

МАШИНОСТРОЕНИЕ

И. В. ОЛЕЙНИК, М. Г. СТАКЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
 ТЕРМООБРАБОТАННЫХ СТАЛЕЙ

В современном машиностроении все больше получают распространение расчеты деталей и узлов на долговечность. Стремление создать высокопроизводительную машину с минимальным расходом материалов заставляет не только использовать прочностные резервы конструкции за счет совершенствования методов расчета и технологии изготовления деталей, но и прогнозировать гарантийный срок службы машины, в пределах которого обеспечивается работоспособность ее деталей и узлов.

Одним из эффективных методов повышения циклической долговечности деталей является их термическая обработка. В работе [1] показано, что в интервале твердостей HRC = 17÷50 для среднеуглеродистых и низколегированных сталей относительный рост показателей долговечности составляет примерно 1,4÷3,2, в связи с чем для закаленных деталей незначительные колебания напряжений могут вызвать изменение числа циклов в несколько или десятки раз, т. е. их чувствительность к перегрузкам резко возрастает.

В настоящее время не существует общепринятого метода оценки долговечности и чувствительности к перегрузкам в зависимости от вида термообработки. Если учесть, что кривые выносливости закаленных деталей могут быть аппроксимированы до значения  $N_f \approx 10^8$ , охватывающего их срок службы, инженерный расчет по долговечности приобретает реальный смысл. Эффект упрочнения, достигаемый при термообработке, учитывается коэффициентом  $\beta_{\Delta}$ , представляющим отношение пределов выносливости термообработанных и отожженных образцов [2]. Для оценки того же эффекта по долговечности предлагается коэффициент в виде инкливого отношения

$$\beta_{\Delta} = \frac{N}{N'} \quad (1)$$

где  $N$  и  $N'$  — долговечности сопоставляемых образцов при данном напряжении  $\sigma_p$ .

Учитывая переменность дисперсии долговечностей  $S_N^2$  от уровня  $\sigma_p$  и ее изменение в связи с формой, размерами, режимом нагружения и видом термообработки деталей, можно записать, что

$$\beta_N = \frac{N_n}{N_0} = \frac{\bar{N} + uS_N}{N' + uS_N'} = \frac{(1 + uV_N)\bar{N}}{(1 + uV_N')N'} = A_N \bar{\beta}_{N'} \quad (2)$$

где  $u$  — квантиль нормального распределения;  $\bar{\beta}_{N'}$ ,  $\bar{N}$ ,  $N'$  — средневзвешенные значения  $\beta_{N'}$ ,  $N$  и  $N'$ ;  $V_N$ ,  $V_N'$  — коэффициенты вариации долговечностей;  $A_N$  — вероятностный коэффициент.

При действии указанных факторов можно считать, что  $V_N \neq V_N'$  и  $\beta_{N'} \neq \text{const}$ , следовательно,  $\beta_N$  — случайная величина, зависящая от  $\tau_1$  и вероятности неразрушения  $I(N)$ .

Для вывода функции  $\beta_N = f[\sigma_1, I(N)]$  используем уравнение кривой выносливости в параметрическом виде

$$\lg N_i = (\lg \bar{N} + uS_{N_i}) - (\bar{m} + uS_m)(\lg \tau_i - \lg \tau) - C_n - m_n \lg \tau_i. \quad (3)$$

Согласно взаимному расположению сопоставляемых кривых выносливости наметим зоны напряжений, в пределах которых вид функции  $\beta_N$  остается неизменным (на рис. 1 параметры кривой отоженных образцов имеют штриховое обозначение).

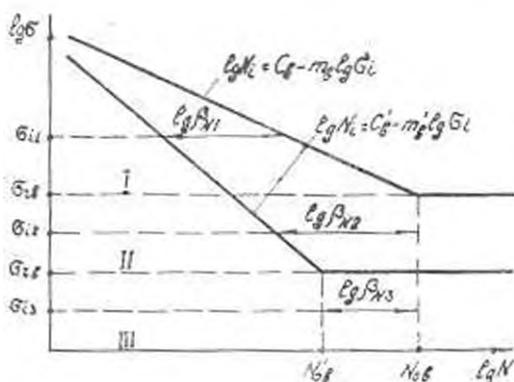


Рис. 1. К определению зависимостей (4) — (6).

I зона —  $\sigma_1 > \sigma_{ra}$ . При  $\tau_{i1} = \text{const}$   $\lg \beta_{N1} = \lg N_i - \lg N_i'$   
или, согласно (3),

$$\lg \beta_{N1} = [C_n - C_n'] - [m_n - m_n'] \lg \tau_i; \quad (4)$$

обозначим

$$\lg \beta_{N1} = \Delta C_{n1} - \Delta m_{n1} \lg \tau_i. \quad (4a)$$

II зона —  $\sigma_{ra} < \sigma_1 < \sigma_{re}$ . При  $\tau_{i2} = \text{const}$   $\lg \beta_{N2} = \lg N_{0a} - \lg N_i'$   
или

$$\lg \beta_{N2} = [(C_n - C_n') - m_n \lg \tau_{ra}] + m_n \lg \tau_i. \quad (5)$$

откуда

$$\lg \beta_{N2} = \Delta C_{n2} + m_n \lg \tau_i. \quad (5a)$$

III зона —  $\sigma_a < \sigma'_{0b}$ . Коэффициент  $\beta_N$  однозначно определяется лишь на наклонных участках кривых выносливости, поэтому  $\beta_N$  здесь достигает граничного значения  $\beta_N = \frac{N_{0b}}{N_{0a}}$ , следовательно,

$$\lg \beta_N = [C_b - C_a] - [m_b \lg \sigma_{0b} - m_a \lg \sigma'_{0a}] = \text{const}, \quad (6)$$

или

$$\lg \beta'_N = \Delta C_{a1} - \Delta(m_a \lg \sigma_{r_n}). \quad (6a)$$

В статье рассматриваются результаты циклических испытаний образцов из стали 45 и 40X [гладкие (Гл) и с концентратором напряжений (К),  $d = 10; 25$  мм], подвергнутых отжигу (О), нормализации (Н), улучшению (У) и закалке (З) при стационарном и программном режимах нагружения [1, 2].

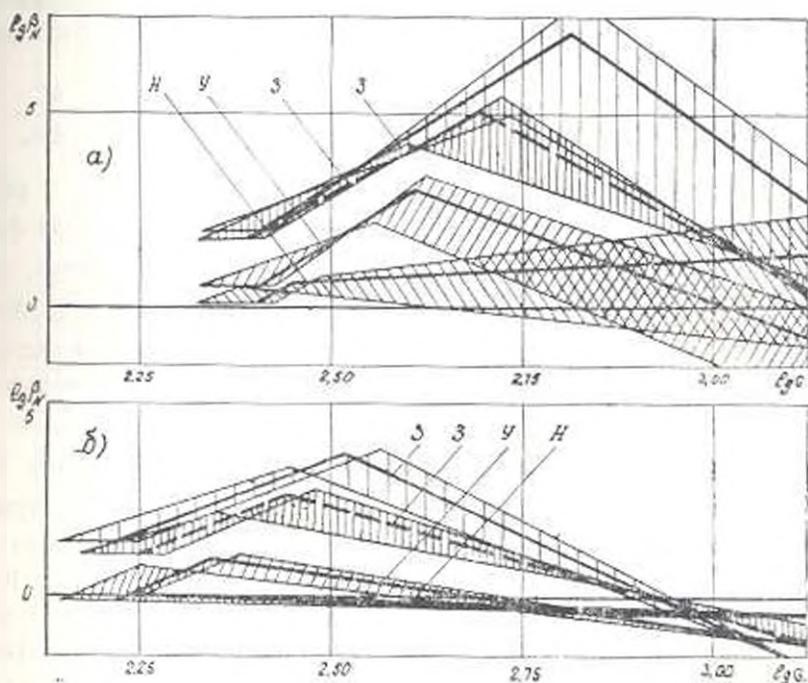


Рис. 2. Изменение коэффициента  $\beta_N$  в зависимости от  $\sigma$  и  $l(N)$ :

а) стационарное нагружение—образцы из стали 45 ( $\varnothing 10$ Гл) и из стали 40X ( $\varnothing 25$ Гл);  
 б) программное нагружение—образцы из стали 45 ( $\varnothing 25$ К) и из стали 40X ( $\varnothing 25$ К).

Пунктирные линии относятся к образцам из стали 40X.

На рис. 2 представлены зависимости (4)–(6а), подсчитанные согласно данным [1, 2] при  $l(N) = 10; 50$  и 99,9%. Как видно, основными факторами, влияющими на величину  $\beta_N$ , являются концентрация напряжений и твердость образцов. Функция  $\beta_N = f[\sigma; l(N)]$  имеет возрастающе-убывающий характер с максимальным значением  $\beta_{N_{max}}$ .

соответствующим длительному пределу выносливости  $\tau_{r0}$ . В связи с рассеянием  $\tau_{r0}$  вероятные значения  $\beta_{N \max}$  распределены на некотором участке  $\tau_1$  и зависят от  $l(N)$ . Дисперсия  $S_{\beta_N}^2$  переменна от  $\tau$  и зависит от форм, размеров и вида термообработки образцов. Для гладких закаленных образцов меньшего диаметра средневероятные значения  $\bar{\beta}_N$  и  $S_{\beta_N}^2$  максимальны, а  $\beta_{N \max}$  перемещены в зону высоких напряжений. Для надрезанных образцов при низких твердостях  $\beta_N \approx 1$ , дисперсия  $S_{\beta_N}^2$  весьма незначительна и преобладающей является I зона.

Соотношение зон функции  $\beta_N = f\{\tau; l(N)\}$ , а также значения  $\beta_{N \max}$ ,  $\beta_{N \min}$ ,  $\bar{\beta}_N$  и  $S_{\beta_N}^2$  зависят от взаимного расположения и размеров областей рассеяния  $\lg N$ , термообработанных и отожженных образцов, которое можно оценить соответствующими характеристиками выносливости. Выделим группу относительных величин, учитывающих изменение этих характеристик в связи с действием рассмотренных факторов:

$$\delta\tau_n = \frac{\tau_{r0}}{\tau_{rn}}, \quad \delta m_n = \frac{m_n}{m_n}, \quad \delta C_n = \frac{C_n}{C_n}, \quad \delta N_n = \frac{\lg N_{00}}{\lg N_{00}}, \quad \delta b = \frac{\delta C_n}{\delta m_n}. \quad (7)$$

Наряду с  $\tau_{r0}$ , величина  $\delta\tau_n$  определяет соотношение зон  $\beta_N$  и расположение точки с  $\beta_{N \max}$ . В большинстве  $\delta\tau_n > 1$ , в связи с чем функция  $\beta_N$  определена во всех трех зонах. При низких твердостях, свойственных нормализации, может наблюдаться условие  $\delta\tau_n \geq 1$ , благодаря чему II зона максимально сокращается или вовсе отсутствует. В [1] показано, что при переходе к неравновесным структурным состояниям  $\delta\tau_n$  пропорционально растут и на уровне  $\bar{\tau}_1$  достигают значений: для закаленных образцов  $\delta\tau_n = 2,0 - 2,5$ , улучшенных  $\delta\tau_n = 1,3 - 1,6$  и нормализованных  $\delta\tau_n = 1,0 - 1,15$ . Меньшие интервальные значения  $\delta\tau_n$  соответствуют надрезанным образцам большого диаметра, поэтому при HRC = 45 - 50 для гладких образцов  $d = 10$  мм протяженность I зоны минимальная. При умеренных и низких твердостях I зона постепенно увеличивается за счет II зоны и охватывает все больший интервал  $\tau_1$ . В связи с изменением  $\delta\tau_n$  встречаются два варианта функции  $\beta_N$  (табл. 1).

Интенсивность изменения  $\beta_N$  в I и II зонах оценивается величиной  $\delta m_n$ , так как связь между  $\Delta m_n$  и  $m_n$  можно записать в виде  $\Delta m_n = m_n(\delta m_n - 1)$ . Средневероятные значения  $\bar{\delta m}$  меняются в пределах: для нормализованных образцов  $\bar{\delta m} = 0,91 - 1,10$ , улучшенных  $\bar{\delta m} = 1,30 - 1,75$  и закаленных  $\bar{\delta m} = 1,95 - 2,45$ . Здесь наблюдаются условия  $\delta m_n > \delta m_{nk}$  и  $\delta m_n < \delta m_{nl}$ , равно как  $m_n > m_{nk}$  и  $m_n < m_{nl}$ . С увеличением твердости эти неравенства усиливаются, поэтому наклон  $\beta_N$  максимальный для гладких закаленных и минимальный для над-

резанных нормализованных образцов. Во II зоне интенсивность  $\beta_N$  определяется величиной  $m_s$ , поэтому при испытаниях серий образцов, отличающихся лишь видом термообработки, наклон  $\beta_N$  остается неизменным (рис. 2). Принятый режим нагружения способствует усилению крутизны  $\beta_N$ . В зависимости от величины  $\Delta m_s$  возможны три варианта изменения наклона  $\beta_N$  (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	$\Delta \sigma_s$	$\Delta M_s$	$\Delta m_s$	$\Delta \beta$	Вид зависимости $\beta_N = f(\sigma)$
1			$>1$		
2	$>1$	$>1$	$\approx 1$	$>1$	
3			$<1$		
4			$>1$		
5	$>1$	$\approx 1$	$\approx 1$	$>1$	
6			$<1$		
7			$>1$		
8	$>1$	$<1$	$\approx 1$	$>1$	
9			$<1$		
10			$>1$		
11	$\approx 1$	$>1$	$\approx 1$	$>1$	
12			$<1$		
13			$>1$	$<1$	
14	$\approx 1$	$\approx 1$	$\approx 1$	$\approx 1$	
15			$<1$	$<1$	
16			$>1$	$<1$	
17	$\approx 1$	$<1$	$\approx 1$	$<1$	
18			$<1$	$>1$	

Отношение  $\Delta N_s$  формирует конечный участок кривой  $\beta_N$ . С увеличением твердости их значения пропорционально растут и в большинстве  $\Delta N_s > 1$ . При низких твердостях масштабный эффект и концентрация напряжений способствуют снижению его значений до  $\Delta N_s < 1$ , а под действием программного нагружения  $\Delta N_s$  несколько увеличивается. Здесь возможны три варианта конечных участков  $\beta_N$  (табл. 1).

Отношение  $\delta b$  учитывает изменение характеристик выносливости в комплексе и определяет величину коэффициента  $\beta_N$  в целом. Благодаря разной интенсивности изменения этих характеристик можно записать, что для гладких образцов  $\delta m_{0.2} > \delta C_{0.2}$ , с увеличением диаметра образцов  $\delta m_{0.2} \leq \delta C_{0.2}$ , а при наличии надрезов  $\delta m_{0.2} < \delta C_{0.2}$ , т. е.  $\delta b_c > 1$ ,  $\delta b_d \leq 1$  и  $\delta b_s < 1$ . Значения  $\beta_N$  пропорциональны  $\delta b$ , поэтому они минимальны для надрезанных образцов большого диаметра, а при нормализации достигают до  $\beta_N \leq 1$ . Наименшие величины (7) показывают, что в зонах I—III коэффициент  $\beta_N$  больше единицы, если одновременно соблюдаются неравенства  $\delta z_s > 1$ ,  $\delta m_s = 1$ ,  $\delta N_s$  и  $\delta b > 1$ .

Параметры уравнения (4а)  $\Delta m_{0.2}$  и  $\Delta C_{0.2}$  взаимосвязаны и по структуре схожи с характеристиками выносливости  $m_s$  и  $C_s$ . Это предопределяет их аналогичное изменение в зависимости от действия рассматриваемых факторов (рис. 3 и 4). С увеличением твердости  $\Delta m_{0.2}$  и  $\Delta C_{0.2}$  возрастают, благодаря "эффекту тренировки" программное нагружение способствует увеличению их значений, а под действием масштабного эффекта и концентрации напряжений  $\Delta m_{0.2}$  и  $\Delta C_{0.2}$  резко снижаются. Если их представить в виде:

$$\Delta m_{0.2} = (\bar{m} - \bar{m}') + u(S_m - S_m') = \Delta \bar{m} + u \cdot \Delta S_m; \quad (3)$$

$$\Delta C_{0.2} = \Delta \bar{C} + u[\Delta S_N + \Delta(S_m \lg \tau)], \quad (9)$$

то, согласно [1],  $\Delta \bar{m}$ ,  $\Delta \bar{C}$ ,  $\Delta S_m$ ,  $\Delta S_N$ ,  $\Delta(S_m \lg \tau) > 0$ , и, поэтому, при отрицательных квантилях  $u$ , соответствующих  $1(N) > 50\%$ , вероятные значения  $\Delta m_{0.2}$  и  $\Delta C_{0.2}$  падают.

Изменение  $\Delta m_{0.2}$  и  $\Delta C_{0.2}$  от твердости пропорционально, что позволяет для оценки их значений использовать линейный регрессионный анализ, и зависимости  $\Delta m_{0.2}$ ;  $\Delta C_{0.2} = f(\text{HRC})$  выразить уравнениями

$$y_i = \bar{y} + r \frac{S_y}{S_x} (x_i - \bar{x}) \quad \text{или} \quad y_i = ax_i + b, \quad (10)$$

где

$$r_i = \text{HRC}; \quad y_i = \Delta m_{0.2}; \quad \Delta C_{0.2}.$$

Расчитанные параметры уравнения (10) представлены в табл. 2, откуда видно, что теснота корреляционной связи между  $\Delta m_{0.2}$ ,  $\Delta C_{0.2}$  и HRC достаточно высокая. Наличие на рис. 3 и 4 начальной точки с координатами  $(\text{HRC}_{0.2}, 0)$  ( $\text{HRC}_{0.2}$  — твердость отоженных образцов) для семейства линий  $\Delta m_{0.2}$  и  $\Delta C_{0.2}$  обуславливает обратно пропорциональное изменение значений  $a$  и  $b$ .

Из рассмотрения данных табл. 3, где представлены вероятные значения параметров (5а) и (5б), можно заключить, что коэффициент  $\beta_N$  во II зоне зависит, в основном, от характеристик выносливости отоженных образцов. Преобразуя структуру параметра  $\Delta C_{0.2}$ , согласно рис. 1 можно записать, что

$$\Delta C_{0.2} = [C_0 - m_n \lg \tau_{r,1}] - C_n = \lg N_{0.2} - C_n. \quad (11)$$

Таблица 2

№ пп.	Режим	Конструкция	Материал	Термо-обработка	$\Delta C_1 = f_1$ (HRC)								
					$f(N) = 10^9 / s$			$f(N) = 50^9 / s$			$f(N) = 99,9^9 / s$		
					$a_1$	$b_1$	$r$	$a_1$	$b_1$	$r$	$a_1$	$b_1$	$r$
1 2 3	Стойко-рот	Ø10ГЛ 25ГЛ	Ст. 45	О, Н, У, З	2,048	-38,687	0,979	1,511	-32,033	0,981	1,240	-17,419	0,952
					1,545	-23,451	0,983	1,343	-22,016	0,991	0,853	-13,723	0,984
					1,342	-26,836	—	1,146	-22,910	—	0,672	-13,431	—
4 5 6	Стойко-рот	Ø10К 25К	Ст. 45	О, Н, У, З	0,749	-13,580	0,991	0,610	-11,949	0,986	0,396	-8,012	0,952
					0,958	-17,671	0,983	0,554	-15,878	0,992	0,602	-11,551	0,983
					0,575	-11,495	—	0,503	-10,054	—	0,329	-6,573	—
7 8 9	Прямая шли	Ø10ГЛ 25ГЛ	Ст. 45	О, Н, У, З	2,459	-44,950	0,981	2,335	-40,326	0,984	2,036	-39,163	0,968
					1,691	-24,919	0,991	1,517	-22,224	0,990	1,098	-15,719	0,989
					1,577	-31,542	—	1,404	-28,056	—	0,982	-19,640	—
10 11 12	Прямая шли	Ø10К 25К	Ст. 45	О, Н, У, З	0,831	-15,160	0,991	0,734	-13,372	0,989	0,493	-9,055	0,976
					1,015	-18,811	0,996	0,952	-17,205	0,993	0,730	-13,247	0,994
					0,594	-11,850	—	0,506	-10,520	—	0,362	-7,539	—

Примечание табл. 2

№ пп.	$\Delta m_1 = f_1$ (HRC)								
	$f(N) = 10^9$			$f(N) = 50^9$			$f(N) = 99,9^9$		
	$a_1$	$b_1$	$r$	$a_1$	$b_1$	$r$	$a_1$	$b_1$	$r$
1	0,625	-11,533	0,966	0,555	-9,838	0,969	0,365	-5,022	0,925
2	0,490	-7,831	0,986	0,403	-6,721	0,984	0,263	-4,045	0,972
3	0,427	-8,534	—	0,361	-7,229	—	0,204	-4,078	—
4	0,215	-4,429	0,954	0,211	-3,909	0,975	0,129	-2,654	0,915
5	0,429	-6,049	0,993	0,292	-5,424	0,991	0,203	-3,913	0,976
6	0,196	-3,920	—	0,171	-3,413	—	0,109	-2,187	—
7	0,783	-14,122	0,971	0,733	-12,613	0,975	0,661	-8,971	0,952
8	0,542	-7,523	0,982	0,485	-6,677	0,981	0,346	-4,637	0,978
9	0,509	-10,169	—	0,451	-9,021	—	0,313	-6,250	—
10	0,278	-4,998	0,985	0,244	-4,402	0,981	0,163	-2,958	0,957
11	0,355	-6,312	0,997	0,323	-5,751	0,997	0,247	-4,395	0,997
12	0,203	-4,050	—	0,179	-3,580	—	0,122	-2,445	—

Таблица 3

№ пп	Режим	Конструкция	Материал	Герметизация	$I(N) = 10\%$			$I(N) = 50\%$			$I(N) = 99,9\%$		
					$\Delta C_{a2}$	$m_a$	$\lg \frac{P}{N}$	$\Delta C_{a2}$	$m_a$	$\lg \frac{P}{N}$	$\Delta C_{a2}$	$m_a$	$\lg \frac{P}{N}$
1	Стационарный	10ГЛ	Ст. 45	Н	-36,622		0,0837	-30,932		0,0832	-17,196		0,0839
2				У	-36,280	15,143	0,4238	-30,589	12,888	0,4264	-16,849	7,443	0,4306
3				З	-34,805		1,9011	-29,113		1,9017	-15,374		1,9053
4		Ø25ГЛ	Ст. 40Х	Н	-27,519		-0,1063	-25,336		-0,1062	-20,067		-0,1061
5				У	-27,328	11,551	0,0845	-25,144	10,726	0,0855	-19,872	8,735	0,0884
6				З	-25,757		1,6563	-23,573		1,6572	-18,301		1,6596
7		Ø10К	Ст. 45	Н	-26,740	11,793	1,7303	-24,476	10,969	1,7308	-19,101	8,979	1,7326
8				У	-13,765		-0,1199	-12,474		-0,1214	-9,370		-0,1323
9				З	-13,896	6,206	-0,2511	-12,601	5,715	-0,2486	-9,450	4,529	-0,2419
10		Ø25К	Ст. 40Х	Н	-12,487		1,1575	-11,192		1,1606	-8,070		1,1681
11				У	-17,112	7,842	0,0355	-15,962	7,401	0,0345	-13,189	6,337	0,0300
12				З	-17,124		0,0238	-15,972		0,0245	-13,193		0,0263
13		Ø10ГЛ	Ст. 45	Н	-15,758		1,3915	-14,603		1,3932	-11,822		1,3975
14				У	-15,496	7,418	1,1924	-14,109	6,901	1,1943	-10,762	5,654	1,1990
15	З			-40,523		0,0494	-32,998		0,0494	-14,834		0,0534	
16	Ø25ГЛ	Ст. 40Х	Н	-40,035	16,504	0,5381	-32,509	13,548	0,5391	-14,341	6,413	0,5462	
17			У	-39,673		1,8994	-31,147		1,9004	-12,980		0,9078	
18			З	-27,035		0,1534	-24,966		0,1542	-19,971		0,1566	
19	Ø10К	Ст. 45	Н	-26,941	11,285	0,2475	-24,872	10,514	0,2486	-19,876	8,652	0,2519	
20			У	-25,412		1,7766	-25,342		1,7778	-18,347		1,7814	
21			З	-29,924	12,948	1,5255	-27,589	12,077	1,5263	-21,953	9,976	1,5286	
22	Ø25К	Ст. 40Х	Н	-16,031		-0,0475	-13,638		-0,0486	-7,867		-0,0540	
23			У	-16,067	6,763	-0,0829	-13,659	6,128	-0,0805	-7,886	4,594	-0,0723	
24			З	-11,791		1,1926	-12,393		1,1955	-6,609		1,2049	
25	Ø10ГЛ	Ст. 45	Н	-18,073		-0,0679	-16,615		-0,0679	-13,097		-0,0676	
26			У	-18,023	8,029	-0,0179	-16,564	7,482	-0,0172	-13,045	6,093	-0,0154	
27			З	-16,586		1,1488	-15,126		1,4208	-11,603		1,4269	
28	Ø25ГЛ	Ст. 40Х	Н	-17,320	8,080	1,1160	-15,798	7,500	1,1173	-12,125	6,100	1,1206	

В интервале  $HRC = 17 - 50 \lg N_{0.2}$  меняется в пределах 6,0–8,0, а  $C_2 = 18,89 - 39,15$ , поэтому, с увеличением твердости образцов и по мере расширения II зоны, значимость характеристик  $m'$  и  $C'$  для  $\vartheta_N$  возрастает. Под действием рассмотренных факторов граничные значения  $\vartheta_N^*$  меняются аналогично  $\vartheta_N$ .

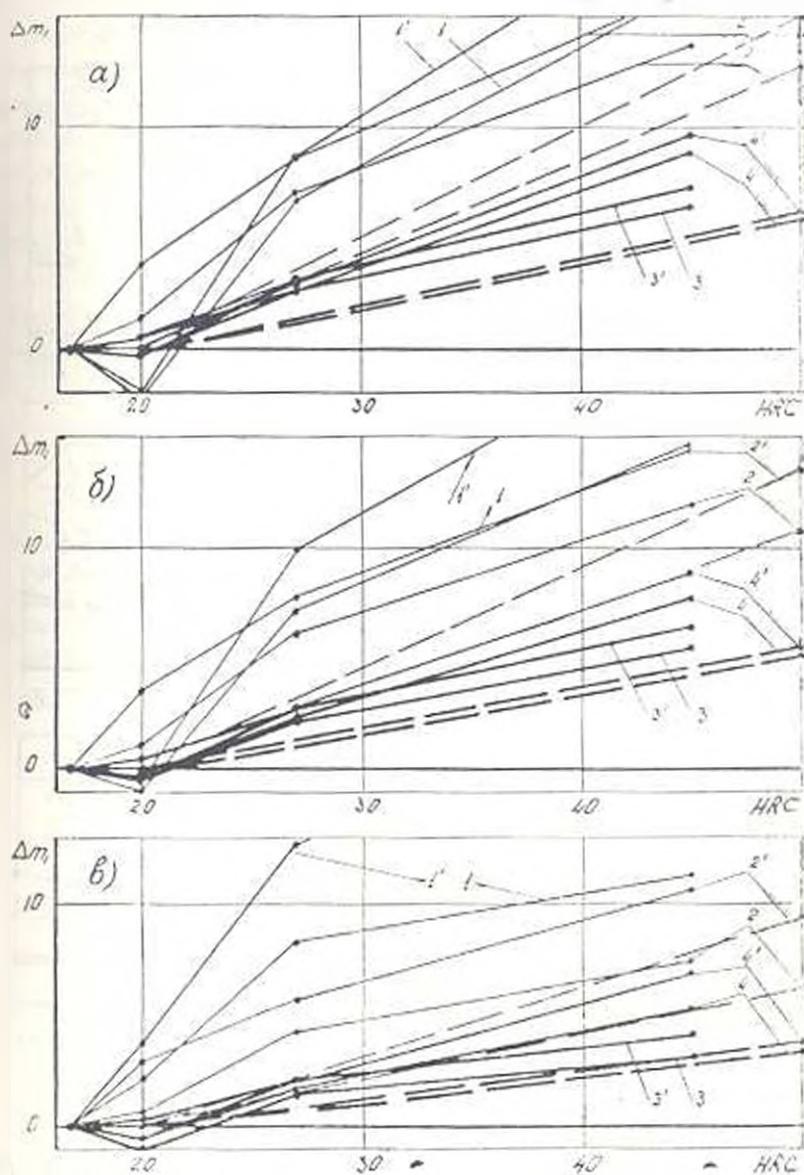


Рис. 3. Изменение параметра  $\Delta m_i$  в зависимости от HRC и  $I(N)$ :  
 а)  $I(N) = 10\%$ ; б)  $I(N) = 50\%$ ; в)  $I(N) = 99,9\%$ ; 1 —  $\varnothing 10$ Гл; 2 —  $\varnothing 25$ Гл;  
 3 —  $\varnothing 10$ К; 1 —  $\varnothing 25$ К. (Пунктирные линии относятся к образцам из стали  
 40X, а цифры со штрихом — программному нагружению.)

Изменение относительных величин (7) и параметров (4а) ÷ (4в) показывает, что наиболее распространенным видом функции  $\vartheta_N =$

$= f[\alpha_T, I(N)]$  является  $l$ -й (табл. 1). Разнообразие ее ветвей в связи с незначительным эффектом упрочнения свойственно режиму нормализации, для которого встречаются 1, 3, 7 и 9-й варианты функции  $\beta_N$ . Для улучшенных образцов свойственны 1-й и 7-й варианты, а для закаленных — 1-й. Принятый режим нагружения и уровень вероятности неразрушения существенным образом не меняют вид  $\beta_N$ , а влияние концев траекции напряжений с увеличением твердости ослабевает.

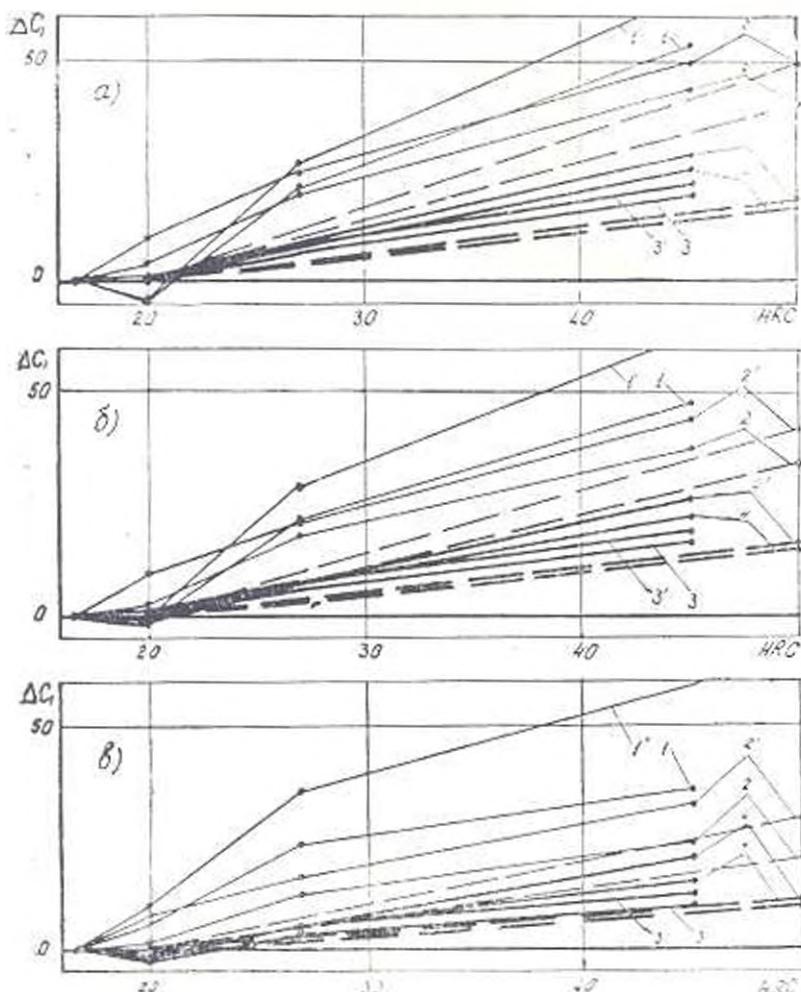


Рис. 4. Изменение параметра  $\Delta C_i$  в зависимости от HRC и  $I(N)$ .  
(Условные обозначения те же, что и на рис. 3.)

Предложенная методика расчета диклоного отношения  $\beta_N$  позволяет производить оценку эффекта упрочнения по долговечности в связи с видом термообработки, конструктивными и эксплуатационными факторами и благодаря строгому учету этих факторов наметить сроки службы деталей при заданной вероятности их безотказной работы.

Ն. Վ. ԱՆՆԻԿ, Մ. Գ. ՍՏԱԿՅԱՆ

ԶԵՐՄԱՄՇԱՆՎԱՆ ՊՈՎՊԱՏՆԵՐԻ ՑԻԿՎԱՅԻՆ  
ԵՐԿԱՐԱԿԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ա. մ. վ. ո. վ. ո. մ.

Առաջարկված է  $\beta_N$  գործակիցը, որ հաշվի է առնում ջերմամշակված պողպատների ցիկլային երկարակեցության հարաբերական աճը և նրանց դժայրունությունը գերբևեռվածքների նկատմամբ: Յուրյց է արված, որ  $\beta_N$ -ն վիճակագրական մեծություն է և կախված է Ը գերլարումների մակարդակից ու շթալքայվելու  $I(N)$  հաճանականությունից՝ նկնելով համեմատվող դիմացկունության կորերի փոխադարձ դասավորությունից՝ որոշված են  $\beta_N$ -ի փոփոխման գոնաները և նրանցից չաքաքանչյուրի համար ստացված են  $\beta_N = f(z; I(N))$  կախումները:

Ուսումնասիրված է ջերմամշակման տեսակի, բեռնվածության սեփմի, փորձանմուշների չափերի և կոնստրուկտիվ ձևերի ազդեցությունը  $\beta_N = f(z; I(N))$  կորի պարամետրների վրա:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Олейник И. В., Бэзер В. В., Стакия М. Г., Гаспарян С. А. Оценка характеристик выносливости термообработанных сталей. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. XXIX, № 1, 1976.
2. Олейник И. В., Бэзер В. В., Стакия М. Г. Исследование эффекта упрочнения термообработанных сталей. «Известия АН АрмССР (серия Т. II)», т. XXIX, № 2, 1976.