



Рисунок 4. – Зависимость рентабельности вложенных средств для различных значений диапазона измерения расходомера от его точности измерений.

Применяя данный метод можно обоснованно подходить к выбору технических параметров проектируемого изделия с учетом последующего изготовления, реализации, получения максимальной прибыли и снижения возможных рисков при реализации проекта, формировать ассортимент продукции, выбирать технологическую нишу на рынке, проводить переговоры с конкурентами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Роберт Н. Холт. Основы финансового менеджмента: Пер. с англ. – М.: Дело, 1993.
2. Николаева С.А. Особенности учета затрат в условиях рынка: система «direct-costing». Теория и практика. М.: Финансы и статистика, 1993.
3. Дж. Р. Эванс, Б. Берман. Маркетинг. – М.: Экономика, 1990.
4. Котлер Ф. Основы маркетинга. М.: Ростингер, 1996.
5. Карпова Т. П. Основы управленческого учета. М.: ИНФРА-М, 1997.
6. В. Палый, В.Ф. Управленческий учет (с элементами финансового учета). М.: ИНФРА-М, 1997.

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПРОБОЯ ОБШИВКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Занин А.Н., Семкин Н.Д., Ананьин А.А.

В связи с увеличением числа запускаемых космических аппаратов, а также связанное с ним увеличение концентрации техногенных частиц,

повышается вероятность образования пробоя обшивки космического аппарата (КА). Для решения проблемы обнаружения места утечки воздуха были решены следующие задачи:

- созданы модели струи газа, выходящего из модуля КА, зависящие от типа отверстий;
- рассчитаны параметры струи по созданным моделям;
- создана модель датчика обнаружения пробоя.

Для определения параметров струи введем следующее упрощение: поперечное сечение пробоя считаем кругом. Определим основные из возможных типы пробоев:

- отверстие – пробой, площадь которого много больше его длины.
- канал – пробой, площадь которого сравнима с его длиной.

Определим поток газа I :

$$I = dQ/dt, \quad (1)$$

где Q — количество газа, по определению

$$Q = pV, \quad (2)$$

где p — давление газа в системе;

V — объем системы.

Объем системы не изменяется. Пусть температура системы также постоянна, тогда (1) с учетом (2) и уравнения Менделеева-Клайперона можно записать как

$$I = RT/M(dm/dt)_{T,V}. \quad (3)$$

Число молекул, проходящее через единицу площади в единицу времени, назовем молекулярным потоком:

$$I_M = \frac{N}{Sl} \cdot \frac{l}{t}, \quad (4)$$

где S — площадь сечения;

l — расстояние, которое проходят молекулы за время t ;

N — число молекул в объеме $V = Sl$.

С учетом того, что скорость потока $v = l/t$, а концентрация молекул

$$n = \frac{N}{Sl}, \text{ из (1) получим}$$

$$I_M = nv. \quad (5)$$

Пусть поток I (в массовых единицах) есть масса молекул, проходящих через единицу площади в единицу времени, тогда

$$I = I_M m_0, \quad (6)$$

где m_0 — масса одной молекулы;

$$I = dm/dt. \quad (7)$$

С учетом (5) из (6) получим

$$I = n v_{ap} m_0, \quad (8)$$

где $v_{ap} = \sqrt{8/\pi \cdot RTM^1}$ – средняя арифметическая скорость молекул в газе. Для воздуха при $T = 293\text{K}$ $v_{ap} = 462,53\text{ м/с}$.

Поток через поверхность площадью A будет равен

$$I = n v_{ap} m_0 A. \quad (9)$$

Воспользовавшись известным выражением $p = nkT$, получим

$$I = p k^{-1} T^{-1} v_{ap} m_0 A. \quad (10)$$

Для отверстия произвольной формы в стенке конечных размеров площадь A следует заменять эффективной площадью $A_{\text{эф}}$, зависящей от параметров отверстия и стенки.

Проводимостью (пропускной способностью) отверстия будем называть отношение потока газа (в единицах pV) через это отверстие к разности давлений на входе и выходе отверстия:

$$G = I(p - p_{\text{вых}})^{-1} \quad (11)$$

Величину обратную проводимости будем называть сопротивлением отверстия:

$$W = 1/G. \quad (12)$$

Используя (7) и (9), получим

$$dm = n v_{ap} m_0 A_{\text{эф}} dt. \quad (13)$$

Из уравнения Менделеева-Клапейрона, с учетом того, что $T = \text{const}$, $V = \text{const}$ получим

$$V dp = -RTM^1 dm. \quad (14)$$

Из (10), (13) и (14) после преобразования и интегрирования получим выражение, описывающее изменение давления в системе

$$p = (p_0 - p_{\text{вых}}) \exp(-A_{\text{эф}} v_{ap} 1/V \tau) + p_{\text{вых}}. \quad (15)$$

Поток

$$I = k^{-1} T^{-1} v_{ap} m_0 A_{\text{эф}} [(p_0 - p_{\text{вых}}) \exp(-A_{\text{эф}} v_{ap} 1/V \tau) + p_{\text{вых}}]. \quad (16)$$

В вышеизложенных расчетах предполагалась, что условия истечения молекулярные, то есть $Kn \ll 1$. Расчеты для вязкостных условий гораздо сложнее и обычно выполняются с использованием полуэмпирических формул, полученных экспериментальным путем.

Если за отверстием начинается канал, в который поступает газ, то поток газа в плоскости отверстия окажется меньшим по сравнению со случаем, когда канал за отверстием отсутствует. Это связано с трением газа о стенки канала.

Таким образом, сопротивление отверстия $W = 1/G$ возрастет на величину $W_L = 1/G_L$,

где G_L — проводимость канала.

В канале скорость молекул определяется выражением

$$v_m = kT(m_0 v_{ap})^{-1} 2(p + p_{вых})^{-1} D/L(p - p_{вых}), \quad (17)$$

где $0,5(p + p_{вых})$ — среднее давление в канале;

D — диаметр сечения канала;

m_0 — масса одной молекулы газа;

L — длина канала.

Учитывая, что $A = 0,25\pi D^2$, подставим (17) в (10), тогда с учетом (13) и (14) после интегрирования получим

$$p = (p_0 - p_{вых}) \exp\left(-\frac{RT}{MV} \frac{\pi D^3}{4v_{ap} L} \tau\right) + p_{вых}, \quad (18)$$

тогда поток

$$I = \frac{\pi D^3}{4v_{ap} L} (p_0 - p_{вых}) \exp\left(-\frac{RT}{MV} \frac{\pi D^3}{4v_{ap} L} \tau\right). \quad (19)$$

Последняя формула верна при условии, что проводимость системы определяется проводимостью канала, то есть $G \gg G_L$. Если площадь поперечного сечения канала меняется (скачкообразно), то такой канал можно рассматривать, как несколько каналов с различными сечениями, соединенных последовательно, а его сопротивление будет складываться из сопротивлений отдельных участков с постоянным сечением:

$$W_L = \sum_i W_{Li}. \quad (20)$$

В большинстве случаев проводимость канала с некруговым сечением можно рассчитать, заменяя некруговое сечение круговым с такой же площадью. Если это невозможно, то применяют специальные формулы.

В вязкостных условиях скорость газа будет определяться его вязкостью, причем, чем ближе молекулы находятся к стенке, тем меньше их скорость v_s . Распределение скоростей v_s вдоль радиуса описывается уравнением

$$v_s(r) = 0,25(p - p_{вых}) \eta^{-1} L^{-1} (0,25D^2 - r^2), \quad (21)$$

где η — динамический коэффициент вязкости газа.

Подставляя (21) в (10) получим выражение для потока через кольцевую площадку радиусом r и шириной dr :

$$dI = \frac{p + p_{\text{вых}}}{2kT} \frac{p - p_{\text{вых}}}{4\eta L} \left(\frac{D^2}{4} - r^2 \right) m_0 2\pi r dr. \quad (22)$$

Интегрируя от 0 до $D/2$, получим

$$I = (p^2 - p_{\text{вых}}^2) \frac{m_0}{kT} \frac{\pi}{256\eta} \frac{D^4}{L}. \quad (23)$$

Из (13), (14) и (23) после интегрирования получим

$$p = \left\{ 2 \left[1 - \frac{p_0 - p_{\text{вых}}}{p_0 + p_{\text{вых}}} \exp \left(-2p_{\text{вых}} \frac{m_0}{kMV256\eta} \frac{\pi R}{L} \frac{D^4}{\tau} \right) \right]^{-1} - 1 \right\} p_{\text{вых}}, \quad (24)$$

$$I = \left\{ 2 \left(1 - \frac{p_0 - p_{\text{вых}}}{p_0 + p_{\text{вых}}} \exp \left(-2p_{\text{вых}} \frac{m_0}{kMV256\eta} \frac{\pi R}{L} \frac{D^4}{\tau} \right) \right)^{-1} - 1 \right\}^2 \times \\ \times p_{\text{вых}}^2 \frac{m_0}{kT} \frac{\pi}{256\eta} \frac{D^4}{L}. \quad (25)$$

Алгоритм расчета

Пусть в емкости объемом V имеется круглое отверстие диаметром D . Давление внутри емкости в начальный момент времени равно p , а вне ее постоянно и равно $p_{\text{вых}}$. Емкость заполнена воздухом имеющим температуру T . Толщина стенок емкости L .

Необходимо рассчитать поток газа через данное отверстие и изменение концентрации газа в зависимости от расстояния r от отверстия и времени, прошедшего от начала истечения газа.

В случае если исходное отверстие не является круглым, необходимо перейти к круглому отверстию эквивалентной площади.

Концентрация вычисляется по формуле

$$n = \frac{I(t - r/v_{ap})}{v_{ap} m_0 2\pi r^2}, \quad (26)$$

где r – расстояние от отверстия до интересующей точки;

$I(t - r/v_{ap})$ – поток в момент времени $(t - r/v_{ap})$.

Модель датчика

Поток воздуха, выходящий из КА, можно обнаружить с помощью ионизационного датчика. Вероятность ионизации атомов или молекул в объеме ионного источника зависит от их концентрации и эффективного сечения ионизации. Эффективное сечение ионизации атома или молекулы зависит от энергии электрона

$$\sigma_e(\varepsilon_e) = C(\varepsilon_e - J),$$

где ε_e – энергия электрона;
 J – потенциал ионизации атома или молекулы;
 $C = Const$, значение C лежит в пределах $10^6 \div 10^8$ см²/эВ.

Энергия электрона постоянно изменяется, в соответствии с проникновением его в различные поля ионного источника, таким образом, σ_e будет являться функцией координаты. Так на участке разворота электрона его энергия будет равна

$$\varepsilon_e(x) = U_{уск} - \frac{xU_{ин}}{L} - J,$$

где x – глубина проникновения электрона в ускоряющее ионы поле;
 L – расстояние между ускоряющей сеткой и датчиком ионов (коллектором);

$U_{уск}$ – ускоряющая разность потенциалов;

$U_{ин}$ – потенциал ускоряющего ионы поля.

В результате получаем зависимость эффективного сечения от координаты проникновения электрона в ускоряющее электрон поле

$$\sigma_e(x) = C \left(U_{уск} - \frac{xU_{ин}}{L} - 2J \right).$$

Чтобы оценить концентрацию образовавшихся ионов необходимо знать количество электронов, попавших в ускоряющий промежуток. Число электронов, вылетевших с поверхности накала равно

$$N_e = \frac{s_n J_e t}{e},$$

где s_n – площадь накала;

J_e – плотность электронного тока у поверхности нити накала, определяется по формуле Ричардсона-Дешмана;

t – время работы ионного источника;

e – заряд электрона.

Вероятность образования иона при попадании одного электрона в ускоряющее поле равна

$$P = 2 \int_0^{x_{zp}} \sigma_e(x) n dx,$$

где x_{zp} – максимальная глубина проникновения электрона в ускоряющее поле, $x_{zp} = \frac{(U_{уск} - J)L}{U_{ин}}$;

n – концентрация частиц исследуемого газа.

В результате получим

$$P = 2nC \left(\int_0^{x_{зр}} (U_{уск} - I) dx - \int_0^{x_{зр}} \frac{xU_{ин}}{L} dx \right).$$

Число ионов, попавших на коллектор $N = I \cdot s \cdot t$, где I – поток атомов газа; s – рабочая площадь ионизатора; t – время накопления заряда на коллекторе. Отсюда легко можно получить потенциал, возникающий на коллекторе $\varphi = N \cdot q$.

Таким образом, получена зависимость величины выходного сигнала от количества попавших в датчик ионов. Если выводить этот сигнал на индикатор, то космонавт сможет обнаружить место пробоя по максимальному показанию индикатора.

АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА – ОПЕРАТОРА

Уланов В.С., Елисеева Т.В., Калакутский Л.И.

Совершенствование процессов управления в человеко-машинных системах с высокой степенью ответственности оператора за принятие решений (скоростные транспортные системы, энергетические установки, системы жизнеобеспечения и т.п.) требует исследования и разработки методов и средств, направленных на повышение эффективности операторской деятельности человека.

Одним из путей решения этой проблемы является разработка технических средств систем на основе требований, учитывающих особенности человеческого организма, которые проявляются в процессе управления техническими объектами.

Комплекс для моделирования деятельности человека-оператора построен на базе персонального компьютера (ПК) и включает аппаратную часть, выполняющую функции регистрации физиологической информации получаемой от оператора в процессе его деятельности. Аппаратура содержит первичный преобразователь сигнала периферического пульса, регистрируемого с поверхности тела оператора при помощи фотоплетизмографического оптоэлектронного датчика, устройство первичной обработки и преобразования сигналов для передачи в персональный компьютер (ПК) для обработки и вычисления диагностического показателя состояния. Управление преобразованием сигнала и передачей кода осуществляется программно ПК.