

Введение Водокольцевые вакуумные насосы [1], позволяют получать безмасляный вакуум в широком диапазоне давлений всасывания. Но насосы такого типа имеют довольно высокое предельное остаточное давление (2660,9130 Па - для одноступенчатых насосов и 133,665 Па - для двухступенчатых), которое помимо конструктивных факторов, зависит от давления насыщенных паров рабочей жидкости (воды). Для снижения рабочего давления и получения приемлемой производительности в зоне абсолютных давлений 400,4000 Па применяются газовые, чаще всего воздушные эжекторы [1-3]. Описание экспериментального стенда На кафедре «Вакуумная техника электрофизических установок» был создан экспериментальный стенд, включающий две ступени воздухо-воздушного эжектора, предвключенных к водокольцевому насосу ВВН-1,5. Каждый из разработанных эжекторов имеет свой набор сопел с различными диаметрами среза сопла, критического сечения и возможность изменения площади камеры смешения при исследовании каждого из сопел [4]. Некоторые варианты геометрии использованных при проведении экспериментов сопел (критический диаметр) и площади камеры смешения первой и второй ступеней эжектора приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Критические диаметры сопел и площади камеры смешения эжекторов

Эжектор	$d_{кр}$, мм	$F_{см}$, мм ²
1-я ступень	1,8	45,5
2-я ступень	2,8	120,7
3-я ступень	3,0	120,7
4-я ступень	3,2	120,7

Экспериментальный стенд включает в себя следующие элементы:

- вакуумная камера для измерения давления на входе в агрегат;
- вакуумная камера для измерения давления на выходе из эжекторов или на входе водокольцевого насоса;
- эжектор первой ступени;
- эжектор второй ступени;
- деформационные вакуумметры ВТИ;
- передвижной блок оптических вакууметров для измерения давления в системе;
- ротаметры марки РМ-0,63 ГУЗ, РМ-6,3 ГУЗ, РМ-40 ГУЗ и РМ-2,5 ГУЗ, для измерения расхода;
- вакуумная запорная арматура и трубопроводы, для соединения элементов стенда.

Экспериментальная часть На основании методики проведения эксперимента [4], были получены экспериментальные зависимости представленные на рис.1-4.

Рис. 1 - Экспериментальная зависимость быстроты действия от давления на входе для различных вариантов геометрии эжектора первой ступени:

- 1 - агрегат: ВВН-1,5 + эжектор первой ступени ($d_{кр}=1.8$ мм, $F_{см}=45,5$ мм²);
- 2 - агрегат: ВВН-1,5 + эжектор первой ступени ($d_{кр}=1.8$ мм, $F_{см}=62,3$ мм²);
- 3 - агрегат: ВВН-1,5 + эжектор первой ступени ($d_{кр}=1.8$ мм, $F_{см} = 81,1$ мм²);
- 4 - ВВН-1,5

Рис. 2 - Экспериментальная зависимость быстроты действия от давления на входе для различных вариантов геометрии эжектора второй ступени:

- 1 - агрегат: ВВН-1,5 + эжектор второй ступени ($d_{кр}=2,8$ мм, $F_{см}=120,7$ мм²);
- 2 - агрегат: ВВН-1,5 + эжектор второй ступени ($d_{кр}=3,0$ мм, $F_{см}=120,7$ мм²);
- 3 - агрегат: ВВН-1,5 + эжектор второй ступени ($d_{кр}=3,2$ мм, $F_{см}=120,7$ мм²);
- 4 - ВВН-1,5

Рис. 3 - Экспериментальная зависимость быстроты действия от давления на входе для различных вариантов геометрии эжектора второй ступени:

- 1 -

агрегат: BBH-1,5 + эжектор второй ступени ($d_{кр}=2,8$ мм, $F_{см}=120,7$ мм²); 2 - агрегат: BBH-1,5 + эжектор второй ступени ($d_{кр}=2,8$ мм, $F_{см}=148,5$ мм²); 3 - агрегат: BBH-1,5 + эжектор второй ступени ($d_{кр}=2,8$ мм, $F_{см} = 178,3$ мм²); 4 - BBH-1,5 В результате анализа экспериментальных данных можно сказать, что при работе агрегата с одним эжектором первой ступени, максимальную быстроту действия имеет конструкция с максимальной площадью камеры смешения $F_{см}=81,1$ мм². Такая же тенденция наблюдается для агрегата с одним эжектором второй ступени. С увеличением диаметра критического сечения эжектора второй ступени при неизменной площади камеры смешения, наблюдается уменьшение быстроты действия агрегата. Рис. 4 -

Экспериментальная зависимость быстроты действия от давления на входе для различных вариантов агрегата и геометрии эжекторных ступеней: 1 - агрегат: BBH-1,5 + эжектор первой ступени ($d_{кр}=1.8$ мм, $F_{см} = 45,5$ мм²) + эжектор второй ступени ($d_{кр}=2,8$ мм, $F_{см}=120,7$ мм²); 2 - агрегат: BBH-1,5 + эжектор второй ступени ($d_{кр}=2,8$ мм, $F_{см}=120,7$ мм²); 3 - BBH-1,5 При работе агрегата с двумя предвключенными эжекторными ступенями (рис.4) достигаемое предельное остаточное давление, почти в два раза ниже, чем для агрегата с одним эжектором. Это объясняется тем, что происходит дополнительное сжатие газа в ступени. Потери в скорости действия незначительны, по сравнению с эффектом от уменьшения давления на входе в насос.