11. Аистов И.П., Смирнов В.Д., Штриплинг Л.О. Анализ причин возникновения дефекта «Падение оборотов двигателя» для шестеренных насосов авиационного назначения // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2004. – № 11. – С. 25-28.

12. Аистов И.П. Определение радиальных нагрузок на подшипниковые опоры шестеренных насосов // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2005. – № 3. – С. 35-39.

13. Аистов И.П.. Обеспечение качества сборки шестеренных насосов. // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2006. – № 1. – С. 42-47.

14. Аистов И.П. Повышение качества сборки шестеренных насосов за счет внедрения кинематического контроля.// Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2006. – № 8. – С. 30-32.

15. Аистов, И.П. Диагностическая модель оценки технического состояния шестеренных насосов. // Омский научный вестник. – 2006. – Вып. 1. – С. 101–108.

593.3

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ И ТОЛСТОСТЕННЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Канд. техн. наук, доц. О.Г. ОСЯЕВ, адъюнкт А.В. ОСТАПЕНКО

Получена математическая модель трехмерного напряженно- деформированного состояния несущих конструкций корпусов летательных аппаратов, учитывающая изменения свойств материалов в процессе длительной эксплуатации.

Для оценки технического состояния несущих конструкций, имеющих длительные сроки эксплуатации и определения возможности их дальнейшего использования по назначению, необходимо учитывать влияние вредных факторов на прочностные свойства таких конструкций. К таким факторам относятся: эксплуатационные нагрузки, техногенные катастрофы и аварии, природные катаклизмы и состояние воздушной среды. К числу неблагоприятных относится так же фактор старения материалов конструкции.

Влияние указанных факторов на состояние силовых конструкций сводится к накоплению повреждений, к изменению физико-механических, теплофизических характеристик материалов и параметров напряженно-деформированного состояния элементов конструкции.

В качестве несущих конструкций в технике все чаще используются тонкостенные оболочки сложной геометрии из металлов и композиционных материалов. При этом последние наиболее перспективны, поскольку отличаются высокими прочностными характеристиками при малом удельном весе. Особенность конструкций из композитов состоит в их многослойности, неоднородности и анизотропии свойств применяемых конструкционных материалов. Эти особенности учитываются в рассматриваемой математической модели.

Эксплуатационные нагрузки представляются в виде вектора распределений на внутренней и наружной поверхностях полей температур, напряжений и деформаций, обусловленных действием внешних статических или динамических сил и тепловых источников

$$\overline{\sigma}^{\pm} = \left\{ \sigma_{13}^{\pm}, \sigma_{23}^{\pm}, \sigma_{33}^{\pm}, u_1^{\pm}, u_2^{\pm}, u_3^{\pm} \right\}.$$

Модель позволяет численными методами определять значения параметров трехмерного напряженно-деформированного состояния (НДС) силовых конструкций из неоднородных материалов с переменными физико-механическими свойствами при воздействии факторов внешней среды. В качестве исходных уравнений для расчета НДС многослойной оболочки принимаются трехмерные уравнения движения, соотношения Коши для деформаций и закона Гука, полученные из известных нелинейных уравнений [1] при допущении, что деформации ε_{13}, ε_{23}, ε_{33} являются линейными функциями перемещений.

Из исходной линейной системы уравнений получаем линеаризованную систему уравнений, разрешенную относительно шести функций параметров НДС $\overline{\sigma} = \left\{ \sigma_{13}, \sigma_{23}, \sigma_{33}, u_1, u_2, u_3 \right\}$ и характеризующую поведение предварительно нагруженной цилиндрической оболочки, находящейся в отклоненном состоянии в результате термосилового нагружения. Поскольку полученные уравнения, описывающие дополнительное напряженно-деформированное состояние предварительно нагруженных оболочек, имеют такую же структуру как и уравнения без предварительного нагружения [2], то для их решения используются одинаковые методы.

Рассмотрим многослойную оболочку, отнесенную к криволинейной ортогональной системе координат x_1, x_2, x_3. Для каждого слоя оболочки считаем справедливыми уравнения движения:

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\sigma_{11}\left(1+e_{11}\right)H_2H_3\right]+\sigma_{11}\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)\frac{\partial H_1}{\partial x_2}H_3+\sigma_{11}\left(\frac{1}{2}e_{13}-\omega_2\right)\frac{\partial H_1}{\partial x_3}H_2+\frac{\partial}{\partial x_2}\left[\sigma_{22}\left(\frac{1}{2}e_{12}-\omega_3\right)H_1H_3\right]-$$

$$-\sigma_{22}\left(1+e_{22}\right)\frac{\partial H_2}{\partial x_1}H_3+\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{12}-\omega_3\right)H_2H_3\right]+\frac{\partial}{\partial x_2}\left[\sigma_{12}\left(1+e_{11}\right)H_1H_3\right]+\sigma_{12}\left(1+e_{22}\right)\frac{\partial H_2}{\partial x_1}H_3-$$

$$-\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)\frac{\partial H_1}{\partial x_2}H_3+\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{23}+\omega_1\right)\frac{\partial H_1}{\partial x_3}H_2+\frac{\partial}{\partial x_3}\left(\sigma_{13}H_1H_2\right)+\sigma_{13}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}H_2-\sigma_{33}\frac{\partial H_3}{\partial x_1}H_2+$$

$$+\left(F_1-\rho\frac{\partial^2 U_1}{\partial t^2}\right)H_1H_2H_3=0 \qquad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\sigma_{11}\left(\frac{1}{2}e_{13}-\omega_2\right)H_2H_3\right]-\sigma_{11}\left(1+e_{11}\right)\frac{\partial H_1}{\partial x_3}H_2+\frac{\partial}{\partial x_2}\left[\sigma_{22}\left(\frac{1}{2}e_{23}+\omega_1\right)H_1H_3\right]-\sigma_{22}\left(1+e_{22}\right)\frac{\partial H_2}{\partial x_3}H_1+$$

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{23}-\omega_1\right)H_2H_3\right]+\frac{\partial}{\partial x_2}\left[\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{13}-\omega_2\right)H_1H_3\right]-\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{12}-\omega_3\right)\frac{\partial H_1}{\partial x_3}H_2-\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)\frac{\partial H_2}{\partial x_3}H_1+$$

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\sigma_{13}H_2H_3\right)+\sigma_{13}\frac{\partial H_3}{\partial x_1}H_2+\frac{\partial}{\partial x_2}\left(\sigma_{23}H_1H_3\right)+\sigma_{23}\frac{\partial H_3}{\partial x_2}H_1+\left(F_3-\rho\frac{\partial^2 U_3}{\partial t^2}\right)H_1H_2H_3=0 \quad ;$$

— соотношения для деформации:

$$\varepsilon_{11}=e_{11}+\frac{1}{2}\left[e_{11}^2+\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)^2+\left(\frac{1}{2}e_{13}+\omega_2\right)^2\right];$$

$$\varepsilon_{12}=e_{12}+e_{11}\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)+e_{22}\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)+\left(\frac{1}{2}e_{13}+\omega_2\right)\left(\frac{1}{2}e_{23}+\omega_1\right); \qquad (2)$$

$$\varepsilon_{33}=e_{33}\ ;\ \varepsilon_{13}=e_{13}\ ;\ \varepsilon_{23}=e_{23}\,,$$

где

$$e_{11}=\frac{1}{H_1}\frac{\partial u_3}{\partial x_1}+\frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}u_2+\frac{1}{H_1H_3}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}u_3\,,$$

$$2\omega_1=\frac{1}{H_1H_3}\left[\frac{\partial}{\partial x_2}\left(H_3u_3\right)-\frac{\partial}{\partial x_3}\left(H_3u_3\right)\right]; \qquad (3)$$

— выражения закона Гука (слои являются ортотропными):

$$\varepsilon_{11}=\alpha_{11}\sigma_{11}+\alpha_{12}\sigma_{22}+\alpha_{13}\sigma_{33}+\alpha_{16}\sigma_{12};$$

$$\varepsilon_{12}=\alpha_{16}\sigma_{11}+\alpha_{26}\sigma_{22}+\alpha_{36}\sigma_{33}+\alpha_{66}\sigma_{12};$$

$$\varepsilon_{13}=\alpha_{45}\sigma_{23}+\alpha_{56}\sigma_{13} \qquad (4)$$

Систему уравнений (1) - (4) дополним: условиями на граничных поверхностях оболочки при $x_1=x_1^*$:

$$\sigma_{11}\left(1+e_{11}\right)+\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)=\sigma_{11}^*;$$

$$\sigma_{11}\left(\frac{1}{2}e_{12}+\omega_3\right)+\sigma_{12}\left(1+e_{22}\right)=\sigma_{12}^*$$

(5)

$$\sigma_{11}\left(\frac{1}{2}e_{13}+\omega_2\right)+\sigma_{12}\left(\frac{1}{2}e_{23}+\omega_1\right)+\sigma_{13}=\sigma_{13}^*;$$

$$u_1=u_1^*,\ u_2=u_2^*,\ u_3=u_3^*$$

и при $x_3=x_3^{\pm}$;

$$\sigma_{13}=\sigma_{13}^{\pm};\ \sigma_{23}=\sigma_{23}^{\pm};\ \sigma_{33}=\sigma_{33}^{\pm};\ u_1=u_1^{\pm};\ u_2=u_2^{\pm};\ u_3=u_3^{\pm};$$

условиями идеального механического контакта слоев при $x_3=x_{3,l}$:

$$\sigma_{13,l}=\sigma_{13,l+1};\ \sigma_{23,l}=\sigma_{23,l+1};\ \sigma_{13,l}=\sigma_{33,l+1};$$

$$u_{13,l}=u_{13,l+1};\ u_{2,l}=\sigma_{2,l+1};\ u_{3,l}=\sigma_{3,l+1};$$

(6)

а также начальными условиями:

$$u_1=u_1\Big|_{t=0}\qquad \frac{\partial u_1}{\partial t_1}=\frac{\partial u_1}{\partial t_1}\Big|_{t=0} \tag{7}$$

В (1) –(7):

$(\sigma_{11,}\dots\sigma_{33})$, $(\varepsilon_{11}\dots\varepsilon_{33})$, (u_1,u_2,u_3), (F_1,F_2,F_3), $(\alpha_{11},\dots\alpha_{66})$, ρ - соответственно, напряжения, деформации, перемещения, объемные нагрузки, коэффициенты податливости, плотность, H_1,H_2,H_3 – коэффициенты Ляме.

Уравнения (1)–(3),(5) получены из известных нелинейных уравнений [1] при допущении о том, что деформации $\varepsilon_{13},\varepsilon_{23},\varepsilon_{33}$ являются линейными функциями перемещений.

Считаем, что оболочка имеет предварительное НДС, возникающее под действием статических нагрузок . В результате приложения дополнительных импульсных нагрузок, тепловых потоков оболочка поучает отклонение от предварительного напряженно-деформированного состояния. Полное НДС оболочки представим в виде

$$X_{\Sigma}=X_0+X(t),$$

$$X=\left\{(\sigma_{11},\sigma_{12},\sigma_{13},\sigma_{22},\sigma_{23},\sigma_{33}),(\varepsilon_{11},\varepsilon_{12},\varepsilon_{13},\varepsilon_{22},\varepsilon_{23},\varepsilon_{33}),(u_1,u_2,u_3)\right\}, \tag{8}$$

где X_0— вектор компонент предварительного НДС; $X(t)$— вектор компонент дополнительного НДС, возникающего при отклонении от предварительного состояния в результате действия импульсных нагрузок и тепловых потоков.

Подставив (8) в (1)–(7) и вычитая из полученных выражений для суммарного НДС уравнения, описывающие предварительное напряженно- деформированное состояние и, следовательно, тождественно удовлетворяющиеся, получим соотношения, описывающие поведение оболочки в отклоненном состоянии.В отклоненных состояниях, достаточно близких к предварительному, дополнительные перемещения, деформации, напряжения в оболочке малы, поэтому нелинейными слагаемыми можно пренебречь и ограничиться линейными.

Полагая, кроме того, перемещения и деформации оболочки в предварительном состоянии равными нулю и разрешив полученную систему уравнений относительно шести функций $\overline{\sigma} = \left\{ \sigma_{13}, \sigma_{23}, \sigma_{33}, u_1, u_2, u_3 \right\}$, используя преобразования, приведенные в [2], приходим для каждого слоя оболочки к системе уравнений:

$$\frac{\partial\sigma_{13}}{\partial x_3} = L_1 - \frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\frac{H_2}{H_1}\sigma_{11,0}\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{1}{H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}u_2 + \frac{\partial H_1}{\partial x_3}u_3\right)\right] - \frac{1}{H_1^2H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}\sigma_{22,0}\left(-\frac{1}{H_2} + \frac{\partial H_1}{\partial x_2}u_1 + \frac{\partial u_2}{\partial x_1}\right) -$$
$$-\frac{1}{H_1^2}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}\sigma_{11,0}\left(-\frac{\partial H_1}{\partial x_3}u_1 + \frac{\partial u_3}{\partial x_1}\right) + \frac{1}{H_1^2H_2}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}\sigma_{11,0}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{1}{H_1}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}u_1 + \frac{\partial H_2}{\partial x_3}\right) -$$
$$-\frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial}{\partial x_2}\left[\sigma_{12,0}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_1} + \frac{1}{H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}u_2 + \frac{\partial H_1}{\partial x_3}u_3\right)\right] + \frac{1}{H_1^2H_2}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}\sigma_{12,0}\left(-\frac{1}{H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}u_1 + \frac{\partial u_2}{\partial x_1}\right) -$$
$$-\frac{1}{H_1H_2^2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}\sigma_{12,0}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_1} + \frac{1}{H_1}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}u_1 + \frac{\partial H_2}{\partial x_3}u_3\right) + \frac{2}{H_1H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}\sigma_{12,0}\left(-\frac{\partial H_2}{\partial x_3}u_3 + \frac{\partial u_3}{\partial x_2}\right);$$

$$\frac{\partial\sigma_{33}}{\partial x_3} = L_3 - \frac{1}{H_1^2}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}\sigma_{11,0}\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{1}{H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2} + \frac{\partial H_1}{\partial x_3}u_3\right) - \frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\frac{H_2}{H_1}\sigma_{11,0}\left(-\frac{\partial H_1}{\partial x_3}u_1 + \frac{\partial u_3}{\partial x_1}\right)\right] +$$
$$+\frac{1}{H_2^2}\frac{\partial H_2}{\partial x_3}\sigma_{22,0}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{1}{H_2}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}u_1 + \frac{\partial H_2}{\partial x_3}u_3\right) - \frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial}{\partial x_2}\left[\frac{H_1}{H_2}\sigma_{22,0}\left(-\frac{\partial H_2}{\partial x_3}u_2 + \frac{\partial u_3}{\partial x_2}\right)\right] +$$
$$+\frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_3}\sigma_{12,0}\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} - \frac{1}{H_1}\frac{\partial H_2}{\partial x_1}u_2\right) + \frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial H_2}{\partial x_3}\sigma_{12,0}\left(-\frac{1}{H_2}\frac{\partial H_1}{\partial x_2}u_1 + \frac{\partial u_2}{\partial x_1}\right) -$$
$$-\frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial}{\partial x_1}\left[\sigma_{12,0}\left(-\frac{\partial H_2}{\partial x_3}u_2 + \frac{\partial u_3}{\partial x_2}\right)\right] - \frac{1}{H_1H_2}\frac{\partial}{\partial x_2}\left[\sigma_{12,0}\frac{1}{H_1}\left(-\frac{\partial H_1}{\partial x_3}u_3 + \frac{\partial u_3}{\partial x_1}\right)\right];$$

$$\frac{\partial u_1}{\partial x_3} = L_4; \ \frac{\partial u_2}{\partial x_3} = L_5; \ \frac{\partial u_3}{\partial x_3} = L_6. \qquad (9)$$

Здесь $L_i\left(i = 1 \div 6\right)$ – комплексы, имеющие вид правых частей в системе уравнений (4) [3]; $\sigma_{11,0}, \sigma_{12,0}, \sigma_{22,0}$ — напряжения в оболочке, вызванные ее предварительным нагружением.

Напряжения $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{22}$ определяются с использованием соотношений Коши и закона Гука:

$$\sigma_{22} = \Delta_{1,11}\frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \Delta_{2,11}\frac{1}{x_3}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} + u_3\right) + \sigma_{33}\left(-\alpha_{13}\Delta_{1,11} - \alpha_{23}\Delta_{2,11}\right) + A_{2,11}T;$$
$$\sigma_{12} = \Delta_{3,12}\left(\frac{1}{x_3}\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{dx_1}\right); \qquad (10)$$
$$\sigma_{22} = \Delta_{1,22}\frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \Delta_{2,22}\frac{1}{x_3}\left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} + u_3\right) + \sigma_{33}\left(-\alpha_{13}\Delta_{1,22} - \alpha_{23}\Delta_{2,22}\right) + A_{2,22}T.$$

Коэффициенты при производных в уравнениях (10) определяются физико-механическими параметрами слоев:

$$\Delta_{1,11}=\frac{\alpha_{22}\alpha_{66}}{\Delta};\qquad \Delta_{2,11}=\frac{\alpha_{12}\alpha_{66}}{\Delta};\qquad \Delta_{1,22}=\frac{\alpha_{12}\alpha_{66}}{\Delta};\Delta_{2,22}=\frac{\alpha_{11}\alpha_{66}}{\Delta};\qquad \Delta_{3,12}=\frac{\alpha_{11}\alpha_{22}-\alpha_{12}^{2}}{\Delta};$$

$$\Delta=\left(\alpha_{11}\alpha_{22}-\alpha_{12}^{2}\right)\alpha_{66}$$

$$A_{2,11}=-\alpha_{11}\Delta_{1,11}-\alpha_{22}\Delta_{2,11};\ A_{2,22}=-\alpha_{11}\Delta_{1,22}-\alpha_{22}\Delta_{2,22}.$$

где

$$\alpha_{11}=\frac{1}{E_{11}};\ \alpha_{12}=\frac{v_{21}}{E_{22}};\ \alpha_{13}=\frac{v_{31}}{E_{33}};\ \alpha_{23}=-\frac{v_{32}}{E_{33}};\ \alpha_{33}=\frac{1}{E_{33}};\ \alpha_{44}=\frac{1}{G_{23}};\ \alpha_{55}=\frac{1}{G_{13}};\ \alpha_{66}=\frac{1}{G_{12}}. \tag{11}$$

Полное напряженно-деформированное состояние многослойной оболочки является суммой предварительного и дополнительного, определяемого из решения систем уравнений (9) и (10).

В уравнениях (10)–(11) $\left(E_{11}, E_{22}, E_{33}\right),\left(\alpha_{11}, \alpha_{22}, \alpha_{33}\right)$, соответственно модули упругости, коэффициенты линейного температурного расширения для направлений x_1, x_2, x_3; $\left(G_{12}, G_{13}, G_{23}\right),\left(v_{12}, v_{13}, v_{23}\right)$ – модули сдвига и коэффициенты Пуассона.

Для распространенных в практике цилиндрических оболочек силовых конструкций компоненты действующих на оболочку нагрузок, полей температур и функции параметров НДС раскладываются в двойные тригонометрические ряды по продольной и окружной координатам:

$$\left\{u_1,\sigma_{13},\sigma_{13}^{\pm}\right\}=\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\left\{u_{1,mn},\sigma_{13,mn},\sigma_{13,mn}^{\pm}\right\}\cos\frac{m\pi}{l}x_1\cos nx_2;$$

$$\left\{u_2,\sigma_{23},\sigma_{23}^{\pm}\right\}=\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\left\{u_{2,mn},\sigma_{23,mn},\sigma_{23,mn}^{\pm}\right\}\sin\frac{m\pi}{l}x_1\sin nx_2;$$

(12)

$$\left\{u_3,\sigma_{33},\sigma_{33}^{\pm}\right\}=\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\left\{u_{3,mn},\sigma_{33,mn},\sigma_{33,mn}^{\pm}\right\}\sin\frac{m\pi}{l}x_1\cos nx_2. \tag{12}$$

а производные по времени – в конечные разности

$$\frac{\partial^2\bar{\sigma}}{\partial t^2}=\frac{2\bar{\sigma}\left(t_s\right)-5\bar{\sigma}\left(t_{s-1}\right)+4\bar{\sigma}\left(t_{s-2}\right)-\bar{\sigma}\left(t_{s-3}\right)}{\tau^2}; \tag{13}$$

$$\frac{\partial\bar{\sigma}}{\partial t}=\frac{3\bar{\sigma}\left(t_s\right)-4\bar{\sigma}\left(t_{s-1}\right)+\bar{\sigma}\left(t_{s-2}\right)}{2\tau};$$

После подстановки результатов разложения в исходную систему уравнений для расчета полного НДС многослойных оболочек, получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений для пары волновых чисел m и n для каждого шага по времени.

Осуществляя интегрирование полученной системы уравнений с использованием метода дискретной ортогонализации, позволяющего автоматически удовлетворять условиям идеального механического контакта слоев, а также, суммируя тригонометрические ряды разложения напряжений $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{22}, \sigma_{13}, \sigma_{23}, \sigma_{33}$, получаем решение задачи о трехмерном НДС многослойной оболочки с высокой степенью точности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новожилов В.В. Основы нелинейной теории упругости. М.: -Л.: Гостехиздат, 1984. 212 с.
2. Григоренко Я.М., Василенко А.Т., Панкратова Н.Д. Статика анизотропных толстостенных оболочек. Киев.: Вища школа, 1985. 190 с.
3. Бакулин В.Н. Использование уравнений трехмерной теории упругости для решения задач динамики многослойных оболочек. /Известия вузов. Авиационная техника. 1985. № 3. С. 7-12.

621.01

УДЕЛЬНАЯ НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ КРИТЕРИЙ СРАВНЕНИЯ И ПОДОБИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Канд.техн.наук,доц.Л.А. АНДРИЕНКО, ассист.А.Н.ПЕТРОВСКИЙ

Мотивируется применение в практике проектирования механических передач универсального критерия удельной нагрузочной способности.

Рассмотрена обобщенная модель механической передачи, которая состоит из двух упругих изотропных рабочих тел вращения, установленных на абсолютно-жестких опорах и взаимодействующих посредством геометрической связи. Критерий удельной нагрузочной способности определен как отношение приводного момента к объему рабочих тел и имеет размерность напряжения МПа. На основе анализа теоретической модели критерий представлен в виде произведения функции допускаемых напряжений и безразмерной функции формы. Раскрыт физический смысл критерия. Это средняя энергия упругой деформации нагруженных рабочих тел, приходящаяся на единицу объема и численно равная условному постоянному напря-