

кольцевого диска переменной толщины $h(r)$ с окружающей средой происходит через оба основания диска.

$$\Theta_0(t) = \lambda \int_0^t K_0^{(T)}(t, \tau) \Theta_0(\tau) d\tau + f(t), \quad (1)$$

где $\lambda \frac{1}{\Omega}$ — числовой параметр; $\Omega = \sqrt{\frac{2Hr_0}{\lambda_r}}$ — безразмерная величина; H — коэффициент теплоотдачи, $[H] = \frac{Bm}{m^2 \cdot ^\circ C}$; λ_r — радиальный коэффициент теплопроводности, $[\lambda_r] = \frac{Bm}{m \cdot ^\circ C}$; $t = \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$ — безразмерная переменная; $t \in \left[0, \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)\right]$; r_0 и R — внутренний и внешний радиусы диска соответственно;

$$K_0^{(T)}(t, \tau) = \left[\left(\frac{h'(\tau)}{h(\tau)} \right)' + \Omega^2 \left(1 + \sqrt{\frac{r_0^4 e^{4\tau}}{h^2(\tau)} + \frac{1}{4} \left(\frac{h'(\tau)}{h(\tau)} \right)^2 r_0^2 e^{2\tau}} \right) \right] \sin \Omega(t - \tau) - \Omega \left(\frac{h'(\tau)}{h(\tau)} \right) \cos \Omega(t - \tau) - \text{ядро интегрального уравнения (1);}$$

$C_1 \sin \Omega t + C_2 \cos \Omega t$ — свободный член интегрального уравнения (1); C_1, C_2 — постоянные интегрирования, определяемые из граничных условий.

Общее решение линейного интегрального уравнения Вольтерра 2-го рода (1) записывается с помощью *резольвенты* $R^{(T)}(t, s; \lambda)$:

$$\Theta_0(t) = \lambda \int_0^t R^{(T)}(t, s; \lambda) f(s) ds + f(t),$$

где функция $R^{(T)}(t, s; \lambda) = \sum_{m=0}^{\infty} \lambda^m K_{m+1}^{(T)}(t, s)$.

Повторяющиеся, или итерированные, ядра $K_m^{(T)}(t, s)$ вычисляются по рекуррентным формулам.

В качестве примера рассчитывалось распределение температуры в полярно-ортотропном диске степенного профиля из углепластика.

Напряженно-деформированное состояние равномерно вращающегося полярно-ортотропного кольцевого диска переменной толщины В. В. Королевич (Прага, Чехия), Д. Г. Медведев (Минск, Беларусь)

Ранее методом Лиувилля нами получено линейное интегральное уравнение Вольтерра 2-го рода для радиального перемещения $u(r)$ в равномерно вращающемся с постоянной угловой скоростью ω_0 вокруг нормальной оси полярно-ортотропном кольцевом диске переменной толщины $h(r)$:

$$u(t) = \lambda_2 \int_0^t K_2(t, \tau) u(\tau) d\tau + f_2(t), \quad (1)$$

где $\lambda_2 = \frac{1}{k}$ — числовой параметр, $k = \sqrt{E_\theta/E_r} > 1$;

$$K_2(t, \tau) = \left\{ \left[\left(\frac{h'(\tau)}{h(\tau)} \right)' - \nu_{\theta r} \left(\frac{h'(\tau)}{h(\tau)} \right) \right] \cdot \text{sh}(k(t - \tau)) - k \left(\frac{h'(\tau)}{h(\tau)} \right) \cdot \text{ch}(k(t - \tau)) \right\} - \text{ядро}$$

интегрального уравнения (1);

$$f_2(t) = C_1 \cdot \operatorname{sh}(kt) + C_2 \cdot \operatorname{ch}(kt) - \frac{(k^2 - \nu_{\theta r}^2)}{kE_{\theta}} \rho \omega_0^2 r_0^3 \int_0^t e^{3\tau} \operatorname{sh}(k(t - \tau)) d\tau - \text{свободный член}$$

интегрального уравнения (1); $t = \ln\left(\frac{r}{r_0}\right)$ — безразмерная переменная; $t \in \left[0, \ln\left(\frac{R}{r_0}\right)\right]$; r_0 и R — внутренний и внешний радиусы диска соответственно; C_1, C_2 — постоянные интегрирования, определяемые из граничных условий.

Общее решение линейного интегрального уравнения Вольтерра 2-го рода (1) записывается с помощью *резольвенты* $R_2(t, s; \lambda_2)$:

$$u(t) = \lambda_2 \int_{r_0}^r R_2(t, s; \lambda_2) f_2(s) ds + f_2(t).$$

Здесь функция $R_2(t, s; \lambda_2)$ определяется функциональным рядом:

$$R_2(t, s; \lambda_2) = \sum_{m=0}^{\infty} \lambda_2^m K_{2,m+1}(t, s),$$

который для непрерывных ядер $K_{2,m}(t, s)$ сходится абсолютно и равномерно.

Повторяющиеся, или итерированные, ядра $K_{2,m}(t, s)$ вычисляются по рекуррентным формулам.

Компоненты радиального $\sigma_r(r)$ и тангенциального $\sigma_{\theta}(r)$ напряжений выражаются через радиальное перемещение $u(r)$.

В качестве примера рассчитывались напряжения $\sigma_r(r), \sigma_{\theta}(r)$ и радиальное перемещение $u(r)$ в полярно-ортотропном диске степенного профиля из углепластика.

Перспективы цифровизации логистики стран ШОС

А. А. Королева, С. Р. Дутин, А. А. Дутина (Минск, Беларусь)

Цифровизация транспортной логистики дает значительный эффект в случае создания с ее помощью новых бизнес-моделей. Новые цифровые бизнес-модели создаются, как правило, в качестве результата совместной работы IoT, экосистем, дополненной реальности (Augmented Reality – AR) и искусственного интеллекта.

Беларусь достаточно быстро включается в мировой процесс цифровизации транспортной логистики, в частности происходит переход к электронному документообороту товаровоспроваждающих и коммерческих документов при международных перевозках, формируется единая цифровая платформа транспортно-логистических систем на основе интеграции с международными цифровыми системами. Все перечисленные процессы несомненно вносят определенный экономический эффект: повышается уровень прогрессивности применяемых технологий, расширяет конкурентные возможности, происходит увеличение объема перевозок, происходит совершенствование организационной структуры компании.

Модель, представленная в статье [1] позволяет количественно оценить экономический эффект цифровизации и его вклад в добавленную стоимость транспортной отрасли Республики Беларусь, а также подтверждает, что рост ВДС зависит в большей степени от роста инвестиций в ИКТ, чем инвестиций в остальной капитал. Таким образом, цифровые технологии служат источником дополнительной прибыли при организации внутригосударственных и международных перевозок и хранении грузов [2].