

УДК 621.694.2:612.2

РАСЧЁТ И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАЛОГАБАРИТНОГО ЭЖЕКТОРА

Седач В.В., канд. техн. наук, доц., Морокко И.И. аспирант,
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»

Расчёт и оценка рабочих характеристик эжектора портативного спасательного аппарата и выбор оптимальных параметров его настройки.

The performance of a portable rescue device ejector is estimated. Its optimal settings are selected.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Разработка газопневматических систем для современных портативных спасательных аппаратов (ПСА) типа «Горноспасатель» с кислородным источником питания является актуальной и технически сложной задачей. Использование кислородного баллона высокого давления (до 25,0 МПа) обеспечивает полную автономность, высокую функциональность и надежность аппарата, так как сжатый кислород является одновременно как энергоносителем, так и жизнеобеспечивающим компонентом.

Такой аппарат обычно осуществляет функции искусственной вентиляции легких (ИВЛ) с автоматическим переключением режимов вдоха и выдоха, ингаляции чистого кислорода или кислородно-воздушной смеси и аспирации (отсасывания секрета из верхних дыхательных путей) при разрежении до 50 кПа.

Основными элементами газопневматической системы ПСА являются два малогабаритных струйных аппарата. Первый из них обеспечивает режимы ИВЛ и ингаляции, работая как инжектор, а второй – режим аспирации, работая как эжектор.

Постановка задачи. Таким образом, наряду с разработкой рациональной схемы аппарата актуальным является выбор оптимальных параметров струйных аппаратов, для чего необходимо исследовать физику процесса эжекции.

Изложение материала и результаты. Рассмотрим процесс стока при эжекции на примере эжектора аспирации.

Так как в емкости для отвода секрета образуется вакуум, но абсолютное давление невелико, с достаточной достоверностью можно пренебречь сжатием воздуха и применить методику расчета, предложенную для идеальной жидкости [1]. В данном случае течение является безвихревым и плоским, т.е. для всего потока выполняется условие $u_z = 0$, которое разрешает ввести функцию φ – потенциал скорости и ψ – функцию тока, которые связаны отношениями:

$$u_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \tag{1}$$

$$u_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$$

Будем рассматривать плоскость течения как плоскость комплексной переменной $z = x + i \cdot y$. В теории функции комплексной переменной доказывається, что когда функции $\varphi(x, y), \psi(x, y)$ связанные отношениям (1) – условие Коши-Римана, то они соответствует действительной и мнимой частям функции комплексной переменной

$$\omega(z) = \varphi + i \cdot \psi. \tag{2}$$

Функция имеет определенную конечную производную во всех точках области, где определенные φ и ψ . Таким образом, отделив действительную часть функции от мнимой можно найти потенциал скорости и функцию тока.

При рассмотрении замкнутого контура получим:

$$\oint_L \bar{u} dz = \oint_L (d\varphi + i \cdot d\psi),$$

$$Re \oint_L \bar{u} dz = \oint_L d\varphi = \oint_L u_x dx + u_y dy = \Gamma, \tag{3}$$

$$Im \oint_L \bar{u} dz = \oint_L d\psi = Q,$$

то есть действительная часть указанного интеграла равна циркуляции скорости по замкнутому контуру, а мнимая – расходу через этот контур. Из этого следует, что если суммарная интенсивность вихрей в середине контура равна нулю, то согласно теореме Стокса $\Gamma=0$. Рас-

ход через замкнутый контур будет отличаться от θ , если в середине контура есть источники, или точки поглощения – стоки.

Используя экспериментально и теоретически полученные данные, необходимые для расчета стока, а именно расход через эжектор, геометрические параметры эжектора и ёмкости для отвода секрета опираясь на методику описанную [1, 2] рассчитываем сток. Исходя из уравнения (3) и учитывая, что контур интегрирования L охватывает точку $z=0$, после некоторых преобразований получим

$$\omega = \frac{Q}{2 \cdot \pi} (\ln r + i \cdot \theta) = \varphi + i \cdot \psi, \quad (4)$$

где θ – угол наклона радиус вектору к оси в полярной системе координат; i – мнимая единица, $i = \sqrt{-1}$.

Исходя из уравнения (4) и геометрической сути полярных координат получим:

$$\varphi = \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \ln r = \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \sqrt{x^2 + y^2}; \quad (5)$$

$$\psi = \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \theta = \frac{Q}{2 \cdot \pi} \cdot \operatorname{arctg} \frac{y}{x},$$

где x, y - координаты, которые отвечают значению полярных при переходе к ортогональной системе координат.

Для вычисления скоростей в полярной системе координат необходимо использовать следующие формулы:

$$u_r = \frac{\partial \varphi}{\partial r} = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r}; \quad (6)$$

$$u_u = \frac{\partial \varphi}{\partial S_u} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial u} = 0, \quad (7)$$

где r – радиус-вектор.

Расчеты и построение графиков проводились в среде Mathcad, результаты приведены на рисунках 1–4. Полученные графики позволяют оценить расход в каждой точке стока в интересующем нас диапазоне. Проанализировав полученные графики, можно сделать вывод, что в поле стока скорость уменьшается обратно пропорционально расстоянию до центра, то есть стоку соответствует расход $Q < 0$ и направление от периферии к центру. Нужно также указать, что при $r=0$

скорость обращаться в бесконечность, то есть центр стока является особой точкой.

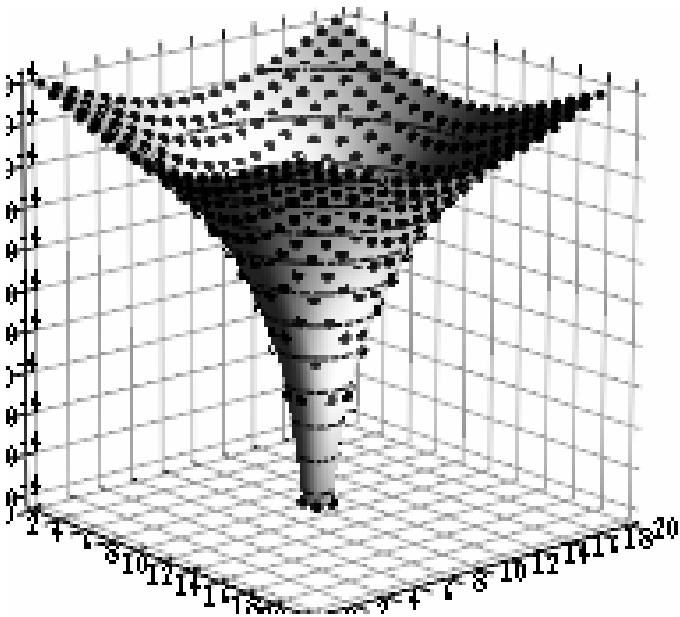


Рисунок 1 – График $\varphi(x, y)$

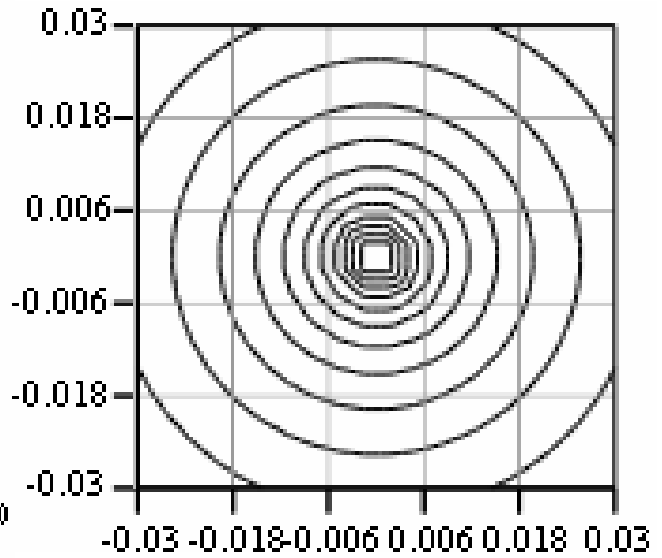


Рисунок 2 – График $\psi(x, y)$

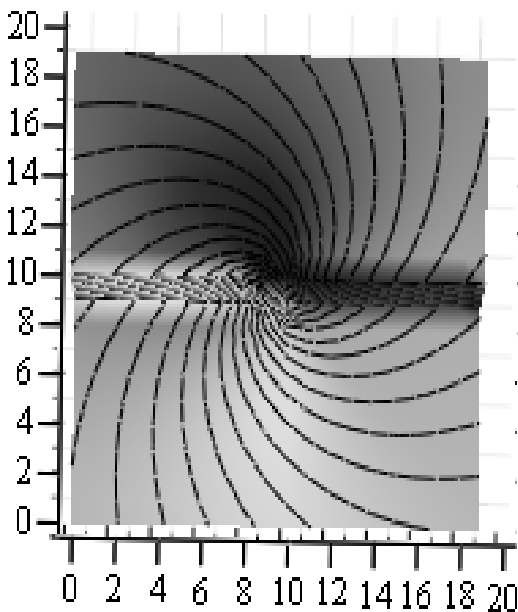


Рисунок 3 – График $\omega(x, y)$

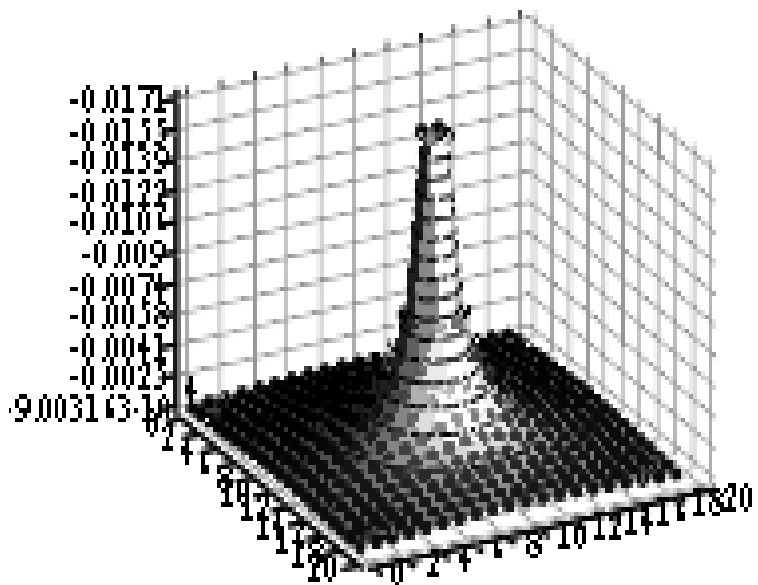


Рисунок 4 – Графики $u(x, y)$

На этапе эскизного проектирования эжектора целесообразно использовать методику расчёта, приведенную в работах [2, 3]. На основе совместного решения уравнений сохранения массы, импульса и

энергии для активного, пассивного и результирующего потоков рабочей среды и при следующих допущениях: процесс истечения рабочих сред адиабатный; величины вакуума в канале разрежения и в камере смешивания одинаковые; гидравлическими сопротивлениями на участке всасывания и выходе пренебрегаем; утечки во всасывающем тракте отсутствуют, – получено результирующее уравнение:

$$p_K + \left\{ p_K + \mu_C \cdot \frac{2 \cdot k}{k-1} \cdot p_M \cdot \left[\left(\frac{p_K}{p_M} \right)^{\frac{1}{k}} + \left(\frac{p_K}{p_M} \right) \right] \right\} \cdot S \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) =$$

$$= p_a + \mu_C^2 \cdot S^2 \cdot p_M^2 \cdot \frac{2 \cdot k}{k-1} \cdot \left[\left(\frac{p_K}{p_M} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_K}{p_M} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right] \cdot \frac{T_B}{T_0} \cdot \frac{1}{p_a} \quad (8)$$

где $T_B = T_0$; $p_a = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – атмосферное давление; $\mu_C = 0,65$ – коэффициент расхода активного сопла; k – показатель адиабаты; p_M – абсолютное давление питания эжектора от кислородного баллона; p_K – абсолютное давление создаваемого разрежения в вакуумном канале.

Выводы. Решение этого уравнения относительно S , а затем и h позволяет найти оптимальные параметры настройки, обеспечивающие получение заданного уровня вакуума при выбранных геометрических параметрах эжектора аспирации.

Список источников.

1. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика. М.: Машиностроение, 1987. – 440с.
2. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергоиздат, 1989. – 352с.
3. Сутин А.И., Федянов Е.А. Эжекторные питатели для поштучной подачи деталей// Пневматика и гидравлика: сборник статей // под редакцией Герц Е.В. – №13 М.: Машиностроение, 1987. - С. 258-263

Дата поступления статьи в редакцию: 30.10.08