УДК 614.8

Тесленко А.А., канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры, НУГЗУ,

ИЗМЕНЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА, ОБУСЛОВЛЕННОЕ НЕДОСТОВЕРНОСТЬЮ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА

Предохранительный клапан — трубопроводная арматура, предназначенная для защиты от механического разрушения оборудования и трубопроводов избыточным давлением путём автоматического выпуска избытка жидкой, паро- и газообразной среды из систем и сосудов при достижении давления, сверх установленного. Клапан также должен обеспечивать прекращение сброса среды при восстановлении рабочего давления. От правильности выбора клапана и конструкции всей системы сброса зависит вероятность возникновения аварийной ситуации. Конструкция всей линии сброса определяется расчетным путем и зависит от многих параметров защищаемого оборудования. Если какие-либо данные являются неверными, предохранительный клапан свои защитные функции выполнять не будет. Если все исходные данные верны, они всегда известны с некоторой степенью точности, которая будет влиять на выбор клапана и правильность расчетов всей линии сброса. Для уверенности в правильности работы линии сброса необходимы исследования влияния неточности исходных данных на параметры результирующей линии сброса. Иначе говоря, необходимо исследование алгоритма расчета линии сброса, в том числе и предохранительного клапана, на устойчивость к погрешностям исходных данных. Данная статья посвящена исследованию устойчивости алгоритма расчета клапана и линии сброса к точности определения давления в защищаемой системе.

Литературные данные о последовательных исследованиях (кроме последовательной линии исследований, обсуждаемой в этой главе) влияния устойчивости алгоритма расчета клапана на опасность производства отсутствуют. Для подобных исследований необходима постановка большого количества экспериментов. Дешевле всего произвести подобные исследования методами имитационного моделирования. Аналогичные исследования уже проводились. Имеется опыт и программные средства для их проведения. Так, в области моделирования аварий и чрезвычайных ситуаций начато создание специализированных языков имитационного моделирования [1].

Когда предохранительный клапан закрыт, на его чувствительный элемент воздействует сила рабочего давления в защищаемой системе, которая стремится открыть клапан. С возникновением в системе возмущений, вызывающих повышение давления свыше рабочего, клапан открывается и происходит сброс рабочей среды через клапан. Если с понижением давления в защищаемом оборудовании, вызываемом сбросом среды, исчезает

нежелательная величина давления, запорный орган клапана закрывается. При расчете клапана предполагается знание допустимых пределов изменения давления в защищаемом оборудовании и пределов реального изменения давления при возможном его повреждении [9]. В данной работе изучена устойчивость алгоритма расчета параметров предохранительного клапана к точности, с которой известно давление в защищаемом оборудовании.

Для сосудов, содержащих газовую (паровую) фазу, пропускная способность предохранительного клапана определяется по формуле:

$$G = \frac{K_{п} \cdot F_{н} \cdot (t_{г} - t_{п}) \cdot 3{,}6}{C_{р}(t_{п} + 273)}, \qquad (1)$$

где: $F_н$ - полная наружная поверхность аппарата, м^2;

$t_г$ - температура газо-воздушной смеси, омывающей при пожаре наружную поверхность аппарата, °С, $t_г$ = 600 °С;

$t_п$ - температура газов (паров) в аппарате при нормальном режиме, °С;

$C_р$ - теплоемкость газа (пара) при давлении, Дж/кг·К;

$K_п$ - общий коэффициент теплопередачи от окружающего воздуха через стенку аппарата к газу (пару), Вт/м^2·К.

Площадь проходного сечения предохранительного клапана следует рассчитывать по формулам:

для газа $$F = \frac{G}{3{,}16 \cdot B \cdot \alpha_1 \cdot \sqrt{(P_1 + 0{,}1)\rho_1}} \qquad (2)$$

для жидкости $$F = \frac{G}{5{,}03 \cdot \alpha_2 \cdot \sqrt{(P_1 - P_2)\rho_2}}, \qquad (3)$$

где: P_1 - максимальное избыточное давление перед предохранительным клапаном, равное давлению полного открытия клапана, МПа;

P_2 - максимальное избыточное давление за предохранительным клапаном, МПа;

$\rho_1(\rho_2)$ - плотность реального газа (жидкости) перед клапаном при параметрах P_1 (P_2) и T_1 (T_2), кг/м^3;

T_1- температура среды перед клапаном при давлении P_1, °С;

T_2- температура среды за клапаном при давлении P_2, °С;

в качестве T_1, T_2 может быть взята температура $t_п$);

α_1 - коэффициент расхода, соответствующие площади для газообразных сред;

α_2 - коэффициент расхода, соответствующий площади для жидких сред;

В – коэффициент, учитывающий физико-химические свойства газов и паров при рабочих параметрах (коэффициент B_3 из таблицы А.1 в [9]).

Особая ценность имитационного моделирования состоит в том, что оно может прийти на помощь не только в сугубо теоретических исследованиях, а также при изучении и оптимизации свойств конкретных проектируемых, существующих или изменяемых объектов. Удачно разработанная стратегия моделирования позволяет не создавать новые модели для проверки версий отказов, аварий и т.п., а модифицировать или продолжать развитие уже готовых. Продолжим развитие имитационной модели из [10]. В [10] была создана абстрактная модель с двумя типами установок. Для простоты предполагалось, что в ней отсутствуют коммуникации и линии сброса. Дополним модель этими элементами: коммуникации протяженностью 25 метров; колено – 12 шт.; расширение потока - 4, заслонка– 2 шт.; предохранительный клапан (СППК-4) – 2 шт. Также включим в нее модель прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ. Полностью модель представлена в виде программы в [10] без результатов, представленных в этой статье. Усложним модель, введя в нее возможность отказа предохранительного клапана СППК-4 вследствие ошибки в определении давления, которая является нормально распределенной. Зададим такую ошибку в две атмосферы. Такая модель позволяет, например, выяснить, на каком расстоянии от данного производственного помещения риск поражения человека от взрыва газовоздушной (бутилен) или паровоздушной смеси (ацетон) будет приемлемым, т.е. ниже 10^{-8} год$^{-1}$. Предложенная модель позволила получить расстояние, на котором прогнозируется риск поражения человека ударной волной взрыва, составляет 11,3 километра.

По результатам работы программы ошибка составляет 6,7% от величины пропускной способности предохранительного клапана. Необходимо, чтобы эта ошибка не выходила за пределы возможного изменения максимальной продуктивности аппарата во время аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тесленко А.А., Михайлюк А.П., Олейник В.В. О возможности создания обобщенного языка моделирования чрезвычайной ситуации для планирования профилактической деятельности //Матеріали науково-технічної конференції "Актуальні проблеми наглядово-профілактичної діяльності МНС України", (Харків, 19 грудня 2007р.) / Х.: М-во України НС та справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи УЦЗУ, 2007. – С. 60-62

2. Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности : ГОСТ 12.2.85-2002. Межгосударственный совет по стандартизации метрологии и сертификации.- изд. Стандартов – 2002.