



Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору
(Ростехнадзор)



Федеральное бюджетное учреждение
«Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»
(ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Экспертный совет по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре



АТТЕСТАЦИОННЫЙ ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

«Программный комплекс для расчета последствий аварий с выбросом опасных веществ и оценки риска TOXI+RISK 5»
(ПК «TOXI+RISK 5»)

регистрационный № 512 от 30 января 2021 г.
выдан Закрытому акционерному обществу «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности» (ЗАО НТЦ ПБ).
Юридический адрес: 105082, Россия, Москва, Переведеновский переулок, д. 13, строение 14
срок действия до 30 января 2031 г.

Заместитель директора ФБУ «НТЦ ЯРБ»,
Председатель Экспертного совета
по аттестации программ для ЭВМ
при Ростехнадзоре, канд. техн. наук

С.Н. Богдан



ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK



Система менеджмента качества
ISO 9001
• клиентоориентированность
• удовлетворенность клиента
• непрерывное совершенствование
• действенность системы /
• действенность процесса
www.tuv-thuringen.de
ID 15 100 1910718

1. Общие сведения

1.1. Правообладатель программы для ЭВМ

Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности» (ЗАО НТЦ ПБ).

1.2. Авторы программы для ЭВМ

Печеркин А.С., Агапов А.А., Лисанов М.В., Сумской С.И., Софьин А.С., Марухленко А.Л., Прокудин С.В., Сверчков А.М., Хлобыстова И.О.

1.3. Сведения о регистрации и тестировании программы для ЭВМ и её компонентов

Свидетельство о государственной регистрации № 2016613097 от 16.03.2016.

Акт о результатах тестирования программы для ЭВМ № 14 от 25.06.2019.

1.4. Специалисты, проводившие анализ и оценку программы для ЭВМ:

Ершов Г.А., д-р техн. наук, АО «АЭП»;

Семенов В.Н., д-р техн. наук, ИБРАЭ РАН;

Янилкин Ю.В., ФГУП «РФЯЦ - ВНИИЭФ»;

Кириллов И.А., д-р техн. наук, НИЦ «Курчатовский институт»;

Яшников Д.А., канд. техн. наук, ФБУ «НТЦ ЯРБ» (руководитель группы экспертов от секции № 2).

2. Назначение и область применения программы для ЭВМ

2.1. Назначение программы для ЭВМ

Программа для ЭВМ предназначена для моделирования последствий аварий с выбросом токсичных и взрывопожароопасных веществ (далее – ОВ) от одного или нескольких источников.

Программа для ЭВМ обеспечивает проведение расчетов зон действия поражающих факторов аварии (токсические, термические, барические, механические воздействия).

В части моделирования рассеяния ОВ в атмосфере (по моделям «тяжелого» и «легкого» газов) при аварийных выбросах из емкостного оборудования и трубопроводов (при полном и частичном разрушении) программа для ЭВМ обеспечивает проведение расчета:

количества ОВ, поступившего в атмосферу при различных сценариях аварии;

концентраций ОВ при рассеянии выброса в открытом пространстве;

размеров зон токсического воздействия (по концентрации и ингаляционной дозе).

В части моделирования взрывов облаков смеси углеводородных топлив с воздухом программа для ЭВМ обеспечивает проведение расчета:

параметров воздушных волн (избыточного давления на фронте волны сжатия, импульса, длительности фазы сжатия и разряжения) с учетом типа взрывного превращения (дефлаграция/детонация);

зон поражения людей и повреждения зданий и сооружений в результате взрывов облаков топливно-воздушной смеси по избыточному давлению.

В части моделирования последствий теплового воздействия от пожара пролива, огненного шара, струйного горения, пожара-вспышки программа для ЭВМ обеспечивает расчет зон поражения от теплового излучения и высокотемпературных продуктов горения.

Программа для ЭВМ обеспечивает расчет зон поражения осколками при разрушении сосудов и газопроводов под давлением.

2.2. Область применения программы для ЭВМ по типу объекта использования атомной энергии

Не зависит от типа ОИАЭ.

2.3. Режимы эксплуатации объекта использования атомной энергии

Все режимы эксплуатации ОИАЭ.

2.4. Область применения программы для ЭВМ по условиям и параметрам расчета

А. Методика расчета последствий «огненного шара», реализованная в модуле «Огненный шар» программы для ЭВМ.

При проведении расчетов по программе для ЭВМ форма облака топливно-воздушной смеси (в т.ч. расширяющейся при вскипании жидкой фазы) при турбулентном диффузионном горении принимается в виде «огненного шара» со среднеповерхностной интенсивностью теплового излучения. При этом принимается, что значение среднеповерхностной интенсивности теплового излучения составляет 350 кВт/м^2 , а «огненный шар» поднят над поверхностью на высоту, равную его диаметру.

При проведении расчетов по программе для ЭВМ не учитывается наличие препятствий на пути распространения теплового излучения.

Верификация и валидация программы для ЭВМ выполнена для диаметров «огненного шара» в диапазоне от 45 м до 370 м.

Б. Методика расчета последствий пожара пролива, реализованная в модуле «Пожар пролива» программы для ЭВМ.

Программа для ЭВМ обеспечивает проведение расчета последствий пожаров проливов ОВ. При этом расчеты проводятся в предположении о том, что проливы ОВ имеют форму круга.

В программе для ЭВМ значения среднеповерхностной интенсивности теплового излучения пламени и массовой скорости выгорания однокомпонентных жидкостей, нефти и нефтепродуктов рассчитываются с помощью эмпирических зависимостей, а для иных ОВ значения указанных параметров задаются в соответствии со справочными данными методики [13].

При проведении расчетов по программе для ЭВМ не учитываются наличие препятствий на пути распространения теплового излучения и пламени, а также динамика выгорания горючего и изменение размеров области (площади) пожара в процессе аварии.

В обосновывающих материалах отсутствуют результаты валидации программы для ЭВМ в части моделирования пожаров в помещениях, а также пожаров, обусловленных горением натрия.

Программа для ЭВМ не обеспечивает проведение расчета времени стойкости строительных конструкций.

Верификация/валидация программы для ЭВМ проведена для данных о свойствах углеводородных топлив, принятых в соответствии с Приложением 3 к документу [4].

В. Методика расчета последствий рассеяния ОВ в атмосфере, реализованная в модуле «Мастер ТОХИ» программы для ЭВМ.

При проведении расчетов по программе для ЭВМ принимается, что:

выброс ОВ происходит на уровне земли или площадки (этажерки), где расположено технологическое оборудование;

в начальный момент времени первичное облако ОВ имеет форму цилиндра, а вертикальное сечение облака ОВ вдоль направления ветра во всех сценариях представляет собой прямоугольник;

интенсивность поступления ОВ из разрушенного оборудования в случае длительного выброса постоянна в течение всего времени выброса;

температуры капель ОВ и жидкости, проливающейся на подстилающую поверхность, не снижается ниже температуры кипения ОВ;

при распространении ОВ между ОВ и подстилающей поверхностью происходит только обмен теплом, а обмен массой отсутствует;

в начальный момент времени ОВ не разбавлены воздухом;

в ОВ мгновенно устанавливается фазовое равновесие газ-жидкость;

фазовые переходы ОВ приводят только к изменению высоты облака ОВ;

используются стандартные характеристики атмосферы (для описания устойчивости атмосферы используется 6 классов устойчивости – А, В, С, D, E и F по Паскуиллу), при этом предполагается, что в течение времени распространения ОВ характеристики атмосферы не меняются.

При проведении расчетов по программе для ЭВМ не учитываются:

осаждение ОВ на поверхность земли;

химические реакции, а также реакции фотолиза в ОВ;

наличие на пути движения ОВ препятствий, размеры которых превышают размеры облака ОВ;

выпадение конденсированной фазы ОВ на подстилающую поверхность и ее повторное поступление в атмосферу после испарения;

наличие осадков и влажность воздуха.

Программа для ЭВМ не предназначена для моделирования:

- рассеяния ОВ в штилевых условиях (при отсутствии ветра);
- распространения ОВ внутри помещений;
- распространения выброса ОВ за пределами более 10 км от места выброса ОВ;
- распространения выброса ОВ с массой ОВ более 500 т;
- распространения ОВ в случае пролива ОВ с эффективной стороной квадрата пролива более 500 м;
- рассеяния твердых ОВ.

Г. Методика расчета последствий взрывов топливно-воздушной смеси, реализованная в модуле «Взрыв ТВС» программы для ЭВМ.

При проведении расчетов по программе для ЭВМ принимается, что:

- облако топливно-воздушной смеси имеет сферическую (полусферическую) форму, горение инициируется в центре облака;
- концентрация горючего в облаке топливно-воздушной смеси имеет равномерное распределение;
- значение концентрации горючего вещества в топливно-воздушной смеси принимается равным нижнему концентрационному пределу распространения пламени.

Для проведения расчетов по программе для ЭВМ пользователем должны быть заданы класс чувствительности горючего вещества, удельная теплота сгорания и стехиометрическая концентрация горючего вещества в топливно-воздушной смеси.

Д. Методика расчета последствий горения газа, реализованная в модуле «Струйное горение газа» программы для ЭВМ

При проведении расчетов по программе для ЭВМ не учитываются наличие препятствий на пути распространения теплового излучения и пламени, а также динамика выгорания ОВ и изменение области пожара в процессе аварии.

Программа для ЭВМ обеспечивает проведение расчета интенсивности теплового излучения только для двух режимов горения природного газа при гильотинном разрыве газопровода (в том числе магистрального): горящие струи газа бьют вертикально вверх (форма поверхности горения – вертикальный наклонный цилиндр), горящие струи газа бьют друг напротив друга параллельно поверхности земли (форма поверхностей горения – два лежащих на поверхности земли соосных полуцилиндра);

Е. Методика расчета последствий разлета осколков сосуда высокого давления, реализованная в модуле «Разлет осколков» программы для ЭВМ.

При проведении расчетов по программе для ЭВМ принимается, что:

- сосуд высокого давления содержит сжатый газ;

сосуд высокого давления разрушается на одинаковые фрагменты (осколки): в случае наличия только двух осколков сосуда цилиндрической формы, они будут разлетаться в противоположные стороны вдоль оси симметрии сосуда; если число осколков больше двух, а форма сосуда цилиндрическая, то осколки имеют удлинненную форму (влиянием днищ сосуда пренебрегается) и будут разлетаться в радиальном направлении от оси цилиндра;

стенки сосуда имеют равномерную толщину;

в случае цилиндрических сосудов отношение их длины L к диаметру D велико ($L/D \geq 10$), а для сферических сосудов $L/D \approx 1$;

осколок сосуда имеет форму пластины, характеризующейся наибольшей и наименьшей площадью сечения;

для сосудов, изготовленных из вязкопластичных материалов, число осколков $N = 12$, для прочных сосудов (нержавеющая сталь) $N \approx 100$.

Программа для ЭВМ не обеспечивает проведение:

анализа и обоснования радиационной безопасности на ОИАЭ при выбросах радиоактивных веществ в режимах нормальной эксплуатации и режимов с нарушением нормальной эксплуатации, включая аварии;

обоснования водородной безопасности ОИАЭ, но может быть использована при моделировании последствий сгорания (детонации) облаков водородовоздушных смесей в атмосфере;

моделирования опасных явлений внутри защитных оболочек ОИАЭ.

2.5. Погрешность, обеспечиваемая программой для ЭВМ в области ее применения

Максимальные относительные отклонения результатов расчетов размеров зон поражения, полученных с помощью программы для ЭВМ, от результатов решения аналитических задач, использованных для ее верификации и полученных путем ручного счета с помощью методик [1, 6 – 13], упомянутых в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, составляют менее 1 % для пожара пролива, взрыва топливно-воздушной смеси, струйного горения газа, менее 9 % для разлета осколков, менее 5 % для огненного шара.

Средние относительные отклонения результатов расчетов размеров зон поражения по интенсивности теплового излучения от «огненного шара», полученных с помощью программы для ЭВМ по методике [10], упомянутой в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, от экспериментальных данных (разрушение емкости с пропаном от внешнего нагрева) составляют 37 %;

Средние относительные отклонения результатов расчетов зон поражения по интенсивности теплового излучения, полученных с помощью программы для ЭВМ для пожара пролива по методике [10], упомянутой в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, от экспериментальных данных с горением керосина составляют 38 %.

Средние относительные отклонения результатов расчетов зон поражения по интенсивности теплового излучения, полученных с помощью программы для ЭВМ для пожара пролива по методике [10], упомянутой в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, от экспериментальных данных по горению проливов

сжиженного природного газа (далее – СПГ) диаметром 21 и 83 м составляют 28 %, для относительно небольших диаметров пролива СПГ (от 10 до 17 м) – 41 %;

Средние относительные отклонения результатов расчетов рассеяния облака ОБ, полученных с помощью программы для ЭВМ по методикам [6, 7], , упомянутым в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, от экспериментальных данных составляют 37 % для концентраций при залповых и длительных выбросах фреона и для доз при испарении СПГ с поверхности воды, 18 % для доз при выбросах жидкого аммиака;

Максимальные относительные отклонения результатов расчетов размеров зоны поражения избыточным давлением, полученных с помощью программы для ЭВМ для взрыва топливно-воздушной смеси по методике [8]; упомянутой в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, от результатов расчетов с использованием программы для ЭВМ PHAST (методика «MultiEnergy» - Van Den Bosch C.J.H., R.A.P.M. Weterings. Methods for Calculation of physical effects – due to releases of hazardous materials (liquids and gases) – ‘Yellow Book’. CPR 14E. The Hague, 1996. URL: <http://content.publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/documents/PGS2/PGS2-1997-v0.1-physical-effects.pdf>) составляют не более 5 %;

Средние относительные отклонения результатов расчетов зон поражения избыточным давлением, полученных с помощью программы для ЭВМ по методике [8], упомянутой в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, для взрыва ТВС, от экспериментальных данных составляют 23 % для взрывов ацетилена, 28 % для взрывов этилена, 35 % для взрывов пропана;

Среднее относительное отклонение результатов расчетов зон поражения по интенсивности теплового излучения, полученных с помощью программы для ЭВМ по методике [9], упомянутой в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта, для струйного горения природного газа от экспериментальных данных составляет 41 %.

3. Сведения о методиках расчета, реализованных в программе для ЭВМ

В программе для ЭВМ реализованы расчетные методики, установленные в следующих документах:

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. приказом Ростехнадзора от 15.12.2020 N 533);
2. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144);
3. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов» (утв. приказом Ростехнадзора от 17.09.2015 № 365);

4. Руководство по безопасности «Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 03.06.2016 № 217);
5. Руководство по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи» (утв. приказом Ростехнадзора от 17.08.2015 № 317);
6. Руководство по безопасности «Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ» (утв. приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 № 158);
7. Методика оценки последствий химических аварий (Методика Токсик. Редакция 2.2, утв. НТЦ «Промышленная безопасность», 1999, согл. Госгортехнадзором России);
8. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. приказом Ростехнадзора от 31.03.2016 № 137);
9. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального транспорта газа» (утв. приказом Ростехнадзора от 26.12.2018 № 647);
10. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов;
11. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». СТО Газпром 2-2.3-351-2009 (утв. распоряжением ОАО «Газпром» от 30 марта 2009 г. № 83).
12. РБ Г-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия» (утв. приказом Госатомнадзора России 31.12.1996 № 100).
13. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.09 № 404, с изменениями, утв. приказом МЧС РФ от 14.12.2010 № 649).
14. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России от 30.06.09 № 382, с изменениями, утв. приказом МЧС РФ от 2.12.2015 № 632).
15. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности» (утв. приказом Ростехнадзора от 29.06.2016 № 272).
16. Руководство по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов» (утв. приказом Ростехнадзора от 17.06.2016 №228).

17. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей» (утв. приказом Ростехнадзора от 17.09.2015 № 366).

4. Сведения о базах данных (библиотеках констант), используемых в программе для ЭВМ

Неотъемлемой частью программы для ЭВМ является база данных ОВ, включающая в себя сведения из следующих источников:

1. Руководство по безопасности «Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ» (утв. приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 № 158);
2. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. приказом Ростехнадзора от 31.03.2016 № 137);
3. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144);
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10.07.09 № 404, с изменениями, утв. приказом МЧС РФ от 14.12.2010 № 649).

5. Дополнительная информация

Проведение расчетов по программе для ЭВМ при обосновании безопасности ОИЭА позволяет обеспечить выполнение соответствующих требований следующих документов:

1. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности блока атомной станции с реактором типа ВВЭР» (НП-006-16) (утв. приказом Ростехнадзора от 13.02.2017 N 53);
2. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности атомных станций с реакторами на быстрых нейтронах» (НП-018-05) (утв. постановлением Ростехнадзора от 02.12.2005 N 9);
3. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии» (НП-064-17) (утв. приказом Ростехнадзора от 30.11.2017 N 514);
4. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Основные рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 1 для блока атомной станции при инициирующих событиях, обусловленных внешними воздействиями природного и техногенного происхождения» (РБ-021-14) (утв. приказом Ростехнадзора от 28.08.2014 N 396).

Программа для ЭВМ обеспечивает автоматизацию вычислений и подготовку разделов технической документации для различных типов опасных производственных объектов (далее - ОПО), на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются ОВ, при:

- проектировании, модернизации, техническом перевооружении ОПО;
- разработке деклараций промышленной и пожарной безопасности ОПО;
- разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО;
- разработке инженерно-технических мероприятий гражданской обороны и по предупреждению чрезвычайных ситуаций;
- разработке иных мероприятий по защите персонала и населения от возможных аварий;
- расчетах пожарного риска;
- количественном анализе риска аварий на ОПО;
- разработке специальных технических условий;
- разработке обоснований безопасности ОПО;
- оценке взрывоустойчивости зданий и сооружений;
- оценке воздействия аварийных выбросов ОВ на окружающую природную среду;
- обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте;
- проведении иных процедур, связанных с оценкой последствий аварий на ОПО.

С помощью программы для ЭВМ может определяться число людей, попадающих в зоны действия рассчитываемых опасных факторов как на открытой местности, так и в зданиях и сооружениях, а также коллективный, индивидуальный и социальный риск гибели человека и степень повреждения зданий и сооружений на ОПО в соответствии с методиками [1 – 17], упомянутыми в пункте 3 настоящего аттестационного паспорта.

В результате проведения расчета по программе для ЭВМ могут быть построены поля потенциального риска гибели людей, поля частот превышения избыточного давления и импульса на фронте ударной волны выше заданного уровня, а также поля частот превышения интенсивности теплового излучения выше заданного уровня.

В программе для ЭВМ реализована возможность визуализации результатов расчетов на планах местности.

6. Организации, специалисты которых прошли обучение по применению программы для ЭВМ

Организовано бесплатное обучение специалистов организаций, являющихся пользователями программы для ЭВМ. С момента выпуска в свет программы для ЭВМ обучение прошли специалисты из более чем 500 организаций. Актуальный перечень организаций-пользователей приведен на сайте <https://toxi.ru/polzovateli-toxi5>.

7. Перечень документов, сопровождавших экспертизу программы для ЭВМ

Обращение ЗАО НТЦ ПБ (письмо от 10.04.2019 № 283/04/19).

Отчет о верификации и валидации программного комплекса «ТОХИ+RISK 5». Отчет ЗАО НТЦ ПБ, Москва, 2019 (письмо ЗАО НТЦ ПБ от 10.04.2019 № 283/04/19).

Заключение о результатах анализа обосновывающих материалов программы для ЭВМ «ТОХИ+RISK 5». Инв. № АО–208/2019. ФБУ «НТЦ ЯРБ». 2019.

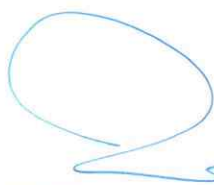
Отчет о верификации и валидации программного комплекса «ТОХИ+RISK 5 (вторая редакция)». Отчет ЗАО НТЦ ПБ, Москва, 2020 (письмо ЗАО НТЦ ПБ от 07.02.2020 № ЗАО-47).

Рекомендации секции № 2 Экспертного совета по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре по составу группы экспертов (протокол заседания от 10.07.2019 № 56/с2-2019) и решение секции № 2 об утверждении результатов экспертизы (протокол заседания от 06.11.2020 № 60/с2-2020з).

Решение Президиума Экспертного совета по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре (протокол заседания от 30 января 2021 г. № 79з).

Ученый секретарь Экспертного совета
по аттестации программ для ЭВМ
при Ростехнадзоре,
канд. техн. наук

Председатель секции № 2
«Теплогидродинамика
и мультифизические процессы»
Экспертного совета по аттестации
программ для ЭВМ при
Ростехнадзоре,
д-р техн. наук



(подпись)

С. А. Шевченко



(подпись)

С. Л. Соловьев