

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Научная статья

УДК 614.841; DOI: 10.61260/2304-0130-2024-3-8-15

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА И ВЗРЫВА ПАРОГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Гаранина Елена Андреевна;

Тумановский Артур Александрович;

✉ Дементьев Федор Алексеевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ kiite@igps.ru

Аннотация. Статья посвящена выбору параметров, позволяющих оценить вероятность и последствия возникновения пожара и взрыва парогазовоздушных смесей. Проведен обзор литературных источников, посвященных исследованию пожаров и взрывов, связанных с воспламенением парогазовоздушных смесей. Подробно рассмотрено исследование пожаров и взрывов парогазовоздушных смесей в нормативно-технической литературе. Приведены основные расчетные параметры, позволяющие оценить вероятность и последствия возникновения пожара и взрыва парогазовоздушных смесей. Также рассмотрены характеристики горения и взрыва парогазовоздушных смесей. Показано, что своевременное определение причин пожаров и взрывов парогазовоздушных смесей позволяет уменьшать вероятность их возникновения.

Ключевые слова: парогазовоздушные смеси, пожар, взрыв, расчётные методы

Для цитирования: Гаранина Е.А., Тумановский А.А., Дементьев Ф.А. Выбор параметров оценки вероятности возникновения пожара и взрыва парогазовоздушных смесей и их последствий // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2024. № 3. С. 8–15. DOI: 10.61260/2304-0130-2024-3-8-15.

Анализ существующих методов для оценки вероятности и последствий возникновения пожара и взрыва парогазовоздушных смесей

В последнее время частым явлением стали пожары и взрывы, связанные с воспламенением парогазовоздушных смесей. Такие явления могут приводить к значительным разрушениям и служить причиной серьезного материального ущерба и гибели людей. В связи с этим большое значение приобретает исследование таких пожаров и взрывов. При его проведении важное значение имеет оценка вероятности и последствий возникновения пожара и взрыва парогазовоздушных смесей.

Исследование пожаров и взрывов парогазовоздушных смесей рассматривается в основных трудах, посвящённых пожарно-технической экспертизе. Так, в монографии [1, 2] рассматривается алгоритм исследования пожаров при установлении причины путем анализа различных экспертных версий, при этом рассматривается непосредственная (техническая) причина пожара, то есть определение источника, горючего вещества и (при необходимости) окислителя, а главное – установление между ними связи, определяющей механизм взаимодействия, непосредственно приводящий к горению. Поскольку пожары, связанные со взрывом паро- газо- и пылевоздушных смесей, относятся к компетенции пожарно-технических экспертов, авторами работы [2] подробно рассмотрено исследование возможностей их образования, приводятся особенности исследования таких пожаров, советы экспертам и примеры из экспертной практики.

В работе [3] приводится информация о возникновении, развитии и последствиях пожара и взрыва, их зависимость от свойств веществ и материалов, источников возгорания и специфики протекания процесса. Устанавливаются пространственные и временные характеристики его развития, температурные факторы, оцениваются характерные признаки очага пожара и центра/эпицентра взрыва. Приводятся необходимые для производства экспертизы экспериментальные и расчетные данные. На конкретных примерах рассматриваются методические подходы к исследованию пожара и взрыва с точки зрения установления причины, других факторов и обстоятельств, нарушений техники безопасности. Также предлагаются методические рекомендации по сбору данных на месте пожара.

Также имеется большое количество учебных изданий, посвящённых пожарно-технической экспертизе [4–6]. Таким образом, информация по пожарно-технической экспертизе пожаров и взрывов освещается в значительном количестве литературных источников, рассматриваются отдельные вопросы, связанные с установлением горючих компонентов.

Кроме того, существует большое количество нормативно-технической литературы, посвященной проведению расчетов параметров горения и взрыва парогазовоздушных смесей. Основным интерес при проведении расчетов процессов, связанных с возгоранием парогазовоздушных смесей, представляют:

1. Расчетные методики распространения газов и паров:
 - концентраций газов и паров;
 - размеров зон, ограничивающих области определенных концентраций;
 - параметров испарения и распространения паров;
 - компьютерное моделирование движения парогазовоздушных смесей.
2. Расчетные методики исследования пожара и взрыва парогазовоздушных смесей:
 - давления взрыва парогазовоздушных смесей;
 - взрыва парогазовоздушных смесей – тротилового эквивалента и удельного импульса взрыва парогазовоздушных смесей;
 - расстояний разрушений и безопасных расстояний при пожарах и взрывах парогазовоздушных смесей.
3. Расчетные методики исследования критических параметров воспламенения парогазовоздушных смесей и вспомогательные расчеты:
 - концентрационных пределов распространения пламени;
 - температурных пределов распространения пламени;
 - температур вспышки, воспламенения;
 - вспомогательные расчеты.

ГОСТ 12.1.004–91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [7] содержит метод расчета размеров зон, ограниченных концентрационными пределами распространения пламени (КПРП), а также примеры, связанные с проливом ацетона; рассматривается определение безопасной площади разгерметизации.

ГОСТ Р 12.3.047–2012 «Пожарная безопасность технологических процессов» [8] содержит методы расчетов избыточного давления взрыва парогазовоздушных смесей, пыли, размеров зон, ограниченных КПРП, испарения и истечения жидкостей из резервуаров, интенсивности теплового излучения при пожарах проливов сжиженных углеводородных газов, параметры взрыва парогазовоздушного облака, волны избыточного давления, огненного шара, а также методы определения безопасной площади разгерметизации, расчеты тепловых режимов и огнестойкости строительных конструкций.

Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [9] приводит расчеты избыточного давления взрыва парогазовоздушных смесей, пыли, метод расчета размеров зон, ограниченных КПРП, испарения и истечения жидкостей из резервуаров, интенсивности теплового излучения при пожарах проливов сжиженных углеводородных газов, истечения из резервуара, пожара пролива горючих жидкостей,

воздействия взрыва сжиженных углеводородных газов, испарения жидкостей, теплового излучения и радиуса воздействия тепла, выделяющегося при горении и взрыве парогазовоздушных смесей, и поражающего воздействия давления.

В СП 12.13130.2009 [10] приведены методы расчета зон, ограниченных КПП, теплового излучения при пожарах проливов, избыточного давления при взрыве парогазовоздушных смесей. Пособие по применению СП 12.13130.2009 [11] включает разнообразные примеры подобных расчетов.

Документ «Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов» [12] содержит методы расчета температурных и концентрационных пределов распространения пламени в зависимости от количества связей, атомов, по константам Антуана, по теплоте испарения, расчет максимальной температуры и давления взрыва, количества флегматизаторов, критического диаметра и т.д.

Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории [13] содержат методы расчета площади разлива и параметров испарения горючих жидкостей, избыточного давления взрыва парогазовоздушных смесей и размера зон, ограниченных КПП.

В учебнике «Теория горения и взрыва» [14] приведены методы расчета параметров испарения жидкостей, максимальное и избыточное давление взрыва парогазовоздушных смесей, размеров зон, ограниченных КПП, концентрационных и температурных пределов распространения пламени тротилового эквивалента, по количеству атомов и связей, константам Антуана, по теплоте испарения, кроме того, предлагаются примеры расчетов. Также в работах [15, 12] содержится большое количество примеров расчетов критических параметров горения и взрыва парогазовоздушных смесей.

В работе [16] приведены методы и примеры расчета безопасного расстояния при взрыве парогазовоздушных смесей, тротилового эквивалента и удельного импульса взрыва.

В связи с большой важностью экспертных исследований по пожарам и взрывам парогазовоздушных смесей актуальной задачей является оценка вероятности и последствий возникновения пожара и взрыва парогазовоздушных смесей.

Оценка вероятности возникновения горения и взрывов парогазовоздушных смесей

При оценке вероятности возникновения горения и взрыва парогазовоздушных смесей основными методами расчета являются следующие:

- 1) определение концентрации газов и паров;
- 2) определение размеров зон, ограничивающих область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени;
- 3) определение концентрации газа в помещении при испарении;
- 4) определение площади растекания нефтепродуктов;
- 5) компьютерное моделирование распространения парогазовоздушных смесей.

Важное значение при проведении пожарно-технических экспертиз имеет расчет объемной концентрации газа. При этом, как правило, значение концентрации газа сравнивается с нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени (НКПР и ВКПР). В том случае если концентрация газа попадет в интервал между значениями НКПР и ВКПР, возникновение пожара и взрыва парогазовоздушной смеси представляется возможным.

Необходимо произвести расчеты концентраций газа, если известно его количество и объем помещения. Можно применять общеизвестные методики [7, 11]. Подобный расчет не представляет математических сложностей. При этом необходимо учесть загроможденность помещения предметами и оборудованием (например, это достигается введением коэффициента изменения объема, равного 0,8) [11]. Следует обращать внимание на неравномерность распределения газа в объеме. Оптимальным методом такого учета

является применение компьютерного моделирования. В качестве грубого способа учета неравномерности распределения газа в помещении допускается домножать объем на коэффициент 0,5 [17].

При утечке газа из газопроводов можно использовать зависимости из источника [9]. Наиболее важным параметром при расчете является давление газа [18] и площадь утечки газа, которая может быть взята по материалам дела. Физико-химические свойства газа могут браться из источника [19]. Необходимо учитывать, что природный газ одорируют сильнопахнущими веществами [20, 21], например, этилмеркаптаном, при этом, концентрация одоранта, при которой запах газа чувствуется, отличается от концентраций, при которых возможно воспламенение парогазовоздушных смесей.

Важными параметрами при расчёте концентрации газа в помещении являются параметры, связанные с учётом вентиляции (вытяжной и приточной), например, объемный расход. При определении таких параметров рекомендуется использовать источник [9]. При расчете помещений, в которых основную роль играет естественная вентиляция, можно использовать источник [22], а параметры искусственной вентиляции часто указываются в документации, прилагающейся к вентиляционному оборудованию.

Для определения масштабов распространения парогазовоздушных смесей часто проводится расчет размеров зон, ограничивающих область концентраций с превышением НКПР.

Определение размеров зон, ограничивающих область концентраций выше НКПР, может производиться по источникам [7–9, 14, 18]. При этом требуется учитывать загроможденность объема предметами и оборудованием.

При расчете следует учитывать то, что зоны, ограничивающие область концентраций выше НКПР, являются лишь максимальным объёмом, в котором может формироваться НКПР. При этом, как правило, не производится учет газозвудушных, тепловых потоков, наличия вентиляции и других факторов. В связи с этим для проведения более точных расчётов необходимо проведение компьютерного моделирования. Кроме того, результаты расчета по широко применяемым формулам для распространения газов являются более точными в случае расчета параметров более тяжелых газов, чем метан и природный газ.

Также важное значение имеет расчет параметров разлива и испарения легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ). Проведение подобных расчетов рассмотрено в источниках [8, 9, 14, 23].

При проведении расчетов разлива жидкостей необходимо рассчитать свободный объем помещения $V_{св}$, площадь испарения S поверхности, ограничения, связанные с расположением местных преград, или учитывать нахождение ЛВЖ и горючих жидкостей в различных емкостях. Далее по справочным данным рассчитывается интенсивность испарения W .

Для проведения более точных расчетов и получения полей концентраций горючего вещества проводится компьютерное моделирование распространения парогазовоздушных смесей. При проведении таких расчетов необходимо учитывать характеристики образования парогазовоздушных смесей и сравнения с имеющейся горючей нагрузкой. В результате расчетов можно получить информацию об очаге пожара, а также центре/эпицентре взрыва.

При определении очага пожара предполагается, что он может находиться в том месте, где:

- 1) располагается источник зажигания;
- 2) имеются значительные термические повреждения, не совпадающие с соответствующей горючей нагрузкой.

Центр/эпицентр взрыва парогазовоздушной смеси может располагаться в том месте, где:

- 1) расположен источник зажигания;
- 2) имеются значительные разрушения объектов и ограждающих конструкций в том случае, когда этот факт не может быть обусловлен исключительно тем фактором, что здесь содержался большой объем парогазовоздушной смеси.

Наиболее точным методом расчета распространения газов в объеме является применение компьютерного моделирования. При его проведении решаются основные уравнения сохранения массы, импульса, энергии и др. В результате численного решения таких уравнений образуются поля концентраций газов и других факторов, необходимых при расчетах распространения опасных факторов пожара.

Полученное поле концентрации газа может использоваться при предположении о том, мог ли возникнуть пожар в помещении. Такое предположение делается в результате анализа зоны, в которой концентрация газа находится между НКПР и ВКПР.

Наиболее известным программным пакетом для такого расчета является Fire Dynamics Simulator (FDS) [24], графический интерфейс к которому может предоставляться программой Pyrosim [25].

Методики проведения математического моделирования описаны в источниках [9, 24, 26], и в результате расчёта можно прогнозировать возможность возникновения пожара и взрыва.

Моделирование пожаров может производиться следующим образом. Задаются геометрия помещения, начальные параметры, приток газа соответствующей величины и условия вентиляции. В результате расчета формируется предполагаемое поле концентраций, причем в тех зонах, где концентрация газа находится между НКПР И ВКПР возможно его возгорание и взрывы. Наиболее вероятен взрыв такой смеси в зонах с концентрацией, близкой со стехиометрической.

Расчет характеристик горения и взрыва парогазовоздушных смесей

При расчете характеристик горения и взрыва парогазовоздушных смесей, как правило, определяются следующие характеристики:

- 1) избыточное давление;
- 2) тротиловый эквивалент (тепловой эффект);
- 3) удельный импульс ударной волны.

При проведении расчетов следует учитывать, что воспламенение парогазовоздушных смесей происходит в режиме дефлаграции. Детонация возможна только в небольших зонах, где концентрация газа близка к стехиометрической.

При расчетах обычно определяется максимальное давление взрыва – наибольшее избыточное давление, которое возникает при сгорании паровоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Расчет максимального давления взрыва парогазовоздушных смесей описано в источниках [11, 14]. При проведении расчёта полученное давление сравнивается с фактическими или предполагаемыми поражениями людей, биологических объектов, механическими повреждениями и разрушениями. В том случае, когда расчетное давление выше критических значений [14, 27] можно сделать вывод о большой вероятности наступления опасных последствий пожара (взрыва).

Важным параметром, расчет которого часто ставится в качестве вопроса экспертам, является тротиловый эквивалент. Его значение совпадает с тепловым эффектом, который производится при взрыве в пересчёте на массу тротила, взрыв которой вызывает такой же по значению тепловой эффект. При расчете тритилового эквивалента для парогазовоздушных смесей необходимо учитывать, что тритиловый эквивалент газов и горючих жидкостей может значительно превышать тритиловый эквивалент такой же массы конденсированного взрывчатого вещества. Так как взрыв такой парогазовоздушной смеси происходит при участии кислорода воздуха, который не входит в состав горючего газа, суммарная масса веществ, участвующих в реакции, становится больше по сравнению со взрывом такого же количества конденсированного взрывчатого вещества.

Важным параметром при расчете возможных последствий взрыва является определение избыточного давления взрыва. Степень поражения людей и повреждения зданий находится в зависимости от величины давления взрыва. Такие зависимости приводятся в источнике [10]. Для проведения более точных расчетов также используется значение удельного импульса ударной волны.

Заключение

Таким образом, при проведении исследований пожаров и взрывов парогазовоздушных смесей важное значение имеет оценка вероятности и последствий возникновения пожара и взрыва парогазовоздушных смесей. При этом необходимо проводить оценку вероятности возникновения горения и взрывов парогазовоздушных смесей.

Основными методами расчета являются следующие:

- 1) определение концентрации газов и паров;
- 2) определение размеров зон, ограничивающих область концентраций, превышающих НКПР;
- 3) определение концентрации газа в помещении при испарении;
- 4) определение площади растекания нефтепродуктов;
- 5) компьютерное моделирование распространения парогазовоздушных смесей.

Также важной задачей является расчет характеристик горения и взрыва парогазовоздушных смесей.

При расчете характеристик горения и взрыва парогазовоздушных смесей, как правило, определяются следующие характеристики:

- 1) избыточное давление;
- 2) тепловой эффект (тротиловый эквивалент);
- 3) удельный импульс ударной волны.

Проведение судебных пожарно-технических экспертиз имеет большое общественное значение, так как своевременное определение причин пожаров и взрывов позволяет уменьшать и предупреждать возникновение таких опасных явлений, что имеет особенное значение при исследовании пожаров и взрывов парогазовоздушных смесей, которые способны причинить значительный ущерб и представляют большую общественную опасность.

Список источников

1. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х кн. СПб.: ООО «Типография «Береста», 2010. Кн. 1. 708 с.
2. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х кн. СПб.: ООО «Типография «Береста», 2012. Кн. 2. 364 с.
3. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. М.: ВНИИПО МЧС России, 1999. 600 с.
4. Пожарно-техническая экспертиза: учеб. / М.А. Галишев [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2013. 151 с.
5. Расследование пожаров: учеб. / М.А. Галишев [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2013. 192 с.
6. Экспертиза пожаров: учеб. / М.А. Галишев [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2013. 294 с.
7. ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная безопасность. Общие требования // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 06.05.2024).
8. ГОСТ Р 12.3.047–2012. Пожарная безопасность технологических процессов // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103505> (дата обращения: 06.05.2024).
9. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. СП 12.13130.2009. Определение категорий, помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 06.05.2024).

11. Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» / И.М. Смолин [и др.]. М.: ВНИИПО МЧС России, 2009. 147 с.
12. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: руководство. М.: ВНИИПО МЧС России, 2002. 77 с.
13. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории. ВНИИПО МВД России (введ. 1 июля 1997 г.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003425> (дата обращения: 06.05.2024).
14. Теория горения и взрыва: учеб. для вузов МЧС России / В.Р. Малинину [и др.]; под ред. проф. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 280 с.
15. Расчетные методы оценки пожаровзрывоопасности горючих жидкостей: учеб. пособие / А.А. Мельник [и др.]; под общей ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2010. 140 с.
16. БЖД: Защита в ЧС и ГО: курс лекций. URL: <https://diplomconsult.ru/preview/774331/> (дата обращения: 22.11.2023).
17. Роев Э.Д. Пожарная защита объектов хранения и переработки сжиженных газов. М.: Недра, 1980. 184 с.
18. СП 62.13330.2011*. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01–2002 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084535> (дата обращения: 06.05.2024).
19. ГСССД 160–93. Газ природный расчетный. Плотность, фактор сжимаемости, энтальпия, энтропия, изобарная теплоемкость, скорость звука, показатель адиабаты и коэффициент объемного расширения при температурах 250..450 К и давлениях 0,1...12 МПа // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200060197> (дата обращения: 06.05.2024).
20. Нормы технологического проектирования. Магистральные трубопроводы (утв. приказом ПАО «Газпром» от 10 сент. 1997 г. № 122) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://alutex.spb.ru/documents/index.php?article=724> (дата обращения: 06.05.2024).
21. Багдасаров В.А. Техника безопасности и организация работ в городском газовом хозяйстве. Л.: Недра, 360 с.
22. СНиП 31-01–2003. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Здания жилые многоквартирные. Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054198> (дата обращения: 06.05.2024).
23. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории: метод. рекомендации. М.: ВНИИПО МВД России, 1997.
24. Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview (SMV). URL: <https://pages.nist.gov/fds-smv/> (дата обращения: 07.05.2024).
25. Fire Dynamics and Smoke Control. URL: <https://www.thunderheadeng.com/pyrosim/> (дата обращения: 10.05.2024).
26. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
27. Козлитин А.М. Вероятностные методы анализа последствий фугасного воздействия взрыва на человека, технологическое оборудование, здания, сооружения при аварийных ситуациях на предприятиях нефтегазовой отрасли // Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска: междунар. науч. сб. М., 2005. URL: https://risk-2005.narod.ru/download/Risk_of_defeat_at_explosions.pdf (дата обращения: 06.05.2024).

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 20.06.2024; принята к публикации: 22.07.2024

Информация об авторах:

Гаранина Елена Андреевна, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: garlen97@rambler.ru, SPIN-код: 7921-2563

Тумановский Артур Александрович, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: ficentre@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5690-635X>, SPIN-код: 1411-5022

Дементьев Федор Алексеевич, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: dementyev.f@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1853-3001>, SPIN-код: 9438-9817