

3 Свободные колебания системы «фундамент – грунт» при возмущающей нагрузке постоянной интенсивности могут изменяться в большом диапазоне частот в связи как с увеличением жесткости грунта α при уплотнении, так и возрастанием его сжимаемости (уменьшением жесткости α) при увеличении влажности W .

Следует отметить, что полученные механические характеристики грунтов использовались при расчетах композитных элементов конструкций, связанных с упругим основанием [11–14].

Список литературы

- 1 Трацевская, Е. Ю. Особенности тектоники территории г. Гомеля в связи с оценкой устойчивости геологической среды / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин, И. А. Красовская // Литосфера. – 2003. – № 1 (18). – С. 78–85.
- 2 Трацевская, Е. Ю. Закономерности развития суффозионно-просадочных явлений на территории Белоруссии / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин // Инженерная геология массивов лессовых пород : тр. Междунар. науч. конф. / под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева (Москва, 25–26 мая 2004 г.). – М., 2004. – С. 108–109.
- 3 Трацевская, Е. Ю. Особенности формирования техногенного подтопления дисперсных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 106–112.
- 4 Трацевская, Е. Ю. Современное динамическое состояние геологической среды г. Гомеля и его влияние на инженерно-геологические условия / Е. Ю. Трацевская, О. К. Абрамович // Литосфера. – 2008. – № 2 (29). – С. 129–137.
- 5 Трацевская, Е. Ю. Геологическая опасность развития подтопления грунтов и оценка экономических рисков при ее реализации / Е. Ю. Трацевская // Природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 102–109.
- 6 Трацевская, Е. Ю. Влияние развития техногенного подтопления в дисперсных грунтах на надежность системы «основание – фундамент – здание» / Е. Ю. Трацевская // Экология урбанизированных территорий. – 2011. – № 2. – С. 71–76.
- 7 Трацевская, Е. Ю. Динамическая неустойчивость квазитиксотропных моренных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2017. – № 1 (46). – С. 107–111.
- 8 Трацевская, Е. Ю. Характеристики пластичности супесчаных неводонасыщенных грунтов юго-востока Беларуси / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 12–17.
- 9 Трацевская, Е. Ю. Демпфирующие свойства слабосвязных трехфазных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2019. – № 2(51). – С. 115–121.
- 10 Трацевская, Е. Ю. Экспериментальное исследование параметров автотранспортного вибродинамического воздействия на массивы грунтов / Е. Ю. Трацевская // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2020. – № 1 (40). – С. 58–61.
- 11 Starovoitov, E. I. Vibrations of Circular Composite Plates on an Elastic Foundation under the Action of Local Loads / E. I. Starovoitov, D. V. Leonenko // Mechanics of Composite Materials. – 2016. – Vol. 52, no. 5. – P. 665–672.
- 12 Starovoitov, E. I. Resonance vibrations of circular composite plates on an elastic foundation / E. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, D. V. Tarlakovsky // Mechanics of Composite Materials. – 2015. – Vol. 51, no. 5. – P. 561–570.
- 13 Gorshkov, A. G. Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A.V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.
- 14 Starovoitov, É. I. Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A.V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no. 5. – P. 474–481.

УДК 532.536; 536.21

СОПРЯЖЕННЫЙ ТЕПЛОМАССОБЕН ПРИ ЕГО ОБТЕКАНИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ДИССОЦИИРУЮЩИМ ПОТОКОМ ГАЗА

О. В. ТУШАВИНА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Рассматривается тепломассоперенос в окрестности передней критической точки затупленного конуса при обтекании его высокоскоростным диссоциирующим потоком воздуха на основе приближенно-аналитического решения полных уравнений пограничного слоя в переменных Дородницына – Лиза. Определяются конвективные и диффузионные потоки теплоты, подводимые к поверхности затупления, а также температура поверхности из баланса конвективно-диффузионных, лучистых и тепловых потоков, отводимых теплопроводностью внутрь тепловой защиты летательного аппарата (ЛА).

Проектирование высокоскоростных летательных аппаратов (ЛА) предполагает, прежде всего, определение уровня тепловых потоков и температур в условиях аэрогазодинамического нагрева и выбора на основе этого теплостойких теплозащитных материалов, выдерживающих огромные динамические и тепловые нагрузки.

Для решения сопряженных задач теплогазодинамики и теплопроводности в теле вводится неизвестный параметр, в качестве которого принимается температура поверхности тела. Этот параметр определяется из граничных условий IV рода в виде непрерывности на границе «газ – твердое тело» температур и проекций тепловых потоков на направление нормали к поверхности. После определения температуры поверхности последние подставляются в решения уравнений пограничного слоя и в решения задач теплопроводности.

Особенностью решения задач аэродинамического нагрева высокоскоростных ЛА является высокий уровень температур в ударном слое между ударной волной и затуплением, вследствие чего молекулы кислорода и азота воздуха диссоциируют на атомы с поглощением огромной энергии, а на более холодной стенке атомы рекомбинируют в молекулы с выделением того же количества теплоты. Поэтому для упрощения решения рассматривается бинарным, состоящим из легкого компонента – атомов и тяжелого – молекул.

При этом, если стенка является каталитичной к процессу рекомбинации атомов, выделение теплоты при рекомбинации ускоряется.

Получены результаты численных расчетов тепловых потоков к телу и температур поверхности тела в широком диапазоне чисел Маха набегающего потока и константы скорости рекомбинации атомарной компоненты на каталитически активной стенке. Приводятся результаты расчетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 20-08-00880

УДК 539.3

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЛАСТИН ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

ФАН ТУНГ ШОН

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

Московский авиационный институт (НИИ);

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Рассматриваются нестационарные колебания пластин, ограниченных произвольным замкнутым контуром. Для описания колебаний пластин используются модели Кирхгофа и Тимошенко. Полагается, что в начальный момент времени пластина находится в недеформированном состоянии. Затем она нагружается произвольно распределённой нагрузкой, зависящей от времени. По контуру пластина закреплена произвольным образом. Материал пластин полагается однородным изотропным и линейно упругим. Толщина пластин постоянная.

Математическая модель пластины включает известные уравнения движения, геометрические и физические соотношения [1]. До разрешающей системы уравнений они дополняются начальными и граничными условиями.

Для построения разрешающих уравнений используем подход, основанный на методе функций влияния [2–7]. Для этого первоначально аналитическими методами строятся функции влияния (перемещения и усилия) для пластины. Они представляют собой решение задач о воздействии на неограниченную пластину сосредоточенных нагрузок специального вида. Для математического описания этих нагрузок используются обобщённые функции. Решения этих задач строятся с применением интегральных преобразований Лапласа по времени и Фурье по пространственным переменным. Для построения оригиналов применяется техника последовательного обращения интегральных преобразований, а также разложения в ряды на переменном интервале.

Разрешающая система уравнений для ограниченных пластин строится с использованием интегральных соотношений связи перемещений и усилий с функциями влияния. При этом в срединной плоскости неограниченной пластины проводится фиктивный контур, задающий геометрию конечной пластины. На этом контуре ставятся соответствующие исходной задаче граничные условия. Для обеспечения эквивалентности задачи для бесконечной пластины с фиктивным контуром исходной задаче для ограниченной пластины на контуре задаётся система фиктивных нагрузок, подлежащих определению в процессе решения задачи. Эти нагрузки (усилия и моменты) сосредото-