

СТАНЦИИ ЗАПРАВКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НЕФТЕПРОДУКТАМИ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

О.М. Медведева;

**А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ;**

**В.Н. Скребов, доктор физико-математических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

STATION VEHICLE FILLING OIL: MODELING OF TECHNOGENIC RISK

O.M. Medvedeva; A.S. Polyakov; V.N. Skrebov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Рассмотрена математическая модель расчета и моделирования техногенного риска, базирующаяся на определении вероятности безотказной работы оборудования на линии заправки автомобиля и на площадке для автоцистерны, а также риска аварии трубопровода на территории автозаправочных станций (АЗС). Предложены формулы, описывающие зависимость площади пролива жидкости от высоты грунта над аварийным подземным трубопроводом и зависимость частоты утечек из трубопроводов от их диаметра.

Ключевые слова: автозаправочная станция, техногенный риск, математическая модель, вероятность безотказной работы

A mathematical model for calculation and simulation of technogenic risk, which is based on determining the probability of failure-free operation of the equipment on the line filling the car and on-site for the tank, as well as the risk of failure of the pipeline on the territory of the gas station is considered. The formulas describing the dependence of the area of spillage from the height of the ground above the destructed underground pipeline and the dependence of the frequency of leaks from pipelines from their diameter are proposed.

Key words: filling station, technogenic risk, mathematical model, the probability of failure-free operation

Всего несколько лет назад отдельные категории специалистов не признавали станции заправки транспортных средств нефтепродуктами производственными объектами и считали их магазинами по реализации потребительских товаров (горюче-смазочных материалов) вопреки известным фактам взрывов и пожаров [1].

На нынешнем этапе, в связи с принятием Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [2] и введением в действие развивающей его положения Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (далее – Методика) МЧС России [3], ситуация с обеспечением их безопасности изменилась в лучшую сторону.

Федеральный закон № 123-ФЗ (ст. 71, прил. 15) нормирует противопожарные расстояния до граничащих с АЗС объектов различного назначения, что схематично отражено

на рис. 1. Суть этих узаконенных расстояний можно рассматривать как внешнюю составляющую техногенной безопасности АЗС.

Методика [3] регламентирует порядок проведения расчетов величин пожарного риска на производственных объектах на основе вероятностно-статистических характеристик, и их можно рассматривать как внутреннюю составляющую техногенной безопасности АЗС.

Таким образом, если требования Федерального закона № 123-ФЗ (ст. 71, прил. 15) обязательны к безусловному выполнению, то внутренняя составляющая техногенной безопасности АЗС является заботой их владельцев, проектных, эксплуатирующих и надзорных организаций.

Эти структуры должны работать по единым методикам, чтобы обеспечить единство оценок. Однако вопросы методического обеспечения пожарной и промышленной безопасности АЗС полностью не решены ни на этапе их строительства, ни при эксплуатации. Это является следствием всеобщего характера принятой Методики [3] и отсутствия в ней конкретности относительно типовых опасных производственных объектов (ОПО), например, АЗС.

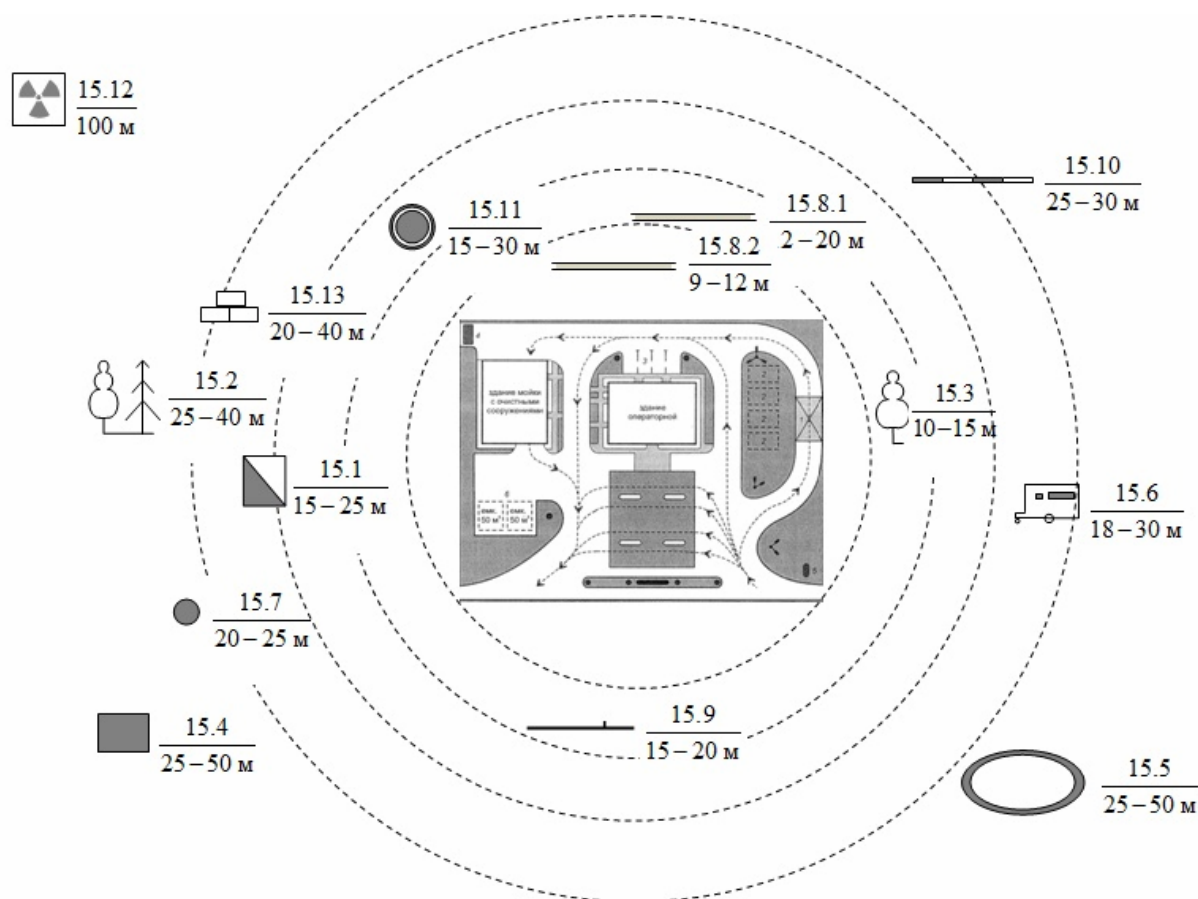


Рис. 1. Ситуационный план размещения АЗС с соблюдением нормированных противопожарных расстояний до граничащих с ней объектов (числитель дроби – порядковый номер объекта, знаменатель – расстояние до объекта)

К числу нерешенных вопросов следует отнести также искусственное и одновременно противоестественное разделение пожароопасных и взрывоопасных свойств объектов, вызванное действием межведомственных барьеров и оценкой их по разным методикам [3–5].

По этой причине далее, для одновременной оценки пожарной и промышленной безопасности АЗС, целесообразно использовать термины «техногенная безопасность» или «техногенная опасность», поскольку к опасным техногенным происшествиям относят аварии на промышленных объектах или на транспорте, пожары, взрывы или высвобождение различных видов энергии [6], независимо от первопричины возникновения (взрыва или пожара).

Авторами рассмотрена математическая модель расчета и моделирования техногенного риска на АЗС, базирующаяся на положениях методики [3]. Методика принята в качестве базовой, поскольку расчеты индивидуального и социального пожарного риска, используемые при разработке деклараций пожарной или промышленной безопасности, выполняются с использованием значения соответствующего потенциального риска (в качестве промежуточной величины).

Необходимость в модели вызвана тем, что количество жидкости, поступившей в пространство согласно [3], справедливо только для наземных и надземных трубопроводов. В случае подземных трубопроводов значительная часть жидкости может уйти в грунт, и результаты расчетов окажутся завышенными. Между тем, площадь испарения, наряду со временем истечения жидкости из аварийного трубопровода, является определяющей характеристикой, влияющей на степень поражения людей и техники избыточным давлением (ΔP) и тепловым излучением (q). Этот факт отрицательно влияет на объективность оценки техногенной безопасности АЗС. Кроме того, имеют место и другие неопределенности, в частности, с продолжительностью аварии, поскольку на АЗС отсутствуют устройства регистрации величины времени аварийного истечения, и выбором частот возникновения утечек из технологических трубопроводов.

Для устранения этих неудобств проведены эксперименты и обработаны опубликованные статистические данные, что позволило получить результаты, пригодные для математического моделирования техногенного риска:

1. Площадь пролива $F_{пр}$ жидкости зависит от высоты грунта $h_{гр}$ над аварийным подземным трубопроводом (при доверительной вероятности 0,95) согласно уравнению

$$F_{пр} = 1,80 \cdot e^{-0,51} \cdot h_{гр}$$

Эта зависимость достаточно хорошо согласуется (с погрешностью не более 6 %) с данными для заглубленных магистральных нефтепроводов [7], что позволяет сделать вывод о возможности использования полученных результатов для прогнозирования величины утечек пожароопасных жидкостей из подземных трубопроводов АЗС.

2. Обработка статистических данных о частотах Q возникновения утечек показала, что они, в зависимости от диаметра трубопроводов d , могут быть аппроксимированы функцией

$$Q_j = k_j \cdot \frac{l_j}{d_j},$$

где k_j – коэффициент, характеризующий масштаб утечки (малая, средняя, значительная, большая; $j=1, 2, 3, 4$); d_j, l_j – соответственно диаметр (м) и длина (м) участка трубопровода, разгерметизированного по j -му типу.

3. Величину потенциального риска $P_{(i)}$ в i -й области территории объекта (год^{-1}) в зависимости [3] необходимо рассчитывать с учетом наработки технологического оборудования на рассматриваемый момент оценки t , поэтому для случая АЗС целесообразно детализировать ее в виде

$$R_a(t) = 1 - (1 - R_{ТП}(t)) \cdot P_{БР}(t) \cdot P_{АЦ}(t), \quad (1)$$

где $R_{a(t)}$ – величина потенциального риска аварии в некоторой точке a на территории АЗС при наработке технологического оборудования t ; $R_{ТП(t)}$ – величина риска аварии трубопровода на территории АЗС, год⁻¹; $P_{БР(t)}$ – вероятность безотказной работы оборудования АЗС; $P_{АЦ(t)}$ – вероятность безотказной работы оборудования на площадке для автоцистерны.

Тогда величина индивидуального риска для работника m АЗС в точке a ее территории (год⁻¹) будет определяться следующим образом:

$$R_m(t) = q_{a,m} \cdot R_a(t),$$

где $q_{a,m}$ – вероятность присутствия работника m в точке a на территории АЗС.

4. Помимо фактической наработки технологического оборудования к моменту оценки t , необходимо дополнительно учитывать его состояние к моменту ввода АЗС в эксплуатацию, с помощью коэффициента техногенной безопасности (P_0) [8]. Коэффициент учитывает старение оборудования (потерю им своих начальных заводских характеристик) до ввода в эксплуатацию, путем внесения в расчетные зависимости поправки $t \geq t_{сдв}$

$$t_{сдв} = -\frac{1}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \cdot \ln P_0$$

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \beta_i \left(\gamma_{от} (N_{от_i} - x_i) + \gamma_{рт} (N_{рт_i} - y_i) + \gamma_{до} (N_{до_i} - z_i) \right)}{\sum_{i=1}^m \beta_i \left(\gamma_{от} N_{от_i} + \gamma_{рт} N_{рт_i} + \gamma_{до} N_{до_i} \right)},$$

где λ_i – интенсивность отказов i -й составной части АЗС, ($i=1, 2, \dots, m$); β_i – веса значимости каждой из составных частей АЗС в ее структуре; $\gamma_{от}, \gamma_{рт}, \gamma_{до}$ – соответственно веса значимости обязательных, рекомендуемых требований и допускаемых отклонений к техническому состоянию составных частей АЗС; $N_{omi}, N_{pmi}, N_{doi}$ – соответственно количество обязательных, рекомендуемых требований и допускаемых отклонений, содержащихся в нормативных документах для i -й составной части АЗС; x_i, y_i, z_i – соответственно количество невыполненных обязательных, рекомендуемых требований и числа допущенных отклонений, содержащихся в нормативных документах для i -й составной части АЗС на начальном этапе эксплуатации.

Исходя из физической сущности требований, приняты следующие численные значения коэффициентов веса: $\gamma_{от} = 1,00$; $\gamma_{рт} = 0,75$; $\gamma_{до} = 0,50$.

5. Техногенное состояние трубопровода комплексно характеризуется обобщенным безразмерным показателем

$$\pi = \frac{P \cdot Q \cdot \tau}{E \cdot G},$$

где P – рабочее давление, Па; Q – пропускная способность трубопровода, м³/с; τ – длительностью отключения аварийного участка трубопровода, с; E – низшая теплота сгорания транспортируемой горючей жидкости, Дж/кг; G – количество нефтепродукта в трубах аварийного участка трубопровода, кг.

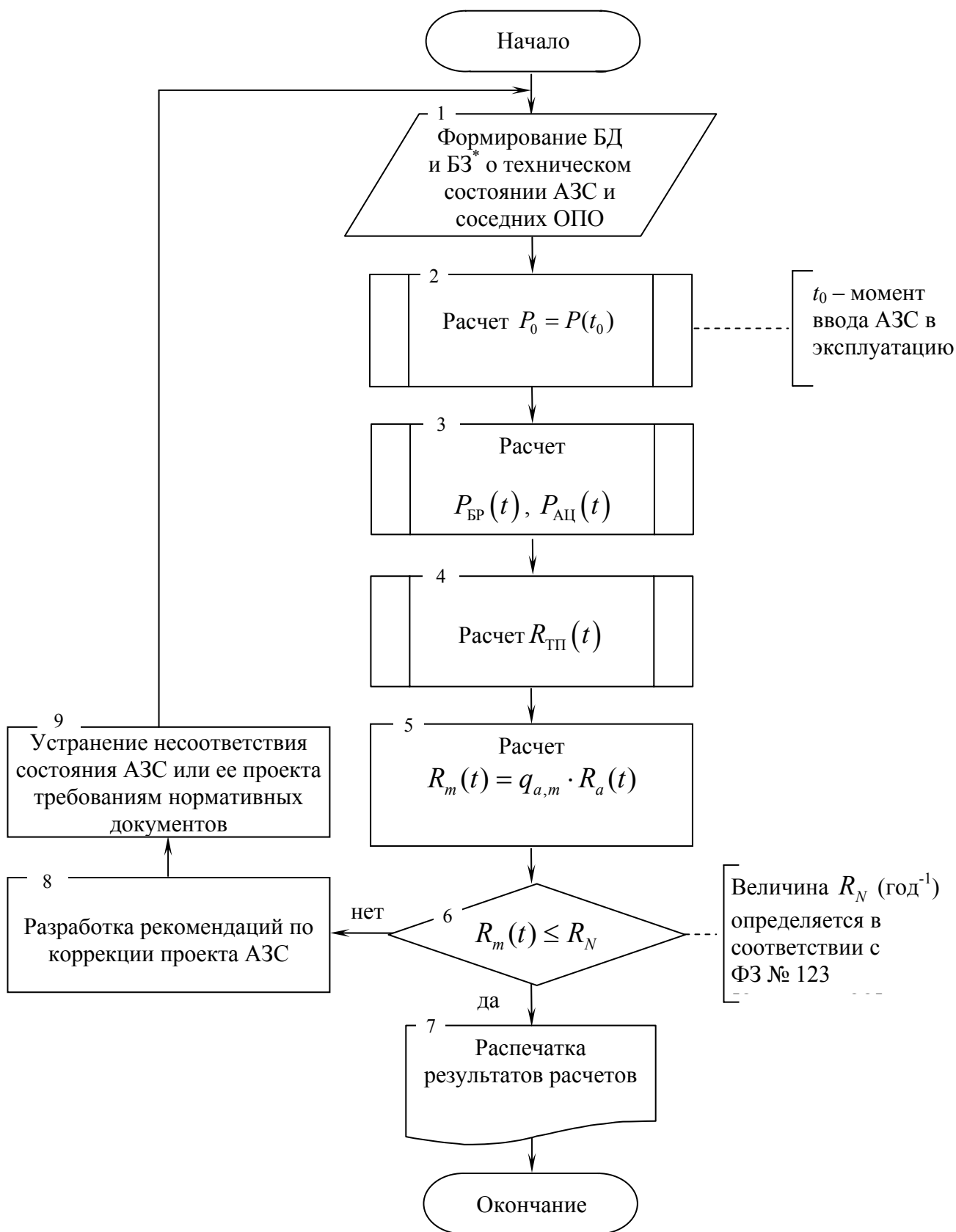


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета техногенного риска
 (*БД – база данных, БЗ – база знаний)

Числитель комплекса π выражает энергию, связанную с утечками нефтепродукта за время аварии, знаменатель – энергию нефтепродукта, сосредоточенного в трубах между отсекающей арматурой.

6. С учетом выполненных преобразований получены зависимости для расчета величин, входящих в зависимость (1):

$$P_{\text{БР}}(t) = P_0 \cdot e^{-\sum_{i=1}^m \lambda_i t}$$

$$R_{\text{ТП}}(t) = \sum_{j=1}^4 \left(k_j \cdot \sum_{i=1}^s \frac{1,11 \cdot \mu \cdot d_{ij} \cdot l_{ij} \cdot P^{1,5} \cdot \tau_i}{E \cdot G \cdot \rho^{0,5}} \right)$$

где μ – коэффициент расхода.

Изложенные замечания и аналитические зависимости использованы при разработке алгоритма расчета потенциального и индивидуального техногенных рисков для сотрудников АЗС, блок-схема которого представлена на рис. 2. Алгоритм реализован в среде Mathcad в форме трех подпрограмм.

Литература

1. Поляков А.С., Медведева О.М., Петраков Г.П. Оценка взрывопожарной опасности технических объектов с обращением нефтепродуктов // Вестник СПб ин-та ГПС. СПб., 2006. № 1(12)–2 (13).

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. М.: ИНФРА-М, 2008. 150 с.

3. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404. Официальный сайт МЧС России. [Электронный ресурс]. URL: http://www.mchs.gov.ru/law/index.phpID=8431&sphrase_id=1369844 (дата обращения 09.02.2012).

4. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: РД 03-418-01. Информационный портал «Охрана труда в России». [Электронный ресурс]. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/10/10314/index.php (дата обращения 09.02.2012).

5. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. Информационный портал «Библиотека строительства»: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zodchii.ws/normdocs/info-2065.html> (дата обращения 09.02.2012).

6. ГОСТ 22.0.05-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. Информационный портал «Охрана труда в России». [Электронный ресурс]. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/gost/9656.php?sphrase_id=1537699 (дата обращения 09.02.2012).

7. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах: сер. 27. Вып. 1. / 2-е изд., испр. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.

8. Иванов А.Н., Мороз Н.А., Медведева О.М. О неоднозначности нормативно-методических оценок взрывопожарной опасности резервуарного хранения продуктов нефтегазовой переработки // Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму: тр. IV Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2009.