

АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОСТНЫХ ИНЖЕКТОРОВ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

СТРУЙНЫЙ ИНЖЕКТОР ЯВЛЯЕТСЯ РАЗНОВИДНОСТЬЮ СТРУЙНЫХ НАСОСОВ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ДЛЯ НАГНЕТАНИЯ ЖИДКИХ ИЛИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГИДРОСМЕСЕЙ. КАК И ЛЮБОЕ ДРУГОЕ, ЭТО ОБОРУДОВАНИЕ ИМЕЕТ СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ СТОРОНЫ. КАКИЕ МОДИФИКАЦИИ, ОПТИМИЗИРУЮЩИЕ РАБОТУ СТРУЙНЫХ ИНЖЕКТОРОВ ПРЕДЛАГАЮТ СЕГОДНЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КОМПАНИИ, РАБОТАЮЩИЕ НА РЫНКЕ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ?

JET INJECTOR IS A KIND OF JET PUMPS, WHICH ARE USED FOR INJECTION OF LIQUID OR GASEOUS SUBSTANCES, TRANSPORT OF HYDRAULIC FLUIDS. LIKE ANY OTHER, THIS EQUIPMENT HAS STRENGTHS AND WEAKNESSES. WHAT MODIFICATIONS THAT OPTIMIZE THE OPERATION OF JET INJECTORS DO DOMESTIC COMPANIES OPERATING IN THE MARKET OF OIL AND GAS EQUIPMENT OFFER TODAY?

Ключевые слова: струйный инжектор, струйный насос, смеситель эжекционного типа, нефтегазовое оборудование, НПЗ.



Агауров Сергей Юрьевич,
генеральный директор
«Химмаш-Аппарат»



Ласкин Игорь Николаевич,
к.ф.-м.н.,
«Химмаш-Аппарат»

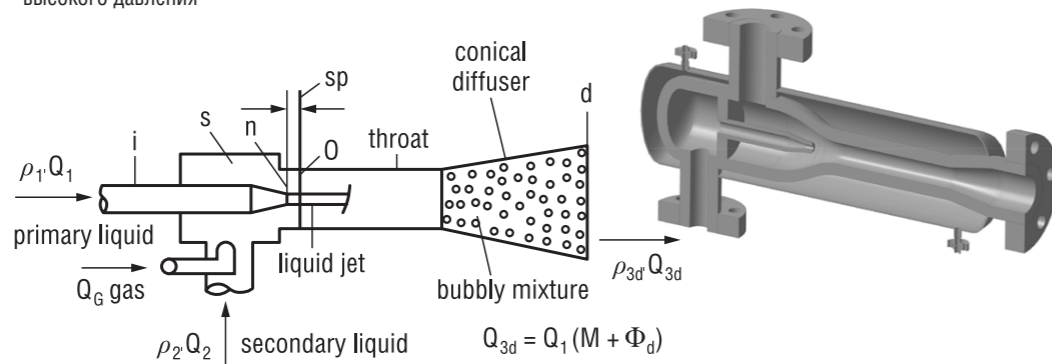
Действие струйного инжектора основано на увлечении нагнетаемого (откачиваемого) вещества струей жидкости, пара или газа (соответственно различают жидкоструйные, пароструйные и газоструйные насосы).

Достоинство – простота устройства, небольшие габариты, надёжность работы; отсутствие сложных движущихся частей и механизмов. Недостаток – невысокий КПД. Аналитическая методика расчета жидкостных струйных насосов основана на методе R.G. Cunningham. В расчетах струйных насосов фундаментальной является связь (характеристическое уравнение) между коэффициентом эжекции

M, геометрическими параметрами (основной – b) и приведенным перепадом N. Определяющим входным параметром является параметр N. Характеристическое уравнение инжектора (и вообще струйного насоса), связывающее относительный перепад с эжекцией, геометрией и сопротивлениями участков, получается «комбинацией» уравнений сохранения массы, импульсов и энергии для участков проточного тракта и сопла.

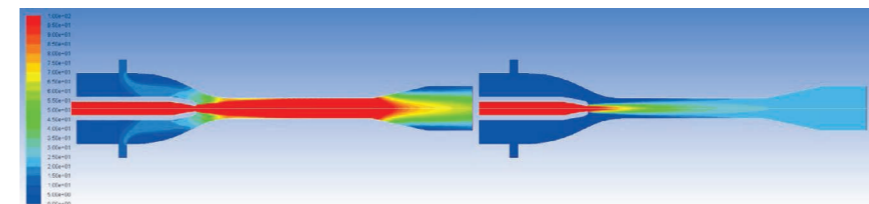
Поверочный расчет предполагает использование математического моделирования (CFD анализ). При этом, эжекция не должна задаваться в виде потока массы на входе в пассивный ввод, а должна получаться автоматически.

РИС. 1. Расчетная схема струйного насоса и пример перспективной конструкции инжектора высокого давления



$$N = \frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \frac{\left[2b + \frac{2 \cdot S \cdot M \cdot b^2}{(1-b)} - b^2(1 + K_{v,d} + a^2)(1+M)(1+S \cdot M) - \frac{S \cdot M^2(1+K_{en})}{c^2} \right]}{\left[1 + K_n - 2b + \frac{2 \cdot S \cdot M \cdot b^2}{(1-b)} + b^2(1 + K_{v,d} + a^2)(1+M)(1+S \cdot M) + (1-j) \frac{S \cdot M^2(1+K_{en})}{c^2} \right]}$$

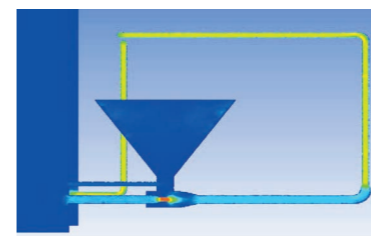
РИС. 2. Поле скоростей и концентрации компонента рабочей среды



Т.е. граничное условие в сечении пассивного ввода ставится как «Pressure Outlet», а расход (втекание или вытекание) получается автоматически. На рис.2 представлены результаты моделирования и оптимизации инжектора высокого давления. Видно, что в камере смешения (рис.2 справа) достигнуто полное перемешивание сред. В диффузоре происходит торможение потока и повышается давление пассивной среды.

На рис.3. представлены результаты численного моделирования процесса гидротранспорта и перемешивания жидкой среды с сыпучим материалом.

РИС. 3. Численное моделирование процесса инжектирования и перемешивания сыпучего материала с учетом всей гидравлической системы



Промоделирована с помощью CFD вся гидравлическая система - резервуар, насосы, трубопроводная система, а также инжектор. Насосы моделировались и, в конечном счете, подбирались с помощью задания источников импульса на некотором участке. Это эквивалентно подводу механической энергии гипотетическим насосом. При этом формируется положительный перепад давления и возникает

расход жидкости. Произведение полученных значений перепада давления на объемный расход определяет чистую мощность насоса.

На рис. 4–5 представлены результаты проектирования и оптимизации конструкции смесителя эжекционно-циркуляционного типа с помощью математического моделирования. Данный смеситель в силу своей конструктивной простоты достаточно эффективен для процессов смешения с эжекцией вторичных сред и необходимостью обеспечения

РИС. 4. Геометрия смесителя эжекционного типа с циркуляционной трубой

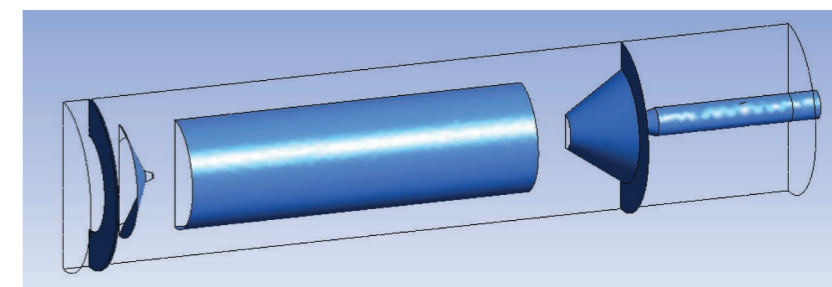
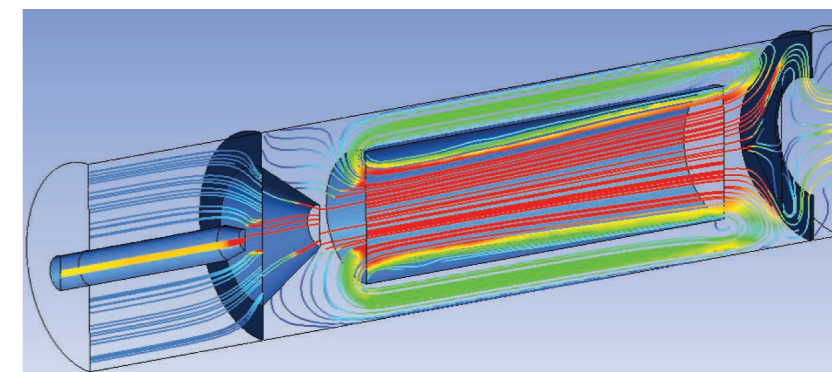


РИС. 5. Структура потока. Поверхностные линии тока



внутренней циркуляции, например, для процессов с химическими реакциями, гетерогенного катализа, газо-жидкофазного окисления и т.д. Для данного смесителя требуется достаточный уровень напора активной среды для создания эжекции и интенсивной турбулентности в потоке. С помощью математического моделирования оптимизированы размеры расположения сопел, диаметр циркуляционной трубы. Кратность циркуляции удается повысить до максимально возможных значений 4-5.

Необходимые опыт и возможности расчета, изготовления и поставки столь сложного оборудования имеет компания «Химмаш-Аппарат», разработанные данной компанией устройства и блочные системы на основе эжекторов успешно эксплуатируются на промышленных установках многих нефтеперерабатывающих и химических заводов России. ●

KEY WORDS: jet injector jet pump, ejector type mixer, the oil and gas equipment, refinery.

Тел.: 8(495)2-680-680,
8(495) 66-99-33-5
e-mail: ig8@him-apparat.ru
www.him-apparat.ru