

Таким образом, на основании физико-механических свойств обрабатываемых материалов для каждой группы конструкционных материалов можно определить оптимальные геометрические параметры сверла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. - М.: Машиностроение, 1985. - 302 с.
2. Багдасарян Г.Б., Арутюнян Г.А., Багдасарян В.Г. Определение основных углов резца по разрывному полю обрабатываемого металла // Изв. НАН Армении и ГИУА. Сер. ТН. - 1995. - Т. 48, № 1. - С. 4-7.
3. Некрасов С.С. Сопротивление хрупких материалов разрушению. - М.: Машиностроение, 1971. - 186 с.
4. Давиденков Н.Н. Механические свойства металлов и методы измерения деформаций: Изб. тр. в 2-х т. Т. 2. - Киев: Наукова думка, 1981. - 372 с.
5. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. - М.: Гостехиздат, 1956. - 324 с.

ГИУА

15.IX.1994

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLIX, № 3, 1995, с. 170-177

УДК 621.932.025:679.8.053

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Л.М. МАКАРЯН, А.Л. МАКАРЯՅԻ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДИСКОВЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ КАМНЕРЕЗНЫХ МАШИН

Նվիրված է բիրթական կտրիչներով հանդերձավորված սկավանակաձև գործադիր մարմնի՝ կտրման գործընթացում առաջացող լարվածային-դեֆորմացված վիճակի ուսումնասիրությանը. ստացվել են լարումների տեսգործի բաղադրիչների էպյուրները և առաջադրվել են սկավանակի բեռնաթափումը և կայունությունն ապահովող կառուցվածքային ձևափոխություններ:

Посвящена изучению напряженно-деформированного состояния дискового исполнительного органа, оснащенного режущими пластинками, возникшего в процессе резания путем его аппроксимации с плоской задачей теории упругости с использованием ее методов. Получены эпюры компонентов тензора напряжений и предложены изменения конструкции диска, обеспечивающие его разгрузку и устойчивость.

Ил. 3. Табл. 2. Библиогр: 1 назв.

The paper concerns the developed in the cutting process stressed-deformed state of a disk equipped with plate-type cutters, approximating it with the plane problem of elasticity theory and using its procedures. Distribution curves of stress tensor components have been plotted, conclusions have been made accordingly, as well as it is suggested to make modifications in the disk design in order to provide unloading and stability of the disk.

199. 3. Table 2. Ref. 1.

Определение напряженно-деформированного состояния дискового исполнительного органа можно свести к решению следующей плоской задачи теории упругости. Плоский диск, находящийся в плоском напряженном состоянии, ограничен двумя концентрическими окружностями радиусами соответственно r и R (рис. 1). По радиусу r диск закрепляют на фланце выходного вала трансмиссии режущего узла. При этом можно считать, что на этом контуре компоненты перемещения точек диска равны нулю: $u = a$, $V = 0$. На некоторые части внешнего контура диска действуют силы резания, которые можно представить в виде компонентов P_λ и Q_λ (нормальные и касательные составляющие силы резания, действующие на режущие пластинки, закрепленные на внешнем контуре диска).

Рассмотрим смешанную задачу о плоском напряженном состоянии диска, ограниченного двумя концентрическими окружностями Γ_1 и Γ_2 с радиусами r и R . Будем придерживаться следующих обозначений (рис. 1): ρ, θ — полярные координаты точки $z = \rho e^{i\theta}$; σ_r, σ_θ — нормальные (радиальное и окружное) напряжения; $\tau_{r\theta}$ — касательное напряжение; U, V — перемещения точек диска в направлении радиуса и дуги; на Γ_1 , $u(z) = r$, $U = V = 0$; P_λ, Q_λ ($\lambda = 1, 2, \dots, n$) — нормальные и касательные сосредоточенные силы, приложенные к точкам контура; n — количество режущих пластинок, одновременно принимающих участие в процессе резания.

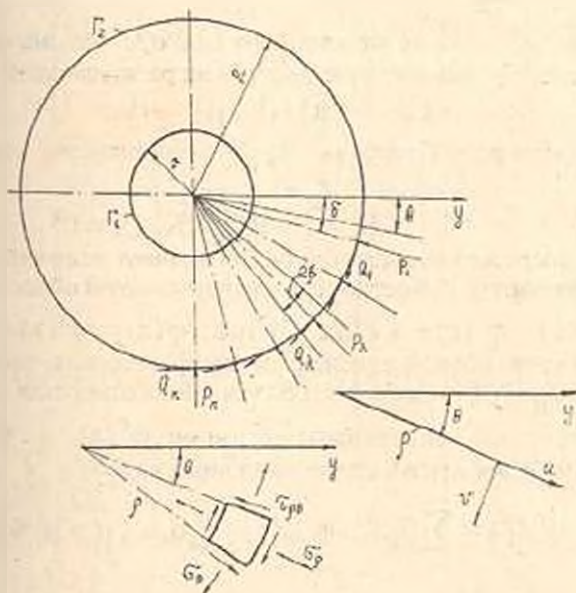


Рис. 1. Схема нагружения дискового исполнительного органа

Разложим силы, действующие на границе $|Z| = R$, в тригонометрический ряд. Для этого заменим сосредоточенные силы нагрузкой, равномерно распределенной на достаточно малых участках дуги.

соответствующих углам $2\beta_1$, (рис. 1). Интенсивности этих краевых напряжений можно считать равными

$$N_1 = -P_\lambda / 2R\beta_0 h, \quad T_1 = Q_\lambda / 2R\beta_0 h.$$

Напряжение на внешнем контуре разложим в комплексный тригонометрический ряд: $N - iT = \sum_{k=-\infty}^{\infty} G_k e^{ik\theta}$. Коэффициенты разложения

G_k определим из следующего интегрального представления:

$$G_k = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (N - iT) e^{-ik\theta} d\theta, \quad \text{на } |z| = R.$$

При $\beta \rightarrow 0$ перейдем к случаю действия сосредоточенных сил:

$$G_k = \frac{1}{2\pi R h} \sum_{\lambda=1}^{\infty} (-P_\lambda - iQ_\lambda) e^{-ik\lambda\delta}. \quad (1)$$

Решение поставленной задачи заключается в нахождении аналитических функций $\varphi(Z)$ и $\psi(Z)$, удовлетворяющих заданным граничным условиям, которые в комплексной форме можно представить в виде

$$\begin{aligned} -\lambda_1 \varphi(z) - z \bar{\varphi}(z) - \bar{\psi}(z) &= O + K_2 i\theta, \quad \text{на } |z| = r, \\ \lambda_2 \varphi(z) + z \bar{\varphi}'(z) + \psi(z) &= \end{aligned} \quad (2)$$

$$= \sum_{k=-\infty}^{\infty} B_k e^{ik\theta} C_2 i \operatorname{Re} + K_2 i \theta e^{i\theta} + K_1 i \theta + C_2^0, \quad \text{на } |z|.$$

Здесь значения K_k зависят от главного вектора усилий, приложенных к отверстию диска, и не зависят от характера их распределения

$$x = (3 - \mu) / (1 + \mu) = -\lambda,$$

где μ — коэффициент Пуассона, R_k — коэффициент, определяемый по формуле

$$B_k = 1 + R \bar{G}_k / K, \quad (k \neq 0). \quad (3)$$

Отметим, что выражение с черточкой обозначает величину, сопряженную выражению без черты. Известно, что для двухсвязной области имеем

$$\varphi(z) = \varphi^0(z) + a^* z \ln z + b^* \ln z, \quad \psi(z) = \psi^0(z) + \lambda \bar{b}^* \ln z. \quad (4)$$

В этих выражениях коэффициенты логарифмических членов зависят от составляющих x и y главного вектора усилий на отверстии диска.

Аналитические однозначные функции $\varphi^0(z)$ и $\psi^0(z)$ согласно теореме Лорана будем искать в виде степенных рядов

$$\varphi^0(Z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k z^k, \quad \varphi^0(Z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_k z^k, \quad r \leq |z| \leq R. \quad (5)$$

Таким образом, решение задачи сводится к определению неизвестных коэффициентов b_k и b_k^* относительно которых из (2), (4) и (5) после преобразований получаем бесконечную систему линейных алгебраических уравнений. Определяем искомые коэффициенты и, используя известные соотношения Мусхелишвили [1]

$$\sigma_p + \sigma_\theta = 2[\varphi'(z) + \varphi(z)] = 4 \operatorname{Re}[\varphi'(z)],$$

$$\sigma_\theta - \sigma_p + 2i\tau_{p\theta} = 2[\bar{z}\varphi''(z) + \psi'(z)]e^{2i\theta},$$

а также учитывая, что главный вектор усилий, приложенных к контуру $|Z| = R$, находится в виде

$$x + iy = -\int (N + iT)e^{i\theta} R d\theta = -\sum_{\lambda=1}^n \frac{1}{h} (-P_\lambda + i\theta_\lambda) e^{i\lambda\sigma} = -2\pi R G_1,$$

(по формуле (1) определяют G_1), после преобразований путем выделения главной особенности решения и улучшения сходимости рядов окончательно получаем формулы для расчета компонентов тензора напряжений в диске в безразмерном виде:

$$\begin{aligned} \sigma_p^0 + \sigma_\theta^0 = & -\frac{2}{\pi} \eta \left\{ \gamma [2 - (1 + \lambda_1)m^2]^{-1} \sum_{\lambda=1}^n \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2n-1}\right) + \right. \\ & + \sum_{k=1,2}^n \sum_{\lambda=1}^n ([1 - \lambda_1 m^{2(1-k)} - A_k^{-1} - (1+k)(1-m^2)] \vartheta^k + \\ & + [1 - \lambda_1 m^{2(1+k)} - (1-k)(1-m^2)] \vartheta^{-k}) A_k \gamma \cos k(\theta - \lambda\delta) \times \\ & \times \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2n-1}\right) + \gamma \sum_{\lambda=1}^n \frac{\vartheta [\cos(\theta - \lambda\delta) - \vartheta]}{1 - 2\vartheta \cos(\theta - \lambda\delta) + \vartheta^2} \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2n-1}\right) \times \\ & \times \sum_{k=1,2,\dots}^n \sum_{\lambda=1}^n ([1 - \lambda_1 m^{2(1-k)} - A_k^{-1} + (1+k)(1-m^2)] \vartheta^k - \\ & - [1 - \lambda_1 m^{2(1+k)} + (1-k)(1-m^2)] \vartheta^{-k}) \times \\ & \times A_k \sin k(\theta - \lambda\delta) \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2n-1}\right) + \sum_{\lambda=1}^n \frac{\vartheta \sin(\theta - \lambda\delta)}{1 - 2\vartheta \cos(\theta - \lambda\delta) + \vartheta^2} \times \\ & \times \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2n-1}\right) \Big\}, \\ \sigma_\theta^0 - \sigma_p^0 = & -\frac{2}{\pi} \eta \left\{ \gamma [2 - (1 - \lambda_1)m^2]^{-1} - 1/2 \right\} \vartheta^{-2} \sum_{\lambda=1}^n \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2n-1}\right) + \\ & + 1/2 \sum_{k=1,2,\dots}^n \sum_{\lambda=1}^n ([1 - \lambda_1 m^{2(1-k)} A_k - (1+k)(1-m^2)] k \vartheta^k + \\ & + [-1 + \lambda_1 m^{2(1+k)} + (1-k)(1-m^2)] k \vartheta^{-k} + [m^2(1-k)(1 - \lambda_1 m^{-2k}) - \\ & - A_k^{-1} - (1-k^2)(1-m^2) + 1 - \lambda_1 m^{2(1+k)} + k A_k^{-1}] \vartheta^{k-2} + \\ & + [m^2(1+k)(1 - \lambda_1 m^{2k}) - A_k^{-1} - (1-k^2)(1-m^2) + 1 - \lambda_1 m^{2(1-k)}] \vartheta^{-k-2} \Big\} \times \\ & \times \gamma A_k \cos k(\gamma - \lambda\delta) \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2n-1}\right) + \frac{1}{2} (1 - \vartheta^{-2}) \times \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
& \times \sum_{\lambda=1}^n \frac{\vartheta(1+\vartheta^2)\cos(\theta-\lambda\delta)-2\vartheta^2}{(1-2\vartheta\cos(\theta-\lambda\delta)+\vartheta^2)^2} \cos\left[\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right] + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{k=1,2,\dots} \sum_{\lambda=1}^n \{ [1-\lambda_1 m^{2(1-k)} - A_k^{-1} + (1+k)(1-m^2)] k \vartheta^k + \\
& + [1-\lambda_1 m^{2(1+k)} + (1-k)(1-m^2)] k \vartheta^{-k} + [m^2(1-k)(1-\lambda_1 m^{-2k}) + \\
& + (2-k)A_k^{-1} + (1-k^2)(1-m^2) - 1 + \lambda_1 m^{2(1+k)}] \vartheta^{k-2} - \\
& - [m^2(1+k)(1-\lambda_1 m^{2k}) + A_k^{-1} + (1-k^2)(1-m^2) - 1 - \lambda_1 m^{2(1-k)}] \times \\
& \times \vartheta^{-k-2} \} A_k \sin k(\theta-\lambda\delta) \cos\left(\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right) + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{\lambda=1}^n \frac{2\sin(\theta-\lambda\delta)}{\vartheta(1-2\vartheta\cos(\theta-\lambda\delta)+\vartheta^2)} \cos\left(\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right) + \frac{1}{2}(1-\vartheta^2) \times \quad (7) \\
& \times \sum_{\lambda=1}^n \cos\left(\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right) \frac{\vartheta(1-\vartheta^2)\sin(\theta-\lambda\delta)}{(1-2\vartheta\cos(\theta-\lambda\delta)+\vartheta^2)^2} \}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tau_{\rho 0}^0 = & -\frac{\eta}{\pi} \left\{ -\frac{1}{2} \vartheta^{-2} \sum_{\lambda=1}^n \cos\left(\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right) + \frac{1}{2} \sum_{k=1,2,\dots} \sum_{\lambda=1}^n \{ -[1-\lambda_1 m^{2(1-k)} + \right. \\
& + (1+k)(1-m^2) - A_k^{-1}] k \vartheta^k + [1-\lambda_1 m^{2(1+k)} + (1-k)(1-m^2)] k \vartheta^{-k} - \\
& - [m^2(1-k)(1-\lambda_1 m^{-2k}) + A_k^{-1} + (1-k^2)(1-m^2) - 1 + \lambda_1 m^{2(1+k)} - \\
& - (2-k)A_k^{-1}] \vartheta^{k-2} - [(1+k)(1-\lambda_1 m^{2k}) + A_k^{-1} + (1-k^2)(1-m^2) - 1 + \\
& + \lambda_1 m^{2(1-k)}] \vartheta^{-k-2} \} A_k \cos k(\theta-\lambda\delta) \cos\left(\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right) - \\
& - \frac{1}{2} \sum_{\lambda=1}^n \cos\left(\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right) \frac{2(\cos(\theta-\lambda\delta)-\vartheta)}{\vartheta(1-2\vartheta\cos(\theta-\lambda\delta)+\vartheta^2)} - \frac{1}{2}(1-\vartheta^2) \times \quad (8) \\
& \times \sum_{\lambda=1}^n \frac{\vartheta(1+\vartheta^2)\cos(\theta-\lambda\delta)-2\vartheta^2}{(1-2\vartheta\cos(\theta-\lambda\delta)+\vartheta^2)^2} \cos\left(\frac{\pi\lambda-1}{2n-1}\right) + \\
& + \frac{1}{2} \sum_{k=1,2,\dots} \sum_{\lambda=1}^n \{ [1-\lambda_1 m^{2(1-k)} - (1+k)(1-m^2) - A_k^{-1}] k \vartheta^k + \\
& + [1-\lambda_1 m^{2(1+k)} - (1-k)(1-m^2)] k \vartheta^{-k} + \\
& + [m^2(1-k)(1-\lambda_1 m^{-2k}) - A_k^{-1} - (1-k^2)(1-m^2) + \\
& + 1 - \lambda_1 m^{2(1-k)}] \vartheta^{-k-2} \} A_k \gamma \sin k(\theta-\lambda\delta) \times
\end{aligned}$$

$$\times \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2 n - 1}\right) + \frac{1}{2} \gamma (1 - \vartheta^{-2}) \times \\ \times \sum_{\lambda=1}^{\infty} \frac{\vartheta(1 - \vartheta^2) \sin(\theta - \lambda \delta)}{(1 - 2\vartheta \cos(\theta - \lambda \delta) + \vartheta^2)^2} \cos\left(\frac{\pi \lambda - 1}{2 n - 1}\right) \left\{ \right. \quad \left. \right\}, \quad (\text{где } m = r/R).$$

Для численной реализации полученных математических выражений (6) - (8) проведены вычисления значений параметров диска, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Данные для расчета компонент напряжений, действующих в диске

Вариан- ты	Значение величин								
	χ	η	μ	γ	σ	n	ϑ	k	ϑ
1				0,2					$\rho/20$
2				1,0	$\pi/10^\circ$	6	0,55	$k=1$	$2\pi/20, \dots$
3				1,5			0,65		$40\pi/20$
4				0,2					$\pi/36$
5	2	0,1	0,55	1,0	$\pi/18$	7	0,75...1	2,3... 10	$2\pi/36, \dots$
6				1,5					$72\pi/36$
7				0,2			0,40		$\pi/50$
8			0,40	1,0	$\pi/25$	9	0,45		$2\pi/50, \dots$
9				1,5			0,50...1		$100\pi/50$

Примечание: $\chi = (3 - \mu)(1 + \mu)$ — коэффициент Пуассона для стали;

$k = 2$, $m = r/R$, $\vartheta = \rho/R$, $m \leq \vartheta < 1$, $\gamma = P/Q$; σ , n , k , η — известные постоянные.

Для тех же числовых вариантов рассмотренной задачи построены эпюры компонент напряжений, действующих в диске (рис. 2).

Анализ полученных результатов показывает:

1. Максимальные напряжения в диске возникают вблизи зоны резания.
2. Напряжения по периметру диска меняют свой знак. Следовательно, диск работает на циклическое нагружение и расчеты его на прочность следует вести методами теории усталостной прочности.
3. Увеличение числа режущих пластинок, совместно участвующих в процессе резания, приводит к уменьшению максимальных значений действующих в диске напряжений.
4. Напряжения, действующие в средней зоне диска, имеют минимальное значение. Следовательно, для разгрузки диска и создания условий, обеспечивающих работу диска без потери устойчивости в процессе

The figure consists of four separate technical drawings of spiral shells, each shown in a cross-sectional view. The drawings are arranged in a 2x2 grid. Each drawing illustrates the internal structure of the shell, including the whorls and the central cavity. Various measurements and labels are present:

- Top Left:** Shows a shell with a central cavity. A measurement of 20.7 is indicated at the top left. A small arrow points to the center of the cavity.
- Top Right:** Shows a shell with a central cavity. A measurement of 14.8 is indicated at the top right. A small arrow points to the center of the cavity.
- Bottom Left:** Shows a shell with a central cavity. Measurements of 28.2 and 21.6 are indicated on the right side. A measurement of 15.5 is indicated at the bottom right. A small arrow points to the center of the cavity.
- Bottom Right:** Shows a shell with a central cavity. Measurements of 14.7, 15.7, and 15.0 are indicated on the right side. A small arrow points to the center of the cavity.

Для исполнительного органа с роликовыми резцами производится проверочный расчет консолей, на которые установлены ролики и действуют компоненты силы резания $P_x(Q)$, $P_y(P)$ и $\bar{P}_x(A)$.

A diagram of a rectangular element in a stress field. The element has dimensions $2a_x$, $2a_y$, and c . It is subjected to normal stresses $\bar{p} = p_y$ and $\bar{q} = p_z$. The coordinate system (x, y, z) is shown.

176

Опасным является сечение консоли у его основания в связи с действием нормальных напряжений

$$\sigma = \frac{1}{4a_1b_1} \left(-P_x + 3P_x \frac{c}{b_1} - P_x \frac{c}{a_1} \right) \leq [\sigma].$$

Максимальные касательные напряжения в том же сечении имеют вид

$$\tau_x = 3P_x / 2a_1b_1 \leq [\tau], \quad \tau_z = 3P_z / 2a_1b_1 \leq [\tau].$$

Таблица 2
Параметры рекомендуемых дисковых исполнительных органов с роликовыми резацами

D_d мм	d_d мм	$2a_1$ мм	$2b_1$ мм	d_p мм	d_m мм	C мм	n
900	150	10	35	19	5	45	18
1200	150	10	35	19	5	45	32

Исходя из результатов расчетов, с учетом характеристик используемых для дисков материалов и технологий изготовления в табл. 2 приведены параметры рекомендуемых дисковых исполнительных органов с роликовыми резацами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухелишвили Н.И. Некоторые свойства задач математической теории упругости. - М.: Наука, 1966. - 707 с.

ООО "Армраморгранит"

15.X.1995

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLIX, № 3, 1995, с. 177-181

УДК 629.114.2.001.42

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Н.А. БАЗИКЯН, Г.В. АМБАРЦУМЯН, А.Н. АЛОЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ПО КРИТЕРИЯМ ПЛАВНОСТИ ХОДА

Անվավոր տրակտորների տատանումներն ուղղահայաց հարթությունում բնութագրող դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի լուծմամբ որոշված են կախոցների կոշտության օպտիմալ արժեքներն ըստ առջևի և հետևի անիվների առանցքներով կախոցավորված զանգվածների ուղղահայաց արագացումների նվազագույն արժեքների: Որպես ելակետային վերցված են ՄՏՁ-80 համապիտանի - շարահերքային տրակտորի անվաղուղիների, կախոցների առանձգամարդո բնութագրերը՝ պարսպ ընթացքով և կախովի զուբանով տրանսպորտային վիճակում:

Решением системы дифференциальных уравнений, описывающих колебания колесного трактора в вертикальной плоскости, определены оптимальные (по