – степень напряжений позволяет при текущем значении.

**Выводы.** На сегодняшний день напряженно-деформированное состояние трубной стали можно определить как экспериментальными (приборными), так и теоретическими (расчетными) методами.

Существуют аналитические и теоретические подходы, позволяющие оценивать степень напряженного состояния в различных сварных конструкциях. В [3] приведены различные методики расчетного определения величины напряжений и степени напряженно-деформированного состояния в зависимости от параметров теплового процесса в изделии. Таким образом, можно без проведения экспериментов оценить величину остаточных напряжений в сварных конструкциях различной конфигурации. Однако, главным недостатком расчетных методов является невозможность учета влияния всех параметров технологического процесса, учёта внешних факторов и условий эксплуатации анализируемого изделия, свойств металла и его состояния. Также достаточно

сложно учесть влияние всех фазовых превращений, введения присадочного материала, легирующих элементов и других важных факторов, существенно изменяющих характер распределения остаточных напряжений и деформаций [9].

Исследованная методика расчета величины напряжений в околошовной зоне магистральных трубопроводов при наличии фронтальной и язвенной коррозии металла трубной стали не учитывает неоднородность и все свойства околошовных зон сварных стыков, которые проявляются в сочетании множества эксплуатационных факторов. Кроме того, данный метод расчета на прочность и наличия напряжений не учитывают работу металла околошовной зоны трубопровода в условиях скольжения и сдвиговой деформации, а именно эти условия являются основными при эксплуатации и могут значительно сократить срок эксплуатации трубопровода, создавая большие по значению напряжения на околошовной зоне трубопровода. Методика расчета величины напряжений предполагает низкие значения допустимых напряжений  $[\sigma]$ . В данном случае, максимальные допустимые напряжения не должны превышать величины половины условного предела текучести материала  $\sigma_{0,2}$ :  $[\sigma] \leq \sigma_{0,2}/2$ , а для ответственных конструкций – не более трети:  $[\sigma] \leq 0,3 \sigma_{0,2}$ .

Как известно, повреждения труб в виде коррозионных язв приводят к неравномерному распределению напряжений в стенке газопровода, поэтому наибольшее значение напряжений в околошовной зоне трубопровода в местах, где будут обнаружены наиболее глубокие повреждения. А в связи с неравномерностью распределения дефектов в околошовной зоне погрешность расчета может принимать значения как в положительную, так и в отрицательную сторону от реальных значений, что не является приемлемым.

В силу указанных причин, широкое распространение получили экспериментальные методы определения остаточных напряжений. Как показал анализ, проведенный в работе, расчетные методы не позволяют учесть не только факторы эксплуатации магистрального трубопровода, но и основные показатели технического состояния. Расчетная методика не учитывает, что в местах наличия дефектов различного рода напряженно-деформированное состояние металла околошовной зоны и величина внутренних напряжений будут иметь наивысшие значения. Учет большинства факторов можно произвести в компьютерном моделировании напряженно-деформированного состояния. Наиболее приемлемый для этого метод имитационного моделирования.

Как показали выводы из исследования [9] имитационное моделирование не позволяет учитывать динамику изменения внешних

условий работы трубопровода. Самым достоверным методом определения величины напряжений в околошовной зоне сварных стыков магистральных трубопроводов будет являться приборный контроль. С помощью прибора, позволяющего определить координаты и наличие зон концентрации напряжений можно определить степень напряженно-деформированного состояния и величину напряжений различного рода в конкретных условиях на определенном участке трубопровода. Приборный контроль учитывает как точное фактическое состояние магистрального трубопровода, то есть наличие дефектов и их характеристику, так и все внешние факторы залегания трубопровода в конкретных условиях и режимах эксплуатации.

Таким образом, можно заключить, что вопрос расчета реальных напряжений в околошовной зоне магистральных трубопроводов целесообразнее решать с помощью инструментальных методов измерений.

### Список литературы:

1. Безлюдько Г.Я. Эксплуатационный контроль усталостного состояния ресурса металлоконструкции неразрушающим магнитным (коэрцитиметрическим) методом / Г.Я. Безлюдько // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2003. – № 2. – С. 20-26.
2. Биргер И.А. Остаточные напряжения / И.А. Биргер. - М.: Машиностроение, 1963. – 230 с.
3. Гатовский К.М. Теория сварочных напряжений и деформаций / К.М. Гатовский. – Ленинград: изд. Ленинградского Ордена Ленина кораблестроительного института, 1980. – 331 с.
4. ГОСТ 25.506-85\* Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении [Электронный ресурс].
5. Зайнуллин Р.С. Обеспечение работоспособности оборудования в условиях механохимической повреждаемости / Р.С. Зайнуллин. – Уфа: МНТЦ «БЭСТС», 1997. – 426 с.
6. Иванов В.Н. Синергетика деформирования и разрушения структурно-неоднородных твердых тел. Математический формализм / В.Н. Иванов // Деформирование и разрушение структурно-неоднородных материалов и конструкций: сб. науч. трудов. – Свердловск: УрО АН СССР, 1989. – 145 с.
7. Буклешев Д.О. Имитационное моделирование напряженно-деформированного состояния околошовных зон сварных стыков для оценки аварийности при эксплуатации магистральных трубопроводов / Д.О. Буклешев – РАН. Самарский Государственный Центр. ООО «Самарский печатник», 2017. – 126 с.



8. Кузьмин А.Н., Жуков А.В., Стюхин Н.Ф. Контроль трубопроводов с применением метода акустической эмиссии / А.Н. Кузьмин, А.В. Жуков, Н.Ф. Стюхин // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 1 (43). – С. 29-31.
9. Буклешев Д.О. Образование дефектов в околошовных зонах сварных стыков магистральных газопроводов под воздействием рабочих нагрузок [Текст]. Журнал: Трубопроводный Транспорт. Теория и практика. № 1 (53) 2016 г. – М.: ВНИИСТ, 2016. – С. 31-35.

### 1.3. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### ВИРТУАЛЬНОЕ ПОЛЕ БОЯ И ЕГО СИНХРОНИЗАЦИЯ В ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ

*Егорова Елизавета Сергеевна*

*инженер-программист,  
Санкт-Петербургский Национальный  
Исследовательский Университет  
Информационных технологий, механики и оптики,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

#### VIRTUAL BATTLEFIELD AND ITS SYNCHRONIZATION IN THE TRAINING COMPLEX

*Elizaveta Egorova*

*engineer programmer  
Saint-Petersburg National Research University  
of information technologies, mechanics and optics,  
Russia, Saint-Petersburg*

**Аннотация.** Для разработки тренажерных комплексов и систем, использующих визуальную составляющую, необходимо правильно производить синхронизацию объектов в виртуальном поле боя, для того чтобы все участники обучения видели актуальную информацию о местоположении объектов. В данной работе описана методика разработки алгоритма синхронизации виртуального поля боя в тренажерном комплексе.

**Abstract.** To develop training complexes and systems using the visual component, it is necessary to correctly synchronize objects in the virtual battlefield in order for all participants to see the current information about objects. In this paper, we describe the methodology for developing an algorithm for synchronizing a virtual battlefield in a training complex.

**Ключевые слова:** тренажерные системы; тренажерный комплекс; синхронизация данных; виртуальная сцена; передача данных по сети;

**Keywords:** training simulation system; training complex; synchronization; virtual scene; networking;

## **1. Введение**

В настоящее время тренажерные системы и комплексы используются во многих сферах деятельности человека, поскольку они позволяют сделать процесс обучения качественнее, а также сократить расходы на него.

Тренажерные комплексы военной тематики, применяемые для обучения навыкам вождения и пилотирования, часто используют виртуальное поле боя для визуализации управляемых объектов и сцен.

Это помогает соединять несколько тренажерных комплексов между собой.

Если в тренажерной системе используется виртуальное поле боя, то необходимо производить передачу данных по сети для синхронизации объектов виртуального поля боя [1].

Это требуется для того чтобы на всех участвующих вычислительных ядрах воспроизводилась актуальная информация о текущем состоянии виртуального поля боя. В связи с этим возникает задача создания алгоритма синхронизации данных в виртуальном поле боя.

## **2. Виртуальное поле боя**

Виртуальное поле боя – это виртуальная сцена в двух или трехмерном пространстве с объектами на ней (Рис. 1.).

Оно представляет собой виртуальную сцену с управляемыми объектами на ней, которые могут взаимодействовать между собой. Взаимодействия между объектами могут быть самыми различными, например, логические переходы в другие состояния конечного автомата или физические воздействия на другие объекты [6, 7].

Виртуальная сцена или виртуальное пространство – это абстрактное пространство, в котором имеется своя система координат, а также определенные объекты и атрибуты.



**Рисунок 1. Схема виртуального поля боя**

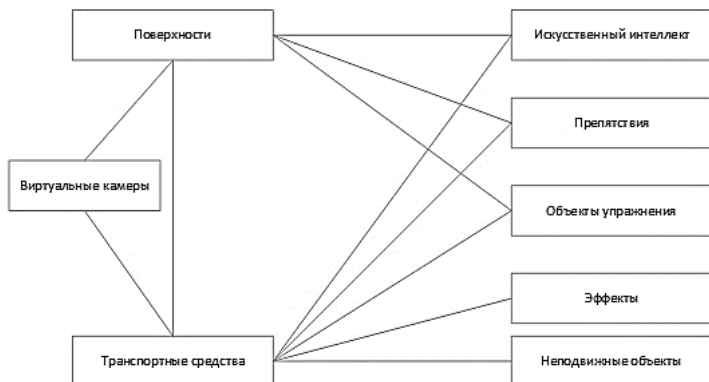
Виртуальное поле боя является незаменимым атрибутом в тренажерном комплексе, направленном на получение обучаемым навыков планирования боевых действий, вождения, пилотирования.

Виртуальное поле боя используется для моделирования боевых действий, планирования атак своих войск и войск противника, для обучения работе в команде или для обучения выполнения инструкций командира.

В зависимости от целей обучения в виртуальной сцене могут присутствовать различные объекты. Объектами в виртуальной сцене могут быть:

- 1) Поверхности (земля, вода)
- 2) Неподвижные объекты (деревья, камни, здания)
- 3) Препятствия (столбы, разрушаемые здания и препятствия)
- 4) Техника или объекты, которыми может управлять обучаемый (транспортные средства, интерфейсы)
- 5) Объекты, необходимые для выполнения упражнения (блоки, веревки, таблички и т. д.)
- 6) Автоматически управляемые объекты или искусственный интеллект (люди, машины и т. д.)
- 7) Невидимые объекты, необходимые для проверок выполнения упражнений и сценариев (точки маршрута, области выполнения упражнения)
- 8) Объекты, используемые для визуальных эффектов (дождь, снег, солнце, туман, взрывы, дым и т. д.)
- 9) Виртуальные камеры

Объекты в сцене могут взаимодействовать различными способами в зависимости от поставленных целей и задач при выполнении упражнения. Также на взаимодействие влияет количество различных типов объектов в сцене, потому что чем больше типов, тем сложнее структура их взаимодействия. Пример сложной структуры взаимодействия представлен на Рис. 2.



**Рисунок 2. Структура взаимодействия объектов в виртуальном поле боя**

### 3. Синхронизация в виртуальном поле боя

Для синхронизации виртуального поля боя необходимо определить несколько моментов, влияющих на дальнейшую разработку алгоритма:

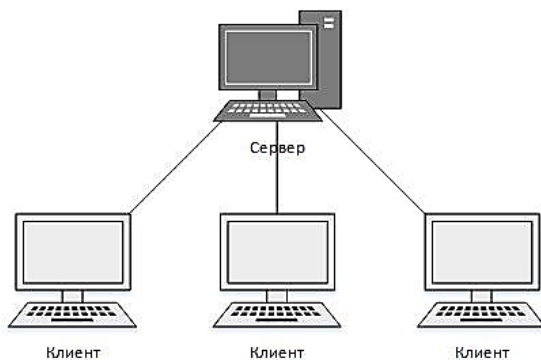
- 1) Какая схема передачи данных будет взята за основу (авторитетная/ неавторитетная)
- 2) По какому протоколу будет происходить передача данных
- 3) Какие объекты и их атрибуты достаточно синхронизировать для отображения актуальной информации

После того, как эти моменты решены, можно приступить к созданию алгоритма синхронизации и к его интеграции. Разберем, что влияет на выбор того или иного критерия при разработке алгоритма.

#### 3.1. Схема передачи данных по сети

Многопользовательское приложение, в котором происходит передача данных по сети, может быть реализовано с применением разных подходов взаимодействия между пользователями – авторитетными и неавторитетными.

Одним из самых популярных авторитетных подходов является клиент-серверное взаимодействие (client-server), при котором имеется авторитетный сервер, который контролирует всю игру и все взаимодействия между пользователями (Рис. 3.).

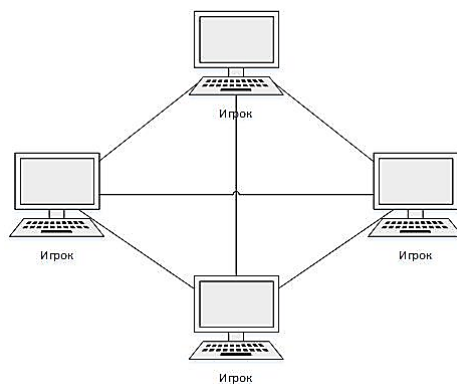


**Рисунок 3. Клиент-серверное взаимодействие**

Каждый клиент получает данные от сервера и формирует локальное представление игры. Если клиент производит какое-либо действия, информация о них передается на сервер, который уже обрабатывает полученные данные и формирует результирующее значение [4].

Все изменения в игре, которые формируются на сервере, передаются всем подключенным клиентам. За счёт этого на клиентах всегда отображается одинаковая и актуальная информация.

В неавторитетных подходах отсутствует связующий сервер, который контролирует все взаимодействия, поэтому каждый пользователь сам контролирует свое игровое состояние. В качестве неавторитетного алгоритма взаимодействия чаще всего используется пиринговый подход (peer-to-peer).



**Рисунок 4. Неавторитетный подход взаимодействия по сети**

В данном подходе каждый клиент контролирует только свои игровые объекты и отправляет другим участникам положение и состояние этих объектов [3]. Игровые объекты противника симулируются в соответствии с информацией, полученной от противника.

В данном подходе не исключена возможность жульничества противников, поскольку нет централизованной обработки данных.

### 3.2. Протокол передачи данных

Существует два основных протокола транспортного уровня, которые можно применять для передачи данных в многопользовательском приложении – Transmission Control Protocol (TCP, протокол управления передачей) и User Datagram Protocol (UDP — протокол пользовательских дейтаграмм) [2].

TCP-протокол передает поток данных, предварительно установив соединение.

Если данные по какой-то причине потерялись, осуществляется повторный запрос данных.

Данный механизм позволяет обеспечить целостность передаваемых данных, но зачастую бывает тяжеловесным, когда необходимо передавать данные сразу нескольким получателям.

UDP-протокол передает пользовательские дейтаграммы без предварительного установления соединения.

Это снижает надежность целостной передачи данных, потому что дейтаграммы могут прийти не по порядку, дублироваться, либо совсем не прийти [5]. Но данный протокол передачи данных позволяет улучшить работоспособность систем, где не так важна надежность, как скорость передачи данных.

Это применимо к системам реального времени.

Также этот протокол удобно использовать при большом количестве соединений, поскольку нет необходимости соединения с каждым из получателей напрямую.

### 3.3. Синхронизация объектов

Не все объекты, входящие в состав виртуального поля боя, необходимо синхронизировать, поскольку не все из них изменяют свои свойства или позицию с течением времени.

Поэтому перед разработкой алгоритма синхронизации объектов нужно определить то, что влияет на отображение актуальной виртуальной сцены.

В первую очередь необходимо производить синхронизацию положения динамических объектов в пространстве.

На каждом вычислительном ядре, входящем в состав тренажерного комплекса, должна отображаться актуальная информация о текущем расположении всех объектов виртуальной сцены.

Если при выполнении упражнения меняется не только положение объектов в пространстве, но и изменяется форма поверхностей (например, изменение грунтов, водной поверхности), которая влияет на дальнейшее выполнение упражнения, то также необходимо синхронизировать изменение этой поверхности.

Часто также требуется синхронизировать не только положение объектов в пространстве, но и дополнительные присущие им атрибуты, например, их активность, жизненная сила и т. п.

Для этого необходимо создавать отдельный тип передаваемых сообщений.

После того как выявлены те данные, которые требуют синхронизации, можно приступать к дальнейшей разработке алгоритма.

#### **4. Интеграция полученного алгоритма в тренажерный комплекс**

Тренажерный комплекс, в который необходимо было интегрировать алгоритм синхронизации данных, представляет собой симулятор танковой техники.

Тренажер состоит из нескольких вычислительных ядер, на которых происходит визуализация с разных камер виртуального поля боя. Синхронизацию данных необходимо было проводить между этими вычислительными ядрами.

При разработке алгоритма синхронизации необходимо было учитывать следующие факторы:

- 1) Сложные проводимые расчеты физики
- 2) Недетерминированные состояния объектов
- 3) Большое количество клиентов (игроков)

В результате анализа существующих решений и методов синхронизации объектов был выбран клиент-серверный подход взаимодействия между клиентами по UDP-протоколу.

Синхронизация производилась для динамических объектов (позиция и углы вращения).

В ходе выполнения данной работы были выявлено, что для создания алгоритма синхронизации данных виртуального поля боя в тренажерном комплексе необходимо:

- 1) Четко выявить цели и задачи тренажера;
- 2) Определить данные, которые необходимо синхронизировать, для того чтобы избежать избыточной передачи данных;
- 3) Оценить вычислительные способности вычислительных ядер и пропускную способность сети;

После оценки данных критериев можно приступать к созданию алгоритма синхронизации данных в виртуальном поле боя.



## 5. Заключение

В результате выполнения данной работы были выявлены критерии, которые необходимо оценить для создания алгоритма синхронизации данных в виртуальном поле боя в тренажерном комплексе.

На основе этих данных был создан и интегрирован в тренажерный комплекс алгоритм синхронизации данных.

## Список литературы:

1. Ferretti S. Interactivity maintenance for event synchronization in massive multiplayer online games, PhD thesis, University of Bologna, 2005.
2. Stevens W.R., Fenner B. и Rudoff A.M. UNIX Network Programming: The sockets networking API, Addison-Wesley Professional, 2004.
3. Bevilacqua Fernando Building a Peer-to-Peer Multiplayer Networked Game. – 2013 г. - <https://gamedevelopment.tutsplus.com/tutorials/building-a-peer-to-peer-multiplayer-networked-game--gamedev-10074>.
4. Design for client-server synchronisation. – 2017 г. - <https://softwareengineering.stackexchange.com/questions/361222/design-for-client-server-synchronisation>.
5. Object synchronization (for physics based games). – 2011 г. - <https://www.gamedev.net/forums/topic/617184-object-synchronization-for-physics-based-games>.
6. Виртуальное поле боя. – 2015 г. - <http://war-tundra.livejournal.com/3295644.html>.
7. Группа «Кронштадт»: единое виртуальное поле боя – будущее боевой подготовки сегодня! – 2016 г. - <http://kronshtadt.ru/2016/09/06/gruppa-kronshtadt-edinoe-virtual-noe-pole-boya-budushhee-boevoj-podgotovki-segodnya>.

**СОЗДАНИЕ ЕДИНОГО  
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО  
ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА В РФ -  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

***Ефимова Татьяна Борисовна***

*канд. экон. наук, доц. кафедры*

*«Корпоративные информационные системы, электронные сервисы  
и интеллектуальные информационные технологии»*

*Самарский государственный экономический университет - СГЭУ,  
РФ, г. Самара*

***Мананков Александр Сергеевич***

*студент, Самарский государственный университет путей сообщения  
- СамГУПС,*

*РФ, г. Самара*

**THE CREATION OF A UNIFIED TRANSPORT  
AND LOGISTICS INFORMATION SPACE IN RUSSIA -  
PROBLEMS AND PROSPECTS**

***Tatyana Efimova***

*candidate of economic Sciences, associate Professor of chair*

*"the Corporate information system, e-services  
and intelligent information technology»*

*Samara state University of Economics - SGEU,  
Russia, Samara*

***Alexander Manankov***

*student of "Information systems and technologies" training direction"*

*Samara state transport University - SGEU,  
Russia, Samara*

**Аннотация.** Статья посвящена проблемам развития единого транспортно-логистического информационного пространства РФ. Проанализирована деятельность ОАО "РЖД" в данном направлении, рассмотрены основные информационные системы, позволяющие осуществлять взаимодействия традиционных видов транспорта. Предложена реализация алгоритма поиска оптимального маршрута доставки груза несколькими видами транспорта, сделаны выводы.

**Abstract.** The article is devoted to the problems of development of the unified transport and logistics information space of the Russian Federation. The activity of JSC "RZD" in this direction, the basic information system that allows interaction between traditional modes of transport. The implementation of the algorithm for finding the optimal route of cargo delivery by several modes of transport is proposed, conclusions are drawn.

**Ключевые слова:** единое информационное пространство; транспортные услуги; логистика; алгоритм Дейкстры; методы оптимизации.

**Keywords:** unified information space; transport services; logistics; Dijkstra algorithm; optimization methods.

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года сделан акцент на необходимость внедрения единой автоматизированной информационно-аналитической системы управления транспортным комплексом, которая позволит обеспечить полноту, актуальность и достоверность информации, анализировать эффективность развития транспортной инфраструктуры, контролировать развитие рынка транспортных услуг и реализацию транзитного потенциала. Система позволит повысить эффективность управления программами и проектами, снизить издержки взаимодействия органов управления транспортным комплексом с организациями, деятельность которых связана с транспортом [1].

Российский рынок транспортных услуг представлен всеми традиционными видами транспорта, и в современных условиях как никогда актуально развитие единого транспортно-логистического информационного пространства. Об этом говорится и в Транспортной стратегии РФ: работа морских и речных портов должна быть увязана с работой удаленных железнодорожных узлов и транспортно-логистических комплексов (так называемые "эшелонированные порты"), должно быть усилено взаимодействие участников транспортного рынка в рамках обеспечения эффективных логистических цепочек товародвижения. Также должна быть создана интегрированная сеть транспортно-логистических комплексов, обеспечивающих предоставление широкого спектра конкурентоспособных услуг, ускорено развитие интермодальных перевозок и формирование территориально-производственных кластеров [1]. Необходимо учитывать и рост объемов автомобильных перевозок, которые реагируют на запросы экономики наиболее гибко.

Большой объем работ, связанный с созданием единого транспортного пространства, выполняет ОАО «РЖД», в частности, специалисты

ТЦФТО (территориальный центр фирменного транспортного обслуживания) – организации, призванной соблюдать баланс интересов ОАО «РЖД» и грузовладельцев. Основными задачами ТЦФТО являются [2]:

- организация и ведение на железной дороге работы в сфере оказания услуг по перевозке грузов, использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования, принадлежащей ОАО "РЖД", для осуществления перевозок грузов, информационных и иных дополнительных услуг, а также по продаже и аренде железнодорожного подвижного состава;
- обеспечение формирования доходной части бюджета железной дороги от оказания услуг, связанных с перевозками грузов, а также от продажи и аренды железнодорожного подвижного состава.

Укрупненная схема работы ТЦФТО приведена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Укрупненная схема работы ТЦФТО**

Заявка на перевозку проходит согласование в АС ЭТРАН. Доступ к подаче и согласованию заявки возможен из любого удобного места (при условии наличия автоматизированного рабочего места для подготовки перевозочных документов (АРМ ППД)), со своего персонального компьютера, что является безусловным признаком клиентоориентированного подхода. Основой для регистрации клиентов АС ЭТРАН является Единая база данных грузоотправителей и грузополучателей (ЕГРПО) Госкомстата России с кодом общероссийского классификатора предприятий и организаций (ОКПО) и база данных пользователей услуг железнодорожного транспорта (БДПУЖТ) с уникальными кодами регистрации и однозначными сведениями. Имеет место сквозной документооборот: для каждого перевозочного документа в АС ЭТРАН - свой технологический процесс.

Помимо непосредственно перевозок, структуры, входящие в состав ОАО «РЖД», предлагают другие виды сервиса:

1. ПАО «ТрансКонтейнер» - услуги, связанные с контейнерными перевозками и терминальной обработкой.

2. АО «РЖД Логистика» осуществляет перевозки грузов железнодорожным транспортом, международные перевозки (в том числе и железнодорожно-паромным сообщением).

3. АО «ФГК» предоставляет подвижной состав (в том числе в аренду), занимается экспедированием и информационным сопровождением грузов, выполняет ремонт запасных частей вагонов.

4. ООО «Gefco» - ведущий мировой поставщик интегрированных логистических услуг - позволяет осуществлять организацию и управление грузоперевозками, оформлять фрахтовую и экспортно-импортную документацию, хранение груза.

5. Дирекция по управлению терминально-складским комплексом (ЦМ) располагает грузовыми дворами на всей сети железных дорог России и предоставляет услуги автотранспорта, погрузо-разгрузочные работы любой сложности, терминально-складские услуги и т. д., что позволяет осуществлять оптимальное взаимодействие железнодорожного и автомобильного транспорта.

Все названные структуры связаны единым информационным пространством, в которое входит и ОАО «РЖД», и грузовладельцы, партнеры, ФТС и ФНС РФ, что предоставляет ОАО «РЖД» несомненные конкурентные преимущества на рынке транспортных услуг.

Рассмотрим указанное информационное взаимодействие. АС ЭТРАН содержит полную информацию обо всех принятых и согласованных заявках, оформленных перевозочных документах и выполненных услугах. Информация из АС ЭТРАН передается в системы для бухгалтерских проводок и оформления документов налоговой отчетности (ЕК АСУФР).

Ежедневно агенты и коммерческие диспетчеры формируют проект уточненного сводного заказа на следующие сутки по станциям. Заказ уточняется, согласовывается и передается из АС ЭТРАН в АСОУП-2 в виде таблиц с данными о грузоотправителях, номенклатуре и объеме отправок подвижном составе, станциях отправления и назначения. Таким образом, АС ЭТРАН обеспечивает ведение ЕМПП АСОУП (единой модели перевозочного процесса) в рамках данных о заявках, отправлениях грузов, их раскредитовании и событиях в пути следования; ведение лицевого счета плательщика совместно с ЕК АСУФР; подготовку перевозочных документов; расчет провозной платы производится центральным модулем расчета провозной платы (ЦРПП). АС ЭТРАН также взаимодействует с АСУ МР, ЕАСАПР, АС ЭТД, через АСОУП –

с Сетевой интегрированной российской информационно-управляющей системой (СИРИУС) и АСУ станций (АСУ СТ), АСУ контейнерным пунктом (АСУ КП), Автоматизированной системой управления станции передачи вагонов и поездов (АСУ СПВ), с таможенными органами при таможенном оформлении грузов и т. д.

В систему ЭТРАН передается вся информация по импортным, транзитным и экспортным перевозкам с момента пересечения границы за счет съема информации с перевозочных документов в электронном виде, что позволяет контролировать и оптимизировать работу с экспедиторскими организациями.

В рамках оптимального логистического взаимодействия важным вопросом является комплексный подход к контейнерным перевозкам. ПАО «ТрансКонтейнер» предлагает интернет-сервис ISales, который позволяет минимизировать время оформления заказа на перевозку грузов за счет оформления заказов в режиме "on-line", оперативно рассчитать стоимость услуг, отследить статус исполнения заказа и дислокацию контейнера, просматривать архив заказов, оплачивать их [3].

Используется и АСУ «Грузовой экспресс» с целью повышения эффективности управления перевозками грузов железнодорожным транспортом через морские порты и пограничные переходы.

В рамках развития корпоративного web-портала в части перевозок грузов по инициативе ЦФТО ОАО «РЖД» была внедрена ЭТП ТУ (электронная торговая площадка транспортных услуг), которая представляет собой современное средство интеграции системы фирменного транспортного обслуживания в открытый электронный рынок для продажи транспортных услуг [4].

ЭТП ТУ информирует пользователей об операциях с грузами, вагонами, контейнерами, их дислокации, техническому состоянию, предоставляет доступ к справочникам НСИ (нормативно-справочной информации), позволяет рассчитать провозную плату, при необходимости - отслеживать ход претензионной работы, проверять наличие регистрации пользователя в БД ПУЖТ [4].

В настоящее время происходит модернизация рассмотренных информационных технологий с целью оптимизации предоставляемых ими услуг.

Если рассматривать рынок автоперевозок, то можно указать большое количество разрозненных сайтов, позволяющих заказать автомобильную перевозку и сопутствующие услуги.

Рассмотрим создание программного модуля, позволяющего определить оптимальный маршрут доставки груза с использованием различных видов транспорта. В модуле использована нормативно-

справочная информация, касающаяся всех видов транспорта. Для решения задачи применен алгоритм Дейкстры, позволяющий находить кратчайшие пути. Данный алгоритм широко применяется в программировании и компьютерных технологиях, например, его используют протоколы маршрутизации OSPF и IS-IS.

Каждой вершине ставим метку — минимальное известное расстояние от этой вершины до  $a$ . Алгоритм работает пошагово — на каждом шаге он «посещает» одну вершину и пытается уменьшать метки. Работа алгоритма завершается, когда все вершины посещены.

*Инициализация.* Метка самой вершины  $a$  полагается равной 0, метки остальных вершин — бесконечности (так как расстояния от  $a$  до других вершин пока неизвестны). Все вершины графа помечаются как непосещённые.

*Шаг алгоритма.* Если все вершины посещены, алгоритм завершается. В противном случае, из непосещённых вершин выбирается вершина  $u$ , имеющая минимальную метку, и рассматриваются всевозможные маршруты, в которых  $u$  является предпоследним пунктом. Вершины, в которые ведут рёбра из  $u$  - *соседи* этой вершины. Для каждого соседа вершины  $u$ , кроме отмеченных как посещённые, рассматривается новая длина пути, равная сумме значений текущей метки  $u$  и длины ребра, соединяющего  $u$  с этим соседом. Если полученное значение длины меньше значения метки соседа, значение метки заменяется полученным значением длины. Рассмотрев всех соседей, вершина  $u$  помечается как посещённая, и шаг алгоритма повторяется.

Ниже приведена часть кода обработчика кнопки "Рассчитать цену".

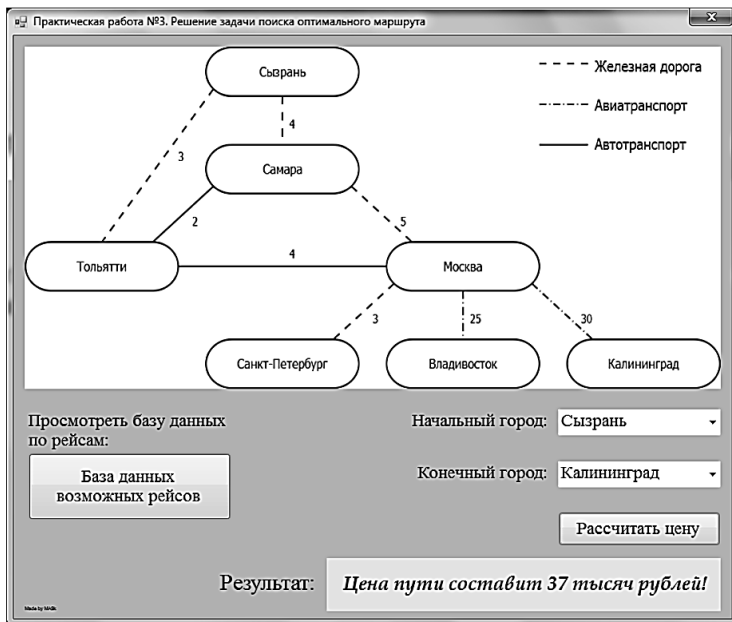
```
if (begin_city == end_city) //"Заглушка" на ввод данных пользователем
    {
begin_city = 0;
end_city = 0;
MessageBox.Show("Начальный и конечный город совпадают!
Пожалуйста, измените их!", "Внимание");
    }
for (i = 0; i < number_of_city; i++) //Обнуляем флаги всех городов
    {
flag [i] = false;
price [i] = 60000;
    }
price [begin_city] = 0; //"Встаём" в начальный город
flag [begin_city] = true;
```

```
current_city = begin_city;
do
    {
for (i = 0; i < number_of_city; i++)
if ((city_matr [current_city, i] < 60000) && (!flag [i]) && (i != current_city))
    {
price [i] = mins(price [i], price [current_city] + city_matr [current_city, i]);
//Находим минимум от текущего города до остального, связанного с
ним
    }
current_city = minimum (number_of_city); // Переходим к другому городу
flag [current_city] = true;
    }
while (current_city != end_city);

if (price [current_city] < 60000)
    {
        label5.Text = "Цена пути составит " + price [current_city] + "
тысяч рублей!";
    }
else
MessageBox.Show("Путь не существует!", "Внимание");
```

Результат работы программы (на примере выбора пути "Сызрань - Калининград") приведен на рисунке 2. Данный модуль может быть использован для поиска оптимальных маршрутов при использовании различных видов транспорта в случае его интеграции с информационными пространствами ОАО "РЖД", автомобильного и воздушного транспорта.





**Рисунок 2. Пример работы программы**

Для создания единого транспортно-логистического информационного пространства РФ необходимо обеспечить доступность транспортных сервисов для участников рынка транспортных услуг, которые должны быть гибкими и динамичными. Кроме того, необходимо стремиться к уменьшению эксплуатационных расходов при одновременном оптимальном использовании существующей инфраструктуры, повышению безопасности движения.

### Список литературы:

1. Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 N 1734-р (ред. от 11.06.2014) «О Транспортной стратегии Российской Федерации»
2. Распоряжение «Об утверждении типового положения о ТЦФТО структурном подразделении ЦФТО — филиала ОАО «РЖД» от 21 августа 2009 г. Москва.
3. [http://cargo.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE\\_ID=5128&layer\\_id=3290&refererLayerId=3290&id=2084](http://cargo.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=5128&layer_id=3290&refererLayerId=3290&id=2084).
4. Информационные системы по управлению сбытом грузовых перевозок: учебно-методическое пособие для вузов ж.д. транспорта / Н.В. Эрлих, А.В. Эрлих, Л.И. Папиловская, Т.Б. Ефимова. – Самара: СамГУПС, 2010. – 112 с.

5. Эрлих Н.В. Электронный технологический документооборот / Н.В. Эрлих, Л.И. Папиrowsкая, Т.Б. Ефимова//Вестник транспорта Поволжья. - 2010. - № 3 - С. 108-112.

## **ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА С ДИНАМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ**

**Черных Сергей Николаевич**

*канд. техн. наук,  
Заместитель начальника отдела разработки программного  
обеспечения по математическому моделированию,  
ЗАО «Институт телекоммуникации»,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

## **GENERAL ALGORITHM FOR THE FUNCTIONING OF THE IMITATION MODEL OF A SIMULATOR COMPLEX WITH A DYNAMIC PLATFORM**

**Sergey Chernykh**

*candidate of Technical Sciences,  
Deputy Head of the Software  
Development Department for Mathematical Modeling,  
CJSC "Institute of Telecommunications",  
Russia, St. Petersburg*

**Аннотация.** В статье представлен общий алгоритм функционирования имитационной модели тренажерного комплекса, который позволит имитировать работу всех систем «физической машины», увеличить вычислительную производительность и обеспечит разработку специального программного обеспечения для современных тренажерных средств.

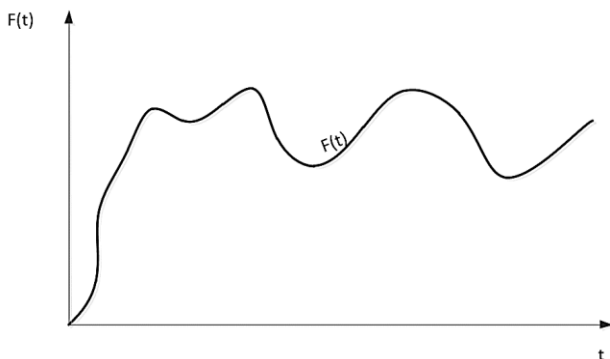
**Abstract.** The article presents a general algorithm for the functioning of the imitations model of the simulator complex, which will simulate the operation of all systems of a "physical machine", increase computational productivity, and provide the development of special software for modern simulators.

**Ключевые слова:** тренажёр; математическая модель; имитационная модель; программное обеспечение тренажёра; тренажёрный комплекс, алгоритм.

**Keywords:** training apparatus; mathematical model; imitation model; simulator software; simulator complex, algorithm.

**Введение.** Для разработки тренажёрных комплексов (ТК) с динамической платформой, требуется имитационная модель (ИМ), которая позволяет в режиме реального времени имитировать работу всех систем «физической модели», а также выполнять задачи установленными Курсом вождения машин (КВМ). Актуальность работы представлена в разработке алгоритма функционирования ИМ, который позволит имитировать работу всех систем «физической модели» в виде непрерывной функции. Новизна работы заключается в преобразовании математических зависимостей – дифференциальных уравнений  $n$ -го порядка к линейным зависимостям для ускорения вычислительных процессов. Теоретическая значимость данной работы заключается в разработке общего алгоритма функционирования ИМ для ТК, при работе которого результаты близки к непрерывной функции. Практическая значимость работы представляется в применении данного алгоритма при разработке программного обеспечения для современных ТК с подвижной динамической платформой.

**Общий алгоритм функционирования ИМ.** Имитация работы «физической машины» происходит непрерывно по времени. Она представлена в виде непрерывной функции  $F(t)$  (рисунок 1). Для описания работы тренажёра решаются дифференциальные уравнения  $\frac{dF}{dt}$ .



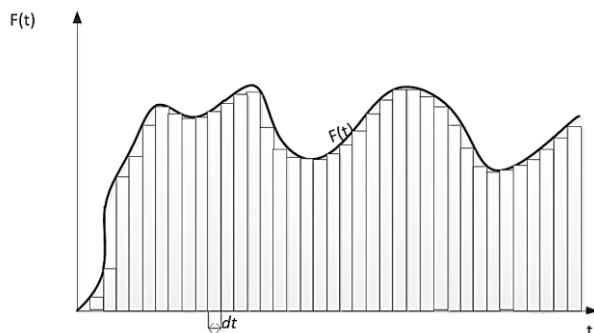
**Рисунок 1.** График непрерывной функции

Данная модель удобна для систем, позволяющих моделировать функцию непрерывно, используя аналоговые ЭВМ или подобные ей системы. ИМ ТК должна функционировать на аппаратно-вычислительном комплексе, состоящем только из цифровых ЭВМ. Соответственно, моделирование будет иметь следующий вид (рисунок 2). Нахождение значений функции происходит через определённый интервал времени  $dt$ . Чем меньше значение  $dt$ , тем точнее значения функции, но при этом нельзя допустить значения, равного нулю.

Работа ТК - это непрерывный цикл, в котором исполняется логический сценарий работы имитируемых систем и визуализируется картинка на экране (визуализация обстановки), обычно с частотой не менее 30-60 кадров в секунду.

Компоненты работы ТК представлены на рисунке 3.

*Инициализация* – стадия, на которой выполняются стандартные операции, характерные для любой программы, такие как выделение памяти, получение ресурсов, загрузка данных с БД и т. п.



**Рисунок 2. График дискретной функции**

*Вход в цикл розыгрыша сценария* - стадия выполнения кода, на которой начинается розыгрыш имитации сценария (условия, заданные инструктором для выполнения упражнения). Здесь начинается моделирование, и оно продолжается до тех пор, пока инструктор не остановит процесс имитации и не выйдет из основного цикла.

*Выполнение модели ИМ* – эта стадия содержит основную стадию моделирования. Выполняются математические и имитационные модели. Результаты моделирований используются для формирования следующего кадра визуализации во внеэкранной буферной зоне. Его визуализацию невозможно увидеть. Затем происходит быстрое копирование изображения на экран, в результате чего возникает анимационный эффект.



**Рисунок 3. Порядок работы ТК с динамической платформой**

*Виртуализация следующего кадра* – это стадия, где данные, полученные от действия обучаемого, и результаты моделирования используются для формирования следующего кадра для визуализации и передачи данных на каналы визуализации, динамическую платформу.

*Передача данных на динамическую платформу* – стадия, когда данные, сформированные на этапе визуализации кадра, обрабатываются на динамической платформе, перемещая кабину.

*Синхронизация каналов визуализации* – этап визуализации. Так как на ТК требуется визуализировать не только окна водителя, но и зеркала заднего вида, и внешнего вида «физической машины» на месте инструктора.

*Начало нового цикла моделирования* – всего лишь возврат к началу цикла розыгрыша ИМ и повторение его заново.

*Завершение работы* - это конец моделирования, сохранение результатов в базу данных, для последующей обработки и анализа.

Таким образом, для формирования кадра с целью визуализации требуется выделение интервала времени  $dt$  (рисунок 2), который позволит произвести обработку данных, полученных в ходе моделирования ИМ. Для этого разработана структура работы ИМ и организация взаимодействия его элементов, которая обеспечит процесс моделирования в рамках  $dt$ . Общий алгоритм функционирования ИМ представлен на рисунок 4.

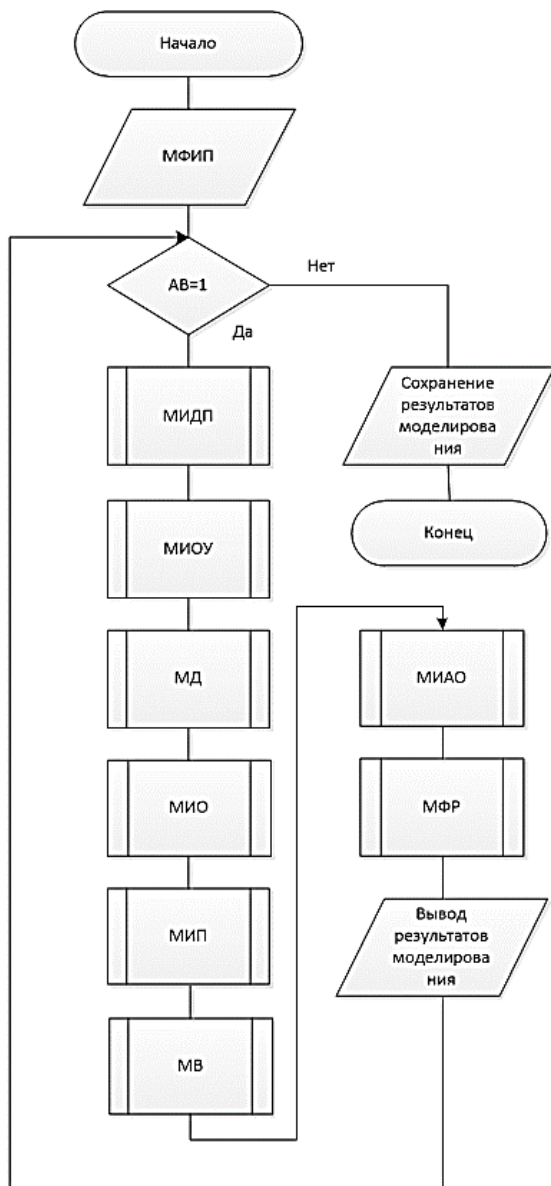


Рисунок 4. Общий алгоритм функционирования ИМ

Порядок моделирования проходит за определённый интервал времени  $dt$  (шаг моделирования). В первом блоке – модель формирования исходных параметров ИМ (МФИП), предназначенная для формирования исходных данных параметров моделирования, инициализации моделируемой среды, окружающей обстановки, объектов, выбранных отказов блоком управления АРМ инструктора. Исходные данные моделирования приходят от блока управления АРМ инструктора. В блоке проверки ( $AB=1$ ) устанавливается запуск работы ИМ или его прекращение. На любом шаге инструктор, изменяя параметр  $AB$ , включает процесс моделирования или прекращает его. Требуется это для аварийной остановки и изменения условия моделирования.

Далее все элементы ИМ выполняют установленные им процессы моделирования (рисунок 4), а именно:

модель имитации динамической платформы (МИДП) предназначена для организации взаимодействия ИМ и кабиной тренажёра. Модель позволяет передавать, получать управляющие команды и сообщения от кабины тренажёра;

модель имитации органов управления (МИОУ) предназначена для обработки событий от органов управления кабины. Модель позволяет сохранять обработанные данные в МХТП с целью дальнейшей обработки соответствующих элементов ИМ;

модель движения (МД) предназначена для моделирования движения машины, агрегатов, навесного оборудования. Модель решает вопросы имитации работы двигателя, электрооборудования, системы охлаждения, гидросистемы, работы агрегатов в различных условиях среды и действий обучаемых (механика-водителя, командира (оператора)), а также расчётов продольно-угловых колебаний в пространстве;

модель имитации отказов (МИО) предназначена для моделирования отказов элементов машины, полученных в ходе управления механиком-водителем, командиром (оператором) и установленных заранее через блок управления АРМ инструктором. Данная модель обнаруживает условия появления отказа и моделирует его;

модель имитации приборов (МИП) предназначена для подготовки данных, которые позволяют имитировать приборы на ДП;

модель визуализации (МВ) предназначена для моделирования визуальной имитации района, статических и динамических объектов, имитируемой машины в различных условиях;

модель имитации акустической обстановки (МИАО) предназначена для моделирования шумовых характеристик двигателя, агрегатов машины, шумов при движении;

модель формирования результатов (МФР) предназначена для формирования результатов моделирования, а именно фиксации отказов, ошибок, параметров моделирования.

После выполнения элементами ИМ процессов моделирования результаты передаются на АРМ инструктора.

Пример работы ИМ при выполнении одного цикла представлен на рисунке 5. В данном примере рассматривается событие включения кнопки «Пуска двигателя» (включение стартера) при движении машины.

При получении состояния от кабины МИДП распаковывает данные, записывая их в МХТП в пакет параметров МИОУ. В рамке примера, кнопка пуска двигателя (КПД) КПД = 1 (кнопка включена) и ПУТН (педаль управления топливным насосом) = 5 (уровень нажатия педали).

Далее начинает работать МИОУ. Исходными данными для работы модели являются: КПД;  $P_{стартера}$  - номинальная мощность стартера (11 кВт). Модель вычисляет ток нагрузки сети  $I_n$  (А) и записывает его в пакет параметров МД (электрооборудования). Нажатие педали ПУТН в модели МИОУ не обрабатывается, так как дополнительных расчётов не требуется.

За МИОУ начинает работу МД со своими элементами: электрооборудованием, топливной системой, моделью двигателя, моделью реализации продольно-угловых колебаний и перемещения в пространстве.

Входными параметрами для работы электрооборудования являются: КПД; РР – реле регулятор (1 – электрическое питание поступает от генератора через РР, 0 - электрическое питание поступает от АКБ, так как генератор не работает);  $U_{сети}$  - бортовое напряжение сети (24 В);  $U_{порог}$  – пороговое напряжение, при котором могут нормально работать электроприборы ( $> 20$  В);  $E_{акб}$  – номинальная ёмкость АКБ (280 А\*ч). Результатом моделирования являются:  $n_{стартер}$  – обороты стартера (1000 об. мин);  $E$  – реальная ёмкость АКБ (при увеличении нагрузки стартера мощности генератора будет не хватать – начнётся разрядка АКБ, до моделирования 426 А\*ч, после 398 А\*ч). Результаты записываются в пакет параметров электрооборудования МД в МХТП.



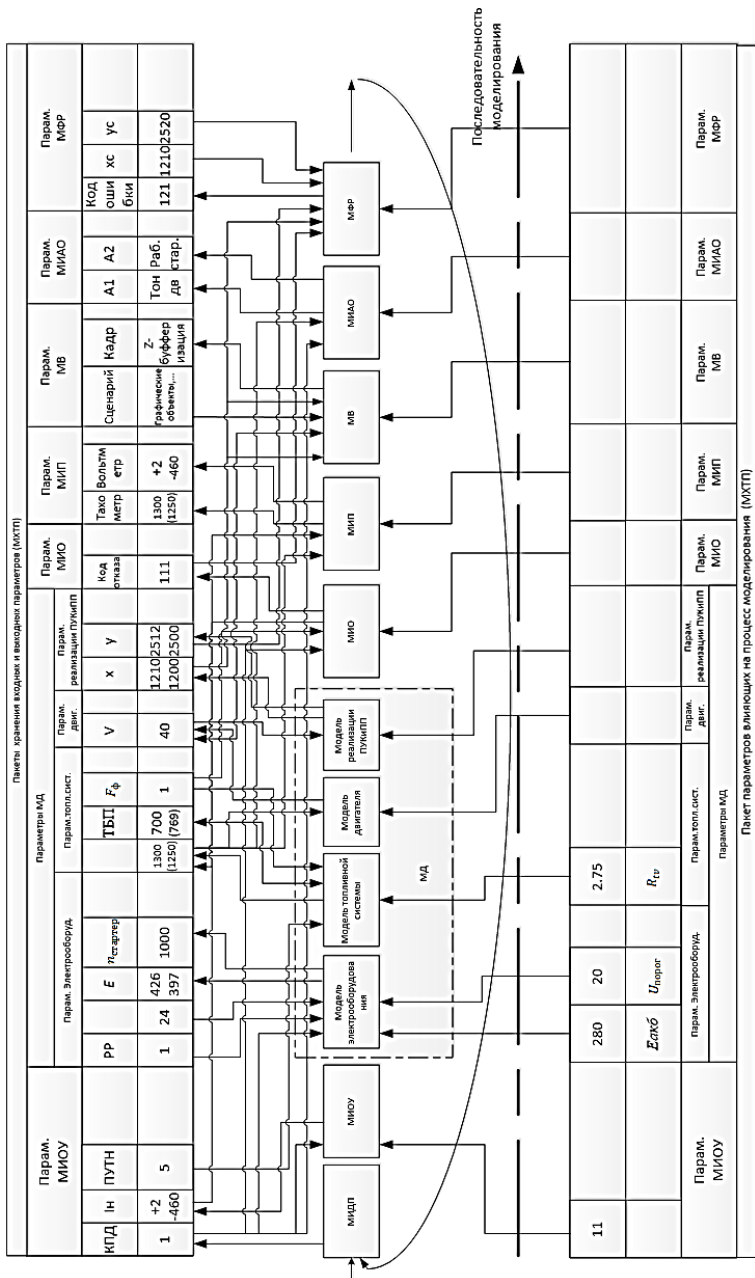


Рисунок 5. Схема работы ИМ при выполнении одного шага цикла

Входными параметрами для работы топливной системы являются: ПУТН; ТБП – наличие топлива в переднем топливном баке;  $F_{\phi}$  – параметр, характеризующий работу форсунок на двигателе (0 – не работают, 1 - работают);  $R_n$  – параметр, характеризующий расход топлива за 1 км движения машины. После моделирования модели электрооборудования результат записывается в пакет параметров топливной системы МД в МХТП, а именно  $n_{\partial}$  – рассчитанные обороты двигателя (до моделирования – 1300 об. в мин., после моделирования – 1250 об. в мин.) и ТБП – рассчитанный расход топлива (до моделирования – 700 л., после моделирования – 769 л.).

Далее работает модель двигателя. Входными параметрами для моделирования являются  $n_{\partial}$  (1250 об. в мин.). Результатом моделирования будет  $V$  – скорость перемещения машины (40 км. в ч.), которая заносится в пакет параметров двигателя МД в МХТП.

Входными параметрами для модели реализации продольно-угловых колебаний и перемещения в пространстве являются  $V$ ,  $X$  (1210),  $Y$  (2512) – координаты нахождения машины до моделирования. В ходе моделирования определяется новое положение машины в пространстве с новыми координатами  $X$  (1200),  $Y$  (2500), которые записываются в пакет параметров реализации продольно-угловых колебаний и перемещения в пространстве МД в МХТП.

Для работы МИО требуются следующие входные параметры: КПД,  $F_{\phi}$ . Модель обнаруживает запрещающее состояние – нажатие кнопки запуска двигателя в движении и фиксирует в пакете параметров МИП в МХТП код отказа.

В МИП формируют показания приборов тахометра и вольтметра. Исходными данными для моделирования являются:  $I_n$ ,  $n_{\partial}$ . Результаты для приборов формируются для последующей передачи в кабину и сохраняются в пакете параметров МИП в МХТП (тахометр, вольтметр).

МВ загружает из пакета параметров элементы сценария (полигон, объекты, условия атмосферы и т. д.), из пакета параметров реализации продольно-угловых колебаний и перемещения в пространстве новые координаты местоположения  $X$ ,  $Y$ . Модель формирует новый кадр визуализации камер (камера наблюдения обучаемого, камера наблюдения инструктора). Сохранение производится в виде z-буферизации (пример) изображения в пакет МВ с последующим выводом кадра на мониторы.

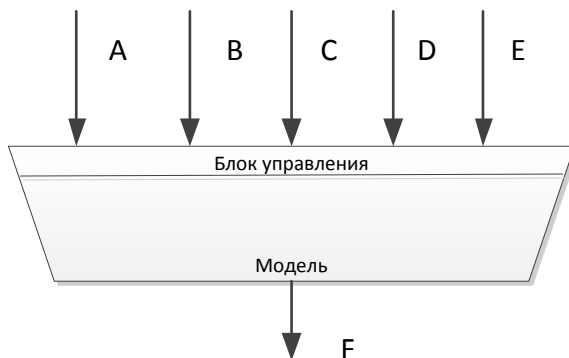
МИАО по анализу входных параметров КПД  $n_{\partial}$  определяет тональность работы двигателя по изменениям оборотов двигателя, а также выбору звукового сопровождения стартера, сохраняя в пакет

параметров МИАО в МХТП (A1, A2), и модель воспроизводит имитацию звуковых эффектов.

Далее начинает работу МФР. Входными параметрами модели являются: код отказа,  $X$ ,  $Y$ ,  $X_c$ ,  $Y_c$  – координаты маршрута движения по сценарию. Модель анализирует отказы, формируя ошибки, а также сравнивает положение машины с требуемым положением по сценарию с целью выявления ошибки. В случае обнаружения ошибок модель записывает в пакет параметров МФР в МХТП код ошибки.

Далее через МИДП в ДП передаются параметры, полученные в ходе моделирования, и считываются новые сообщения от кабины. Таким образом, цикл моделирования и формирования визуализации закончен.

Из примера видно, что элементы ИМ и их подсистемы имеют общую структуру (рисунок 6).



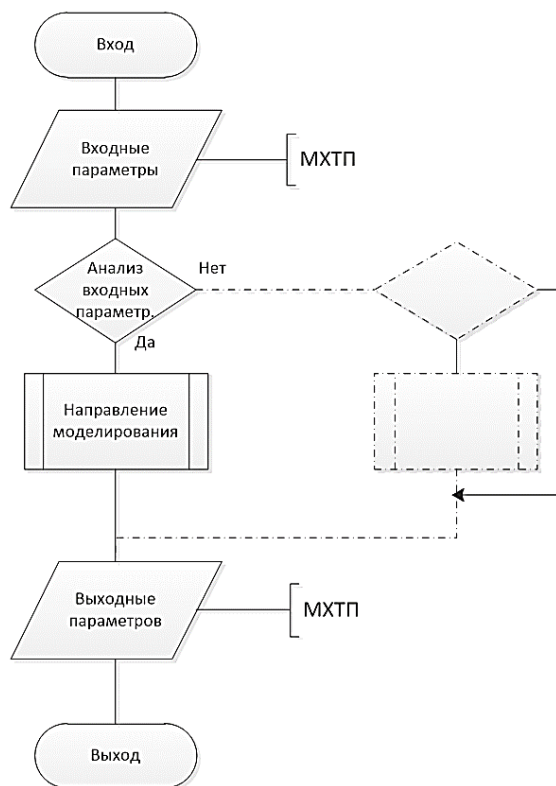
**Рисунок 6. Общий вид элементов и подсистем ИМ**

A, B, C, D, E – являются входными параметрами модели. В модели имеется блок управления, который анализирует входные параметры для выбора решения. Входные параметры определяются из состояния среды моделирования МХТП (рисунок 5). Результат  $F$  записывается в МХТП, изменяя её состояние в интервале времени  $dt$ .

Из приведённого примера (рисунок 5) видно, что главную роль в ИМ играет МХТП, которая хранит состояния имитации всех элементов ИМ. Каждый элемент ИМ уникален и выполняет различные расчёты и действия.

Для организации работы и управления моделями процессов требуется алгоритм функционирования элемента ИМ.

Общая структура алгоритма работы элемента ИМ представлена на рисунок 7.



**Рисунок 7. Общая структура работы элемента моделирования**

Каждый элемент ИМ считывает входные параметры для моделирования из МХТП. Блок управления элемента ИМ производит анализ входных параметров и определяет вариант работы (расчётов, действий):

$$x = F(a, b, c, \dots) = \begin{cases} f1 & , \text{где } a = 0, b > 1000, c \geq 10, \dots \\ f2 & , \text{где } c \leq 0.87, d = 30, e \geq 0.04, \dots \\ \dots & \dots \end{cases}$$

Затем выполняет выбранный процесс. По заключению выполнения процесса результаты моделирования (выходные данные модели) сохраняются МХТП.

Таким образом, в рассмотренном общем алгоритме работы ИМ ТК, главную роль выполняют алгоритмы подсистем, которые определяют порядок вычислений, исходя из условий моделирования, и передают полученные результаты в модуль МХТП. Это позволяет динамически изменять состояние «физической модели» с изменениями параметров модуля МХТП.

### **Заключение**

Как видно из проведенных исследований и практического применения общего алгоритма ИМ ТК, при разработке опытно-конструкторских разработок, были достигнуты положительные результаты функционирования ТК, что позволило имитировать более адекватно «физическую модель машины».

### **Список литературы:**

1. Путепрокладчик БАТ-2 техническое описание и инструкция по эксплуатации //Министерство обороны-1987.
2. Курс вождения инженерных машин (КВИМ-2011) // Министерство обороны – 2011.
3. Разработка программно-аппаратного комплекса тренажёра бульдозера на артиллерийском тягаче «ПАК ДТ-БАТ» // «ЗАО Институт телекоммуникации» - 2017.
4. Разработка программно-аппаратного комплекса тренажёра плавающего транспортёра «ПАК-ПТС» // «ЗАО Институт телекоммуникации» - 2017.
5. Шукшунов В.Е. Проектирование тренажерно-моделирующих комплексов нового поколения /Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В. // Международный научно-практический журнал «Программные продукты и системы» - № 4 – 2012. - С.192-200.

## 1.4. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

### РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПОСТОЯННОГО ПОЛЯ ОТ ГЭТ12-2011 В ОБЛАСТЬ «СВЕРХСЛАБЫХ» ПОЛЕЙ

**Шифрин Владлен Яковлевич**

*д-р техн. наук, профессор,  
ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева",  
РФ, г. Санкт-Петербург*

**Калабин Владимир Николаевич**

*старший научный сотрудник  
ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева",  
РФ, г. Санкт-Петербург*

**Беляков Денис Игоревич**

*научный сотрудник  
ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева",  
РФ, г. Санкт-Петербург*

**Аннотация.** Статья посвящена вопросу расширения диапазона воспроизведения и передачи магнитной индукции постоянного поля от Государственного Первичного Эталона в область «сверхслабых» полей. Описываются используемые при передаче размера единицы техника и методика.

**Ключевые слова:** магнитная индукция; эталон; мера; магнитометр; компаратор; контроллер; атомный магнитный резонанс.

Метрологическое обеспечение магнитных измерений в стране опирается на разработанные во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» государственный первичный эталон ГЭТ12-2011 единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции.

В области измерений магнитной индукции постоянного поля (МИ) государственный первичный эталон ГЭТ12-2011 обеспечивает воспроизведение и прямую передачу размера Тл в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  Тл с суммарной стандартной неопределённостью  $3 \cdot 10^{-5}$  -  $2 \cdot 10^{-7}$ , соответственно [1].

Актуальность расширение нижнего предела диапазона воспроизведения и передачи размера единицы на два порядка (от 1000 нТл до 10 нТл) связана с запросами научных и производственных организаций на метрологическое обеспечение измерений в космическом пространстве, в электромагнитных экранирующих системах, в том числе, в области контроля правил и норм СанПин надзора «Гипомагнитных полей в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях» (ГОСТ Р 51724).

Реализация задачи передачи размера единицы МИ в область измерений величин до 5000 раз меньших естественного фона магнитного поля Земли (МПЗ), оказалась возможной благодаря разработке методики точной компенсации и контроля «нуля» поля, обеспечения на его базе заданных величин МИ в пределах  $\pm 1000$  нТл путём нормированного сдвига опорных частот фазового компаратора атомно-резонансного стабилизатора МИ и разработке программного обеспечения процесса измерений [2].

Методика и техника данной задачи реализуется на базе расширения функциональных возможностей эталонной трехкомпонентной меры - компаратора средств измерений магнитной индукции постоянного поля ЭТМК и эталонного гелий-цезиевого магнитометра ЭГМ из состава государственного первичного эталона единиц магнитных величин ГЭТ 12-2011.

Разработанная структурная схема части эталонного измерительного комплекса в расширенной части диапазона МИ представлена на рисунке 1.

В соответствии с исходным назначением эталонный комплекс осуществляет передачу размера Тл и Тл/А наиболее прецизионным средствам измерений (в том числе квантовым геомагнитометрам) в расширенном геомагнитном диапазоне от 1 мкТл до 1 мТл.

Измерительная система [1] основана на применении следующих эталонных компонент: гелий-цезиевого магнитометра ЭГМ, трёхкомпонентной меры-компаратора ЭТМК, кварцевого соленоида, питаемого квантовой мерой тока КМТ, автоматической системы компенсации вариаций магнитного поля Земли (МПЗ) в виде одно объёмного однокомпонентного, и трёх компонентного двух-объёмного атомно-резонансного контроллеров МП. Эталонный кварцевый соленоид предназначен для передачи размеров единиц Тл и Тл/А в верхней части диапазона измерений – от 0,1 мТл до 1 мТл.

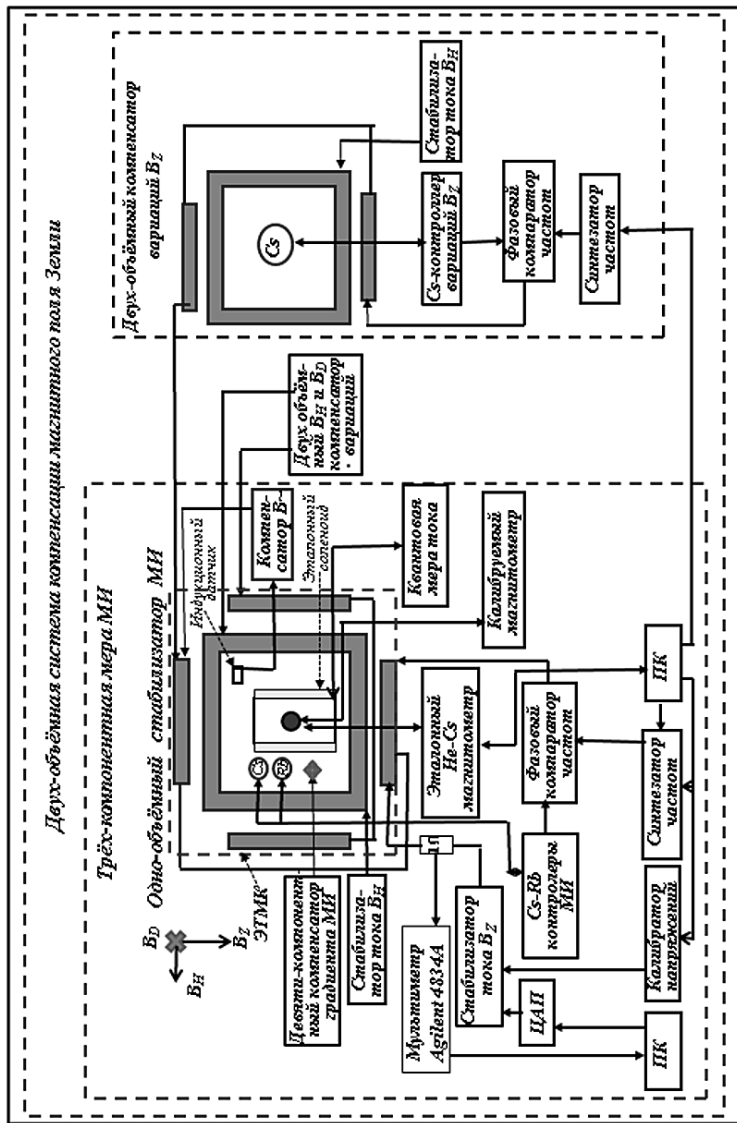


Рисунок 1. Структурная схема эталонной измерительной системы воспроизведения и передачи размера Тл из состава государственного первичного эталона единиц магнитных величин ГЭТ 12-2011



Расширение принятых при утверждении эталона функциональных возможностей и диапазона измерений эталонного комплекса на два порядка в нижней части диапазона, реализовано посредством разработанной методики контроля поля меры ЭТМК гелий-цезиевым магнитометром ЭГМ, аппаратурной модернизацией двух-объемного атомно-резонансного контроллера магнитного поля и соответствующего программного обеспечения.

Процедура измерений при воспроизведении МИ в диапазоне 10 – 1000 нТл включает в себя одновременное действие двух функциональных запрограммированных процедур: контроля тока для обеспечения полной компенсации внешнего магнитного поля (условие поддержания «0» МИ) и обеспечение на этом фоне заданных приращений МИ в диапазоне  $\pm 1000$  нТл посредством программируемого смещения уровня стабилизируемой магнитной индукции двух-объемного атомно-резонансного контроллера магнитного поля.

Для оптимизации методики измерений и расширения рабочего диапазона были разработан усовершенствованный фазовый компаратор частоты (ФКЧ) атомного магнитного резонанса (АМР) двух-объемной системы компенсации вариаций магнитного поля Земли.

Процедура калибровки измерительной системы в диапазоне «0»  $\pm 1000$  нТл включает в себя следующие этапы.

1. Автоматическую компенсацию магнитного поля Земли в рабочей области меры-компаратора ЭТМК трёхкомпонентным двух-объемным атомно-резонансным контроллером МИ. Контроль уровня вертикальной компоненты -  $B_{z0}$  в центре рабочего объема меры-компаратора ЭТМК при автоматической компенсации двух ортогональных поперечных компонент  $B_{H0}$   $B_{D0}$ .

2. Измерение эталонным магнитометром ЭГМ стабилизированного уровня МИ  $B_{z0}$ .

3. Воспроизведение по показаниям ЭГМ удвоенной величины МИ -  $2B_{z0}$  путем подбора соответствующего тока  $I_{z0}$ , пропускаемого по обмотке  $K_z$  вертикальной компоненты меры ЭТМК.

4. Фиксация тока компенсации  $I_{z0}$  мультиметром Agilent 3458A через измерение электрического напряжения, создаваемого током  $I_{z0}$  на мере сопротивления  $1\Omega$ . Применение специальной компьютерной программы автоматического поддержания нулевого поля посредством подачи управляющего напряжения на источник тока компенсации компоненты  $B_{z0}$ , поддерживающий постоянное значение тока  $I_{z0}$  в системе.

Одновременно с мультиметром Agilent 3458A, компьютерная программа управляет синтезатором опорных частот фазового компаратора частот АМР компоненты  $B_z$ , что позволяет генерировать заданное

приращение МИ  $B_{zi}$  относительно поддерживаемого «0» поля в пределах  $\pm 1000$  нТл.

5.  $B_{z0}$  и  $B_{zi}$  калибруются посредством измерений эталонным магнитометром ЭГМ при направлении МИ в обмотке  $K_z$  противоположном направлению МПЗ. Заданные величины МИ рассчитываются как разность  $B_{zi} = (2B_{z0} + B_{zi}) - 2B_{z0}$ .

6. Для выполнения калибровочных работ устанавливается рабочее положение направления тока в обмотке  $K_z$  соответствующее полной компенсации МПЗ при токе  $I_{z0}$ .

При этом контроль величины воспроизводимой МИ дополнительно осуществляется прямым измерением эталонным магнитометром ЭГМ МИ на верхнем пределе диапазона  $\pm 1000$  нТл.

Воспроизведение заданных значений МИ выполнялись в два этапа.

На первом этапе посредством эталонного магнитометра ЭГМ, по разработанной методике, была определена сила тока полной компенсации магнитного поля Земли (МПЗ)  $I_{z0} = 328,588$  мА при опорной частоте фазового детектора  $f_{iz} 175500$  Гц.

На втором этапе, заданные приращения МИ ( $B_{iz}$  номин) относительно удвоенного «0» поля воспроизводились, в диапазоне от 0 до  $\pm 1000$  нТл, путём соответствующих приращений опорной частоты ( $f_{iz}$ ) фазового компаратора частот квантовой системы воспроизведения МИ. Величины приращений рассчитывались как разность  $B_{zi} = (2B_{z0} + B_{zi}) - 2B_{z0}$ .

При оценке бюджета неопределенности было получено, что суммарная неопределённость при доверительной вероятности  $P = 0,95$  составляет 0,24 нТл.

### Список литературы:

1. В.Я. Шифрин, В.Н. Хорев, В.Н. Калабин, С.Л. Воронов, А.Е. Шилов «Государственный первичный эталон единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции», «Измерительная техника», № 7, стр. 3-7, 2012 г.
2. В.Я. Шифрин, В.Н. Калабин, Д.И. Беляков, «Развитие эталонной базы в области измерений магнитной индукции постоянного поля геомагнитного и гипогеомагнитного диапазонов», «Измерительная техника», № 9, стр. 46-48, 2016 г.

## 1.5. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

### ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АРХИТЕКТУРЫ ОБЪЕКТОВ

*Мадьяров Абылай Серикұлы*

*магистрант*

*Международной образовательной корпорации (кампус КазГАСА),  
Республика Казахстан, г. Алматы*

### FEATURES OF ARCHITECTURAL LIGHTING OF BUILDINGS DEPENDING ON THE ARCHITECTURE OF OBJECTS

*Abylay Madyarov*

*master, International Educational Corporation (campus KazGASA),  
Kazakhstan, Almaty*

**Аннотация.** В статье рассмотрены разные типы архитектурного освещения зданий в зависимости от типов зданий.

**Abstract.** The article considers different types of architectural lighting of buildings depending on the types of buildings.

**Ключевые слова:** архитектура; фасад; освещение; светильники.

**Keywords:** architecture; facade; lighting; fixtures.

Архитектурная подсветка фасадов зданий – одно из самых актуальных направлений светотехники. Архитектор – творец, создающий настроение, и освещение фасада – один из его основных инструментов. В условиях современности архитектурная подсветка фасадов может выполнять разные функции – от художественной (создание силуэта здания) до охраны (подсветка снижает риск проникновения преступников в здание).

Различают разные особенности подсветки в зависимости от архитектуры самих зданий. Например, освещение исторических и архитектурно значимых объектов, освещение объектов современной застройки или освещение зданий с плоскими фасадами.

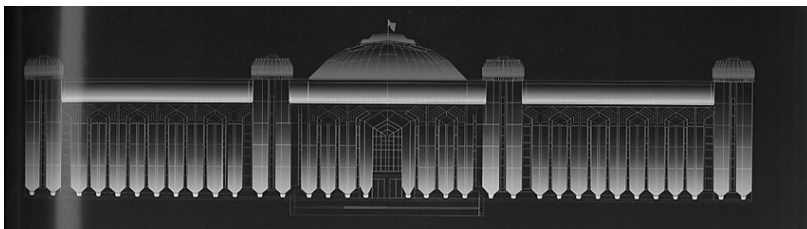
**Исторические и архитектурные памятники**, а также здания, представляющие высокую художественную ценность с точки зрения архитектуры, должны освещаться особым образом. Главная задача при проектировании подсветки в данном случае – сохранить и подчеркнуть художественную и эстетическую составляющую объекта в темное время суток без ущерба его дневному облику (рисунок 1).



**Рисунок 1. Центральный государственный музей Республики Казахстан (фото фасада днем и ночью)**

Светильники и другое оборудование следует располагать таким образом, чтобы в светлое время суток они не привлекали к себе чрезмерного внимания. Если световое оборудование не представляется возможным закрепить непосредственно на фасаде здания, то используется метод «заливки», когда прожектора располагаются на земле или опорах вокруг здания и заливают его светом. Фасады зданий этой

категории, как правило, богаты на различные архитектурные детали – карнизы, балконы, колонны, пилястры, барельефы, фризy и прочее, которые специально выделяются различного вида светильниками. Способы выделения могут быть самыми разными, но они не должны исказить изначального замысла архитектора по визуальной подаче объекта. Светильники подбираются так, чтобы кривая силы света максимально сочеталась с формой архитектурной детали (рисунок 2).



**Рисунок 2. Схема расстановки светильников на фасаде  
(источник: журнал «Концепция архитектурного освещения  
города Алматы»)**

Цветовая палитра освещения архитектурно значимых объектов не должна быть чрезмерной. Предпочтительней использовать нейтральный теплый или холодный белый свет в зависимости от цвета фасада здания. Использование других цветов основной цветовой схемы концепции архитектурного освещения города Алматы не исключается, но оно должно быть умеренно разумным, служить только для расстановки акцентов, чтобы не создавалось впечатление аляпистости проекта.

**Освещение объектов современной застройки.** Среди зданий современной застройки прослеживаются тенденции к полному или частичному остеклению фасадов. При освещении таких объектов рекомендуется располагать светильники внутри здания для создания эффекта свечения изнутри. Кроме того, возможно применение различных форм динамической подсветки, использование медиафасадов. Динамические элементы могут крепиться как внутри, так и снаружи на обрешетке остекления.

Высотные современные постройки в рамках концепции архитектурного освещения являются световыми доминантами. Эти объекты доминируют над городским пейзажем и видны на значительном расстоянии, а потому должны выделяться яркостью и интенсивностью свечения (рисунок 3).



**Рисунок 3. Ледовый комплекс «Алматы Арена»**

В большинстве случаев световые доминанты подсвечиваются в рамках основных цветов концепции, однако для коммерческих объектов допускаются акценты других цветов в соответствии с фирменным стилем организации-владельца. Кроме того такие здания особо располагают для использования динамики и медиафасадов.

Световая «заливка» и другие виды освещения могут применяться к металлическим конструкциям, пожарным лестницам, опорам, обрешеткам и прочему.

**Освещение зданий с плоскими фасадами.** Плоские фасады с малым количеством элементов (например, образцы архитектуры позднего советского периода, эпохи индустриализации) позволяют использовать большое количество цветов и форм светильников. В таких проектах свет служит не столько для подчеркивания деталей, сколько для создания совершенно нового художественного образа здания в темное время суток. Здесь светильники могут размещаться произвольно, создавая световые рисунки. На плоских фасадах могут сочетаться узколучные прожекторы, светодиодные линейки, двух- и четырехлучные светильники и прочее (рисунок 4).





*Рисунок 4. Музей Кастеева*

Приведенные выше объекты являются яркими примерами разных типов подсветки объектов архитектуры. Архитектор влияет на настроение общества, создавая объекты архитектуры. Подсветка объектов архитектуры в вечернее и ночное время создает романтическое настроение.

Делая вывод, считаю необходимым сказать, что архитектурная подсветка зданий нужна и важна для современного образования и общества. Создавая проекты подсветки, не стоит забывать о том, что наше общество развивается и вместе с ним будут развиваться и требования к архитектуре объектов разного назначения и их подсветке.

### **Список литературы:**

1. Концепция архитектурного освещения города Алматы.
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://2gis.kz> (Дата обращения: 12. 02. 2018).
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://Tengrinews.kz> (Дата обращения: 12. 03. 2018).

## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ, В СИСТЕМАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Скибин Геннадий Михайлович**

*д-р техн. наук, профессор,  
профессор кафедры «Строительство и техносферная безопасность»  
Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) имени М.И. Платова»,  
РФ, г. Шахты*

**Колесниченко Игорь Евгеньевич**

*д-р техн. наук, профессор,  
проф. кафедры «Строительство и техносферная безопасность»  
Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) имени М.И. Платова»,  
РФ, г. Шахты*

**Стрельцов Сергей Владимирович**

*канд. техн. наук,  
доц. кафедры «Строительство и техносферная безопасность»  
Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) имени М.И. Платова»,  
РФ, г. Шахты*

**Богомазов Александр Александрович**

*канд. техн. наук,  
доц. кафедры «Строительство и техносферная безопасность»  
Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Южно-Российский государственный политехнический университет  
(НПИ) имени М.И. Платова»,  
РФ, г. Шахты*



**Аннотация.** Рассмотрены требования к строительным материалам в российских и зарубежных системах экологической сертификации. Приведен анализ требований систем экологической сертификации к строительным материалам. Сделаны выводы и рекомендации по оптимизации систем экологической оценки.

**Ключевые слова:** сертификация; строительные материалы; зеленое строительство.

Строительные материалы, являясь основой любого здания, требуют осознанного подхода к их выбору. Век энергетических кризисов ставит задачу поиска новых энергоэффективных решений и внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий. Таким образом, возникает задача компетентного выбора энергоэффективных строительных материалов, обеспечивающих к тому же экологическую безопасность строительства.

В настоящее время в мире существуют комплексные системы сертификации, позволяющие оценить экологичность и энергоэффективность здания. Однако в них недостаточно представлены механизмы оценки, которые позволяют оценить воздействия на окружающую среду при производстве, эксплуатации и утилизации строительных материалов, общий уровень их экологической безопасности по единой шкале и сравнить материалы по этим показателям.

Метод системы оценки BREEAM заключается в присвоении баллов по нескольким разделам, которые касаются разных аспектов влияния объекта строительства на окружающую среду, комфорт среды обитания и безопасность жизнедеятельности. Полученные баллы умножаются на весовые коэффициенты, которые отражают актуальность данного аспекта в районе застройки [1]. Затем баллы переводятся в результирующую оценку путем сложения.

Первый критерий (Mat 01 Life cycle impacts) касается снижения воздействия строительных материалов на окружающую среду на всем протяжении их жизненного цикла. В случае наличия для компонентов, используемых в строительных материалах, экологической декларации продукции EPD начисляются дополнительные очки (табл. 1).

Второй критерий (Mat 02 Hard landscaping and boundary protection) требований к строительным материалам не содержит. Третий критерий (Mat 03 Responsible sourcing of materials) требует наличия у поставщиков сертифицированных систем экологического менеджмента, цепочек поставок, а также возможность вторичного использования производимых ими материалов и наличие в их составе вторично используемых компонентов. Четвертый критерий (Mat 04 Insulation)

предъявляет требования к изоляции, которая входит в состав наружных стен, крыши, полов на первом этаже и коммуникаций здания. Пятый критерий (Mat 05 Designing for robustness) не содержит требований к строительным материалам.

Система экологических стандартов LEED состоит из 8 разделов, каждый из которых содержит определенное количество требований, в соответствии с которыми оцениваемый проект получает зачетные баллы. LEED жестко регламентирует применение американских стандартов и систем сертификации строительных материалов, снижая гибкость системы оценивания при ее применении в других регионах. Раздел «Материалы и ресурсная база» LEED содержит 12 критериев. Из них три (не оцениваются баллами) - базовые и являются обязательными для выполнения. Критерии, относящиеся к строительным материалам, дают 12 баллов (10,9 % от максимальной суммы LEED).

**Таблица 1.**

**Пример расчета дополнительных баллов для составляющих компонентов наружной стены в системе BREEAM**

<b>Компонент наружной стены</b>	<b>Вклад компонента в воздействие, %</b>	<b>Уровень EPD</b>	<b>Дополнительные очки</b>
Несущее бетонное ограждение	65 %	1	$0.65 \times 1.0 = 0.65$
Известковая отделка	17 %	отсутствует	0
Твердый блок средней плотности ( $\rho=1500-1700 \text{ кг/м}^3$ )	10 %	1	$0.1 \times 1.0 = 0.1$
Гипсокартон и краска	5 %	2	$0.05 \times 0.5 = 0.025$
Теплоизоляция	3 %	отсутствует	0
Сумма дополнительных очков			0.78
Суммарное количество очков для элемента здания			1.78

Система добровольной сертификации объектов недвижимости "Зеленые стандарты" рассматривает устойчивость среды обитания. В ней объект оценивается по группам критериев, где каждому критерию выставляется определенное количество баллов, максимально возможное число которых равно 650. Выполнение всех требований строительным материалам, содержащихся в критерии «Минимизация воздействия материалов, используемых в строительстве, на экологию окружающей среды» принесет всего 18 баллов.

Российская система экологической сертификации зданий Green Zoom, разработанная в 2014 году, содержит перечень практических рекомендаций по повышению энергоэффективности, водоэффективности и экологичности зданий гражданского назначения [2].

Требования к строительным материалам содержатся в 6 критериях раздела «Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами». Из них четыре относятся непосредственно к строительным материалам, а один является обязательным.

Требования BREEAM охватывают все воздействия на протяжении всего жизненного цикла строительных материалов, поэтому могут считаться наиболее исчерпывающими. Ее рейтинговая система является удобным инструментом сравнения видов и выявления лучших строительных материалов и технологий их производства по критериям экологической безопасности. К недостаткам BREEAM можно отнести сложность системы подсчета баллов на основании рейтинга типов строительных материалов. В целом данная система сертификации адекватно отражает удельный вес строительных материалов в экологической безопасности здания.

В системе LEED сделан упор на снижение потребления ресурсов, водопотребления и воздействия на окружающую среду в целом. Хотя требования LEED охватывают весь жизненный цикл строительной продукции, в системе отсутствует единый критерий оценки, позволяющий сравнить разные виды строительных материалов, используемых в проекте.

Требования российских систем не охватывают полностью цикл воздействий строительных материалов на окружающую среду, а рассматривают лишь отдельные аспекты воздействий или отдельные этапы их жизненного цикла.

В системе добровольной сертификации объектов недвижимости «Зеленые стандарты» критерии, относящиеся к строительным материалам имеют слишком низкий удельный вес и не отражают воздействия здания на здоровье человека и окружающую среду.

В стандарте Green Zoom отсутствуют требования к экологической сертификации и поставщикам строительных материалов, к экологическим характеристикам основных строительных конструкций здания (за исключением отделочных материалов). Также отсутствуют единицы измерения доли переработанных материалов, да и в целом стандарт отличается непроработанностью.

Таким образом, из всех рассмотренных систем экологической сертификации строительства требования BREEAM можно считать наиболее исчерпывающими. В российских системах не в полном

объеме отражена важность строительных материалов как одной из главных составляющих экологической безопасности объекта строительства, следствием чего является отсутствие конкретных механизмов оценки строительных материалов.

Рекомендуется при разработке новых или совершенствовании существующих систем экологической сертификации выдвигать четкие критерии оценки и выбора строительных материалов, основанные на НДТ [3] с учетом тенденций государственного экологического законодательства.

### **Список литературы:**

1. BREEAM New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual SD5073 – 4.0:2011 // BRE Global, London, 2014
2. Green Zoom 1.1 «Практические рекомендации по снижению энергоемкости и повышению экологичности объектов гражданского и промышленного строительства» // АНО «Научно-исследовательский институт устойчивого развития в строительстве», 2015.
3. Федеральный закон от 21.07.2014 №219-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам XIII международной  
научно-практической конференции*

№ 3 (13)  
Март 2018 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 12.03.18. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 4,25. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»  
125009, Москва, Георгиевский пер. 1, стр.1, оф. 5  
E-mail: [tech@nauchforum.ru](mailto:tech@nauchforum.ru)

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru