

рическими характеристиками: $f_c = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $\varnothing_{в.к} = 0,096 \text{ м}$;
 $L_1 = 0,25 \text{ м}$; $\Delta = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Л и т е р а т у р а

1. Захаров Ю.В., Лебедев О.Н. Метод измерения расхода пара. - Энергомашиностроение, 1960, № 3.
2. Волов В.Т., Колышев Н.Д., Шахов В.Г. Теоретическое и экспериментальное исследование радиально - кольцевых диффузоров с закрученным потоком. - В сб.: Вихревой эффект и его применение в технике. - Куйбышев:КуАИ, 1976.
3. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. Изд. 2-е. - М.: Энергия, 1970.

УДК 621.694.2.532.524.004.14

В.Т.Волов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРНОГО ВАКУУМ-НАСОСА

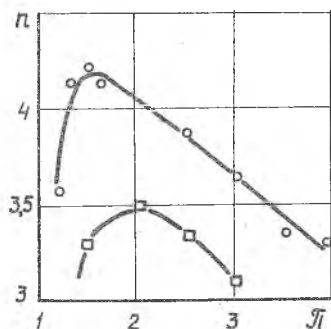
С целью минимизации опытов по определению оптимальных характеристик эжекторного вакуум-насоса было проведено планирование эксперимента по методике, разработанной в [1].

Важнейшим параметром, характеризующим работу эжекторного вакуум-насоса в режиме вентилирования, как отмечено в работах [2,3], является коэффициент эжекции

$$\eta = G_{эж} / G_1, \quad (I)$$

где $G_{эж}$ - секундный расход эжектируемого газа, G_1 - секундный расход газа через сопловой ввод. Коэффициент эжекции был выбран параметром оптимизации, так как он легко замеряем и имеет четкий физический смысл. В результате анализа априорной информации однофакторных экспериментов и технологических ограничений из одиннадцати факторов было выделено четыре: 1) степень расширения газа в вихре $\pi = P_1^* / P_n$; 2) относительная площадь соплового тангенциального ввода $F_c = 4 F_c / 3,14 d_{тр}^2$; 3) относительный радиус диффузора

$\bar{R}_g = R_g / d_{TP}$; 4) относительный зазор диффузора $\bar{\Delta}_g = \Delta_g / d_{TP}$. Остальные факторы фиксируются на лучших значениях, исходя из однофакторного эксперимента (рис. 1).



Р и с. 1. Зависимость коэффициента эжекции в эжекторном вакуум-насосе от степени расширения газа в вихре: $\circ - \bar{F}_c = 0,041$; $\bar{R}_g = 0,41$; $L_{TP} = 1$; $\bar{\Delta}_g = 5,16$; $\bar{\Delta}_g = 0,213$; $\bar{a}_H = 0,23$; $\bar{a}_H = 0,935$; P_H - атмосферное давление; \square - данные работы [3]

В результате первоначального выбора центра эксперимента и уровней факторов успеха достигнуто не было, так как модель оказалась неадекватной. Ниже представлены результаты проведения эксперимента по плану второго порядка. Для проведения эксперимента были выбраны следующие уровни факторов: 1) $\tilde{X}_1 = 1,5$ - нижний уровень фактора (\bar{P}); $\tilde{X}_1 = 1,7$ - основной уровень фактора; $\tilde{X}_1 = 1,9$ - верхний уровень фактора. 2) $\tilde{X}_2 = 0,02$ - нижний уровень фактора ($\bar{\Delta}_g = \Delta_g / d_{TP}$); $\tilde{X}_2 = 0,0233$ - основной уровень фактора; $\tilde{X}_2 = 0,0266$ - верхний уровень фактора. 3) $\tilde{X}_3 = 0,166$ - нижний уровень фактора (\bar{R}_g); $\tilde{X}_3 = 0,33$ - основной уровень фактора; $\tilde{X}_3 = 0,5$ - верхний уровень фактора. 4) $\tilde{X}_4 =$

$0,021$ - нижний уровень фактора (\bar{F}_c); $\tilde{X}_4 = 0,031$ - основной уровень фактора; $\tilde{X}_4 = 0,041$ - верхний уровень фактора. Кодировку натуральных значений факторов будем производить по следующей форме:

$$X_i = \frac{\tilde{X}_i - X_{i0}}{\mathcal{I}_i}, \quad (2)$$

где \tilde{X}_i - натуральное значение фактора; X_{i0} - основной уровень фактора; \mathcal{I}_i - интервал варьирования фактора.

В результате кодировки все верхние уровни выбранных факторов будут принимать значение +1, нижние уровни -1, а основной уровень факторов будет равен нулю.

Для двухуровневого ортогонального плана 2^4 с целью минимизации опытов была выбрана полуреплика 2^{4-1} .

При выбранном типе линейные эффекты связаны с эффектами взаимодействия третьей степени, эффекты взаимодействия второго порядка друг с другом, т.е. данный план обладает наивысшей разрешающей

способностью. Для исключения грубых наблюдений было назначено минимальное количество параллельных опытов — два, так как при анализе априорной информации дисперсия воспроизводимости ($S_{\{n_i\}}^2 = 0,01$) была установлена достаточно надежно. Обработка результатов опытов проводилась по схеме, предложенной в [1]. Для замеров коэффициента эжекции использовался набор тарированных сопел, водяные пьезометры, расходомерная бочка и расходные графики.

После того, как была выяснена однородность дисперсии воспроизводимости и подсчитана дисперсия воспроизводимости всей матрицы ($S_{\{n_i\}}^2 = 0,008$), определялись коэффициенты уравнения регрессии по следующему матричному уравнению:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T n = 1/8 \begin{bmatrix} +I & +I & +I & +I & +I & +I & +I & +I \\ -I & +I & -I & -I & +I & +I & -I & +I \\ -I & -I & -I & +I & +I & -I & +I & +I \\ -I & +I & +I & -I & -I & -I & +I & +I \\ -I & -I & +I & +I & -I & +I & -I & +I \\ +I & -I & +I & -I & +I & +I & -I & +I \\ +I & +I & -I & +I & -I & -I & +I & +I \\ +I & -I & -I & -I & -I & +I & +I & +I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3,78 \\ 3,6 \\ 4,07 \\ 3,88 \\ 3,32 \\ 3,5 \\ 3,6 \\ 3,6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,66875 \\ -0,16375 \\ -0,0687 \\ +0,04875 \\ +0,09375 \\ +0,02375 \\ +0,04625 \\ -0,04875 \end{bmatrix}$$

Тогда уравнение регрессии запишется следующим образом:

$$\hat{n} = 3.66875 - 0.06375 \cdot X_1 - 0.0687 \cdot X_2 + 0.04875 \cdot X_3 + 0.09375 \cdot X_4 + 0.02375 \cdot X_5 + 0.04625 \cdot X_6 - 0.04875 \cdot X_7 + X_8$$

Далее был проведен статический анализ уравнения регрессии по схеме, предложенной в [1]. Для поиска максимального коэффициента

эжекции в работе использовался метод Бокса-Уилсона или метод крутого восхождения. Из таблицы видно, что, двигаясь по градиенту из центра эксперимента, получено максимальное экспериментальное значение коэффициента эжекции, равное $n = 4,5$, что на 30% больше ранее известного максимального значения [3].

Реализация опытов

№	X_1	X_2	X_3	X_4	n
1	1,7	0,233	0,333	0,031	3,69
2	1,67	0,231	0,341	0,032	3,72
3	1,63	0,228	0,35	0,033	3,73
4	1,6	0,226	0,358	0,034	3,74
5	1,57	0,224	0,366	0,035	3,94
6	1,537	0,221	0,575	0,036	3,96
7	1,5	0,219	0,383	0,037	3,9
8	1,47	0,217	0,391	0,038	4,1
9	1,436	0,215	0,4	0,039	4,45
10	1,4	0,213	0,4083	0,04	4,5

Численное значение максимального коэффициента эжекции $\eta = 4,5$ больше максимального, имеющегося в матрице η , следовательно, задача по определению максимального коэффициента эжекции при выбранных факторах завершена.

На рис. I представлена экспериментальная зависимость коэффициента эжекции от степени расширения газа в вихре при оптимальных геометрических параметрах вихревого вакуум-насоса. Из рис. I видно, что полученные значения коэффициента эжекции выше на 30% и более, чем лучшие по данным [3]. При этом область максимальных значений коэффициента эжекции сместилась в область меньших \mathcal{L} , что эквивалентно экономии скатого газа.

Л и т е р а т у р а

1. Адлер А.С., Маркова Р.Н., Грановский В.Н. Планирование оптимального эксперимента. - М.: Наука, 1976.
2. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969.
3. Колышев Н.Д. Исследование вихревого эжектора. - В кн.: Некоторые вопросы исследования вихревого эффекта и его промышленного применения. - Куйбышев, 1974, с. 74-79.

УДК 632.527.621.396.677.6

В.И.Нанченко, Б.С.Виноградов, Г.В.Майков

ВИХРЕВОЙ ЭЖЕКТОР, РАБОТАЮЩИЙ В ШИРОКОМ
ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ ЭЖЕКТИРУЕМОГО ГАЗА

В современном авиационном двигателестроении для работы некоторых агрегатов (например, пневмических датчиков температуры) требуется создание малых расходов газа при определенном перепаде давлений. Для этих целей можно применить эжектор, при работе которого на борту самолета для питания можно использовать воздух, сжатый в компрессоре двигателя самолета, или воздух из воздухозаборника двигателя.