

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
НИИ МЕХАНИКИ

ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ
Научная конференция
Секция механики
15–25 апреля 2019 года
Тезисы докладов



ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2019

УДК 531/534
ББК 22.2
Л753

*Публикуется по решению Ученого совета НИИ механики МГУ
и постановлению Редакционно-издательского совета механико-математического факультета МГУ*

Рабочая группа:
С.В. Гувернюк, Е.В. Заплетина, М.Ю. Рязанцева, Т.А. Якубенко

Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 15–25 апреля
Л753 2019 года. Тезисы докладов. — М.: Издательство Московского университета, 2019. —
222 с.

ISBN 978-5-19-011444-7

Сборник включает тезисы докладов по современным направлениям механики и ряду
междисциплинарных проблем.

**УДК 531/534
ББК 22.2**

ISBN 978-5-19-011444-7

© Авторы, 2019
© Механико-математический факультет МГУ, 2019
© Издательство Московского университета, 2019

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХТОЧЕЧНОГО ИЗГИБА БАЛКИ С ЗАКРЕПЛЕННЫМИ КОНЦАМИ МЕТОДАМИ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

А.Н. Сахаров, Э.Т. Хабибулин, П.В. Чистяков

Механико-математический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Sodhi (1997) предложил испытание балки с закрепленными концами для исследования процессов, ответственных за разрушение плавающих пластин льда при предельной нагрузке. Результаты экспериментов с достаточно длинными балками показали, что возникновение трещины не приводит к потере несущей способности, трещина оказывается закрытой. Подобное поведение изучалось (Слепян, Dempsey, 1995; Rice и др. 1972) также и для пластин с несквозными трещинами, явление получило название “crack with closure”. На основании полевых и лабораторных исследований установлено, что глубина трещин обычно превышает половину толщины льда (Карулина и др., 2016, 2018) и связана с величиной предельной нагрузки. В настоящей работе для исследования процесса раскрытия-закрытия трещины и нахождения ее предельной глубины используются два метода. В первом методе рассматривается бесконечная упругая полоса с периодической системой антисимметричных надрезов и точечных нагрузок при ограничениях изгиба и продольного смещения. Метод J-интеграла используется для определения условий разрушения и закрытия трещины. Второй метод – метод конечных элементов с когезионными слоями используется для расчета напряжений вблизи разрезов возле неподвижных концов балки и в середине.

Результаты расчета сравниваются с результатами экспериментов, проведенных на образцах специальной формы из оргстекла, а также с результатами полевых испытаний балок морского льда.

О СТРУКТУРЕ СВЕРХЗВУКОВОГО ОТРЫВНОГО ОБТЕКАНИЯ УДЛИНЕННОГО ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТЕЛА ПОД УГЛОМ АТАКИ

М.М. Симоненко¹, А.Г. Кузьмин²

¹Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва;

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург

Представлены результаты численного исследования сверхзвукового обтекания удлиненного осесимметричного цилиндрикоконического тела под углами атаки. Идентифицированы отрывные и вихревые структуры на боковой и подветренной поверхности тела.

Экспериментальные и численные исследования сверхзвукового обтекания удлиненного осесимметричного тела с прямой кольцевой ступенькой показали, что при определенной протяженности тела перед ступенькой с увеличением угла атаки на подветренной стороне ступеньки наблюдается локальное повышение давления до величины, превышающей давление на наветренной стороне этой же ступеньки (см., например, Simonenko M.M., Guvernyuk S.V., Kuzmin A.G. AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 2027). Такой характер поведения давления связан с поперечным отрывом потока на боковой поверхности тела. В связи с этим была поставлена задача исследования структуры и свойств сверхзвукового отрывного течения при обтекании удлиненного

осесимметричного тела под углом атаки на аналогичных режимах без кольцевой ступеньки.

Рассматривалось тело в форме кругового цилиндра диаметром 30 мм и длиной 260 мм с коническим наконечником с углом полураствора 20° . Исследования проведены для числа Маха $M=3$ в диапазоне углов атаки $\alpha=5-18^\circ$. Численное решение системы нестационарных уравнений Навье – Стокса, осредненных по Рейнольдсу, находилось с помощью вычислительной программы ANSYS CFX-15 второго порядка точности на неструктурированных гибридных сетках с числом ячеек более 20×10^6 . Использовались модель турбулентности $k-\omega$ SST и глобальные шаги по времени для нахождения установившегося течения.

Под углом атаки на подветренной стороне тела за изломом образующей реализуется сверхзвуковое сходящееся течение. На определенном расстоянии от излома образующей, зависящем от угла атаки, возникает поперечный отрыв потока, на подветренной стороне реализуется расходящееся течение. Поперечный отрыв потока идентифицировался по смене знака поперечных компонент напряжения трения. Под углом атаки $\alpha=5^\circ$ отрыв потока зарождается на расстоянии порядка 85 мм от точки излома образующей тела. Вниз по течению линия отрыва смещается к срединной плоскости. При увеличении угла атаки передний фронт поперечного отрыва приближается к точке излома образующей тела (до 20 мм под углом атаки 18°), а ниже по течению происходит присоединение оторвавшегося потока, затем возникает вторичный поперечный отрыв. Под углом атаки 8° вторичный отрыв возникает на расстоянии порядка 210 мм от точки излома образующей тела. При увеличении угла атаки передний фронт вторичного отрыва также смещается вверх по потоку, приближаясь к точке излома образующей тела (до 60 мм под углом атаки 18°). Первичный отрыв предопределяет образование глобальной вихревой структуры, формирующейся в потоке с подветренной стороны обтекаемого тела. Вторичный отрыв, возникающий при угле атаки 8° и более, приводит к образованию локальных вихревых структур у поверхности тела, при этом интенсифицируется поверхностный отток газа от плоскости симметрии и происходит уменьшение толщины пограничного слоя на подветренной стороне поверхности. Вдоль подветренной стороны формируется узко локализованный сверхзвуковой поток, полное давление которого сопоставимо с полным давлением набегающего потока.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-01-00242); расчеты проводились на платформе вычислительных ресурсов Ресурсного Центра «Вычислительный центр СПбГУ» (<http://cc.spbu.ru>).

О РАСПАДЕ ИСКРИВЛЕННЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ СТРУЙ

Г.М. Сисоев

Научно-исследовательский институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Рассматривается течение искривленной и закрученной капиллярной струи несжимаемой жидкости под действием центробежных сил и силы тяжести. Приводится полная постановка задачи с использованием системы координат наблюдателя и криволинейной неортогональной системы координат, обобщающей цилиндрическую систему на случай произвольно искривленной цилиндрической оси. В случае тонкой струи выводятся одномерные модели для описания траектории струи и основного течения. Проводится анализ развития возмущений от линейных волн вблизи начального сечения до распада струи на отдельные капли.