

**НЕСТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИКА ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ  
С УЧЕТОМ ИХ СВЯЗИ С ДЕФОРМИРУЕМЫМИ ОСНОВАНИЯМИ***Г. В. ФЕДОТЕНКОВ**Московский авиационный институт (НИУ),  
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация**Д. В. ЛЕОНЕНКО, Э. И. СТАРОВОЙТОВ**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель**Е. Ю. МИХАЙЛОВА**Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Создание математических моделей и методов, позволяющих адекватно описывать динамические процессы деформирования тонкостенных элементов конструкций, связанных с деформируемыми основаниями, является в настоящее время одной из важных и актуальных задач механики деформируемого твердого тела. Известные публикации по решению контактных задач для тонкостенных элементов конструкций, связанных с деформируемыми основаниями, ограничиваются рассмотрением статических или стационарных задач. Нестационарные задачи мало исследованы. И зачастую их решения приводятся на уровне изображений.

Практическая значимость и актуальность задач данного класса обуславливается широким применением в современной технике элементов конструкций с покрытиями. Тела с покрытиями в настоящее время составляют широкий и весьма распространённый тип современных материалов. Различного рода покрытия и накладки широко используются в целях повышения прочностных свойств материалов, надёжности и долговечности конструкций. Исследование напряженного состояния горных пород также сводится к задачам для упругих сред с покрытиями, в качестве которых могут рассматриваться мембраны и пластины. В настоящее время запросы современной авиационной, космической, автомобильной, судостроительной и других отраслей промышленности ставят перед учеными и инженерами всё более сложные задачи теории тел с покрытиями. Вследствие необходимости проведения расчетов конструкций, находящихся в условиях высокоинтенсивных физико-механических процессов, направление исследований напряженно-деформированного состояния тел с покрытиями всё больше смещается в область динамических и нестационарных задач. Наличие покрытия может существенно влиять на процессы распространения возмущений и развитие деформаций. Задачи о нестационарных колебаниях балок, связанных с деформируемыми основаниями, является чрезвычайно актуальными для железнодорожной отрасли. Это связано с бурным развитием высокоскоростного железнодорожного транспорта. При этом важное значение имеет качество железнодорожных путей, основу которых, по сути, составляют балки (рельсы), контактирующие с деформируемым основанием. Поэтому исследование нестационарного поведения тонкостенных элементов конструкций, связанных с деформируемыми основаниями, актуально и имеет большое теоретическое и прикладное значение.

В настоящей работе исследуются волновые процессы в тонкостенных элементах конструкций с учетом их связи с деформируемыми основаниями. В качестве моделей оснований выступают основание Винклера, Пастернака, а также сплошная упругая среда [1–5].

Для исследования волновых процессов в тонкостенных элементах конструкций с учетом их связи с деформируемыми основаниями использован общий подход, базирующийся на принципе суперпозиции и методе функций влияния [6–10]. Он состоит в сведении исходной замкнутой математической постановки соответствующих начально-краевых задач с разрешающим интегральным соотношением. Ядрами входящих в них интегральных операторов будут являться нестационарные функции влияния для тонкостенных элементов конструкций, связанных с деформируемыми основаниями.

Для построения функций влияния решены отдельные, важные в теоретическом и прикладном отношении задачи. При этом полученные результаты имеют аналитический вид. Для их получения использованы интегральные преобразования Лапласа по времени, Фурье и Ханкеля по пространственным координатам, а также разложения в ряды по системам собственных функций. Для построения оригиналов использованы как известные аналитические методы обращений интегральных преобразований, так и новые оригинальные методы обращения. Среди которых модификация мето-

да совместного обращения интегрального преобразования Фурье – Лапласа, основанная на аналитическом представлении оригинала, а также метод обращения совместных интегральных преобразований Фурье – Лапласа и Ханкеля – Лапласа, основанный на связи соответствующих интегральных преобразований с разложениями в ряды на переменном интервале.

Для построения решений задач о нестационарных воздействиях на тонкостенные элементы конструкций, связанные с упругими и деформируемыми основаниями, будут разработаны оригинальные численно-аналитические методы и алгоритмы.

В результате разработаны постановки и методы решения новых нестационарных задач для мембран балок и пластин, связанных с деформируемыми основаниями, в качестве которых выступают основание Винклера, Пастернака, а также сплошная упругая среда.

Построены функции влияния для мембран, балок и пластин, связанных с деформируемыми основаниями Винклера и Пастернака и разработаны методы решения нестационарных задач о распространении упругих волн в тонкостенных элементах конструкций, связанных с деформируемыми основаниями.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 20-58-00023 Бел\_а и 20-08-01099 А) и БРФФИ (проект Т20Р-047).*

#### Список литературы

- 1 Старовойтов, Э. И. Изгиб упругой трехслойной круговой пластины на основании Пастернака / Э. И. Старовойтов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 392–406.
- 2 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 (5). – P. 665–672. – DOI: 10.1007/s11029-016-9615-y.
- 3 Starovoitov, E. I. Resonance Vibrations of a Circular Composite Plates on an Elastic Foundation / E. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, D. V. Tarlakovsky // Mechanics of Composite Materials. – 2015. – Vol. 51 (5). – P. 561–570. – DOI: 10.1007/s11029-015-9527-2.
- 4 Starovoitov, E. I. Resonant effects of local loads on circular sandwich plates on an elastic foundation / E. I. Starovoitov, D. V. Leonenko // International Applied Mechanics. – 2010. – Vol. 46 (1). – P. 86–93. – DOI: 10.1007/s10778-010-0285-5.
- 5 Starovoytov, E. I. Cylindrical bending of an elastic rectangular sandwich plate on a deformable foundation / E. I. Starovoytov, E. P. Dorovskaya, S. A. Starovoytov // Mechanics of Composite Materials. – 2010. – Vol. 46 (1). – P. 57–68. – DOI: 10.1007/s11029-010-9126-1.
- 6 Fedotenkov, G. V. Three-Dimensional Non-stationary Motion of Timoshenko-Type Circular Cylindrical Shell / G. V. Fedotenkov, V. V. Kalinchuk, A. Y. Mitin // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2019. – Vol. 40, no. 3. – P. 311–320. – <https://doi.org/10.1134/S1995080219030107>.
- 7 Okonechnikov, A. S. Transient Interaction of Rigid Indenter with Elastic Half-plane with Adhesive Force / A. S. Okonechnikov, D. V. Tarlakovsky, G. V. Fedotenkov // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2019. – Vol. 40, no. 4. – P. 489–498. – DOI: 10.1134/S1995080219040115.
- 8 Fedotenkov, G. V. Identification of Non-stationary Load Upon Timoshenko Beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2019. – Vol. 40, no. 4. – P. 439–447. – DOI: 10.1134/S1995080219040061.
- 9 Mihajlova, E. Yu. A Generalized Linear Model of Dynamics of Thin Elastic Shells / E. Yu. Mihajlova, D. V. Tarlakovskii, G. V. Fedotenkov // Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya fiziko-matematicheskie nauki. – 2018. – Vol. 160, no. 3. – P. 561–577.
- 10 Mikhailova, E. Y. Transient contact problem for spherical shell and elastic half-space / E. Y. Mikhailova, G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovskii // Shell Structures: Theory and Applications. Vol. 4 – Proceedings of the 11th International Conference on Shell Structures: Theory and Applications. SSTA. – 2017. – P. 301–304. – DOI: 10.1201/9781315166605-67.

УДК 656.254

## К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Ю. Н. ХАРИТОНОВ

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Основным документом, регламентирующим предельные воздействия электромагнитных полей на организм человека, являются «Санитарные правила и нормативы» изданные в 2003 году [1–3]. Согласно этим документам допускается воздействие магнитного поля промышленной частоты напряженностью 80 А/м в течение рабочего дня, то есть в течение 8 часов, при общем воздействии.

Одними из наиболее мощных источников магнитных полей промышленной частоты являются кабельные линии высокого напряжения (КЛ ВН). Наибольшему воздействию магнитных полей, инициируемых кабельными линиями, подвергается персонал, занимающийся ремонтом этих линий электропередач под напряжением. При проведении таких работ человек может находиться в непо-