

пяющих коэффициентов, получаемых для степенных тел по методу [6], с привлечением степенных аппроксимаций ударных волн [8].

Таким образом, конструировать аппроксимации вида (1.1) естественно с оптимальным подбором весовых множителей из общего принципа инвариантности эвристических разложений. Простота и лучшая обоснованность аппроксимаций критерияльного осреднения позволяют создавать на их основе экономичные методы расчета сложных зависимостей величин, в том числе аэродинамических характеристик, по эталонным базисам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черный Г. Г. Течения газа с большой сверхзвуковой скоростью. М.: Физматгиз, 1959. 220 с.
2. Лунев В. В. Метод искривленных тел в задачах нестационарного гиперзвукового обтекания тонких тел.— Изв. АН СССР. МЖГ, 1968, № 5, с. 64–72.
3. Katz J., Schiff L. B. Modelling of the aerodynamic response to arbitrary aircraft maneuvers.— AIAA Pap., 1984, № 2079.
4. Ramadi B. N., Taylor L. W. On the prediction of autorotational characteristics of light airplane fuselages.— AIAA Pap., 1984, № 2112.
5. Бачманова Н. С., Лавыгин В. И., Липницкий Ю. М. Исследование сверхзвукового обтекания круговых конусов на больших углах атаки.— Изв. АН СССР. МЖГ, 1973, № 6, с. 79–84.
6. Антонец А. В., Дубинский А. В. Метод вычисления аэродинамических характеристик тел на основе инвариантных соотношений теории локального взаимодействия.— ПММ, 1983, т. 47, вып. 5, с. 872–874.
7. Чушкин П. И., Шулишина Н. П. Таблицы сверхзвукового течения около затупленных конусов. М.: Изд. ВЦ АН СССР, 1961, 92 с.
8. Антонец А. В., Маринин В. П. О расчете давления на боковой поверхности сегментально-конических тел при сверхзвуковом обтекании.— Изв. АН СССР. МЖГ, 1981, № 1, с. 178–183.

Москва

Поступила в редакцию
17.VIII.1984

УДК 532.529.6

РАЗРУШЕНИЕ КАПЕЛЬ ЖИДКОСТИ В ВОЛНАХ РАЗРЕЖЕНИЯ

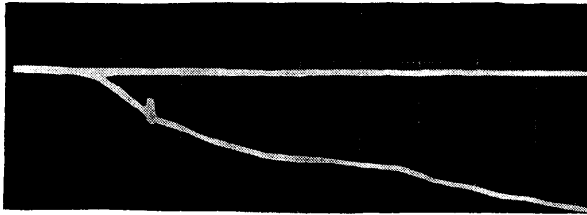
БОРИСОВ А. А., ГЕЛЬФАНД Б. Е., ПОЛЕНОВ А. Н.,
ТИМОФЕЕВ Е. И., ЦЫГАНОВ С. А.

Описана отличная от традиционных методика наблюдения процессов дробления капель жидкости в плавно ускоряющихся потоках газа, генерируемых волной разрежения. В плавно ускоряющихся потоках обнаружен режим дробления со срывом пограничного слоя жидкости с капель. Показано, что критические условия начала дробления со срывом поверхностного слоя в волнах разрежения более жесткие, чем за ударными волнами. Отмечено слабое влияние на процесс дробления поверхностного натяжения и вязкости жидкости.

1. Исходные положения. При экспериментальных и теоретических исследованиях течений газ-частицы конденсированной фазы одним из главных параметров, определяющих характер течения, является размер частиц. В связи с этим процессы, способствующие изменению спектра размера частиц в потоке, оказывают заметное влияние на динамику течения и постоянно являются предметом пристального внимания. Особенно резко размер частиц конденсированной фазы может меняться при дроблении капель жидкости при обтекании их потоком газа. Обтекание капель всегда возникает в двухфазных потоках из-за различия инерционности частиц и газа при любых воздействиях, ведущих к изменению скорости газа: варьировании геометрии каналов, подводе тепла и массы, возникновения скачков уплотнения. Однако если явление дробления капель за ударными волнами достаточно хорошо изучено, то понимание процесса дробления в плавно ускоряющихся потоках нельзя признать удовлетворительным. Уже в работе [1] было выдвинуто предположение о том, что критические условия начала разрушения капель в потоках без скачков уплотнения и за ударными волнами заметно различаются. Результаты исследований в [2–5] частично подтверждают этот вывод.

В [2, 3] найдено, что начало дробления капель в сопловых потоках определяется значением числа Вебера $We^* = \rho u^2 d (2\sigma)^{-1} = 10-15$. Здесь ρ , u — плотность и скорость газа, d — размер капель, σ — поверхностное натяжение жидкости. Напомним, что в ударных волнах $We^* \approx 5$.

В отличие от исследований дробления капель в ударных волнах для плавно ускоряющихся потоков не установлены возможные режимы дробления капель и кри-



Фиг. 2

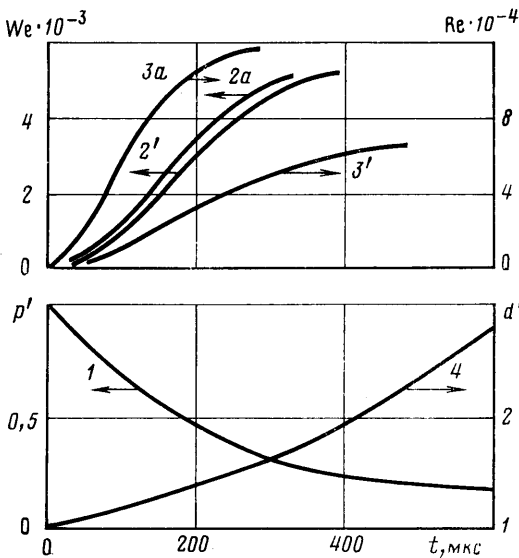


Фиг. 3

ционально скорости звука. Это свойство газовых течений в трубах является полезным для проведения опытов при разных числах Re и неизменном динамическом напоре газа.

С помощью предложенной методики получен ряд новых результатов о разрушении капель в плавноускоряющемся потоке. К их числу относится обнаружение режима дробления со срывом поверхностного слоя в волнах разгрузки.

Этот режим зарегистрирован на фиг. 3. Ранее указанный тип разрушения капель в волнах разрежения в столь отчетливой форме не отмечался. Оказалось, что условия возникновения этого режима являются более жесткими, чем в ударных волнах. В ударных волнах разрушение со срывом поверхностного слоя наступает при $WeRe^{-0,5} > 0,5-1$. В выполненных опытах в волнах разгрузки критическое условие имеет вид $WeRe^{-0,5} > 5-10$.



Фиг. 4

и более инертны. Отмеченное отличие критических условий начала распыления капель от установленных для ударных волн скорее всего вызвано отличием изменения во времени картины полей давления и скорости газа вблизи частиц. Одно из таких отличий состоит в том, что при дроблении капель в волне разгрузки давление в наветренной точке торможения газового потока непрерывно убывает в соответствии с заданным темпом убывания давления в волне разгрузки. Этот темп убы-

вания зависит от координат места встречи головы волны разрежения с каплями и может варьироваться.

Проведенными опытами подтвержден вывод [1] о том, что для механизма дробления типа «парашют» также требуются газовые потоки с большими значениями числа We , чем при воздействии ударной волной. Если в ударных волнах критическое число Вебера начала дробления We^* порядка 5–8, то в волне разрежения $We^* \approx 20-30$ и зависит от темпа спада давления в волне.

Установленные закономерности вместе с обнаруженными ранее особенностями дробления капель в ударных волнах при непрерывном понижении давления показывают, что дробление капель происходит в соответствии с общим принципом разрушения: величина основного фактора разрушающего воздействия должна превосходить некоторые критические значения одновременно по интенсивности и длительности. При дроблении основным фактором разрушения служит действие динамического напора газа. По этой причине обобщенный критерий разрушения, по-видимому, следует искать в виде

$$(We - We^*)(I - I^*) = \text{const}, \quad I = \int_0^t \rho u^2 dt$$

Здесь I – динамический импульс давления в волне. До тех пор, пока $We < We^*$ или $I < I^*$, капли не разрушаются. Но при $We > We^*$ требуется конечное время для разрушения капель.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hinze J. O.* Critical speeds and sizes of liquid globules. – Appl. Sci. Res., 1949, v. A1, № 4, p. 273–288.
2. *Волынский М. С.* Изучение дробления капель в газовом потоке. – Докл. АН СССР, 1949, т. 68, № 2, с. 237–240.
3. *Корсунов Ю. А., Тишин А. П.* Экспериментальное исследование дробления капель жидкости при низких значениях чисел Рейнольдса. – Изв. АН СССР. МЖГ, 1971, № 2, с. 182–187.
4. *Dickerson R. A., Coultas T. A.* Breakup of droplets in an accelerating gas flow. – AIAA Pap., 1966, № 611. 20 p.
5. *Лопарев В. П.* Экспериментальное исследование дробления капель жидкости в условиях постоянного нарастания внешних сил. – Изв. АН СССР. МЖГ, 1975, № 3, с. 174–178.
6. *Борисов А. А., Гельфанд Б. Е., Драновский М. Л., Малявин И. И., Пикалов В. П., Сульженко С. И., Тимофеев Е. И.* Способ разрушения капель и струй жидкости газовым потоком. А. с. СССР, кл. B05B 17/100, № 772605, заявл. 17.01.1979, № 2721299. – Оpubл. в Б. И. 1980, № 23.

Москва

Поступила в редакцию
3.XII.1984

УДК 532.51:534.2

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОСЦИЛЛЯТОРА ПРИ ИЗЛУЧЕНИИ ИМ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ВНУТРЕННИХ ВОЛН

АБРАМОВИЧ Б. С., МАРЕЕВ Е. А., НЕМЦОВ Б. Е.

При исследовании излучения волн осцилляторами, движущимися в жидкости, значительный интерес представляет вопрос о влиянии излучения на характер движения источника. При этом основным является выяснение условий, при которых составляющая силы реакции излучения, связанная с излучением аномальных доплеровских гармоник, превалирует над составляющей силы реакции в области излучения нормальных доплеровских частот. Последнее приводит к раскачке колебаний осциллятора, движущегося в диспергирующей среде [1, 2].

В настоящей работе в дипольном приближении получены выражения для силы реакции излучения (волнового сопротивления) источника массы осцилляторного типа [2] при возбуждении им поверхностных волн в несжимаемой жидкости конечной глубины и внутренних волн в плавно стратифицированной жидкости. Найдены пороги возникновения радиационной неустойчивости на гравитационных волнах и обнаружено, что на внутренних волнах в приближении Буссинеска радиационная неустойчивость носит беспороговый характер.