

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДВУХФАЗНЫХ ДАЛЬНОБОЙНЫХ СТРУЙ

Лепешинский И.А., Зотикова П.В.

Московский авиационный институт, Москва, Россия

Ключевые слова: дальнобойные струи, двухфазная газокапельная струя, расход жидкости, диспергирования двухфазного газожидкостного потока.

Аннотация. Разработана и экспериментально проверена модель расчета двухфазного потока для формирования двухфазных дальнобойных струй. Использовалось устройство для эффективного смешивания компонентов смеси, вследствие анализа эксперимента выявлена зависимость дальности двухфазной газокапельной струи от относительного расхода жидкости в струе и дисперсности капель жидкости.

APPLICATION OF TWO-PHASE FLOW DISPERSION FOR THE FORMATION OF TWO-PHASE LONG-RANGE JETS

Lepeshinsky I.A., Zotikova P.V.

Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia

Keywords: long-range jets, two-phase gas-droplet jet, liquid flow, dispersion of two-phase gas-liquid flow.

Abstract. A model for calculating a two-phase flow for the formation of two-phase long-range jets has been developed and experimentally tested. A device was used to effectively mix the components of the mixture; as a result of the analysis of the experiment, the dependence of the range of a two-phase gas-droplet jet on the relative flow rate of liquid in the jet and the dispersion of liquid droplets was revealed.

Процесс формирования дальнобойных газокапельных струй находит широкое применение в различных отраслях науки, техники и народного хозяйства. Например, для тушения пожаров, когда условия пожара требуют большой дальности, на открытых угольных карьерах для осаждения угольной пыли, для организации полива больших площадей в сельском хозяйстве, дезактивации оборудования, подвергшегося радиоактивному заражению и во многих других сферах.

В работах, посвященных формированию двухфазных дальнобойных струй [1-3] было разработана и экспериментально проверена модель расчета двухфазной газокапельной струи. Как следует из этих, работ кроме соответствующей мощной энергетики, дальность двухфазной газокапельной струи зависит от относительного расхода жидкости в струе и дисперсности капель жидкости. В частности, для двухфазных газокапельных струй необходимо иметь размеры капель в диапазоне 150-300 мкм. В экспериментальных работах авторов [3] исследовался вопрос диспергирования двухфазного газожидкостного потока. Исследование проводилось с использованием устройства показанного на рисунке 1. Это устройство (смеситель) формирования двухфазного газожидкостного потока.

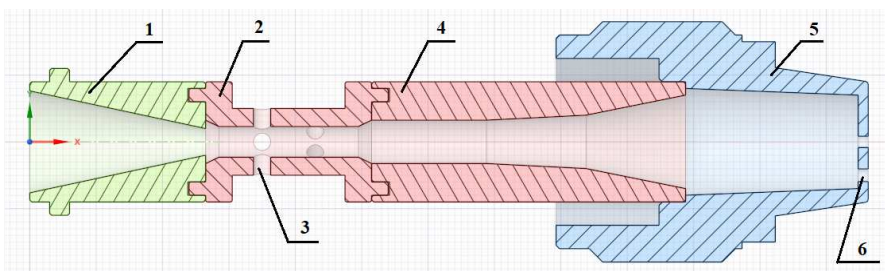


Рис. 1. Конструкция смесителя

Смеситель состоит из следующих элементов: входного конфузора 1, аэратора 2, диффузора 4, соединенного с испытываемой форсункой 5, снабженной необходимыми отверстиями 6 для диспергирования двухфазного потока.

Конфузор обеспечивает снижение давления воды до необходимого значения, а в случае, если давление в аэраторе меньше атмосферного смеситель работает на режиме эжекции. Смеситель, функционирующий в режиме эжекции, представляет собой устройство, которое использует принципы эжекции для смешивания различных составляющих. Эжекция в данном контексте подразумевает использование потока газа или жидкости для создания разрежения и тем самым индукции или подсосывания других компонентов.

Такой механизм позволяет эффективно смешивать компоненты смеси, даже если они имеют разные физические свойства или начальные состояния. Газ или жидкость, используемые в качестве эжекционного потока, создают зону низкого давления, что обеспечивает перемешивание и интенсивное смешивание с добавляемыми компонентами.

Применение режима эжекции в смесителях позволяет достичь высокой степени гомогенности и равномерности смеси, что особенно важно в процессах при проведении эксперимента, где точное смешивание компонентов играет решающую роль. Такие смесители широко применяются в различных областях, включая химическую промышленность, пищевую промышленность, а также в производстве фармацевтических и других продуктов. Их эффективное функционирование обеспечивает оптимизацию процессов и повышение качества производимой продукции.

В данном эксперименте, аэратор выполняет важную функцию – он обогащает воду воздухом, который подается через специальные отверстия, обозначенные как "3". Этот процесс аэрации улучшает качество распыла, обогащая её кислородом и способствуя поддержанию стабильного поля скорости.

Затем газожидкостная смесь поступает в диффузор, который играет роль устройства для увеличения давления этой смеси. Диффузор поднимает давление до необходимого уровня перед тем, как смесь поступит на вход форсунки.

Форсунка, в свою очередь, имеет важное значение в процессе – она принимает подготовленную газожидкостную смесь с необходимым давлением и осуществляет её распыление через отверстия номер "6". Это процесс критически важен в регистрировании параметров газожидкостного потока.

Исследование факела распыла проводилось теневым методом, входящим в программный комплекс LaVision. На диаграмме ниже показаны результаты эксперимента, проведенного на форсунках различного диаметра. На рисунке 2 представлены диаметры получающихся капель в зависимости от давления и объемной концентрации для форсунок различного диаметра, размеры отверстий также показаны на этих рисунках.

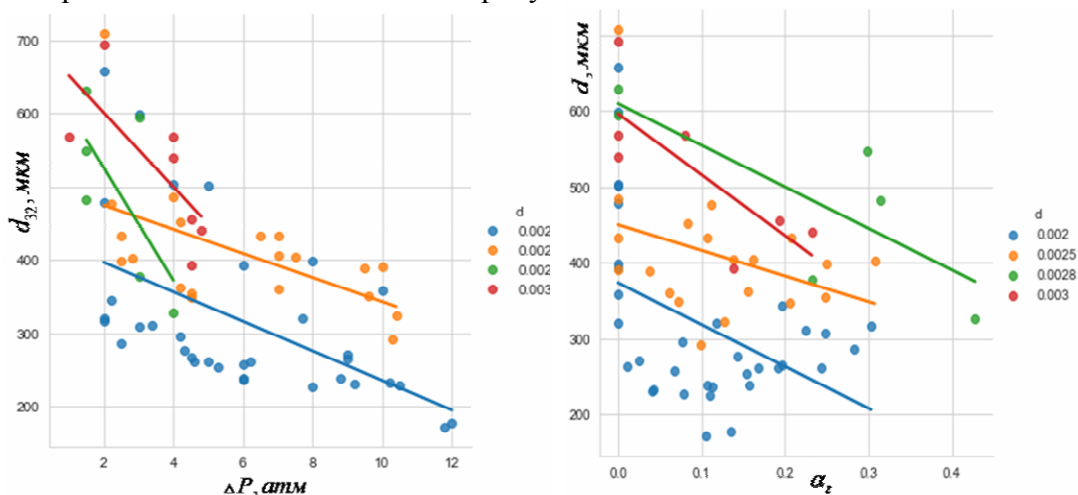


Рис. 2. Зависимость диаметра Заутера от давления и объемной доли воздуха перед форсунками

Диаметры отверстий форсунок также указаны на рисунках. Используя полученную статистику, представим корреляционные уравнения для определения коэффициента расхода и среднего диаметра Заутера в виде:

$$\psi = f(\Delta P, d, GLR), \quad (1)$$

где ψ – коэффициента расхода двухфазного пузырькового потока; ΔP – изменение давление в канале; d – диаметр отверстия;

$$d_{32} = f(\Delta P, d, GLR), \quad (2)$$

где d_{32} – диаметр 32-го отверстия; ΔP – изменение давления в канале; d – диаметр отверстия.

Полученные после обработки формула имеет вид:

$$\psi = 814e^{\left(-0.49\frac{L}{d}\right)} \cdot \left[e^{\left(-3\frac{\Delta P}{P_0}\right)} + 2 \cdot \left(\frac{\Delta P}{P_0}\right)^{-0.07} \right] \cdot \left(\frac{\mu_{жс}}{\mu_г} + 11505\right)^{-1} \cdot e^{\left(\frac{1.49}{GLR+0.695}\right)}, \quad (3)$$

где ΔP – изменение давления в канале; P_0 – давление среды, в которую

истекает жидкость; $\frac{\mu_{жс}}{\mu_g}$ – отношение вязкости жидкости к вязкости газа;
 d – диаметр отверстия.

$$d_{32} = 505 \cdot \left(\frac{GLR}{0.106} \right)^{-0.083} \left(\frac{\Delta P}{5 \times 10^5} \right)^{-0.189} \left(\frac{d_0}{0.205} \right)^{1.325} \left(\frac{\mu}{1.156} \right)^{-0.24} \left(\frac{\sigma}{46000} \right)^{-0.092}, \quad (4)$$

где ΔP – изменение давления в канале; P_0 – давление среды в которую истекает жидкость; μ – вязкость среды; d – диаметр отверстия; σ – сила поверхностного натяжения жидкости.

В рамках исследования были выведены уравнения, которые играют ключевую роль в определении параметров распыла. Эти уравнения позволяют установить оптимальные характеристики распыла, учитывая заданные граничные условия на входе в форсунку.

Результаты исследования подчеркивают, что для двухфазной дальнобойной струи в предложенном диапазоне размеров капель могут быть достигнуты с использованием форсунок определенных диаметров при заданных давлениях и объемных концентрациях. Это важное утверждение, подкрепленное экспериментальными данными, имеет значительное значение в контексте оптимизации процессов, связанных с распылением важных жидких смесей.

Внедрение оптимальных форсунок позволяет эффективно управлять процессами распыления, обеспечивая необходимые размеры капель для конкретных целей и задач. Это открывает новые возможности для оптимизации эффективности производства и улучшения устойчивости распыла.

Список литературы

1. Лепешинский И.А. Новая технология газокапельных струй и системы на ее основе // Конверсия в машиностроении. – 2005. – №1-2 – С. 117-124.
2. Зуев Ю.В., Лепешинский И.А., Решетников В.А., Истомин Е.А. Особенности двухфазных струй с большой концентрацией дисперсной фазы // Математическое моделирование. – 2012. – Т. 24, № 1. – С. 129-142.
3. Лепешинский И.А., Решетников В.А., Кучеров Н.А. Зотикова П.В. Оценка способов формирования двухфазной газокапельной струи // Материалы XIII Международной конференции по прикладной математике и механике в аэрокосмической отрасли (AMMAГ'2020), 6-13 сентября 2020 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – С. 165-166.

References

1. Lepeshinsky I.A. New technology of gas-droplet jets and systems based on it // Conversion in mechanical engineering. 2005, no. 1-2, pp. 117-124.
2. Zuev Yu.V., Lepeshinsky I.A., Reshetnikov V.A., Istomin E.A. Features of two-phase jets with a high concentration of dispersed phase // Mathematical modeling. 2012, vol. 24, no. 1, pp. 129-142.

3. Lepeshinsky I.A., Reshetnikov V.A., Kucherov N.A. Zotikova P.V. Evaluation of methods for forming a two-phase gas-droplet jet // Proceedings of the XIII International Conference on Applied Mathematics and Mechanics in the Aerospace Industry (AMMAI'2020), September 6-13, 2020, Alushta. – M.: MAI Publ. house, 2020. – P. 165-166.

Лепешинский Игорь Александрович – доктор технических наук, профессор	Lepeshinsky Igor Aleksandrovich – doctor of technical sciences, professor
Зотикова Полина Викторовна – аспирант	Zotikova Polina Viktorovna – graduate student
anisimovNikolas@yandex.ru	

Received 04.10.2023