Механика смесевых твердых ракетных топлив: опыты, определяющие соотношения, приложения, актуальные проблемы

Владимир Андреевич Пелешко
д.ф.-м.н., АО «ЦНИИ машиностроения» (г. Королёв)

Смесевые твердые ракетные топлива (СТРТ) представляют собой композиты из мягкого полимерного связующего и дисперсных твердых частиц, отношение объемных долей полимерной матрицы и наполнителей – приблизительно 1:3. Опыты на образцах показывают, что механические свойства СТРТ сильно зависят от скорости деформации, температуры, вида напряженного состояния, а также от «возраста» материала.

В докладе анализируются имеющиеся в открытой отечественной и зарубежной литературе экспериментальные данные о деформировании и разрушении СТРТ (или их инертных имитаторов) при одно- и многоосном растяжении с разнообразными историями нагружения в различных баротермических условиях. На этой основе разработана феноменологическая модель механического поведения СТРТ, включающая: 1) соотношения между напряжениями и деформациями (имеют вид уравнений нелинейной геро-эндохронной термовязкоупругости для девиаторов и нелинейной термоупругости для шаровых частей), 2) уравнения накопления поврежденности (кинетического типа) и 3) критерий локального разрушения (достижение критического значения параметра, имеющего смысл суммы парциальных приращений интенсивности деформаций на активных участках процесса). Модель имеет иерархическую структуру и строится по принципу «от простого к сложному» (от одноосного растяжения в нормальных баротермических условиях к общему случаю нагружения) – это позволило разработать сравнительно простой алгоритм идентификации, что принципиально важно для практического использования многофакторной модели.

С помощью пользовательской подпрограммы модель подключена к программному комплексу ABAQUS для расчетов методом конечных элементов. В качестве приложений рассматриваются начально-краевые задачи расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) и прочности модельного заряда СТРТ в основных случаях нагружения (охлаждение, полетная перегрузка, внутреннее давление при работе двигателя). В заключение доклада обсуждаются актуальные нерешенные задачи (прежде всего, адекватный учет влияния процессов физико-химического старения СТРТ на НДС и прочность заряда).

Краткий список публикаций по теме доклада

1. *Быков Д.Л., Пелешко В.А.* Определяющие соотношения деформирования и разрушения наполненных полимерных материалов в процессах преобладающего осевого растяжения в различных баротермических условиях // Изв. РАН. МТТ. 2008. № 6. С. 40-65.

2. *Быков Д.Л., Пелешко В.А.* Определяющие соотношения деформирования, анизотропной деградации и разрушения наполненных полимерных материалах в процессах преобладающего растяжения с изменяющимся направлением оси и отдыхами // Изв. РАН. МТТ. 2009. № 5. С. 59-67.

3. *Быков Д.Л., Коновалов Д.Н., Пелешко В.А.* Определяющие соотношения для расчета процессов квазистатического деформирования, повреждения и разрушения тел (в том числе с концентраторами) из наполненных полимерных материалов // Изв. РАН. МТТ. 2011. № 6. С. 34-54.

4. *Быков Д.Л., Казаков А.В., Коновалов Д.Н., Мельников В.П., Осавчук А.Н., Пелешко В.А.* Идентификация модели нелинейной вязкоупругости наполненных полимерных материалов в миллисекундном временном диапазоне // Изв. РАН. МТТ. 2012. № 6. С. 52-57.

5. *Быков Д.Л., Казаков А.В., Коновалов Д.Н., Мельников В.П., Милёхин Ю.М., Пелешко В.А., Садовничий Д.Н.* О законе накопления поврежденности и критерии разрушения в высоконаполненных полимерных материалах // Изв. РАН. МТТ. 2014. № 5. С. 76-97.