

5 Выбор конструкционных материалов для высокочастотных ионных двигателей / С. А. Хартов [и др.] // Труды МАИ [Электронный ресурс]. – 2013. – № 63. – Режим доступа : <http://trudymai.ru>. – Дата доступа : 27.07.2019.

6 Рабинский, Л. Н. Создание действующих прототипов керамических газоразрядных камер высокочастотных ионных двигателей, стойких к ионно-плазменному распылению методом послойного моделирования / Л. Н. Рабинский, С. А. Ситников, С. А. Хартов // Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы : тезисы докладов V Междунар. науч. семинара (Москва, 17–19 окт-ября 2016 г.). – М. : Изд-во ООО «ТР-принт», 2016. – С. 159–160.

7 Погодин, В. А. Исследование пористой керамики на основе нитрида кремния, полученной с использованием технологии трехмерной печати / В. А. Погодин, С. А. Ситников, Ю. О. Соляев // Новые огнеупоры. – 2016. – № 11. – С. 33–37.

8 Poliakov, P. O. Numerical modeling of residual thermal stresses in Si₃N₄ based high-porous fibrous ceramics / P. O. Poliakov, Y. O. Soliayev, S. A. Sitnikov // International Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – 111(2). – P. 319–330.

9 Ripetsky, A. Fabrication of porous silicon nitride ceramics using binder jetting technology / A. Ripetsky, S. Sitnikov, L. Rabinskiy // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering [Electronic resource]. – 2016. – P. 1–6. – Mode of access : <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/140/1/012023/pdf>. – Date of access : 27.07.2019.

10 Рабинский, Л. Н. Сравнительная оценка и выбор варианта решения задачи по разработке технологии изготовления образцов и элементов конструкций из композиционной нитридокремневой керамики / Л. Н. Рабинский, С. А. Ситников, Ю. О. Соляев // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова (Вятичи, 15–19 февраля 2016). Т. 2. – М. : Изд-во ООО "ТР-принт", 2016. – С. 108–109.

11 Погодин, В. А. Исследование пористой керамики на основе нитрида кремния, полученной с использованием технологии трехмерной печати / В. А. Погодин, С. А. Ситников, Ю. О. Соляев // Новые огнеупоры. – 2016. – № 11. – С. 33–37.

12 Масштабные эффекты в механике сплошных сред. Материалы с микро- и наноструктурой / С. А. Лурье [и др.]. – М. : Изд-во МАИ-Принт, 2011. – 158 с.

13 Formalev, V. F. Localization of thermal disturbances in nonlinear anisotropic media with absorption High Temperature / V. F. Formalev, E. L. Kuznetsova, L. N. Rabinskiy. – 2015. – Vol. 53. – No. 4. – P. 548–553.

14 Rabinskiy, L. Development of technologies for obtaining composite material based on silicone binder for its further use in space electric rocket engines / L. Rabinskiy, S. Sitnikov // Periodico Tche Quimica. – 2018.

15 Погодин, В. А. Технологические аспекты 3D-печати деталей газоразрядной камеры электроракетного двигателя / В. А. Погодин, Л. Н. Рабинский, С. А. Ситников // СТИН 2019. – № 4. – С. 20–21.

16 Виноградов, С. В. Прогресс в области производства и применения MQ-смола / С. В. Виноградов, А. Н. Поливанов, Е. А. Чупрова // Химическая промышленность сегодня. – 2016. – № 1. – С. 13–18.

17 Молчанов, Б. В. Методы получения силиконов, содержащих [SiO₂]-звенья в основной цепи / Б. В. Молчанов, В. Д. Ким // Пластические массы. – 1997. – № 3. – С. 22–25.

18 Воронков, М. Г. Силоксановая связь / М. Г. Воронков, В. П. Милешкевич, Ю. А. Южелевский. – Новосибирск : Наука, 1976. – 413 с.

УДК 539.371

ДИНАМИЧЕСКОЕ ДОГРУЖЕНИЕ БАЛКИ ВСЛЕДСТВИЕ ВНЕЗАПНОГО ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ УПРУГОГО ОСНОВАНИЯ

А. А. ПОДДУБНЫЙ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

В. А. ГОРДОН

Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Российская Федерация

Простейшей и широко применяемой в различных расчетах моделью взаимодействия нагруженной деформируемой системы, опирающейся на упругое основание, является модель Винклера.

Основание Винклера рассматривается как множество независимых пружин, работающих на растяжение – сжатие, закрепленных на абсолютно жестком континууме. Недостаток пружинной (клавишной) модели Винклера состоит в том, что при сопротивлении нагрузкам в некоторой точке основания в работу не вовлекаются соседние точки (пружины). Такая система справедлива лишь для оснований со слабой распределительной способностью (мягкие, рыхлые грунты и т.д.). Этот недостаток решается с помощью модели Пастернака (двухпараметрическое основание). Вторым параметром k_2 , вводимый дополнительно к параметру Винклера k_1 , учитывает сдвиговые реакции основания.

В работе рассматривается задача по построению математической модели динамического процесса, возникающего в несущей статическую нагрузку балке, опирающейся на двухпараметрическое основание Пастернака при внезапном образовании дефекта основания, по длине контакта с балкой, заключающегося в утрате свойств основания сдвиговой жесткости, т.е. внезапном обнулении k_2 .

До появления дефекта напряженно-деформированное состояние всей конструкции определялось статическим воздействием. Внезапное образование дефекта приводит к снижению общей жесткости

системы «балка – основание» и нарушению статического равновесия. Балка приходит в движение, в ходе которого перераспределяются и растут деформации и напряжения. В связи с возникающими динамическими догрузками возможны нарушения функционирования системы, потеря несущей способности и разрушения. В работе моделируется проявление конструктивной нелинейности системы «балка – основание».

Математическая модель процесса строится путем последовательного решения следующих задач:

1 Определяется статический прогиб и изгибающий момент в балке, опирающейся на упругое основание Пастернака в соответствии с граничными условиями, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой заданной интенсивности. Прогиб используется в дальнейшем как начальное условие динамического процесса (колебаний), возникающего после внезапного образования дефекта основания. Изгибающий момент используется для сравнения статических внутренних усилий в балке с динамическими в ходе колебаний.

2 Определяются частоты и формы собственных изгибных колебаний балки, опирающейся на упругое основание Винклера.

3 Исследуются вынужденные изгибные колебания нагруженной балки на основании Винклера путем разложения нагрузки и статического прогиба, полученного еще на основании Пастернака, по формам собственных колебаний балки на основании Винклера. Таким образом, расчет вынужденных колебаний строится методом модального разложения исходного состояния и нагрузки по модам нового состояния.

Для анализа перемещений и напряжений в балке при взаимодействии ее с упругим основанием во всех задачах используется метод начальных параметров в сочетании с векторно-матричным представлением состояния произвольных сечений балки.

Полученные результаты показывают существенные приращения напряжений и значительные изменения картины напряженно-деформированного состояния, вызванные внезапным изменением структуры и расчетной схемы рассмотренной модели «балка – основания». Эти изменения необходимо учитывать при проектировании, расчете и эксплуатации стержневых конструкций, взаимодействующих с упругим основанием.

Список литературы

1 Поддубный, А. А. Методика расчета критической силы сжатого стержня, погруженного в упругое основание / А. А. Поддубный, В. А. Гордон // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2019. – № 1 (38). – С. 49–52.

УДК 629.7.048.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ПЛОСКОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ

П. О. ПОЛЯКОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Рассмотрена упрощенная схема проведения испытаний, в которой с одного конца трубы устанавливается единственный источник тепла в виде резистора, а с другого реализуется интенсивное локальное воздушное охлаждение с использованием закрепленного на поверхности трубы кулера. В испытаниях тепловые трубки располагаются под различными углами к горизонту, причем источник тепла находится выше зоны охлаждения, что приводит к работе испытываемых тепловых трубок против гравитации.

Проводится математическое моделирование тепловых трубок на основе одномерной модели, учитывающей процесс теплопередачи в стенках тепловой трубы, ламинарное течение газа в паропроводе и фильтрацию жидкости в пористом фитиле. Рассмотренная модель является частным случаем более общей постановки, изложенной в [1, 2]. Исследование показало возможность достоверного прогнозирования теплового состояния тепловых трубок и источника, температура которого определялась в испытаниях с использованием термопар и тепловизора и сравнивалась с результатами моделирования. Рассмотренная схема испытаний позволяет оценить достоверность параметров применяемой модели (проницаемость фитиля, капиллярное давление в фитиле и др.), а при необходимости, и идентифицировать эти параметры по результатам испытаний.