

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОУДАРЕНИЯ КАПЕЛЬ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЖИДКОСТИ

¹Елисеева О.А., ¹Систер В.Г., ²Леднев А.К.

¹Московский государственный университет инженерной экологии

²Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

Представлены результаты экспериментального исследования параметров возмущений при взаимодействии падающей капли с неподвижным и движущимся горизонтально или под некоторым углом наклона слоем жидкости. Проведен анализ экспериментальных данных и их сравнение с теоретическими оценками параметров возмущений.

Резкое возрастание массообменных процессов в тепло- и массообменном оборудовании и химических реакторах при наличии пленочного теплообмена связано, в частности, с величиной коэффициента турбулентной диффузии в жидкой пленке. Падение капель на поверхность жидкости приводит к резкому повышению коэффициента турбулентной диффузии как вблизи поверхности, так и по всей толщине слоя жидкости, если толщина слоя невелика. Падающие капли возмущают поверхность жидкости, перемешивают слои жидкости, порождая турбулентные вихри (капли уносят с поверхности часть жидкости в глубину потока, а также они уносят часть воздуха в виде пузырьков в слой жидкости, всплывание которых в дальнейшем интенсифицирует процессы перемешивания) [1].

Для проведения экспериментов была создана установка (рис. 1), которая состоит из генератора капель с ручным регулятором расхода и набором игл разного диаметра для вариации начального размера и частоты падения капель; проточного лотка; видеосистемы (высокоскоростной видеокамеры), измеряющей параметры падающей капли и регистрирующей возмущения, вызванные её падением на слой жидкости.

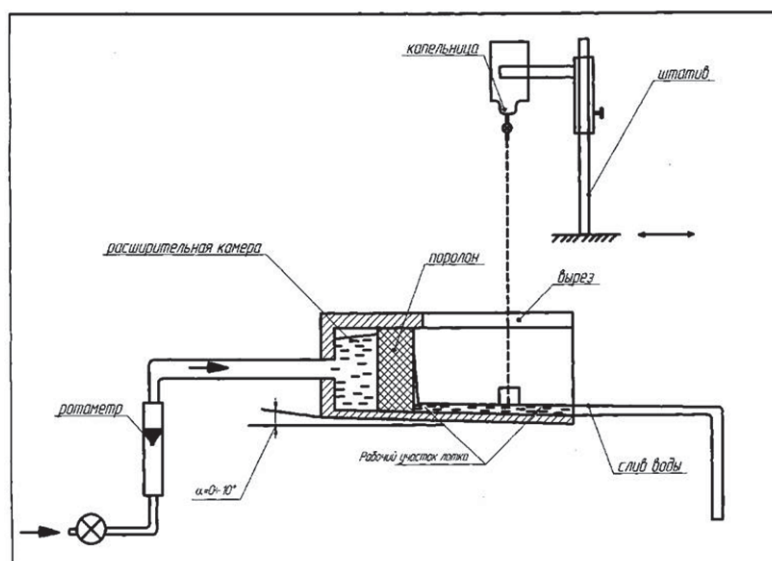


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Капли из отверстия иглы падают в проточный лоток, прозрачность стенок которого позволяет визуализировать и регистрировать процесс взаимодействия падающей капли с поверхностью и объемом жидкости, находящейся в нем. К противоположному (глухому) торцу подведена, через ротаметр, водопроводная магистраль с ручным регулированием расхода. Вода из магистрали попадает в расширительную камеру, ограниченную стенками лотка и поролоновой вставкой, и, пройдя через неё, образует движущийся слой, свободно сливающийся с противоположного, открытого торца лотка. Толщина слоя и скорость течения в нём зависят от уровня воды в расширительной камере, плавно регулируемого по показаниям ротаметра, и угла наклона самого лотка относительно горизонтали.

Типичная съёмка возмущений, вызванных упавшей каплей, велась с частотой 200 кадров/сек и экспозицией 1 мсек. При обработке последовательных кадров видеоряда (рис. 2), содержащих масштабный шаблон, были измерены линейные размеры и скорость развития возмущений различного вида (каверны, короны, султана); размеры и скорости движения вторичных капель. Получены критериальные зависимости характерных геометрических размеров возмущений, количества и полидисперсного состава образующихся вторичных капель от скорости и толщины пленки жидкости, размера и скорости падающих капель, угла наклона движущегося слоя жидкости.

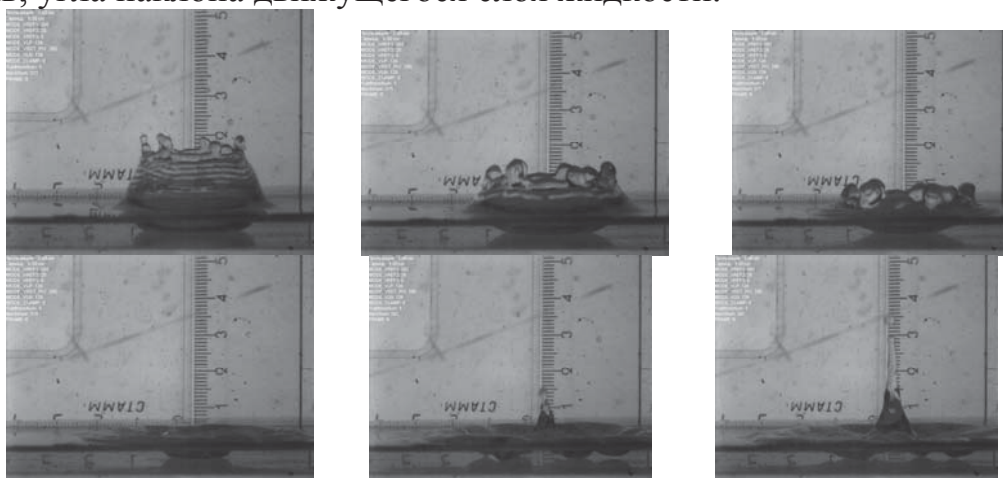


Рис. 2. Ударное взаимодействие капли с поверхностью жидкости

В частности, обнаружено, что размер образующейся каверны при падении капли в слой жидкости слабо зависит от скорости его движения при заданном угле наклона относительно горизонтали (рис. 2, 3). Величина отношения диаметра каверны к диаметру падающей капли $D_{кав}/d_{кан}$, полученная экспериментальным путем варьируется в интервале от 5 до 9, сопоставима с ее оценкой, основанной на простых энергетических соображениях [2]. Причем значение $D_{кав}/d_{кан}$ уменьшается с ростом угла наклона слоя жидкости и скорости его движения.

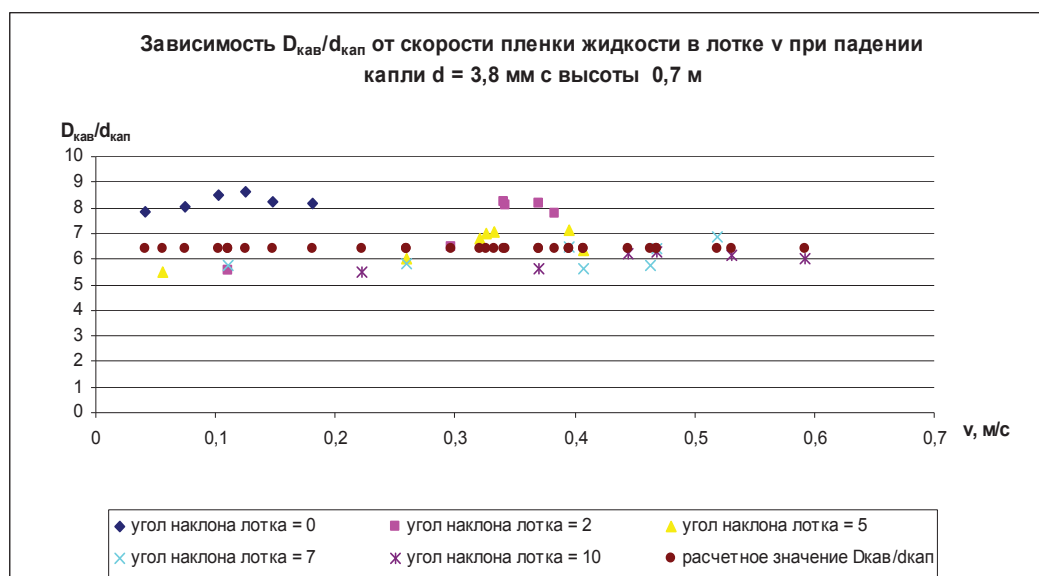


Рис.2. Зависимость характерного параметра каверны $D_{\text{кав}}/d_{\text{кап}}$ от скорости движения пленки жидкости v при падении капли жидкости на ее поверхность, с высоты $0,7$ м

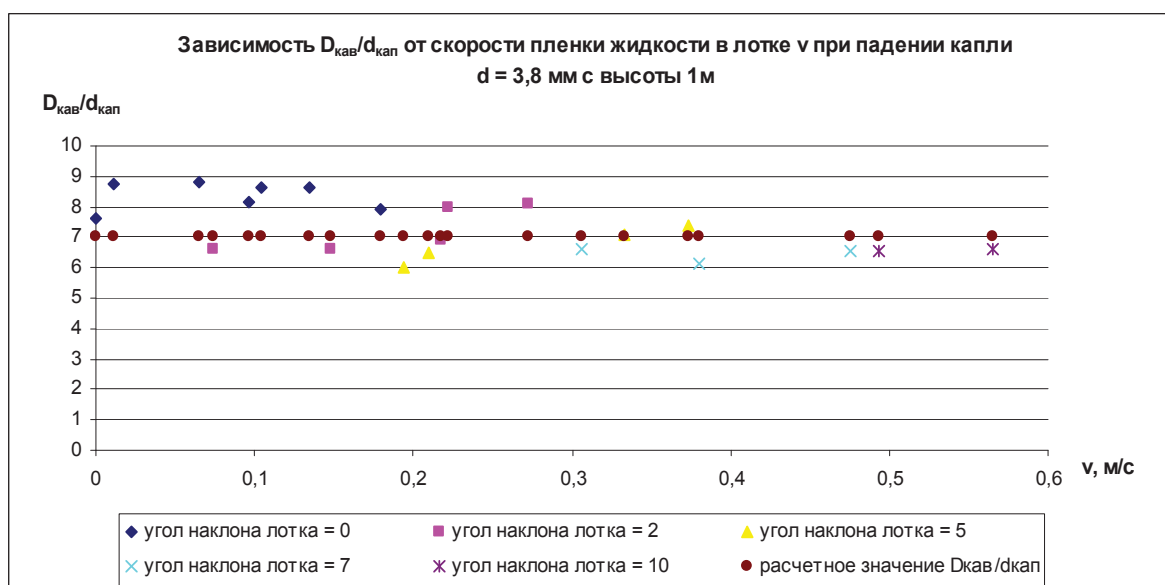


Рис.3. Зависимость характерного параметра каверны $D_{\text{кав}}/d_{\text{кап}}$ от скорости движения пленки жидкости v при падении капли жидкости на ее поверхность с высоты 1 м

Библиографические ссылки:

1. Систер В.Г., Мартынов Ю.В. «Принципы повышения эффективности теплообменных процессов» - Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 1998 г. – 508с.
2. Архипов В.А., Трофимов В.Ф. «Образование вторичных капель при ударном взаимодействии капли с поверхностью жидкости» – Прикладная механика и теоретическая физика. 2005. Т.6. №1. 55 – 62 с.