

3 Суханов, Г. И. Оценка эксплуатационной работы станции в условиях оптимизации тяговых плеч локомотивов / Г. И. Суханов, А. В. Супруновский, Н. В. Давыдова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2019. – Т. 1. – С. 93–103.

4 Изменение работы тягового подвижного состава на участках железных дорог Восточного полигона / А. А. Власенский [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 154–161. – DOI : 10.26731/1813-9108.2021.2(70).154-161.

5 Суханов, Г. И. Совершенствование управления парком локомотивов Восточного полигона / Г. И. Суханов, Н. В. Давыдова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2012. – Т. 1. – С. 38–42.

6 Супруновский, А. В. К вопросу о построении имитационных моделей перевозочных процессов в программной среде ANYLOGIC / А. В. Супруновский, Р. С. Большаков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 31–35. – DOI : 10.36724/2072-8735-2022-16-3-31-35.

УДК 539.31

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПРОГИБА ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ**

*С. А. БОРШЕВЕЦКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИИ),  
ПАО «Яковлев», г. Москва, Российская Федерация*

*Н. А. ЛОКТЕВА*

*Московский авиационный институт (НИИ),  
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация*

Современные конструкции машиностроения, в том числе космические и летательные аппараты, используют тонкие панели, обшивки и другие крупногабаритные пластины и оболочки. Несомненным преимуществом такой конструкции является ее легкость, а также она выполняет аэродинамическую функцию, улучшая летные характеристики. Однако за счет своей тонкостенности подобные конструкции подвержены потерям устойчивости [1]. Для увеличения жесткости конструкции используются дополнительные опоры. Так, по всей длине крыла самолета расположены лонжероны и нервюры, увеличивающие жесткость обшивки, а по фюзеляжу расположены шпангоуты. Проблема расположения дополнительных опор для выполнения требуемого условия жесткости конструкции является актуальной при разработке новых конструкций.

Ранее уже были рассмотрены случаи определения расположения сосредоточенных шарнирных дополнительных опор [2–5]. Однако главным практическим замечанием к исследованиям являлось изучение лишь сосредоточенных опор. В будущих работах планируется рассмотреть случай линейного закрепления (защемления), имитирующего стрингер. Для отработки методики выполняется решение вспомогательной задачи.

Рассматривается шарнирно опертая тонкая упругая прямоугольная пластина Кирхгофа, в центр которой прикладывается искомая нагрузка. Сбоку от нее на расстоянии, подлежащем определению, расположено дополнительное линейное закрепление. Требуется определить вид функции прогиба, учитывающий влияние дополнительной опоры, имитирующий стрингер.

В силу невозможности определить первообразную при применении граничного условия по линии закрепления стрингера, опора имитируется серией точечных закреплений, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Все входящие в уравнение движения функции раскладываются в тригонометрические ряды Фурье, удовлетворяющие граничным условиям по краям пластины [6, 7]. Реакции в дискретных дополнительных опорах определяются аналогично ранее исследованным сосредоточенным шарнирным опорам. В результате получается набор реакций во множестве дополнительных опор. Далее набор реакций аппроксимируется в некоторую функцию, связывающую опоры в единую линию закрепления.

Искомая функция прогиба определяется как сумма сверток функций влияния с соответствующей внешней нагрузкой и реакцией в дополнительном закреплении.

### Список литературы

- 1 **Лизин, В. Т.** Проектирование тонкостенных конструкций / В. Т. Лизин, В. А. Пяткин : учеб. пособие для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1994. – 384 с.
- 2 **Боршевецкий, С. А.** Определение нормальных перемещений шарнирно опертой пластины с дополнительными опорами под воздействием сосредоточенной силы / С. А. Боршевецкий, Н. А. Локтева // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова Т. 2. – М. : 2021. – С. 19–20.
- 3 **Боршевецкий, С. А.** Определение расположения дополнительных опор шарнирно опертой пластины при гармоническом воздействии / С. А. Боршевецкий // Труды МАИ. – 2023. – № 128. – DOI : 10.34759/trd-2023-128-03
- 4 **Боршевецкий, С. А.** Определение положения дополнительных опор для прямоугольной шарнирно опертой пластины при нестационарном воздействии на нее / С. А. Боршевецкий // XXV ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ (школа молодых ученых) : материалы Междунар. молодежной науч. конф. Т. 2. – Казань : Изд-во ИП Сагиева А. Р., 2021. – С. 395–400.
- 5 **Боршевецкий, С. А.** Определение расположения дополнительных опор в пластине Тимошенко при гармоническом воздействии / С. А. Боршевецкий // Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред : сб. тр. 12-й Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – М. : Сам Полиграфист, 2022. – С. 438–447.
- 6 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.
- 7 **Чернина, В. С.** Статика тонкостенных оболочек вращения / В. С. Чернина. – М. : Наука, 1968. – 456 с.

УДК 539.31

## ОБРАТНАЯ НЕСТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА ПО ИДЕНТИФИКАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА БАЛКУ БЕРНУЛЛИ – ЭЙЛЕРА

*Я. А. ВАХТЕРОВА, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт, Российская Федерация*

Обратные задачи относятся к специальному типу задач, которые часто возникают во многих разделах науки. Их целью является определение значений геометрических или физических параметров модели, восстановление воздействующих на неё внешних нагрузок, идентификация начальных или граничных условий и другие задачи идентификации с использованием наблюдаемых данных.

В настоящее время эти задачи приобретают всё большую актуальность как в теоретическом, так и в прикладном отношении. Задачи этого класса относятся к некорректно поставленным: малым возмущениям исходных данных, в принципе, могут соответствовать большие изменения решения. Отметим, что исходные данные для задач такого рода, как правило, искажены, поскольку они определяются экспериментально. Поэтому необходимо использовать специальные методы решения, которые будут иметь приемлемую точность и для случая «зашумленности» исходных данных, выражающейся в их искажении вследствие случайной погрешности измерений и вычислительных преобразований. Следует отметить несомненную актуальность этого типа задач для авиационной и аэрокосмической отраслей промышленности, поскольку значительная часть конструкции летательных аппаратов выполнена из балочных и стержневых элементов, работающих в условиях нестационарных нагрузок. Это режимы взлета и посадки, выполнения различных маневров, а также различные внештатные ситуации.

Обратные задачи обычно являются некорректными, в отличие от корректно поставленных задач, более типичных при моделировании физических ситуаций, когда параметры модели или свойства материала известны. Из трех условий корректной задачи, предложенных Жаком Адамаром (существование, единственность, устойчивость решения или решений) [1], чаще всего нарушается условие устойчивости. В 1943 году появилась работа А. Н. Тихонова [2], в которой впервые была указана практическая важность не устойчивых по входным данным (некорректно поставленных) задач и принципиальная возможность их успешного решения в условиях принадлежности точного решения компактному множеству. В середине 50-х и, особенно интенсивно, в начале 60-х годов прошлого столетия началось систематическое изучение некорректных задач. Образовалось новое направление, лежащее на стыке функционального анализа и вычислительной математики, которое затем оформилось в самостоятельную область науки. основополагающие подходы для теории некорректных задач связаны с именами А. Н. Тихонова, М. М. Лаврентьева, В. К. Иванова. В смысле