

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-СИЛОВЫХ РЕЖИМОВ НАГРУЖЕНИЯ НА РЕЛАКСАЦИЮ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В УПРОЧНЁННОЙ ЛОПАТКЕ В УСЛОВИЯХ ПОЛЗУЧЕСТИ

Саушкин М.Н., Просвиркина Е.А., Афанасьева О.С.

Самарский государственный технический университет

STUDY TEMPERATURE AND FORCE LOADING CONDITIONS ON RELAXATION OF RESIDUAL STRESSES IN STRENGTHENING BLADE UNDER CREEP

Saushkin M.N., Prosvirkina E.A., Afanasieva O.S. The method of calculating the kinetics of the stress strain state in the surface hardened layer of gas turbine engine blades under creep-based decomposition method.

Предложена методика расчёта кинетики напряжённо-деформированного состояния в поверхностно упрочнённом слое лопатки газотурбинного двигателя в условиях ползучести, основанная на методе декомпозиции.

Вводится гипотеза, согласно которой элемент конструкции разбивается на «тело» конструкции (лопатка) и тонкий упрочнённый поверхностный слой, при этом слой можно представить «наклеенным» на «тело» и деформирующимся вместе с ним в режиме жёсткого нагружения при заданных значениях компонент тензора деформаций на поверхности тела, которые можно рассчитать без учёта поверхностного слоя.

Предварительно решены две модельные задачи: для растягиваемого упрочнённого цилиндрического образца и упрочнённого кругового концентратора толстостенной плиты.

Предполагается, что поверхность лопатки предварительно подверглась поверхностному пластическому упрочнению.

Здесь возникают два варианта: точка лежит на вогнутом и выпуклом участках (контура лопатки) L (точки B и A на рис. 1). Далее вводится гипотеза, согласно которой оценка релаксации остаточных напряжений в поверхностном слое точки B по нормали \vec{n}_2 может быть выполнена как для поверхностно упрочнённого цилиндра радиуса R_2 в локальной цилиндрической системе координат с центром

соприкасающейся окружности в точке O_2 . Релаксацию же остаточных напряжений в поверхностном слое точки A в направлении нормали \vec{n}_1 можно оценить как для кругового концентратора радиуса R_1 в бесконечной плите в локальной цилиндрической системе координат с центром соприкасающейся окружности в точке O_1 .

Приведено решение задачи о релаксации остаточных напряжений в прямолинейной и закруглённой вращающихся лопаток переменного сечения (модельный материал – сплав ЖСБ КП, $T = 1000$ С) первой ступени турбины высокого давления газотурбинного комплекса ГТК-10-4 в условиях ползучести. В любом сечении лопатки процесс релаксации рассчитывался по схеме упрочнённого цилиндра на выпуклой поверхности

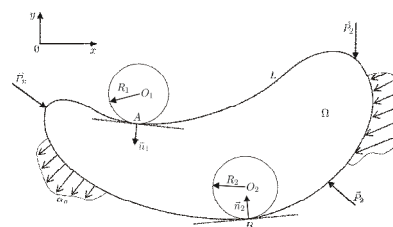


Рис. 1. Схема к математической модели релаксации остаточных напряжений в концентраторе в поверхностном слое лопатки

(точки 1, 8, 7, 6 на рис. 2) и по схеме кругового концентратора – на выпуклой поверхности (точки 2, 3, 4, 5 на рис. 2), при

этом НДС всей лопатки рассчитывался по МКЭ. Геометрические характеристики всех лопатках: $R_1 = 517$ м, $R_2 = 667$ м. Для закрученной лопатки угол поворота хвостового сечения относительно корневого составил 18° . Детальный анализ проводился для четырёх сечений лопатки: 1 – корневое; 2, 3 – сечения, отстоящие от корневого на расстоянии $1/3$ и $2/3$ длины лопатки; 4 – хвостовое сечение.

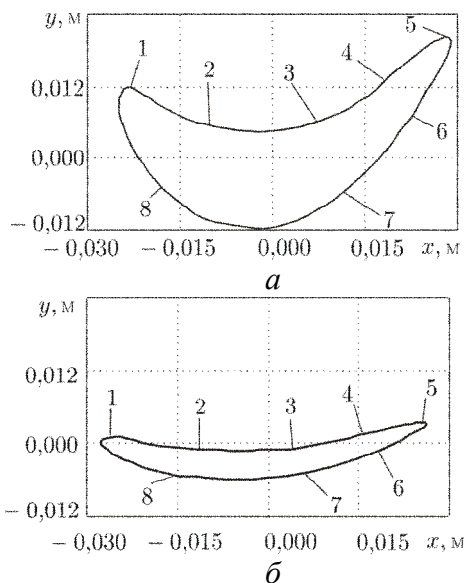


Рис. 2 Корневое (а) и хвостовое (б) сечения прямолинейной лопатки: цифры – характерные точки поверхности

Проанализированы зависимости всех компонент тензора остаточных напряжений $S_q(r,t)$, $S_z(r,t)$ и $S_r(r,t)$ (в локальной цилиндрической системе координат) по периметру сечений и по длине лопатки.

В качестве примера на рис. 3 представлены типичные зависимости, отражающие процесс релаксации остаточных напряжений в закрученной лопатке по периметру сечений.

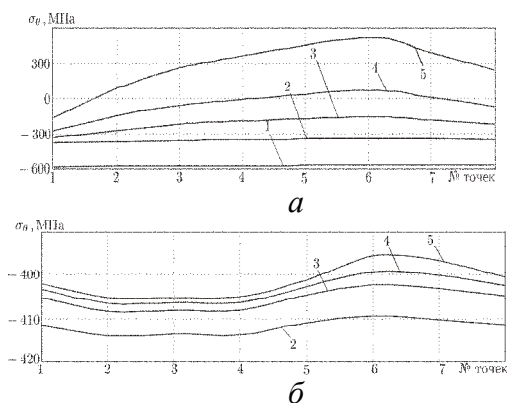


Рис. 3 Кинетика напряжений S_q на поверхности закрученной лопатки по периметру сечений (сплав ЖС6КП, $T = 1000^\circ\text{C}$, $w = 450$ рад/сек): а – сечение №2; б – сечение №4. Цифры: 1 – $t = 0$; 2 – $t = 20$; 3 – $t = 50$; 4 – $t = 100$; 5 – $t = 200$ часов

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках АВЦП “Развитие научного потенциала высшей школы” (проект 2.1.1/13944).

УДК 629.7.018

АНАЛИЗ И БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИСОЕДИНЕННЫМИ КАМЕРАМИ ПОДГОНА

Сафронов А.И.¹, Зоркин В.А.¹, Потапенко В.В.²

¹Тольяттинский государственный университет

²Военный инженерный технический институт, г. С.-Петербург

ANALYSIS AND BALLISTICS DESIGN OF A LABORATORY INSTALLATION SYSTEM WITH A JOINED DRIVE ON CHAMBERS

Safronov A.I., Zorkin V.A., Potapenko V.V. This article discusses issues of designing systems with two a joined drive on chambers. These systems give a greater gain in the initial speeds than systems with single-camera about 9%, as compared with the classical scheme more 25%. Ballistics Project, Gun Tube System, Joined Drive on Chamber

Для высокоскоростного метания представляет интерес применение систем с одной или двумя камерами подгона при

реализации перспективного уровня давлений в 2-3 раза превышающих традиционные максимумы в ствольных системах. В [1]