

10 Zhuravkov, M. A. Mechanics of Solid Deformable Body / M. A. Zhuravkov, Lyu Yongtao, E. I. Starovoitov. – Singapore : Springer, 2022. – 317 p.

11 Абдусаттаров, А. Деформирование и повреждаемость упругопластических элементов конструкций при циклических нагрузениях / А. Абдусаттаров, Э. И. Старовойтов, Н. Б. Рузиева. – Ташкент : IDEAL PRESS, 2023. – 381 с.

12 Старовойтов, Э. И. Исследование спектра частот трехслойной цилиндрической оболочки с упругим наполнителем / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 162–169.

13 Деформирование ступенчатой композитной балки в температурном поле / Э. И. Старовойтов [и др.] // Инженерно-физический журнал. – 2015. – Т. 88, № 4. – С. 987–993. – EDN UARYZD.

УДК 536.24

## **МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ТЕПЛОАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*О. В. ТУШАВИНА*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Проблема тепловой защиты конструкции высокоскоростных летательных аппаратов (ВЛА) от аэродинамического нагрева стала одной из важнейших научных проблем в связи с созданием изделий авиационной и ракетно-космической техники, совершающей полет в атмосфере со скоростями, значительно превышающими скорость звука ( $M \geq 6$ ).

Аэродинамический нагрев обусловлен газовой динамикой обтекания тела сверхзвуковым потоком.

Физическая природа аэродинамического нагрева обусловлена тем, что в связи с громадной скоростью полета аппарата молекулы атмосферы обладают относительно аппарата большой кинетической энергией. Достигнув у поверхности аппарата ударной волны, а затем сжатого и вязкого пограничного слоя, молекулы начинают интенсивно тормозиться. При торможении высокоскоростных частиц их кинетическая энергия переходит в тепловую. Этот процесс определяет интенсивность аэродинамического нагрева конструкции аппарата.

Повышаются термодинамические параметры (температура и давление) газа набегающего потока до экстремальных значений. В результате в указанных зонах реализуются химические реакции диссоциации молекул и даже ионизации атомов, т. е. возникает комплекс физико-химических процессов, обусловленных термогазодинамикой и тепломассообменом. В этой связи возникает проблема разработки специальной тепловой защиты конструкции ВЛА, что в свою очередь требует разработки эффективных экспериментально-теоретических и прикладных решений в различных областях науки и техники, например, в разработке материалов теплозащитного назначения для снижения воздействия аэродинамического нагрева на аппараты.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSFF-2023-0007).*

УДК 539.3

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕРМОУПРУГИХ ТЕЛАХ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

*ФАН ТУНГ ШОН*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

*Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

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

Физически информированное машинное обучение – это новый, многообещающий подход к решению различных задач математической физики, зачастую таких, которые не поддаются решению другими методами или требуют значительных затрат как человеческого, так и машинного времени. Машин-