

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СБОРКИ КЛАПАНОВ В ИЗДЕЛИИ ЗА СЧЕТ ПРАВИЛЬНОГО ПОДБОРА ПРУЖИН.

©2016 И.К. Рыльцев¹, Е.В. Белов²

¹Самарский государственный технический университет

²Ракетно-космический центр «Прогресс», г. Самара

THE ASSEMBLY PROCESS QUALITY IMPROVEMENT USING APPROPRIATE MATCHING OF SPRINGS

Ryltsev I.K. (Samara State Technical University, Samara, Russian Federation),
Belov E.V. (The Samara State Technical University, Samara, Russian Federation)

The work presents process of assembly and testing of drainage – pressure-relief valves, spring pressure probe on a hand press and influence of a spring instability on leakproofness of the valve.

Дренажно-предохранительный клапан (ДПК) (рис.1) – элемент трубопроводной арматуры, предназначенный для защиты от механического разрушения оборудования и трубопроводов от избыточного давления, путём автоматического выпуска избытка жидкой, паро- и газообразной среды из систем и сосудов с давлением сверх установленного. Клапан также должен обеспечивать прекращение сброса среды при восстановлении рабочего давления.

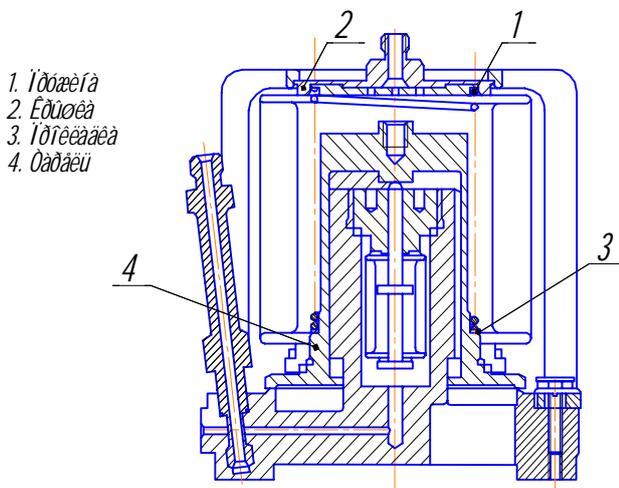


Рис. 1. Конструкция дренажно-предохранительного клапана

Предохранительный клапан является арматурой прямого действия, работающей непосредственно от рабочей среды, наряду с большинством конструкций защитной арматуры и регуляторами давления прямого действия. Деталь, которую мы будем рассматривать, входит в состав сборки «Клапан».

В процессе сборки клапан проверяется на герметичность мест уплотнения прокладок, сиффона, посадки тарели. Проводится

испытание на срабатывание. В процессе сборки ДПК сначала регулируется на избыточное давление в ёмкости. Затем проверяют на герметичность тарели, проводят испытания на сохранность регулировки, на расход. Для подтверждения партии отбираются несколько ДПК для прохождения периодических испытаний. По этим испытаниям сборка проходит более 150 срабатываний. После каждого из этих испытаний сборку проверяют на герметичность и срабатывание.

Возьмём пружину, соответствующую чертежу. При постепенном нагружении пружины измеряют наружный и внутренний диаметры, межвитковое расстояние и высоту. Характеристику пружины определяли при нагружении от 0 до 80 кгс с шагом 10 кгс, базирясь в 3 точки, прижимая сверху пластиной. Усилие создавалось ручным прессом. Полученные результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Контролируемые параметры пружины

№	P , кгс	Высота L , мм	I , мм	$2R$, мм	$2r$, мм
1	10	148,9	30,2	51,83	63,83
2	20	138,78	29	51,8	63,8
3	30	129,06	27,3	51,78	63,78
4	40	119,02	26,2	51,44	63,44
5	50	109,23	24,1	51,57	63,53
6	60	99,01	22,1	51,99	63,99
7	70	89,02	21	52,25	64,25
8	76	83,56	20	52,23	64,23
9	80	79,65	19,3	52,27	63,27

Колебательная мода (K) витков (n) пружины будет смещаться к другим модам из-за нелинейного взаимодействия. Рассмотрим одномерную пружину с закреплёнными концами витками ($n = 0; n_1 = 6; n = 8 = N$). Предположим, что потенциал взаимодействия (H) содержит:

$$\left\{ \begin{aligned} H &= \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{2} \dot{x}_j^2 + \frac{1}{2} (x_j - x_{j-1})^2 + \frac{\lambda}{4} (x_j - x_{j-1})^4 \right]. \quad (1) \\ x_0 &= x_N = 0. \end{aligned} \right.$$

Пусть пружина имеет нормальные координаты с помощью соотношения витков:

$$x_j = i \sum_{k=-N}^N \left(\frac{a_k}{\omega_k} \right) e^{-i\pi j k / N}. \quad (2)$$

Имеем следующие функции моды $k + k' + k'' + k''' = 0$, $D(0) = 1$, (3)

$k + k' + k'' + k''' = \pm 2N$, $D(\pm 2N) = -1$, (4)

$k + k' + k'' + k''' = \pm 4N$, $D(\pm 4N) = 1$. (5)

Функции моды $D(k + k' + k'' + k''') = 0$ для остальных значений моды ($k + k' + k'' + k'''$). Уравнение (3) даёт правило отбора пружин.

Если для примера взяли за основу теорию нелинейных решёток М. Тогда при этом пружина имеет витки $N = 8$, $k_0 = 5$, а начальное состояние процесса сборки есть амплитуда:

$$a_5 = a \cos \omega_5 t. \quad (11)$$

Это состояние после сборки клапана сохраняется в течение некоторого времени, и (11-13) имеют вид уравнения Матье:

$$\frac{d^2 a_k}{d\tau^2} + (\alpha_k + 2h_k^2 \cos 2\tau) a_k, \quad (12)$$

где

$$\left\{ \begin{aligned} \tau &= \omega_5 t, \\ \alpha_k &= (\omega_k / \omega_5)^2 (1 + 3\lambda a^2), \\ h_k^2 &= (\omega_k / \omega_5)^2 3\lambda a^2 / 2 \end{aligned} \right. \quad (13)$$

Параметры системы координат оси α_k и среднего расстояния между витками координаты h_k^2 определяются как функции коэффициентов амплитуды λa^2 и частот индекса моды ω_k из (13). Результаты представлены в табл. 2.

На рис. 3 по решению уравнения (12) показана неустойчивая область сборки. Ко-

гда $\lambda a^2 = 0,28$, только $k=5$ находится в области неустойчивости. Поэтому единственной модой пружины, чья энергия возрастает в клапане, будет решение колебаний сборки.

Таблица 2 - Расчёт амплитуды функции от λa^2 и ω_k пружины клапана

k	a_k	a_k^2	λa_k^2	$\sin(\pi k/2N)$	ω_k	$(\omega_k/\omega_5)^2$
1	$\frac{72,42}{102,62}$	0,5	0,27	0,19	0,39	0,06
3	$\frac{75,30}{102,62}$	0,52	0,28	0,56	1,11	0,45
5	$\frac{78,50}{102,62}$	0,59	0,31	0,83	1,66	1,00
7	$\frac{81,62}{102,62}$	0,63	0,33	0,98	1,96	1,39

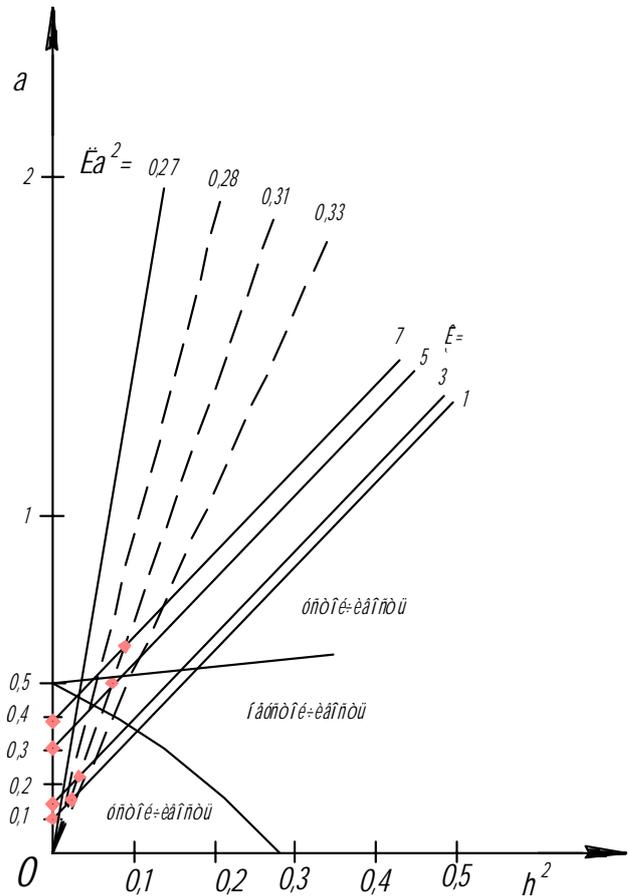


Рис. 3. Области устойчивости пружины

Выводы

1. Положение пружины в сборке определяется решением устойчивости клапана.
2. Необходимым условием нормальной работы клапана является устойчивость пружины.