дит к деградации оптических свойств ТРП – росту коэффициента As покрытий класса «истинные отражатели» и «солнечные отражатели» и некоторому снижению у покрытий класса «истинные поглотители» и «солнечные поглотители» (при этом коэффициент En практически не меняется). Для того, чтобы обеспечить требуемый ресурс работы СТР, необходимо знание диапазона изменения оптических характеристик радиационных поверхностей СТР в течение срока активного существования (САС) КА.

Проведение испытаний ТРП в натурных условиях позволяет измерять оптическую деградацию ТРП в комплексе воздействия всех ПФКП, оценить диапазон изменения оптических характеристик ТРП СТР в течение САС КА и сделать прогноз для перспективных КА с более длительным САС.

При проведении испытаний используется ранее разработанная методика, основанная на снятии телеметрической информации температуры ТРП в составе калориметрических датчиков (ДК). Методика испытаний позволяет измерять деградацию ТРП в течение всего САС КА. Информация об изменении оптических свойств ТРП ДК может быть использована для оценки функционального состояния поверхностей КА, работоспособность которых определяется их оптическими свойствами.

Существующая датчиковая аппаратура обеспечивает выполнение задачи натурных экспериментов, но может быть усовершенствована с целью обеспечения одинакового воздействия СВА на ТРП ДК и ТРП радиаторов СТР путем введения управления тепловым режимом ТРП ДК.

УДК 621.01

А. И. Ефимова
Научный руководитель – Е. В. Панченко
Тульский государственный университет, Тула

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

Рассматриваются основы расчета гидравлических потерь в трубопроводе. На основе известных физических законов предлагаются формулы для определения потерь напора в арматуре трубопровода и перепада давления в связи с изменением площади поперечного сечения тока среды.

Гидравлический расчет служит для определения параметров, связанных с гидравлической характеристикой изделия: гидравлического сопротивления (потери напора), пропускной способности (производительности), необходимой площади поперечного сечения, скорости изменения последней и т. д. Арматура, установленная в трубопроводе, создает для движущейся в ней среды дополнительное сопротивление – так называемое местное сопротивление, на преодоление которого тратится энергия. Затрата энергии выражается потерей скоростного напора ΔH_a на преодоление сопротивления арматуры. Как известно, в трубопроводах возможны два режима движения среды: ламинарный и турбулентный. В первом случае потеря напора пропорциональна средней скорости потока в трубе, во втором – квадрату скорости [1]:

$$\Delta H_a = AV + BV^2 , \qquad (1)$$

где A и B – физические константы, определяемые из эксперимента.

В подавляющем большинстве случаев движение среды в трубопроводе имеет турбулентный характер и первой составляющей можно пренебречь [1]. Напор H и давление P связаны между собой:

$$P = H\rho g , \qquad (2)$$

где ρ – плотность среды, g – ускорение свободного падения.

С учетом формулы Торричелли $H = \dfrac{V^2}{2g}$, выражение для перепада давления (2) можно записать так:

$$\Delta P = \delta\psi\xi \frac{V^2\rho}{2} , \qquad (3)$$

где ρ – плотность среды; ξ_a – коэффициент местного сопротивления; δ – коэффициент, учитывающий сжимаемость среды; ψ – коэффициент, учитывающий влияние вязкости среды.

Согласно теореме о неразрывности струи для трубы переменного сечения [1]:

$$S(t)V(t) = \text{const} = Q , \qquad (4)$$

где $S(t)$ – функция изменения площади поперечного сечения во времени; $V(t)$ – функция изменения скорости частиц во времени; Q – поток жидкости (объем жидкости, проходящий через поперечное сечение за единицу времени).

Из (4) следует, что при переменном сечении трубки тока частицы несжимаемой жидкости движутся с ускорением. В горизонтальной трубке тока это ускорение может быть обусловлено только непостоянством давления вдоль оси трубки – в местах, где скорость меньше, давление должно быть больше, и наоборот.

Для горизонтальной линии тока справедливо уравнение Бернулли:

$$\frac{V(t)^2\rho}{2}+P(t)=\mathrm{const}\,, \tag{5}$$

т. е. давление оказывается меньшим в тех точках, где скорость больше.

Причем сужение сечения, ускорение жидкости и уменьшение давления происходят в сечении с фиксированной координатой, следовательно, целесообразно говорить о разности давлений до и после затвора, т. е. $P(t)\cong\Delta P(t)$ или $\Delta P(t)=\mathrm{const}-P(t)$. Следовательно, уравнения (3) и (5) отличаются только на величины постоянных множителей, учитывающих сжимаемость, вязкость среды и местное сопротивление, зависящее от конкретной конструкции арматуры.

Введем в уравнение (5) соответствующие константы и продифференцируем его во времени:

$$\frac{\partial(\Delta P(t))}{\partial t}=-\delta\psi\xi\rho V(t)\frac{\partial V(t)}{\partial t}\,. \tag{6}$$

Учитывая, что $\dfrac{\partial V(t)}{\partial t}=-\dfrac{V(t)}{S(t)}\dfrac{\partial S(t)}{\partial t}$, $V(t)=\dfrac{Q}{S(t)}$, получим:

$$\frac{\partial(\Delta P(t))}{\partial t}=\delta\psi\xi\rho\frac{Q^2}{S(t)^3}\frac{\partial S(t)}{\partial t}\,. \tag{7}$$

Теперь, интегрируя (7) в течение времени изменения сечения T, находим перепад давления ΔP, связанный с законом изменения площади поперечного сечения во времени:

$$\Delta P=\delta\psi\xi Q^2\int_0^T\frac{1}{S(t)^3}\frac{\partial S(t)}{\partial t}dt\,. \tag{8}$$

Таким образом, при выборе гидравлического привода арматуры полезно воспользоваться соотношением (8), позволяющим контролировать перепад давлений при изменении поперечного сечения в заданных пределах.

Библиографическая ссылка

1. Гуревич Д. Ф. Конструирование и расчет трубопроводной арматуры. М. : Машиностроение, 1968.

УДК 539.3

Ю. В. Карсаков, И. О. Прокаев, А. В. Соколов
Научный руководитель – Р. А. Сабиров
Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛОК МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ

Полученное дифференциальное уравнение устойчивости сжатого стержня аппроксимируется сеточными уравнениями; задача сводится к проблеме собственных чисел.

В курсах сопротивления материалов критическую силу для гибких стержней вычисляют по формуле Эйлера, в которой различные виды закрепления учитывают с помощью коэффициента приведения длины. Однако не всегда можно достаточно точно определить или назначить этот коэффициент, для различных форм потери устойчивости, или, например, в многопролетных балках. Кроме того, «в курсах сопротивления материалов решение задачи ведут, исходя из уравнения *второго* порядка. Следует применять уравнения четвертого порядка, так как это придаст решению *общий характер* и позволит распространить его на другие граничные условия» [1]. Укажем на учебник [2], в котором используется в расчетах уравнение четвертого порядка.

Получим математическую модель задачи об устойчивости стержня, рассмотрев равновесие бесконечно-малого элемента длиной ds (рис. 1). Уравнение равновесия записывается «по деформированной схеме», то есть для изогнутого стержня, получившего прогиб v и угол поворота ϑ поперечного сечения. К сечениям приложены внутренние силы N, Q, изгибающие моменты M_x и их приращения.

С учетом гипотезы Бернулли и линейного деформирования материала, в рамках закона Гука, получим дифференциальное равновесия элемента:

$$-EJ_x\frac{d^4v}{ds^4}+N\frac{d^2v}{ds^2}=0\,. \tag{1}$$

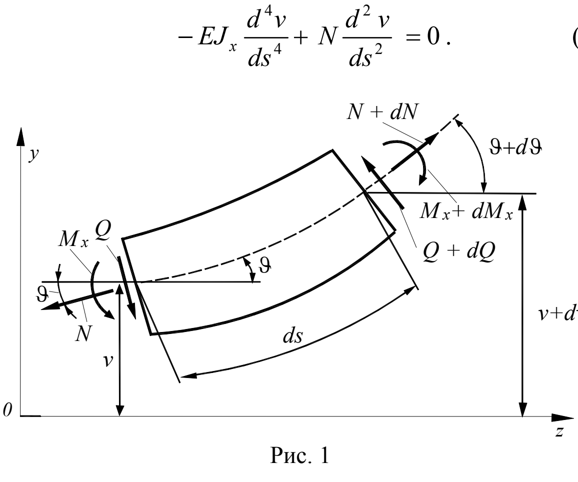

Рис. 1

Подставив в (1) элементарную функцию $v=A_0\sin(n\pi z/L)$, где A_0, n, L – постоянные, соответствующие максимальному прогибу, форме по-