

внешней среды. Рассматриваемые композитные материалы могут применяться как несущие элементы и внешние панели строительных конструкций (здания и путепроводы, лотки кабелей электроподстанций), каркасные элементы и элементы обшивки авиационной техники; строительные конструкции наземной транспортной инфраструктуры (путепроводы, внешние обшивки сооружений).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-29-00526.

Список литературы

1 Кошкин Р. П. Основные направления развития и совершенствования беспилотных авиационных систем [Электронный ресурс] / Р. П. Кошкин. – Режим доступа : <http://spmagazine.ru/420>. – Дата доступа : 04.09.2024.

2 Каблов, Е. Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники / Е. Н. Каблов // Вестник Российской академии наук. – 2012. – Т. 82, № 6. – С. 520–530.

3 Ким, С. Сырье → композиты → углеволокно / С. Ким // The Chemical Journal. – 2014. – С. 64–73.

4 Barulina, M. Analytical solution for bending and free vibrations of an orthotropic nanoplate based on the new modified couple stress theory and the third-order plate theory / M. Barulina // Journal of Mathematical and Fundamental Sciences. – 2022. – Vol. 54, no. 1. – С. 11–38. – DOI : 10.5614/j.math.fund.sci.2022.54.1.2.

5 Zlobina, I. V. The effect of processing in a SHF electromagnetic field on the parameters of vibro-wave processes generated by the impact of a solid body in cured polymer composite materials under influence of climate factors / I. V. Zlobina // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia. – 2020. – P. 42045.

6 Principles of Constructing a Mathematical Model of Thermal Heating of a Composite under Microwave Exposure / D. V. Kondratov [et al.] // II International Scientific and Practical Conference "Technologies, Materials Science and Engineering" AIP Conf. Proc. 2999, 020044-1–020044-6. – DOI : [org/10.1063/5.0158357](https://doi.org/10.1063/5.0158357).

7 Study of the Effect of Filler on Heating Kinetics of Polymer Composite Materials in a Mw Electromagnetic Field on a Physical Model of a Unit Cell / I. Zlobina // II International Scientific and Practical Conference "Technologies, Materials Science and Engineering" AIP Conf. Proc. 2999, 020064-1–020064-6. – DOI : [org/10.1063/5.0158848](https://doi.org/10.1063/5.0158848).

УДК 531.383: 532.516

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРЕХСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ ВИБРООПОРЫ С ВЯЗКОЙ СЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТЬЮ

О. В. БЛИНКОВА

Саратовская государственная юридическая академия, Российская Федерация

Д. В. КОНДРАТОВ

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук (ИПТМУ РАН),
г. Саратов*

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского, Российская Федерация*

Для конструирования современных изделий авиастроения и машиностроения характерно все более частое использование различных слоистых материалов и многослойных упругих конструкций. Многослойные упругие пластины, взаимодействующие с жидкостью, получили свое широкое применение в машино- и агрегатостроении [1–5]. Исследования таких конструкций достаточно широко представлены в современной литературе. Однако большинство исследований ориентировано на описание взаимодействия упругих многослойных конструкций с вязкой несжимаемой или идеальной жидкостью [1, 4, 6, 7]. Следует заметить, что в настоящее время встречаются практические задачи, где жидкость может быть сжимаемой [8]. Данное исследование направлено на моделирование взаимодействия упругой многослойной пластины с вязкой сжимаемой жидкостью.

Рассмотрим физическую модель системы, представленной на рисунке 1. Рассмотрим физическую модель механической системы, состоящую из абсолютно жесткой пластины I (вибратора) и однослойной упругой пластины II (статора), пространство III между которыми заполнено вязкой сжимаемой жидкостью (см. рисунок 1). Внутренняя поверхность вибратора считается плоской и является одной из стенок щелевого канала. Предполагаем, что вибратор имеет упругий подвес. В слое жидкости пульсирует давление, возникают гармонические колебания вибратора в вертикальном направлении относительно статора.

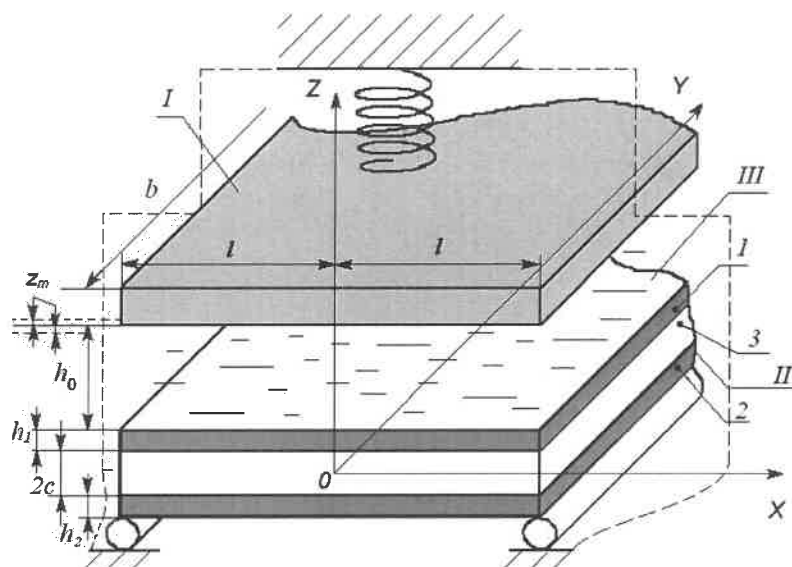


Рисунок 1 – Физическая модель

Математическую модель представим в виде связанной системы уравнений, состоящей из уравнений динамики движения вязкой сжимаемой жидкости, уравнений динамики упругого композитного статора [5], состоящего из двух несущих слоев и заполнителя, с соответствующими граничными условиями.

Дальнейшие исследования проводилось с применением методов возмущений по малым параметрам, определяющим относительную ширину слой вязкой сжимаемой жидкости и относительный прогиб пластины – трехслойного композита, что позволяет линеаризовать уравнения гидродинамики. Для получения аналитического выражения для прогиба упругого трехслойного композита проводится процедура метода Бубнова – Галеркина в первом приближении. Причем метод Бубнова – Галеркина применяется одновременно и к уравнениям гидродинамики, и к уравнениям упругости с соответствующими граничными условиями [9].

Полученные выражения для прогиба композита – упругой трехслойной пластины с несжимаемым легким заполнителем – позволили выделить амплитудные частотные характеристики прогиба композита. На основе аналитического решения создана расчетная программа, которая позволила произвести исследования амплитудной частотной характеристики упругого трехслойного композита и давления в слое вязкой сжимаемой жидкости.

Исследования амплитудной частотной характеристики упругого трехслойного композита показали появление резонансных частот, при которых давление слое вязкой сжимаемой жидкости падает ниже 0,2 атмосфер, а значит, в слое жидкости возможно появление паровоздушных пузырьков и, соответственно, возможно появление кавитационного эффекта. Однако изменением параметров системы указанные резонансные частоты возможно сдвинуть из области рабочих частот механической системы.

Таким образом, осуществлены постановка задачи и исследование модели взаимодействия трехслойного композита – упругой прямоугольной трехслойной пластины с легким несжимаемым заполнителем – и вязкой сжимаемой жидкости на примере гидроопоры. Рассматриваемая модель виброопоры состоит из абсолютно жесткого вибратора, упругого трехслойного композита с легким несжимаемым заполнителем (статором) и движущегося между ними слоя вязкой сжимаемой жидкости. Исследование указанной математической модели, расчеты и оценки поведения упругих трехслойных композитов, взаимодействующих с вязкой жидкостью, необходимы для конструирования современных изделий машиностроительной и авиакосмической промышленности.

Список литературы

1 Продольные и изгибные колебания трехслойной пластины со сжимаемым заполнителем, контактирующей со слоем вязкой жидкости / Е. Д. Грушенкова [и др.] // Труды МАИ. – 2019. – № 106. – С. 1.

2 Зеленая, А. С. Изгиб упругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым заполнителем / А. С. Зеленая // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3. – Режим доступа : mathmod.esrae.ru/15-52. – Дата доступа : 05.09.2024.

3 Фабрикант, Н. Я. Аэродинамика: Общий курс / Н. Я. Фабрикант. – М. : Наука, 1964. – 818 с.

4 Amabili, M. Derivation of nonlinear damping from viscoelasticity in case of nonlinear vibrations // M. Amabili // Springer Netherlands, 2018.

5 Горшков, А. Г. // Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : Физматлит, 2005. – 576 с.

6 Кондратов, Д. В. Гидроупругость силового цилиндра с полым плунжером при свободном истечении жидкости / Д. В. Кондратов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2008. – № 1. – С. 38–43.

7 Могилевич, Л. И. Динамика сдвливаемого слоя вязкой несжимаемой жидкости, взаимодействующего с упругой пластиной / Л. И. Могилевич, В. С. Попов, Е. С. Скородумов // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. – 2017. – № 1. – С. 53–63.

8 Блинкова, О. В. Задача динамики взаимодействия сдвливаемого слоя вязкого сжимаемого газа с упругой пластиной / О. В. Блинкова, Д. В. Кондратов // Труды МАИ. – 2020. – № 110. – 21 с.

9 Блинкова, О. В. Моделирование динамики взаимодействия сдвливаемого слоя вязкой сжимаемой жидкости с упругим трехслойным статором / О. В. Блинкова, Д. В. Кондратов // Труды МАИ. – 2024. – № 134. – EDN HUZOPQ.

УДК 656.22

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕРЫВОВ ПЕРЕВОЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Р. С. БОЛЬШАКОВ, А. К. МОЗАЛЕВСКАЯ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Безопасность бесперебойного функционирования железнодорожного транспорта зависит от оперативного решения ряда стратегических задач, направленных на поддержание высокого уровня конкуренции с другими видами транспорта, улучшение клиентоориентированности, соблюдение сроков доставки грузов, повышение привлекательности пассажирских перевозок и т. д. [1–3]. В частности, доставка грузов в заявленные временные промежутки обуславливает повышение скоростей движения грузов поездов, что, в свою очередь, увеличивает динамические нагрузки на объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта. Такие условия отрицательно влияют как на долговечность подвижного состава, так и на целостность, и надежность рельсошпальной решетки и объектов энергетической инфраструктуры. Поэтому планирование и проведение различных видов ремонтов становится одной из основных задач по сохранению ритмичной работы железнодорожного транспорта. В связи с этим оценка пропускной способности линий при осуществлении технологических перерывов на ремонт и их продолжительность является на данный момент актуальным вопросом [4–6].

В предлагаемом докладе рассматривается применение пакетов прикладных программ для оценки времени проведения технологических перерывов.

Общие положения. Постановка задачи

Проведение ремонтных работ на перегонах железных дорог согласно директивному плану базируется на понятийной базе, основанной на представлениях о технологическом перерыве или «окне», которое представляет собой время прекращения движения по выбранному пути, что зависит от также от возможностей нормативного графика. С учетом количества путей перегона установлена различная продолжительность технологических перерывов.

Технологические перерывы в зависимости от выполняемых операций, видов ремонтов и порядка производства работ могут быть совмещенными, подготовительными и заключительными, что обусловлено временем начала «окна» и временем его окончания, а также интервалом времени от начала технологического окна до начала выполнения лимитирующей операции, интервалом времени от конца выполнения ведущей операции до окончания технологического окна.

Продолжительность технологического окна t_0 , представленная на схеме, может быть найдена при помощи следующего выражения:

$$t_0 = t_p + t + t_{св}, \quad (1)$$

где t_p – время на развертывание (разворот) работ, ч; t – интервал времени от начала выполнения ведущей (лимитирующей) операции до ее завершения, ч; $t_{св}$ – время на свертывание работ для оформления открытия перегона, ч.