

## РАСЧЕТ ПАРОВОЗДУШНОГО ЭЖЕКТОРА

*Печерица М.А., Липай И.С., Степанова Е.Г.*

*Кубанский государственный технологический университет, Краснодар*

**Ключевые слова:** струйный эжектор, рабочий поток, инжектируемый поток, газодинамическая функция, коэффициент эжекции, термодинамический расчет.

**Аннотация.** Представлены результаты технологического, термодинамического и конструктивного расчетов паровоздушного эжектора, предназначенного для струйной тепловой обработки паровоздушной смесью свекловичной стружки перед экстрагированием сахара. Получены графические зависимости давления паровоздушного потока и степени повышения полного давления от коэффициента эжекции, позволяющие регулировать термодинамические характеристики аппарата.

## CALCULATION OF THE STEAM-AIR EJECTOR

*Pecheritsa M.A., Lipai A.S., Stepanova E.G.*

*Kuban State Technological University, Krasnodar*

**Keywords:** jet ejector, working flow, injected flow, gas dynamic function, ejection coefficient, thermodynamic calculation.

**Abstract.** The results of technological, thermodynamic and constructive calculations of a steam-air ejector designed for jet heat treatment with a steam-air mixture of beet chips before sugar extraction are presented. Graphical dependences of the vapor-air flow pressure and the degree of increase in total pressure on the ejection coefficient are obtained, allowing to regulate the thermodynamic characteristics of the apparatus.

Газовые эжекторы используются во многих отраслях промышленности, в т.ч. могут успешно применяться для предварительной тепловой обработки растительного сырья перед извлечением целевых компонентов [1, 2]. Их преимущества связаны с простотой конструкции, отсутствием движущихся частей, надежностью и длительным сроком эксплуатации.

Эжектор представляет собой устройство, в котором избыточное давление рабочего потока используется на сжатие инжектируемого потока, при котором низконапорный поток попадает в камеру смешения за счет создания в ней области разрежения. Смешанный поток направляется в диффузор, на выходе из которого давление превышает давление низконапорного потока (рис. 1).

Для расчета термодинамических и геометрических параметров эжектора используются методики [3, 4]. В данной работе (табл. 1) представлены результаты расчета параметров паровоздушного эжектора для нагрева свекловичной стружки перед экстрагированием по методике, разработанной Концерном ВКО «Алмаз – Антей» [5].

Табл. 1. Результаты расчетов термодинамических и геометрических параметров расчета паровоздушного эжектора по методике [5]

Параметр	Расчетное значение
Полное давление смеси газов на выходе из эжектора, кПа	133,638
Расход инжектируемого потока, кг/с	0,3
Расход смеси газов, кг/с	0,5
Степень понижения полного давления рабочего потока	1,122
Степень повышения полного давления рабочего потока в результате взаимодействия с инжектирующим потоком	1,319
Степень понижения полного давления смеси газов на выходе из струйного эжектора	1,118
Удельная энергия рабочего потока	
– до начала энергообмена с инжектируемым потоком, кДж/кг	8,602
– после завершения энергообмена с инжектируемым потоком, кДж/кг	27,990
Удельная энергия смеси газов на выходе из эжектора, кДж/кг	20,223
Мощность рабочего потока, кВт	1,720
Мощность инжектируемого потока после завершения энергообмена с рабочим потоком, кВт	8,397
Мощность смеси газов на выходе из эжектора, кВт	10,112
Газодинамическая функция давления рабочего потока на входе в эжектор	0,673
Температурная газодинамическая функция рабочего потока на входе в эжектор	0,894
Плотность рабочего потока на входе в эжектор, кг/м <sup>3</sup>	1,371
Коэффициент скорости рабочего потока	
– на входе в эжектор	0,798
– на выходе из эжектора	0,676
Приведенный расход рабочего потока на входе в эжектор	0,951
Статическое давление инжектируемого потока на входе в эжектор, кПа	85,542
Критическая скорость рабочего потока на входе в эжектор, м/с	310,535
Абсолютная скорость рабочего потока на входе в эжектор, м/с	247,807
Средняя скорость инжектируемого потока на входе в эжектор, м/с	165,205
Площадь входного отверстия для ввода рабочего потока, м <sup>2</sup>	
– в конфузоре	$5,889 \cdot 10^{-4}$
– в камеру смешения	$1,673 \cdot 10^{-3}$
Площадь среза сопла для выхода смеси газов из диффузора, м <sup>2</sup>	$1,797 \cdot 10^{-3}$
Касательные напряжения, возникающие в процессе энергообмена рабочего и инжектируемого потоков, кПа	16,362
Число Рейнольдса рабочего потока	521920
Эквивалентный диаметр рабочего потока, м	$2,738 \cdot 10^{-2}$
Длина камеры смешения эжектора	0,904

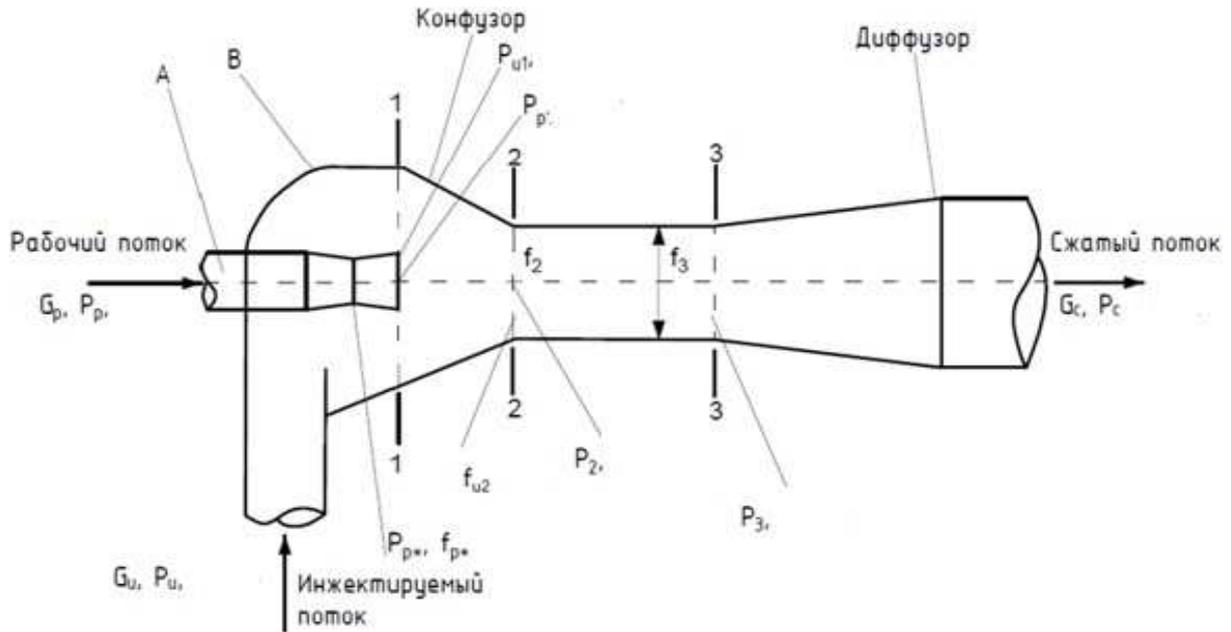


Рис. 1. Расчетная схема эжектора: А – сопло для подачи рабочего потока; В – камера смешения

Получена регрессионная зависимость коэффициента эжекции от давления газовой смеси и соотношения полного давления инжектируемого потока и давления рабочего потока от коэффициента эжекции, позволяющая регулировать такие характеристики аппарата, как производительность, давление на выходе из диффузора, критическую скорость паровоздушного потока (рис. 2). Полный термодинамический расчет представлен в работе [6]. Коэффициент эжекции представляет собой отношение расхода инжектируемого потока к расходу рабочего потока.

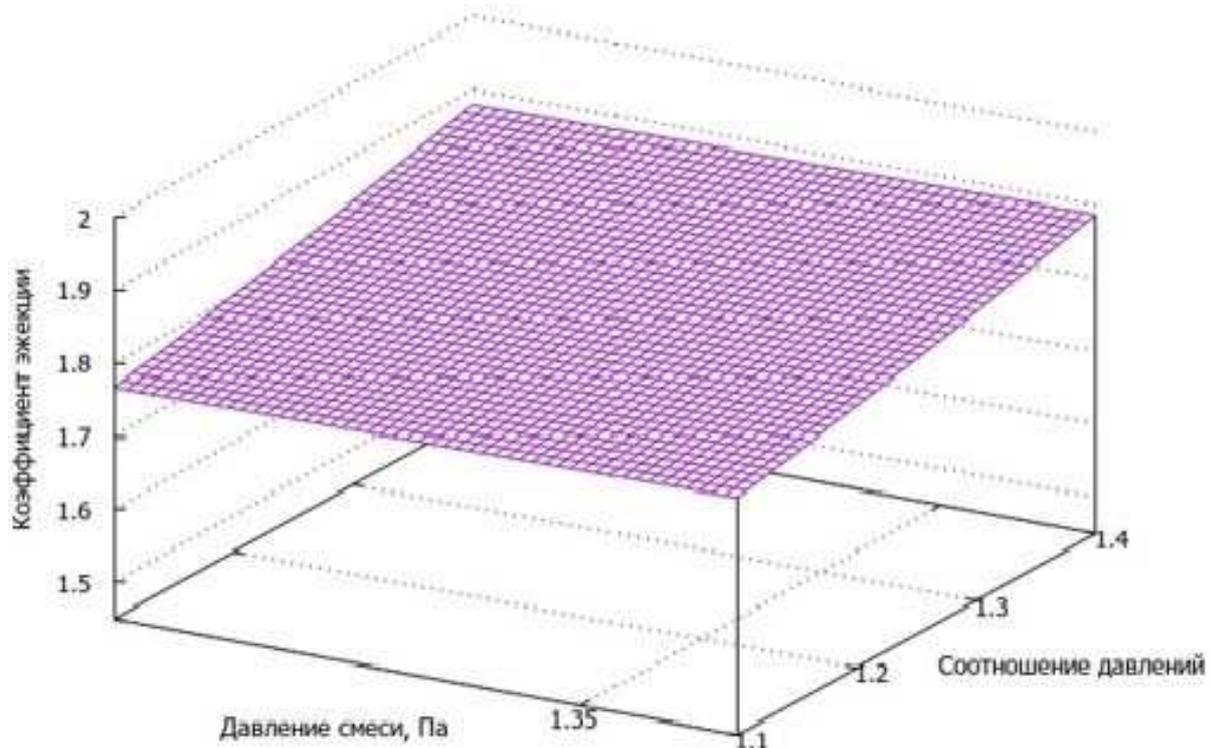


Рис. 2. Зависимость коэффициента эжекции от давления газовой смеси и соотношения полного давления инжектируемого потока к давлению рабочего потока  $n = n(p_{03}; \pi_c)$

Из приведенного графика видно, что на коэффициент эжекции в большей степени влияет соотношение полного давления инжектируемого потока к давлению рабочего потока  $\pi_c$ , чем величина давления смешанного потока. Полученные результаты будут использованы при модернизации аппарата для нагрева свекловичной стружки перед экстракционным извлечением сахара, что позволит реконструировать аппаратно-технологическую схему сахарного завода [7] и повысить тепловую нагрузку на основное технологическое оборудование.

### Список литературы

1. Эжектор – устройство, назначение, особенности // Промышленная автоматизация URL: <https://industrialization.ru/ezhektor-ustrojstvo-naznachenie-osobennosti>.
2. Печерица М.А., Липай А.С., Степанова Е.Г. Применение паровоздушного эжектора при подготовке свекловичной стружки к экстрагированию // Современные проблемы теории машин. – 2024. – № 17. – С. 95-98.
3. Александров В.Ю., Климовский К.К. Оптимальные эжекторы (теория и расчет). – М.: Машиностроение, 2012. – 136 с.
4. Зингер Н.М., Соколов Е.Я. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
5. Кузнецов В.И., Макаров В.В. Методики расчета геометрии и термодинамических характеристик струйного эжектора // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». – 2022. – №4. – С. 62-69.
6. Степанова Е.Г., Сотников А.А., Питерских И.В., Жлобо Р.А. Расчет движения газового потока в сопле Лаваля // Механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. – Краснодар: КубГТУ, 2022. – С. 686-691.
7. Грачев Н.А., Зубко А.В., Мунассар Е.Х.А., Печерица М.А., Степанова Е.Г., Никонов О.И. Технические аспекты разработки оборудования при перевооружении сахарных заводов // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2020. – Т. 29. – С. 26-32.

### Сведения об авторах:

*Печерица Михаил Алексеевич* – аспирант;

*Липай Илья Сергеевич* – студент;

*Степанова Евгения Григорьевна* – к.т.н., доцент, доцент кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения.