

носительной среднеквадратичной микродеформации), эффективных размеров о.к.р. (областей когерентного рассеяния), мисфита (размерного несоответствия периодов кристаллических решеток γ/γ' -фаз), плотности хаотически распределенных дислокаций в стенках субграниц и по объему кристалла в зависимости от длительности нагружения.

Построены обобщенные кривые ползучести монокристалла в параметрах тонкой структуры. Получены характеристики структурного состояния исследованных сплавов на стадиях долговечности в диапазоне температур 955...1100⁰С и напряжений 160...310МПа.

Установлено, что закономерности структурной ползучести сплава в зоне T_{max} , K_{min} лопаток при эксплуатации и стандартных образцов при высокотемпературных испытаниях сопоставимы, и процесс исчерпания работоспособности лопаток можно моделировать путем испытания стандартных образцов.

Выполнены анализ и систематизация по длительности и условиям эксплуатации результатов металлургических исследований и контроля лопаток ТВД изд. НК-86, 86А и Д18Т при ремонте в объеме:

–оценка структурного состояния на соответствие типовым температурным и др. условиям эксплуатации до ремонта;

–определение структурных признаков относительной долговечности;

–оценка микроповрежденности и состояние поверхностного слоя.

В результате анализа установлено, что структурное состояние в зоне T_{max} , K_{min} лопаток после эксплуатации соответствует работоспособному состоянию. Исчерпание ресурса монокристалльных лопаток из сплава ЖС30-ВИ после максимальной наработки в эксплуатации 11000ч в составе дв. НК-86А составляет до 50%, из сплава ЖС32-ВИ после наработки 7000-11000ч в составе дв.Д18Т составляет 20...30% с ограничением ресурса по причине разрушения материала покрытия, коррозионным и эрозионным повреждениям пера лопаток.

Результаты работы представляют интерес в плане методического подхода к определению степени деградации материала лопаток газовых турбин и могут быть использованы для объективной оценки ремонтпригодности этих деталей после эксплуатации.

На основании полученных результатов уточнены критерии контроля состояния материала лопаток при ремонте двигателей, выполнены работы по обоснованию развития и увеличения ресурса монокристаллических лопаток.

УДК 620.179.101

УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ЦИКЛИЧЕСКОГО СЖАТИЯ МНОГОСЛОЙНОГО, МНОГОПРОЛЕТНОГО, ГОФРИРОВАННОГО ПАКЕТА, УЧИТЫВАЮЩАЯ ЭФФЕКТ «УПЛОЩЕНИЯ»

Эскин И.Д., Алкеев Р.И., Сусликов В.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет

CYCLICAL COMPRESSION SIMPLIFIED MODEL OF A MULTILAYER, MULTISPAN, CORRUGATED PACKET INCORPORATING EFFECT OF FLATTENING

Eskin I.D., Alkeev R.I., Suslikov V.I. Samara State Aerospace University. We have received an approximate analytical solution to the problem of cyclical compression of multilayer, multispans, corrugated packets used as elastic resistive element in protection devices for improving driver's and passenger's safety in a collision of an automobile with an object. It allows to develop any loading process of the device with a high precision at any range of deformations up to complete flattening of corrugated packet material.

Нами разработаны бамперные и пенальное устройства [1, 2, 3, 4] для защиты автомобиля со всех четырех сторон — спереди, сзади и с обоих боков при его аварийном столкновении с препятствием.

В качестве упругогистерезисных элементов этих устройств использованы многослойные, многопролетные, гофрированные пакеты, последовательно соединенные в устройстве и работающие на удар в режиме одностороннего или двустороннего упругогистерезисного упора.

Физическая модель циклического сжатия многослойного, многопролетного, гофрированного пакета построена в [5].

Однако это решение дает большие ошибки в диапазоне деформаций, где происходит резкое нелинейное увеличение жесткости пакета.

Заметим, что несмотря на значительные приращения сжимающей силы на этом участке деформации пакета в силу нелинейности жесткостной характеристики пакета, величина приращения рассеянной энергии на этом участке не велика в силу малости приращения суммарного горизонтального смещения гофров по контактным поверхностям.

Однако резко нелинейный жесткостной характер зависимости $F_i (y_i)$ на этом участке деформации пакета y_i может оказать существенное влияние на процесс соударения автомобиля с препятствием, если сила фронтального удара F_i (i – номер процесса загрузки) такова, что деформирование пакета частично происходит и на этом участке.

Нами построена физическая модель циклического сжатия многослойного, многопролетного, гофрированного пакета, позволяющая построить с хорошей точностью любой процесс загрузки с учетом его предистории во всем диапазоне деформаций пакета вплоть до его полного выпрямления.

В основу модели заложены следующие соображения и допущения.

В защитных устройствах применены пакеты с большим числом пролетов (гофров).

Поэтому хорошую точность в этом случае дает упрощенная физическая модель циклического сжатия, не учитывающая поворот концевых сечений каждого гофра пакета.

В этом случае аналитические соотношения, описывающие любой процесс загрузки пакета, сильно упрощаются.

Диапазон параметров пакетов защитных устройств не широк и для этих пакетов можно принять, что резкое нелинейное увеличение жесткости пакетов происходит на последних $C = 0,12$ мм, остающихся до полного выпрямления пакета, за счет уплотнения вершин гофров и уменьшения пролетов гофров.

В диапазоне деформаций $f - C \leq y_i < f$, где f – остаточный выгиб гофра в собранном защитном устройстве, был принят линейный закон уменьшения пролета гофра. Причем постоянные этого закона определялись из зависимостей $F_i (y_i)$ с учетом эффекта «уплощения» для нагрузочного $i = 1$ процесса для случая, когда проскальзывают все гофры пакетов, вычисленного методом МКЭ в редакторе «Ansys».

Загрузочные процессы постепенного расслоения слоев пакетов и отслоения вершин гофров методом МКЭ вследствие громоздкости этих решений не рассматривались.

Даже в случае проскальзывания всех гофров пакета построение этих процессов загрузки методом МКЭ потребовало больших затрат машинного времени.

Поэтому построенное приближенное аналитическое решение задачи циклического сжатия многослойного, многопролетного, гофрированного пакета, позволяющего с хорошей точностью построить любой процесс загрузки с любой предисторией загрузки защитного устройства актуально.

Это решение нами использовано при рассмотрении задачи о фронтальном ударе автомобиля в упругое (по стандарту EURO – NCAP) или неупругое препятствие (по стандарту NCAP) при проведении краш — испытаний.

Кроме того, нами выполнены расчетные оценки для бамперного защитного устройства для автомобиля массой $130 \div 150$ кг, вписывающегося в размеры $300 \times 200 \times 1500$ мм, конструктивно вполне приемлемые для легкового автомобиля, запаса q по действующей амплитуде ударной силы F_0 , приводящей к уменьшению пролета гофра до $t_{01} = 1$ мм, по сравнению с амплитудой

ударной силы $P_{уд.}$, действующей на автомобиль при краш — испытании на фронтальный удар по стандарту EURO – NCAP. В этом случае $q = 48000$. В то время как при соударении на скорости 200 км/ час $q = 4$.

Эти оценки весьма приблизительны, так как при ударном воздействии гофры испытывают большие пластические деформации и значение амплитуды ударной силы, приводящей к уменьшению пролета гофров до $t_{01} = 1$ мм, очень сильно снижается

С помощью метода МКЭ и редактора «Ansys» нами получено решение задачи сжатия пакета в случае проскальзывания всех гофров пакета с учетом его пластической деформации. Эти результаты здесь не обсуждаются.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель №78463 РФ. МПК В60R 19/00. Защитное устройство повышающее безопасность водителя и пассажиров при аварии автомобиля / И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев. - Оpubл. 10.07.2008. Бюл.№33

2. Патент на полезную модель №79845 РФ. МПК В60R 19/00. Защитное устройство повышающее безопасность водителя и пассажиров при аварии автомобиля / И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев. - Оpubл. 15.09.2008. Бюл.№2

3. Патент на полезную модель №82171 РФ. МПК В60R 19/00. Пенальное защитное устройство для повышения безопасности водителя и пассажиров при аварии автомобиля / И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев. - Оpubл. 20.04.2009. Бюл.№11

4. Патент на полезную модель №84791 РФ. МПК В60R 19/00. Устройство повышающее уровень защиты от травматизма водителя и пассажиров / И.Д. Эскин, Р.И. Алкеев. - Оpubл. 20.07.2009. Бюл.№20

5. Эскин, И.Д. О циклическом сжатии многопролетного гофрированного пакета пластин / И.Д.Эскин, В.И. Иващенко // Депонированная рукопись № 8050-1385 от 21.11.19885 Реферат опубликован в библиографическом указателе ВИНТИ «Депонированные рукописи», 1986 г., № 2, б/о 570, с.107.

УДК 620.179.101

ФРОНТАЛЬНЫЙ УДАР ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ АВТОМОБИЛЯ С УПРУГИМ ПРЕПЯТСТВИЕМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КРАШ — ИСПЫТАНИЙ

Эскин И.Д., Алкеев Р.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет

FRONTAL IMPACT AT A COLLISION OF AN AUTOMOBILE WITH A DAMPING OBSTACLE IN A CRUSH TEST

Eskin I.D., Alkeev R.I. Samara State Aerospace University. We have theoretically solved the problem of a frontal impact of an automobile equipped with a structural damping bumper device upon a damping obstacle in a crush test. We have studied the two first swing range values of a system “damping obstacle – bumping device - automobile”. The solution of the problem is received in a closed cycle; peak force values acting on an automobile and its displacement, and period of each swing range value are evaluated from analytic relations.

Целью работы является создание простой методологии, которая даже в случае отсутствия МКЭ (конечноэлементной) — модели автомобиля позволяла при наличии не-

которой «опорной» (термин введен авторами) упругопластической характеристики автомобиля, определенной экспериментально в процессе краш — испытаний автомо-