



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НИУ МГСУ)

Ярославский ш. 26 Москва 129237
тел. +7 (495) 781-50-07 факс +7 (499) 383-44-35
kaf@mgsu.ru www.mgsu.ru/mgsu_ru
ОКПО 02066822 ОГРН 102770037044
ИНН/КПП 77/602291/77601001

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО

«Национальный исследовательский

Московский государственный

строительный университет»

кандидат технических наук, доцент



А.П. Пустовгар

« 14 » сентября 2017 г.

14.09.2017 303-120-211/0

№ _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Колодяжного Сергея Александровича
«Прогнозирование времени блокирования путей эвакуации опасными факторами
пожара в многофункциональных центрах», представленную на соискание ученой
степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 - Пожарная и
промышленная безопасность (технические науки, отрасль строительство)

Цель диссертационной работы Колодяжного Сергея Александровича
заключается в разработке комплекса уточненных моделей пожара и методики
расчета динамики ОФП, учитывающих специфику объемно-планировочных и
конструктивных решений многофункциональных центров.

Актуальность работы.

Многофункциональные центры являются уникальными зданиями с
массовым пребыванием людей, объединяющие помещения различных классов
функциональной пожарной опасности с разнородной пожарной нагрузкой, со
сложными горизонтальными и вертикальными связями и наличием практически
всех систем пожарной безопасности. В соответствии с требованиями
Федерального закона ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной
безопасности» любое здание должно иметь такие объемно-планировочные

00247

вх. л. в/93 от 14.09.2017

решения, чтобы все люди, находящиеся в здании, могли в случае пожара беспрепятственно выйти в безопасную зону до момента достижения опасными факторами пожара их критических значений. В ряде случаев расчет необходимого времени эвакуации людей, выполненный по методикам расчета пожарных рисков (Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382 и др.), не согласуется с данными натурных и экспериментальных исследований, а также полученными из анализа протекания реальных пожаров. Эти расхождения в основном объясняются тем, что проблема математического моделирования динамики опасных факторов пожара (ОФП) во время эвакуации людей до конца не решена, и достаточно часто расчет ОФП не рассматривается при разработке проектных решений с учетом требований пожарной безопасности к путям эвакуации.

Так как ряд закономерностей развития термогазодинамической картины пожара, связанных, например, с влиянием работы системы дымоудаления, неустановившейся скорости выгорания горючего материала и т.д., до конца не выявлен, то необходима разработка комплекса математических моделей, позволяющих учесть наиболее важные не решенные проблемы.

В существующих зонных моделях одним из существенных недостатков является рассмотрение конвективной колонки, образующейся над очагом возгорания, как свободно-конвективной струи, распространяющейся в неограниченном пространстве. Такой подход не учитывает влияние ограждающих конструкций помещения на параметры колонки, так как фактически струя смеси продуктов горения и воздуха натекает на преграду (перекрытие помещения). Традиционный подход приводит к значительной погрешности в определении распределения массовых расходов газовой смеси по высоте колонки, и, соответственно, к существенной ошибке в расчете величины объемного расхода удаляемого дыма СДУ.

Поэтому для достоверного прогнозирования времени блокирования путей

эвакуации ОФП в помещениях многофункциональных центров актуальными проблемами являются разработка аналитического метода в условиях функционирования СДУ, модификация зонной модели с учетом влияния ограждающих конструкций на параметры конвективной колонки и получение экспериментальных данных по удельной массовой скорости выгорания горючих материалов.

Оценка содержания диссертации, её завершенность.

Диссертация состоит из введения, семи глав, выводов, списка литературы из 169 наименований и приложений; изложена на 257 листах машинописного текста, содержит 80 рисунков и графиков, 9 таблиц, 3 приложения.

Во введении автором раскрыта актуальность темы диссертационной работы, сформулирована общая научная концепция исследования, а также поставлена цель и задачи исследования. Соискателем определен объект и предмет исследования, научная новизна и практическая ценность работы, апробация и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ особенностей пожарной опасности многофункциональных центров (МЦ). Приведены примеры крупных пожаров в МЦ, приведших к значительным человеческим жертвам и причинивших большой материальный ущерб, как в России, так и за рубежом.

Приводятся особенности противопожарной защиты МЦ, в том числе с атриумами, и анализ современного состояния математического моделирования термогазодинамики пожара. Показаны методы определения условий обеспечения безопасной эвакуации людей носят междисциплинарный характер, так как для описания происходящих при пожаре явлений и процессов необходимы знания и методы исследования математики, химии, общей физики, физической химии и химической физики, механики твердых тел, жидкостей и газов, теплофизики, токсикологии, экономики, а также психологии, физиологии и социологии. Определены математические модели, описывающие определенные объекты однозначно, с учетом начальных условий и закономерностей протекания

изучаемого. Для каждой группы моделей обозначены определяемые параметры, принимаемые предположения и упрощения термогазодинамической картины протекания пожара, условия применимости основных соотношений, схема расчета тепломассообмена в помещении и структуры моделей, достоинства и недостатки.

Отмечено, что одной из важнейших систем пожарной безопасности, обеспечивающей безопасную эвакуацию людей, является СДУ.

В выводах по первой главе указана необходимость разработки комплекса математических моделей расчета динамики ОФП в МЦ, включающего уточненные модели пожара, которые учитывают специфику объемно-планировочных и конструктивных решений МЦ, например, наличие атриумов и неустановившуюся скорость выгорания горючих веществ.

Во второй главе представлены основные допущения, уравнения и дополнительные соотношения интегральной, зонной и полевой математических моделей, рассмотрены условия однозначности и методы решения, дан анализ наиболее распространенных в России и за рубежом методов расчета расхода СДУ, предложена методика прогнозирования блокирования путей эвакуации ОФП.

Основными уравнениями зонной модели являются: дифференциальные уравнения массового расхода, закона сохранения энергии газовой смеси внутри объема конвективной колонки и выше пламенной зоны, обыкновенные дифференциальные уравнения для определения высоты нижней границы припотолочного слоя и закона сохранения массы этого слоя для определения плотности в нем, а также алгебраические равенства, позволяющие рассчитать массовые расходы и средние температуры смеси газов по высоте колонки, и уравнение состояния идеального газа. Приводятся условия однозначности задачи, которые условно разделены на геометрические, физические, начальные и граничные условия. Полученная в результате разрешающая система уравнений решается численным методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности.

Так как количество искомых параметров превышает число уравнений, то для их решения нужны дополнительные соотношения. Из алгебраических равенств используется локальное состояние смеси газов и уравнение теплофизических параметров газовой смеси. В основные уравнения дифференциальной модели входят коэффициенты турбулентной вязкости (уравнения движения), турбулентной теплопроводности смеси (уравнение энергии) и коэффициент турбулентной диффузии компонентов (уравнение неразрывности). Для определения коэффициента турбулентной вязкости применяется k - ε модель турбулентности, а сам коэффициент определяется по формуле Колмогорова. Расчет коэффициентов турбулентной теплопроводности смеси газов и турбулентной диффузии компонентов смеси проводится с использованием тройной аналогии Прандтля. В этом случае (числа Прандтля и Льюиса равны единице и отсутствуют градиенты давления в потоке газа) уравнения энергии, движения и диффузии становятся тождественными и если существует подобие граничных условий, то есть подобие полей температур, концентраций компонентов смеси и скоростей.

Для расчета радиационного теплопереноса в общем виде используется интегро-дифференциальное уравнение переноса лучистой энергии в смеси газов. Это уравнение решается с помощью достаточно точных и универсальных численных способов, например, стохастическим методом Монте-Карло или зональным методом. Однако эти вышеупомянутые методы являются не вполне совместными с конечно-разностными методами решения дифференциальных уравнений, описывающих перенос энергии, массы и импульса, в полевой модели. Это вызывает необходимость разработки разных численных алгоритмов, что может привести к значительному усложнению программы расчета на ЭВМ. По этой причине применяются различные приближенные методы решения интегро-дифференциального уравнения переноса. Расчет радиационного теплопереноса в смесях газов с использованием простых приближенных методов (диффузионного, потокового или моментного) позволяет преобразовать интегро-

дифференциальное уравнение в дифференциальное уравнение второго порядка в том же виде, как и уравнения энергии и импульса. Точность диффузионного метода возрастает с увеличением оптической плотности смеси газов (число Бугера превышает единицу). Чаще всего для решения задач с горением применяется потоковый метод, к недостаткам которого относится меньшая точность по сравнению с моментным методом. Широкое применение вышеуказанных методов ограничено, так как их точность должна оцениваться сравнением с точным решением исходного уравнения или с соответствующими опытными данными.

В диссертации рассмотрены четыре приближенных метода расчета лучистого теплопереноса: диффузионный метод (метод моментов), оптически прозрачный неизлучающий газ, оптически тонкий слой и оптически толстый слой. Эти модели различаются между собой значениями коэффициента радиационной теплопроводности и источникового члена. Сначала находится оптическая плотность дыма, по которой рассчитываются коэффициенты поглощения, ослабления и излучения. Определение локальных характеристик смеси газов (испускательная, поглощательная и рассеивающая способность смеси газов), содержащей частицы дыма с существенной неоднородностью по форме и размерам, с протекающими сложными процессами дробления частиц, их коагуляции и горения во время движения частиц, является чрезвычайно сложной задачей.

Рассмотрены наиболее распространенные методы расчета расхода СДУ, используемые в России и за рубежом. Отмечается, что использование формул этих методов для прогнозирования динамики ОФП в высоких помещениях не является корректным из-за невозможности обеспечения выполнения необходимых условий теории подобия, что требует уточнения этих формул к термогазодинамике пожара.

Предложена методика прогнозирования блокирования путей эвакуации с указанием входных и выходных параметров при использовании интегральной,

зонной и полевой математических моделей пожара.

В выводах второй главы отмечены основные отличия предложенных методов расчета от существующих, а также при их использовании значительное (в десятки раз) сокращение трудозатрат на введение исходных данных и время расчета на ЭВМ в случае выполнения многосценарных расчетов динамики ОФП.

В третьей главе рассматривается модификация зонной математической модели расчета термогазодинамики пожара в помещении, учитывающая форму конвективной колонки. Целью исследований является теоретическое и экспериментальное изучение угла полураскрытия конвективной колонки в помещении.

Зонные модели расчета динамики опасных факторов пожара применяются для изучения начальной стадии пожара. На этой стадии распределение параметров газовой смеси в объеме помещения отличается от других стадий пожара существенной неоднородностью. В объеме помещения в этом случае можно условно выделить несколько зон, которые существенно отличаются друг от друга параметрами газовой смеси. По мере развития пожара границы выделенных зон изменяются, и резкое отличие характеристик газовой смеси выравнивается. В принципе, количество зон внутри помещения может быть большим. Так, например, интегральную модель можно рассматривать как однозонную. Используется зонная модель, в которой смесь газов в помещении разделена на три зоны: конвективной колонки, припотолочного слоя и холодного воздуха. Эта модель корректна при условии, когда размеры пламенной области существенно меньше минимального размера помещения, и позволяет учитывать работу систем дымоудаления и приточной вентиляции.

С целью изучения процесса распространения смеси продуктов горения, воздуха и дыма при пожаре проведены экспериментальные исследования на макете помещения. Полученные экспериментальные данные подтверждают результаты проведенных теоретических исследований. Показано, что использование дифференциального уравнения для расчета массового расхода

через поперечное сечение колонки физически более обоснованно, чем применение аналогичных уравнений, основанных на закономерностях распространения неограниченной свободно-конвективной струи.

В четвертой главе из упрощенных уравнений интегральной математической модели пожара получены формулы для определения критической продолжительности пожара в помещении с очагом возгорания по условиям достижения предельно допустимого значения температуры, концентраций кислорода и токсичных газов; представлены аналитические зависимости для расчета критического времени эвакуации по потере видимости в помещении с очагом возгорания, а также в смежных с ним помещениях на начальной стадии пожара.

Детальное изучение характера изменения параметров газовой среды и протекания процесса горения имеет значение в помещении, в котором непосредственно находится очаг возгорания. При рассмотрении вопроса безопасной эвакуации людей из различных зданий при возникновении пожара в одном или нескольких помещениях этого здания необходимо определить, через какой промежуток времени тот или иной опасный фактор пожара достигнет критического значения как в помещении с источником возгорания, так и в смежных с ним помещениях. В этом случае удобно воспользоваться интегральной моделью пожара, описывающей состояние газовой среды в общем виде, и как самой доступной в получении решения, в ряде случаев аналитического.

Показано, что в начальной стадии развития пожара не происходит резкого изменения таких параметров, как средняя температура, концентрации кислорода и токсичных газов. Определяющим фактором критического времени эвакуации людей является потеря видимости, которая резко снижает ориентацию людей в пространстве и оказывает на них значительное психологическое воздействие.

В работе построены графические зависимости при различных параметрах, входящих в исходные равенства. Дан анализ условий применимости

представленных аналитических формул и полученных с помощью этих равенств графических зависимостей.

В пятой главе представлена разрешающая система дифференциальных уравнений модифицированной интегральной модели пожара в условиях работы СДУ с учетом ее времени включения и объемного расхода. При этом предполагается, что газообмен через естественную вентиляцию осуществляется в двустороннем направлении, а СДУ работает в одностороннем – на вытяжку. Учитывается также конвективная и радиационная составляющие процесса теплообмена в ограждающие конструкции.

Для получения решения представленной системы уравнений к ней необходимо присоединить дополнительное равенство, которое описывает в динамике удельную массовую скорость выгорания твердых материалов и жидкости при неустановившемся процессе ее выгорания, а также учитывает функционирование СДУ. В работе представлен анализ формул для расчета динамики удельной массовой скорости выгорания жидкости и результатов соответствующих экспериментальных исследований, известных из литературы.

При численном моделировании физических процессов, протекающих в условиях пожара в помещении, в программном комплексе Mathworks – MATLAB были реализованы два алгоритма решения: согласно интегральной математической модели и согласно разработанной модифицированной интегральной математической модели, учитывающей работу СДУ. В ходе выполнения численного эксперимента варьировались следующие параметры, влияющие на протекание физических процессов при пожаре: среднemasсовая температура газовой среды; среднеобъемная плотность смеси газов; среднеобъемные плотности компонентов газовой среды (кислород и токсичные газы); массовые расходы уходящих газов (продуктов горения) и поступающего воздуха через естественную вентиляцию; массовый расход уходящих газов через СДУ; удельная массовая скорость выгорания жидкости; вид функции режима пожара.

Произведен анализ численных результатов показано, что время включения и объемный расход СДУ практически не оказывают влияние на динамику удельной массовой скорости выгорания этилового спирта, что находится в некотором противоречии с протекающими при этом физическими явлениями. Чтобы применить полуэмпирические зависимости для массовой скорости выгорания пожарной нагрузки, необходимо экспериментальным путем получить установившуюся удельную массовую скорость выгорания жидкости и время стабилизации процесса горения в случае заданных конкретных условий.

В шестой главе представлены результаты экспериментальных исследований с целью получения регрессионных уравнений, описывающих зависимость удельной массовой скорости выгорания твердых материалов и жидкости от объемного расхода СДУ и времени ее включения. При проведении экспериментальных исследований по определению закона изменения неустановившейся удельной массовой скорости выгорания горючих материалов была разработана и выполнена физическая модель помещения.

При переходе от физической модели к натурному объекту в масштабировании коэффициентов регрессионного уравнения применены методы теории подобия.

На базе модифицированной интегральной математической модели, с учетом допущений, характерных для начальной стадии развития пожара, получены аналитические зависимости, описывающие законы изменения основных параметров газовой среды с применением также разработанного регрессионного уравнения динамики удельной массовой скорости выгорания жидкости при неустановившемся процессе горения. Выполнено сравнение графических зависимостей для законов изменения с течением времени основных параметров газовой среды, полученных численным решением системы разрешающих уравнений модифицированной интегральной математической модели и с помощью указанных аналитических зависимостей.

На базе модифицированной интегральной математической модели пожара,

учитывающей функционирование СДУ при неустановившемся процессе горения жидкости, в среде пакета Matlab разработан программный комплекс. Он позволяет рассчитывать значения основных параметров газовой среды при протекающих тепломассообменных процессах пожара, а также вычислить необходимое время для эвакуации людей, которое имеет определяющее значение при оценке величины пожарного риска.

В седьмой главе рассмотрены примеры практического решения задач пожаробезопасности для МЦ. Приводится расчет пожарных рисков для реконструкции Государственного Кремлевского Дворца с учетом работы СДУ, особенности термогазодинамики пожара в многофункциональном торговом комплексе ООО «МЕТРО Кэш энд Керри», в атриуме 5-этажного здания торгово-развлекательного комплекса «Галерея» и в подземной автостоянке торгово-развлекательного комплекса «Вегас II». Для каждого объекта приведены схемы помещений, наиболее опасные сценарии развития пожара, характерные поля параметров газовой среды помещения (температура, оптическая плотность дыма, скорость и направления течения) в продольном и поперечном сечениях для конкретных моментов времени.

После анализа полученных данных по динамике ОФП автор сделал вывод о том, что в атриумах многофункциональных центров последовательность блокирования ОФП эвакуационных выходов зависит от особенностей термогазодинамической картины пожара, которая определяется расположением источника возгорания и объемно-планировочными решениями помещений. Наличие в МЦ с атриумами помещений различных классов функциональной пожарной опасности, существенно отличающихся характеристиками пожарной нагрузки и объемно-планировочными решениями, приводит к качественному и количественному отличию термогазодинамической картины пожара от общепринятых представлений. Так, для помещений большой площади и маленькой высоты (например, встроенных автостоянок, торговых залов и т.д.) припотолочный слой не является плоскопараллельным перекрытием, равномерно

прогретым и задымленным.

В заключении диссертации указаны выводы, полученные по результатам диссертационного исследования.

В приложениях приведены акты внедрения полученных результатов.

Значимость результатов для развития отрасли науки и техники.

Значимость результатов диссертационного исследования для отрасли науки и техники обусловлена тем, что разработанный комплекс математических моделей расчета динамики ОФП с предложенной на его основе методикой определения времени блокирования путей эвакуации ОФП, использующий модифицированные интегральную и зонную модели, позволяет спрогнозировать критическое время блокирования путей эвакуации с учетом работы СДУ и приточной вентиляции, реальных свойств горючих веществ и материалов строительных конструкций, а также формы конвективной колонки.

Предложенные модификации интегральной и зонной моделей позволят значительно сократить (на 1 – 2 порядка) время расчета на ЭВМ при выполнении многовариантных расчетов термогазодинамики пожара с целью нахождения времени блокирования путей эвакуации ОФП, которое служит основой проверки выполнения условия безопасной эвакуации людей из МЦ.

Разработанные уточненные интегральная и зонная математические модели, новые функциональные зависимости по удельной скорости выгорания твердых горючих материалов и жидкости могут быть использованы при выборе объемно-планировочных и технических решений МЦ, для определения предельных значений огнестойкости строительных конструкций, для расчета величин пожарного риска, для расчета параметров СДУ, в процессе анализа последствий и экспертизе пожаров.

В среде пакета Matlab на базе интегральной математической модели пожара, учитывающей функционирование СДУ при горении твердых материалов и жидкости при неустановившемся процессе ее горения, разработан программный комплекс, позволяющий моделировать протекание пожаров при разнообразных

условиях и сокращать временные затраты при определении величины пожарного риска.

Рекомендации по использованию результатов и выводов.

Результаты диссертации Колодяжного С.А. рекомендуется использовать:

- Результаты диссертации Колодяжного С.А. рекомендуется использовать:
 - для выполнения расчетов времени блокирования путей эвакуации опасными факторами при безопасной эвакуации людей из многофункциональных центров;
 - при выборе объемно-планировочных и технических решений многофункциональных центров, для определения предельных значений огнестойкости строительных конструкций, расчета величин пожарного риска, расчета параметров СДУ;
 - при анализе последствий и экспертизе пожаров.

Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций.

При получении новых функциональных зависимостей применялись уточненные интегральные и зонные модели пожаров, широко используемые в работах других авторов. Методы теоретического исследования опирались на фундаментальные законы сохранения массы, энергии и импульса. При планировании эксперимента разработан композиционный план Бокса-Уилсона 3-го порядка с дополнением в виде «звездных точек» с целью получения достоверных регрессионных уравнений, а также сокращения количества опытов при определении последовательности проведения экспериментальных исследований. С помощью выбранного плана выполнена первичная статистическая обработка результатов проведенных серий экспериментов. Результаты экспериментальных данных и теоретических расчетов имеют удовлетворительную сходимость.

Замечания к диссертационной работе.

В качестве замечаний и пожеланий к рассматриваемой диссертационной работе необходимо отметить следующие:

- автору целесообразно было провести анализ развития наиболее крупных пожаров в многофункциональных центрах, в части их развития от стадии воспламенения до стадии развитого пожара;

- при расчете времени блокирования путей эвакуации использована полевая модель развития пожара. Целесообразно было бы провести численный эксперимент с использованием разработанных автором модификаций интегральной и зонной моделей развития опасных факторов пожара.

Отмеченные недостатки не снижают общую положительную оценку работы, ее научную и практическую значимость. Данные замечания и пожелания носят рекомендательный характер и определяют дальнейшую работу соискателя в этой области исследований.

Заключение.

Диссертация Колодяжного С.А. на тему «Прогнозирование времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара в многофункциональных центрах» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решается важная научная задача - создание комплекса математических моделей расчета динамики ОФП, позволяющего определить время блокирования путей эвакуации ОФП при работе СДУ с целью снижения пожарного риска за счет оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений многофункциональных центров.

Полученные в работе результаты имеют высокую научную и практическую значимость для строительства и являются значительным вкладом диссертанта в понимание вопроса, связанного с прогнозированием времени блокирования путей эвакуации опасных факторов пожара в многофункциональных центрах в условиях работы систем дымоудаления.

Диссертационная работа Колодяжного Сергея Александровича.

соответствует всем критериям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, а ее автор Колодяжный Сергей Александрович достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность (технические науки, отрасль строительство).

Отзыв на диссертационную работу Колодяжного Сергея Александровича рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Комплексной безопасности в строительстве (протокол № 1 от 29 августа 2017 года).

Доктор технических наук, профессор
профессор кафедры «Комплексная безопасность
в строительстве», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет» (НИУ МГСУ)

Корольченко
Александр Яковлевич

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой Комплексной безопасности
в строительстве ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет» (НИУ МГСУ)

Корольченко
Дмитрий Александрович

Подписи Корольченко Александра Яковлевича и Корольченко Дмитрия Александровича заверяю:

« 11 » 09 2017 г.

Почтовый адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет».

Контактный телефон: (495) 781-80-07. **Факс:** (499) 183-44-38

E-mail: kanz@mgsu.ru.