

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

УДК 662.76.075.88

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ОДОРИЗАТОРА ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНВЕКТИВНОГО ТИПА

Кривошеев Ю.К., БНТУ

Принципиальную схему испарительно-конвективного одоризатора можно представить следующим образом. Суживающее устройство на газопроводе создает перепад давлений, под действием которого осуществляется циркуляция небольшой части газового потока через испарительную камеру одоризатора. Проходя через испарительную камеру и омывая фитили, ответвленный газовый поток насыщается парами одоранта, которые уносятся из одоризатора ответвленным потоком и смешиваются с основным газовым потоком в газопроводе за суживающимся устройством (СУ). Унос одоранта из испарительной камеры компенсируется подачей его из расходной емкости с помощью устройства поддержания уровня (например, поплавкового клапана). Параметры испарительной камеры должны быть подобраны так, чтобы при любом расходе газа в ответвленном газовом потоке обеспечивались, полный прогрев ответвленного потока до температуры, поддерживаемой в испарительной камере и равновесная концентрация паров одоранта при заданной температуре. Тогда концентрация паров одоранта в ответвленном потоке будет постоянной и количество одоранта, поступающего в газопровод – пропорциональным ответвленному потоку газа, проходящего через одоризатор. При неизменной конфигурации газового тракта расход газа через ответвление пропорционален расходу газа через СУ – расходу в газопроводе. Количество одоранта, поступающего в газопровод, будет пропорционально расходу газа в газопроводе, что обеспечит постоянство концентрации одоранта при любых расходах. “Автоматическое” поддержание постоянства концентрации осуществляется за счет двух факторов: постоянства концентрации паров одоранта в ответвленном потоке (обеспечиваемом конструкцией испарительной камеры и ее

термостабилизацией) и пропорциональностью газовых потоков через суживающее устройство и ответвление. Рассмотрим последний из указанных факторов. Как известно [1], перепад давлений Δp связан с объемным расходом газа Q соотношением

$$\Delta p = \rho k \left(\frac{Q}{A} \right)^2, \quad (1)$$

где ρ – плотность газа, A – площадь проходного сечения в сужении, а коэффициент k зависит от геометрических параметров диафрагмы и ряда других параметров, которые в данных условиях можно считать постоянными. С другой стороны, расход газа Q через любую систему каналов с заданным перепадом давления между входом и выходом Δp при достаточно больших числах Рейнольдса определяется соотношением

$$Q_1 = A_1 \left(\frac{\Delta p}{\rho k_2} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

где k_2 , A_1 – соответственно безразмерная и имеющая размерность площади константы, зависящие только от геометрических параметров газового тракта. Рассчитав с помощью (2) расход газа через одоризатор при перепаде давлений, задаваемом (1), получим

$$Q_1 = \frac{A_1}{A} \left(\frac{k}{k_2} \right)^{\frac{1}{2}} Q.$$

Таким образом, расходы в газопроводе и в ответвлении остаются пропорциональными друг другу. Выберем один из наиболее важных параметров испарительного одоризатора – номинальный расхода газа через одоризатор и, соответственно, доли ответвляемого в одоризатор газа от общего расхода газа в газопроводе. С точки зрения уменьшения габаритов одоризатора, упрощения организации процессов переноса в нем, уменьшения затрат на термостабилизацию устройства доля эта должна быть наименьшей. Однако ограничением снизу для уменьшения ответвляемой доли является требование: объемное содержание насыщенных паров одоранта в ответвляемом газовом потоке должно составлять небольшую часть, чтобы потери давления, связанные с увеличением объемного расхода газовой смеси при

течении в испарительной камере были пренебрежимо малы по сравнению с общими потерями при течении через одоризатор и тем самым не могли повлиять на пропорциональность расходов газа в газопроводе и в одоризаторе. Будем полагать номинальным режимом работы одоризатора ситуацию, когда объемное содержание паров одоранта обеспечивает 10% от полного давления. Рассмотрим случай одоризации этилмеркаптаном C_2H_6S при номинальном избыточном давлении в газопроводе $p_n=1,2$ МПа, (что соответствует $p_{\text{ин}}=1,3$ МПа абсолютного давления) и норме расхода одоранта 16 г на 1000 м³. Из уравнения газового состояния при условии, что давление насыщенных паров одоранта составляет $p_0=0,1$ $p_{\text{ин}}=0,13$ МПа при температуре 45°C находим концентрацию одоранта, $C_0=3,3$ кг/м³. При максимальном расходе одоранта 3500 см³/час, что соответствует с учетом плотности жидкого этилмеркаптана расходу $q=0,8$ г/с. На выходе из одоризатора расход газовой смеси W определяется формулой $W=q/C_0$ и составит 0,25 л/с. Согласно норме одоризации природного газа ($n_0=16 \cdot 10^{-3}$ г/нм³) расход одоранта соответствует объемному расходу газа в газопроводе

$$W_{\text{gn}} = \frac{q}{n_0} = 50 \frac{\hat{u}}{\tilde{n}}^3 .$$

Приводя этот расход к номинальному давлению в газопроводе $p_n=1,2$ МПа, получаем $W_g=4,2$ м³/с. Сравнивая этот расход с расходом газовой смеси на выходе из одоризатора, можно оценить долю ответвляемого в одоризатор газа, эта величина составит $5,5 \cdot 10^{-5}$. Видно, работа одоризатора требует сравнительно небольшие расходы газа (0,25 л/с), и пренебрежимо малая доля газового потока для ответвления ($\sim 10^{-5}$).

Вывод: Одоризатор испарительно-конвективного типа может быть установлен на имеющихся в составе газораспределительных станций стандартных измерительных СУ, он обеспечивает пропорциональность расходов газа и одоранта самыми простыми и надежными средствами, одорант в нем смешивается с газом в паровой фазе, что исключает стадию испарения жидкого одоранта в газопроводе и повышает точность одоризации, ликвидирует контакт конструкций газопровода с агрессивной средой – одорантом в

жидкой фазе. К недостаткам относится то, что габариты таких устройств резко возрастают при больших расходах газа.

УДК 004.42+519.886.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ ПРИ РЕШЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Погирницкая С.Г., БНТУ

При подготовке студентов специальности «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» большое внимание уделяется внедрению компьютерных технологий в процесс изучения инженерных дисциплин.

Современный инженер должен уметь выполнять сложные технические расчеты, моделировать технологические процессы и устройства. Для выполнения инженерных расчетов и моделирования на смену языкам программирования пришли специализированные программные продукты – системы компьютерной математики – программы, предназначенные для решения и визуализации математических задач. Применение систем компьютерной математики существенно повышает производительность интеллектуального труда инженеров, позволяет использовать современные средства компьютерных технологий для более глубокого изучения общеинженерных и специальных дисциплин. Современные системы компьютерной математики реализуют множество стандартных и специальных математических операций, снабжены мощными графическими средствами и обладают собственными языками программирования. Наибольшую известность получили системы Mathcad, Matlab, Mathematica, Maple, Derive.

Для студентов специальности «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» введена дисциплина «Компьютерные технологии решения инженерных задач». Основная цель дисциплины состоит в том, чтобы дать знания о математических методах решения инженерных задач, обучить применению современных информационных технологий в практической деятельности инженера. В рамках этой дисциплины