

А.А. Тесленко, канд. физ-мат. наук, **Бугаев А.Ю.**

Национальный университет гражданской защиты Украины

61023 Украина, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94

А.Б. Костенко, канд. физ-мат. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

61002 Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО СЛИВА ОПАСНОГО ВЕЩЕСТВА ИМИТАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Рассмотрена проблема устойчивости алгоритма определения расчетных характеристик аварийного слива в зависимости от заданной максимально допустимой ошибки в коэффициенте расхода. Исследования проведены методами имитационного моделирования. Получен опыт применения имитационного моделирования к задачам моделирования объектов, на которых возможно возникновение аварии.

Ключевые слова: аварийный слив, пожарная безопасность технологических процессов, абсолютная ошибка, время опорожнения технологических аппаратов, авария, чрезвычайная ситуация, модель.

В случае возникновения аварии или пожара на производстве (в производственном помещении или на внешней технологической установке) возникает необходимость эвакуации или существенного уменьшения количества пожароопасных жидкостей, газов или паров, а также твердых горючих материалов, которыми заполнены технологические емкости аппараты и коммуникации. С этой целью на производстве устанавливают специальные системы, которые обеспечивают

аварийную эвакуацию горючих веществ и материалов. Эвакуация легковоспламеняющихся и горючих жидкостей из зоны аварии или пожара в значительной степени способствует уменьшению возможности распространения пламени и существенно облегчает действия пожарно-спасательных подразделений. Одним из способов эвакуации легковоспламеняющихся и горючих жидкостей есть аварийный слив. Аварийным сливом называется эвакуация легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в аварийную емкость по трубам самотеком, или посредством перекачивания.

Задача аварийного слива в краткой форме описана, например, в [1, 2]. Главный параметр аварийного слива – время аварийного слива ($\tau_{\text{слива}}$).

$$d\tau_{\text{слива}} = \frac{dV}{Q(H)} \quad (1)$$

где V – объем жидкости в аппарате; H – напор (высота уровня жидкости над сливным отверстием в аварийной емкости); Q – расход жидкости во время аварийного слива.

Полное время аварийного слива определится формулой

$$\tau_{\text{слива}} = \int_{H_2}^{H_1} \frac{S(H)dH}{Q(H)} \quad (2)$$

где H_1 – напор непосредственно перед началом слива; H_2 – напор в конце слива; $S(H)$ – площадь поверхности жидкости в аппарате при напоре H (S не зависит от H , если аппарат имеет форму вертикального цилиндра). Q всегда является функцией H , скорости жидкости в трубопроводе w (как следствие, функцией критерия Рейнольдса Re , диаметра трубопровода d , вязкости μ и плотности ρ сливаемой жидкости).

Формула для w имеет нелинейную зависимость от H

$$w = 4.42945 \cdot \varphi_{\text{сист}} \sqrt{H} \quad (3)$$

В предлагаемых алгоритмах [1, 2] используется усредненное значение скорости $w_{\text{среднее}}$ (среднее арифметическое значение скорости в начале и конце слива).

$$w_{\text{среднее}} = 2.21472 \cdot \varphi_{\text{сист}} \left(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2} \right) \quad (4)$$

где $\varphi_{\text{сист}}$ - коэффициент расхода системы аварийного слива, который в свою очередь от скорости w [3] (такая циклическая зависимость приводит к необходимости применения итерационного алгоритма расчета трудоемкого в случае счета «вручную», в котором возникают вопросы сходимости и устойчивости, не обсуждаемые в этой статье), H_1 , H_2 – напоры в начале и конце слива. Как следствие, в вычислительных алгоритмах [1-3], скорость w считается постоянной, равной среднему арифметическому от своих значений в начале и конце аварийного слива.

Коэффициент расхода трубопроводной системы $\varphi_{\text{сист}}$ считается во время слива тоже постоянным и соответствующим скорости $w_{\text{среднее}}$.

Рассмотрим простейший случай, когда имеется всего один аппарат, из которого сливается опасная жидкость и одна аварийная емкость, куда производится слив. Исследуем зависимость расчетного времени опорожнения аппарата от заданной максимально допустимой ошибки в коэффициенте расхода системы (именно по достижению величины ошибки в коэффициенте расхода системы максимального значения итерационный процесс останавливают). Это тем более важно, что расчеты в данный момент, во всех известных авторам случаях, производятся вручную, без применения специализированных программ. Количество итераций делают минимальное. Обычно останавливаются на ошибке в 5%. Важно знать, к каким погрешностям в искомым величинах приводит такая ошибка. В этой работе мы не будем подробно и количественно определять ошибку времени аварийного слива, или расчетный диаметр труб. Обратим

соответствует изменению коэффициенту расхода системы в ходе одной итерации. На этот диапазон приходится несколько точек графика, что и образует ступеньку. Если уменьшать коэффициент итерации, шаг изменения расхода системы также будет уменьшаться. Длина ступеньки графика начнет уменьшаться. Когда она станет меньше шага графика (расстояния между последовательными точками), график станет плавным.

При ручном счете проблематично определить ошибки во всех полученных параметрах, не зная таких особенностей математического алгоритма. Каждый аварийный слив, в своих конкретных производственных условиях, имеет свои особенности, отражающиеся на математическом алгоритме расчета. Данное исследование показывает необходимость развитого программного обеспечения для аварийного слива, включая имитационные модели устройств, для которых делается расчет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Создание и исследование модели опасного производства [Электронный ресурс] / В.В. Олейник, А.П. Михайлюк, С.А. Дудак, А.А. Тесленко // 2009. :
[//http://www.emergencemodeling.narod.ru/](http://www.emergencemodeling.narod.ru/)
2. Modeling for fire overflow [Электронный ресурс] / А.А. Тесленко // 2012. :
[//http://www.fire-overflow.narod.ru/](http://www.fire-overflow.narod.ru/)
3. Алексеев М.В. Пожарная профилактика технологических процессов производств/ М.В. Алексеев, О.М. Волков, Н.Ф. Шатров - Москва: //Высшая инженерно-техническая школа МВД СССР. - 1986. – С. 111-119.
4. Modeling for emergency – Создание и исследование модели производства // <http://www.emergencemodeling.narod.ru/>

Тесленко О.О., Бугайов А. Ю., Костенко А.Б.

Залежність розрахункових характеристик запобіжного клапану від похибки у визначенні тиску у обладнанні

Розглянута проблема стійкості алгоритму визначення розрахункових характеристик запобіжного клапана в залежності від похибки у визначенні тиску в обладнанні. Дослідження проведені методами імітаційного моделювання. Отримано досвід застосування імітаційного моделювання до задач моделювання об'єктів, на яких можливо виникнення аварії з метою її запобігання.

Ключові слова: показник адіабати, запобіжний клапан, аварія, надзвичайна ситуація, модель, об'єкт підвищеної небезпеки, обчислювальний експеримент.

Teslenko A.A., Bugaev A.U., Kostenko A.B.

Dependence of safety-valve calculation from an error in pressure in equipped

The considered problem of firmness of algorithm of determination of calculation descriptions of safety-valve is depending on an error in the in pressure in equipped. Researches are conducted by simulation techniques. Experience of application of imitation design is got to the tasks designs of objects, on that maybe there is an origin of accident, with the aim of her prevention.

Keywords: pressure in equipped, safety-valve, accident, emergency, simulation, model, computation experiment.