

Опыт разработки компанией ООО «Химмаш-Аппарат» оптимальных газовых эжекторов

С.Ю. Агауров,
И.Н. Ласкин, к.ф.-м.н.

ООО «Химмаш-Аппарат» является ведущей промышленно-инжиниринговой компанией России, осуществляющей проектирование, производство и поставку высокоэффективного оборудования для нефтегазовой, нефтехимической, энергетической и атомной отраслей промышленности.

Приоритетным направлением деятельности нашей компании является проектирование, изготовление, поставки и монтаж емкостного, колонного, фильтрационного, станочного, массо- и теплообменного, перемешивающего оборудования, оборудования по чертежам и оборудования в блочно-модульном исполнении.

Отдельным направлением деятельности является разработка и поставка струйных вакуумных насосов, вакуум создающих систем, эжекторов, гидрозелеваторов и т.д.

Эжектор является гидро- или газодинамическим устройством, в котором высоконапорный (эжектирующий) поток подсасывает другой низконапорный (эжектируемый) поток и в результате турбулентного перемешивания обоих потоков образуется

смесь, полное давление которой меньше полного давления эжектирующего потока, но больше полного давления эжектируемого. Таким образом, в эжекторе, вследствие передачи импульса низконапорному потоку, его среда ускоряется, а при торможении в диффузоре приобретает повышенное давление.

Простота и эффективность устройства обусловила их широкое применение в авиационной и космической технике, холодильной и вакуумной аппаратуре, химической, нефте-газовой, ЖКХ, металлургической и других отраслях промышленности.

Наиболее сложными в проектировании для газовых сред являются эжекторы со сверхзвуковым соплом Лавалья (сужение-расширение). Именно сверхзвуковое сопло позволяет достичь нужного уровня разрежения. Подачу высоконапорного газа можно осуществлять и через сужающееся сопло, однако в большинстве случаев использование сверхзвукового сопла выгоднее, поскольку не приводит к недорасширению («разбуханию») эжектирующего потока в начальной части камеры смешения.

В расчете эжекторов применяется квазиодномерная аналитическая теория, разработанная в ведущих НИИ аэрокосмической промышленности ЦАГИ и ЦИАМ. Множество других упрощенных теорий эжекторов не используется. Расчет сводится к решению системы нелинейных алгебраических уравнений с определяющим уравнением эжекции:

$$z(\lambda_3) = \frac{\gamma_c}{\gamma'} \sqrt{\frac{(\gamma')^2 - 1}{(\gamma_c)^2 - 1}} \frac{\gamma'}{\gamma} \sqrt{\frac{(\gamma)^2 - 1}{(\gamma_c)^2 - 1}} \frac{k}{\sqrt{\theta}} z(\lambda_1) + z(\lambda_1) \sqrt{\frac{k}{\theta} + 1} (k + 1)$$

где λ - приведенная скорость,
 γ - показатель адиабаты,
 k - эжекция,
 θ - перепад энтальпий.

Рисунок 1.

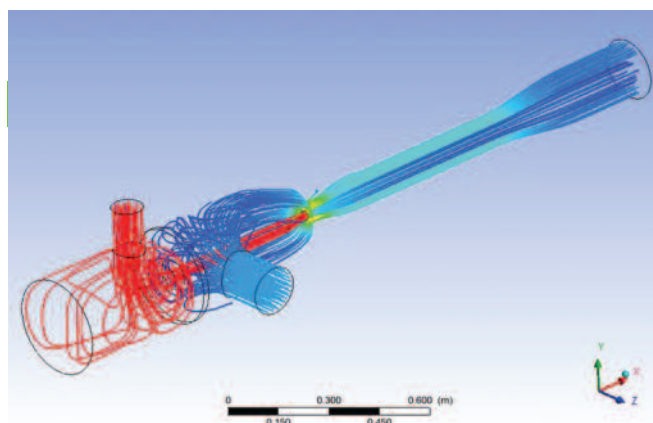


Рисунок 2. Поле чисел Маха. Степень сжатия 2

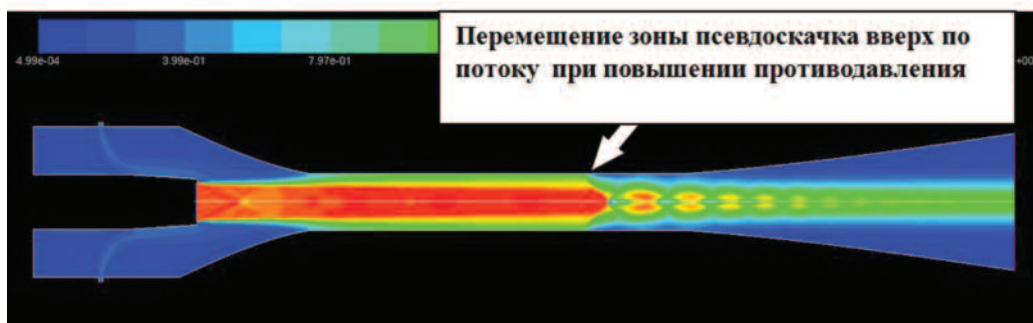
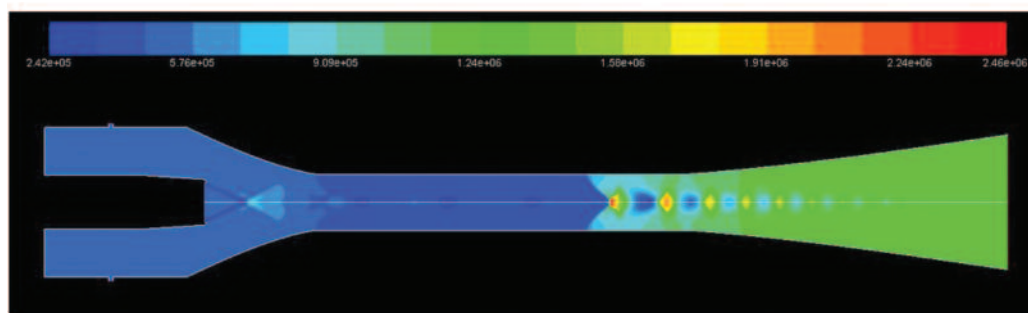


Рисунок 3. Поле давления



Однако на практике актуальной является другая задача, а именно, задача проектирования оптимального эжектора. В частности, представляет интерес нахождение эжектора с максимальной степенью сжатия при заданной эжекции, а также эжектора с максимальным к.п.д. Т.е. ставится задача на условный экстремум функционала. В первом случае величина противодавления и есть функционал, а нелинейные уравнения эжекции являются ограничениями. Учитывая нелинейность ограничений, задача решается численно с помощью метода сопряженных градиентов.

Данная методика ограничена случаем идеального газа. Для поверочного расчета эжекторов с реальными газами, сложной геометрией привлекается CDF анализ или компьютерное моделирование.

На рисунках 2–3 представлены результаты математического моделирования газодинамических процессов в эжекторе в осесимметричной постановке. Интересным процессом является торможение сверхзвукового потока в камере смешения. При увеличении давления на выходе из диффузора

(дросселирование эжектора) дозвуковая зона повышенного давления распространяется вверх по потоку навстречу сверхзвуковому потоку. Торможение в камере смешения сверхзвукового потока к дозвуковому происходит в так называемом псевдоскачке, местоположение которого весьма чувствительно к изменению противодавления.

Можно заключить, что разработка эжекторов требует высокого научного потенциала компаний разработчиков, а также большого опыта применения в различных процессах.

Эжекторы компании «Химмаш–Аппарат», детально проработаны на высоком научном уровне. Сотрудничество с ведущими проектными институтами и крупнейшими машиностроительными заводами позволяет спроектировать, изготовить и поставить эжекторные системы любой сложности.

Компанией «Химмаш–Аппарат» накоплен богатый опыт поставок эжекторов для ведущих предприятий нефтегазовой, нефтехимической, энергетической и атомной отраслей промышленности.

Заказать эжекторы можно отправив письмо–запрос с техническими характеристиками на электронную почту info@him-apparat.ru, или по телефонам компании ООО «Химмаш–Аппарат»: (495) 2–680–680, (495) 669–93–35