

ТЕХНОЛОШКИ И ЕНЕРГЕТСКИ РЕЗЕРВИ НА УНИВЕРЗАЛЕН  
КВАРТО ВАЛАЛНИЧКИ СТАН

М-р Лазарев Јован, дипл.инж., предавач на  
Машински факултет - Скопје

Д-р Данев Драги, дипл.инж., вонр.професор на  
Машински факултет - Скопје

1. У В О Д

Истражувањата на условите на валањето дозволуваат сестрано да се разгледуваат технолошките резерви за зголемување на капацитетот на валалничките станови по пат на интензификација на процесот на валањето, промени на шемите на валањето, смалување на бројот на преодите, зголемување на брзините на валањето, порамномерно распоредување на моментите и мапрегањата итн.

Обидите за зголемување на продуктивноста на опремата мораат да доведат до зголемување на напрегањата на елементите на машините и опремата со кои се реализира технолошкиот процес. Затоа реализацијата на технолошките резерви, односно зголемувањето на продуктивноста е можно само со придржување кон условите за јакоста на опремата и засилување на таканаречените слаби места, т.е. на тие јазли и делови за коишто условите за јакост го ограничуваат потенцијалниот раст на продуктивноста.

На таков начин, напоредно со разгледувањето на технолошките резерви на валалничките станови, задолжителна е анализа на погонските (енергетските) и оптоварувачките резерви на опремата, чие присуство и ја определува можноста за користење

на неговите оптимални технолошки параметри. Значи, само со комплексен приод е можно успешно да се добие зголемувањето на продуктивноста на опремата при висока сигурност во тек на подолг временски период.

За определување на можноста за зголемување на оптоварувањата на опремата неопходно и доволно е да се знаат следните параметри на процесот на валањето:

$F$  - големината на силата на вкупниот притисок на металот врз валјакот,

$T_v$  - големината на моментот на валањето кој ги определува ја-костните можности на деловите што пренесуваат вртлив момент.

Во последниве години, насекаде во светот, а посебно во Советскиот Сојуз, се извршени низа бележења за искуствата во експлоатацијата на валавничките станови и се покажало дек параметрите наведени во претходните разгледувања се навистина неопходни, но не и доволни во врска со можното зголемување на оптоварувањето на опремата.

За максималните вредности на  $F$  и  $T_v$ , а исто така и врз основа на динамичка анализа на механичкиот систем на погонот, може да се определи можноста на опремата само за една крајна состојба - статичка јакост во која факторот време нема потребен третман. Потоа, овде треба да се нагласи дека кршењето и откажувањето на делови од чисто статичко оптоварување се многу ретки. Но според истите податоци, без оглед на големите коефициенти на сигурност на статичка јакост (кои одат од 3 до 6), бројот на кршења на одговорните елементи од станот е голем, при што причината за повеќе од 70% е заморот на работните валци, вретената, спојките, запчениците и другите делови. Нивното исклучување од производството, по правило нагло ја снижува продуктивноста на станот.

Расипувањето на деловите од станот, значи, настапува поради долготрајно дејство на напрегања, предизвикани од работните оптоварувања со разни нива, кои се разликуваат од статичкото напрегање. Со тоа се разликуваат и големините на пресметковните оптоварувања, како и изборот на соодветни пресметковни механички карактеристики на материјалот од кој се изработени деловите.

За решавањето на задачите поврзани со оценката на условите за статичка и динамичката издржливост на деловите на вала-личките станови е потребно:

а) Да се дефинира функцијата на распределба на оптоварувањата кои што се јавуваат при валање на годишниот асортиман на тој стан, што дозволува да се определат пресметковните оптоварувања за статичката и динамичката издржливост.

б) Оценка на граничните дозволени напрегања односно на оптоварливоста на деловите, со анализа на критичните места каде можат да се јави замор на материјалот.

Во последниве десетина години се разработени методи кои ја покажуваат работоспособноста на преносниот механизам на валавничкиот стан, со вбројувањето на факторот време. Препорачани се методи за избор на еквивалентни оптоварувања и оценка на влијанијата на нестационарните врвни преоптоварувања врз отпорот на елементите на замор.

## 2. МАКСИМАЛНО И ЕКВИВАЛЕНТНО ОПТОВАРУВАЊЕ НА ВАЛАВНИЧКИТЕ СТАНОВИ

Методот на статистичката оценка на спектарот на оптоварувањата, дозволува најобразложено да се определува вредноста на максималното пресметковно оптоварување:

$$Q_{\max} = \bar{Q} + 3 \cdot \bar{S} \quad (1)$$

каде што се:

$\bar{Q}$  - средна математичка вредност на оптоварувањето,

$\bar{S}$  - средно квадратно отстапување на оптоварувањето

Со оваа вредност се заменуваат постојните променливи оптоварувања со константно пресметковно оптоварување. При ова се користи хипотезата дека непроменливото пресметковно оптоварување треба да предизвика, за исто време, ист таков степен на оштетување на делот, како и целиот спектар на постојните оптоварувања. На таков начин најдено пресметковно оптоварување обично се нарекува еквивалентно оптоварување. Неговата големина може да се определи согласно со препораките на Решетов, по формулата:

$$Q_{ekv} = K_{de} \cdot Q_{max} \quad (2)$$

каде што е:

$$k_{de} = \sqrt[m]{\sum_1^n (Q_i/Q_{max})^m \cdot \frac{z_i}{z_0}} \quad (3a)$$

коэффициент на времетраење за степенест график со  $p$  степени.  
За непрекинат график на напрегањата коэффициентот за времетраење е:

$$k_{de} = \sqrt[m]{\frac{1}{z_0} \int_0^{z_p} (Q_i/Q_{max})^m dz_i} \quad (3b)$$

$Q_{max}$  - максимално оптоварување кое се пресметува по статистички пат (1)

$Q_i$  - тековно оптоварување

$z_i$  - број на циклуси согласен со  $Q_i$

$z_0$  - базен (основен) број на оптоварувања, согласен со точката на прекршувањето на Велеровата крива на замор (вообичаено се зема  $z_0 = 5 \cdot 10^6$ )

Заменувајќи го коэффициентот  $k_{de}$  во равенката за еквивалентното оптоварување (2) се добива:

$$Q_{ekv} = \sqrt[m]{\sum_1^n (Q_i/Q_{max})^m \cdot \frac{z_i}{z_p}} \sqrt[m]{\frac{z_p}{z_0}} \cdot Q_{max} \quad (4a)$$

а за непрекинат график:

$$Q_{ekv} = \sqrt[m]{\frac{1}{z_p} \int_0^{z_p} (Q_i/Q_{max})^m dz_i} \sqrt[m]{\frac{z_p}{z_0}} \cdot Q_{max} \quad (4b)$$

каде што е:

$z_p$  - вкупен број на циклуси за посматраниот период.

Горните равенки можат да се напишат во следниот облик:

$$Q_{ekv} = k_Q k_T Q_{max} \quad (5)$$

каде што се:

$k_Q$  - коефициент на промена на оптоварувањето и при степенест график изнесува:

$$k_Q = \sqrt[m]{\sum_1^n (Q_i / Q_{max})^m \frac{z_i}{z_p}} \quad (6a)$$

додека при непрекинатата промена на оптоварувањата:

$$k_Q = \sqrt[m]{\frac{1}{z_p} \int_0^{z_p} (Q_i / Q_{max})^m dz_i} \quad (6b)$$

$k_T$  - коефициент на векот на траењето и изнесува:

$$k_T = \sqrt[m]{\frac{z_p}{z_0}} \quad (7)$$

За земање во предвид својствата на материјалот на елементите сврзани со решавањето предизвикано од замор, е воведен коефициент на истрејаност на материјалот

$$k_{TR} = \frac{1}{\sqrt[m]{a}}$$

$a$  - коефициент на ојакнување на материјалот

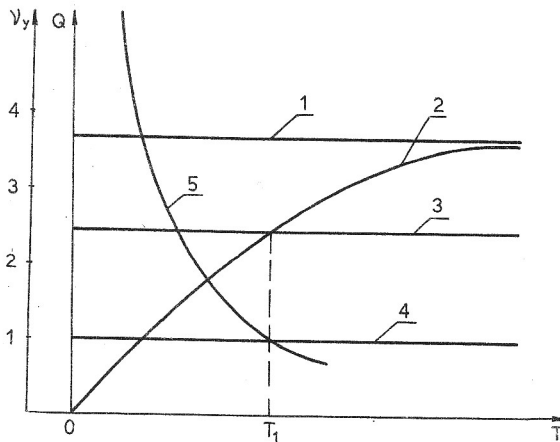
Со воведувањето на овој коефициент, еквивалентното напрегање ќе изнесува:

$$Q_{ekv} = k_Q \cdot k_T \cdot k_{TR} \cdot Q_{max}$$

Користејќи ги вредностите на  $Q_{ekv}$  може да се пресмета машинското време на работа на деловите или нивниот календарски век на експлоатација. Таквата пресметка може да се изврши, ако претходно се определени граничните вредности на оптоварувањата  $Q_y$  од услов на трајна динамичка цврстина.

Големините на граничните вредности на дозволените оптоварувања  $Q_y$  се наоѓаат користејќи ги механичките карактеристики на материјалот ( $\sigma_{lim}$  или  $\tau_{lim}$ ) за степен на сигурност  $\nu_y = 1$ .

Доколку е  $Q_y > Q_{max}$ , во тој случај векот на траењето на делот е практички неограничен. Во случај кога е  $Q_{max} \geq Q_y$ , определувањето на векот на траењето се определува аналогно на дијаграмот прикажан на сл.1.



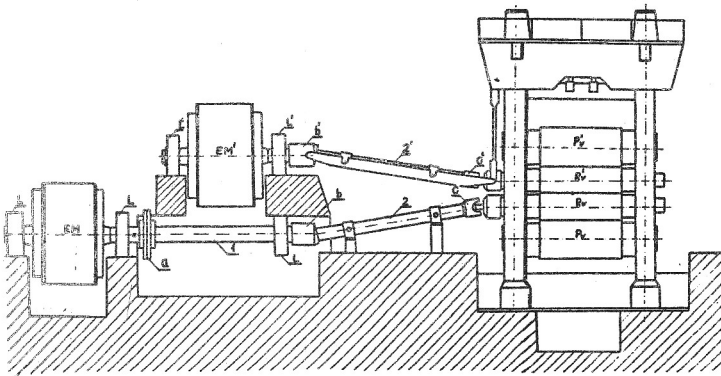
Сл.1

На сл.1 е прикажан график на промената на напрегањата во зависност од бројот на циклусите на напрегањата, односно векот на траењето. Ознаките ги имаат следните значења [1]:

- 1 - максимално оптоварување  $Q_{max}$ ,
- 2 - еквивалентно оптоварување  $Q_{ekv}$ ,
- 3 - гранично дозволено оптоварување  $Q_y$ ,
- 4 - дозволено оптоварување при  $u_y = 1$ ,
- 5 - степен на сигурност  $u_y$

### 3. МЕРЕЊЕ НА МОМЕНТИТЕ НА УНИВЕРЗАЛЕН КВАРТО ВАЛАЛНИЧКИ СТАН

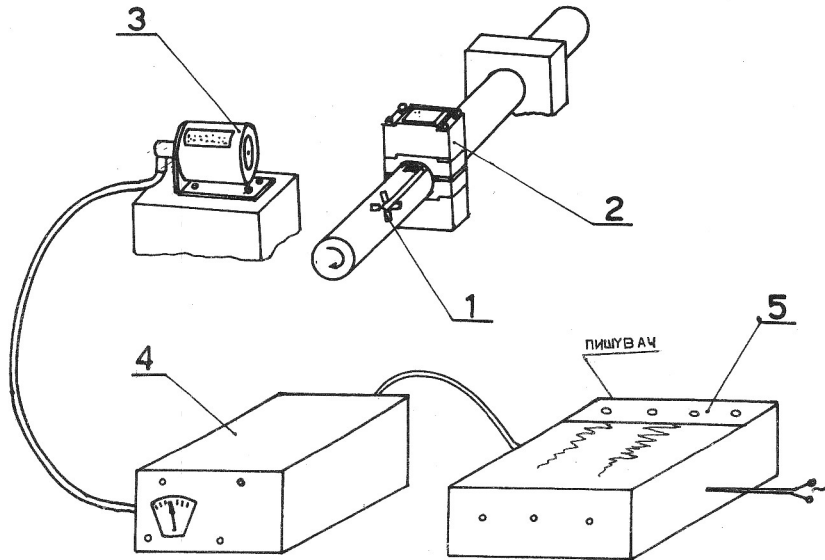
Мерењето на моментите на валањето е извршено во Рудници и железарница "Скопје", Валалница за дебел лим, на универзален кварто валалнички стан. Мерењето е извршено со помош на мерни ленти и тоа на двете погонски вртила (сл.2).



Сл.2

Преносот на сигналот од мерното место до опремата е вршен на телеметриски принцип (сл.3). Деформациите од вратилото се пренесуваат на мерните ленти 1, од што се менува нивниот отпор. Овие промени ги регистрира телеметрискиот уред 2 и ги емитува во просторот. Антената 3 ги прима сигналите, ги претвара во електрични величини и ги предава на појачувачот 4, а од него сигналот се пренесува и регистрира во пишувачот 5.

Мерењето на моментите е вршено при валање на брами во слабови, а исто така и при валањето на слабови во дебел лим.



Сл. 3

Во табелата 1 како пример се прикажани измерените вредности на моментите на валањето и регистрираната сила на валците при валање на еден слаб во лим.



Табела 1

Преод. број	$h_0$ (mm)	$h_1$ (mm)	$\Delta h$ (mm)	$\epsilon$ (%)	$b_0$ (mm)	$t$ (°C)	$\frac{n}{vrt}$ $\frac{min}{min}$	$T_1$ kNm	$T_2$ kNm	$F$ kN
Материјал Č.0361 Димензии на слабот: 1500 x 140 x 1700										
1.	140	120	20	14,2	1500	1230	40	650	810	14000
2.	120	100	20	16,6	1500	1200	40	900	970	16000
3.	100	92	8	8,0	1500	1170	40	900	970	16000
4.	92	75	17	18,4	2630	1090	40	1170	1080	24000
5.	75	60	15	20,0	2630	1080	40	1230	1200	31000
6.	60	40	20	33,3	2630	1060	55	1480	1310	40000
7.	40	30	10	25,0	2630	1040	55	1350	1310	34000
8.	30	23	7	23,3	2630	1020	62	1400	1190	31000
9.	23	17	6	26,1	2630	1000	62	1320	1260	34000
10.	17	14,5	2,5	14,7	2630	990	62	1300	1260	24000
11.	14,5	13	1,5	10,3	2630	980	62	900	920	21000

Ознаките во табелата 1 ги имат следните значења:

$h_0$  - дебелина на валанецот (слабот) пред секој преод,

$h_1$  - дебелина на валанецот по секој преод,

$\Delta h$  - апсолутна деформација

$\epsilon$  - релативна деформација

$b_0$  - широчина на валанецот

$t$  - температура на валањето

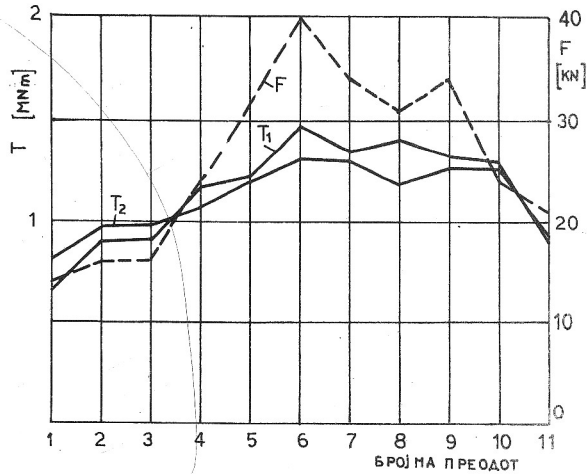
$n$  - број на вртежи на валците

$T_1$  - вртежен момент на долното вратило

$T_2$  - вртежен момент на горното вратило,

$F$  - вкупна сила на притисок.

На сликата 4 се покажани промените на моментите и силата за секој преод.



Слика 4

#### 4. СТАТИСТИЧКА ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИТЕ

Познавајќи ги резултатите на извршените мерења, може да се пристапи кон практички пресметки на  $Q_{ekv}$  односно  $T_{ekv}$  и  $F_{ekv}$ . Овде ќе биде дадена само пресметката на  $T_{ekv}$  а пресметката на  $F_{ekv}$  тече наполно по ист пат.

Најнапред треба да се востанови годишниот дијаграм на режимот на валање. Во случајот се извршени околу 200 мерења на моментите, при валање на брами и слабови по програма која во најголем дел одговара на асортиманот на производството.

Просечниот број на преоди за валање на брамови во слабови е 19, а за валање на слабови во лим е 12. Вкупниот број на преоди за годишниот обем од 36.600 брамови и 86.000 слабови изнесува:

$$z_p = 36600 \cdot 19 = 695400$$

$$z_s = 86000 \cdot 12 = 1032000,$$

односно вкупно  $z_p = 1727400$  циклуси годишно.

Извршените мерења се групирани во осум групи по интензитет на моментот на валање (табела 3) чии вредности графички се прикажани на сл.5.

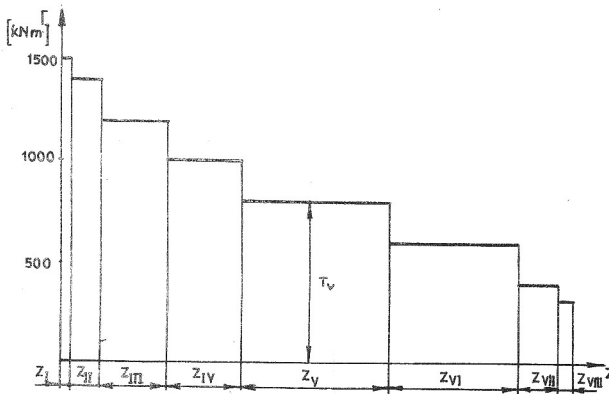
I.	моменти над 1500	(кNm)	се јавуваат 4 пати,	годишно	34548
II.	моменти над 1400	"	"	"	103644
III.	"	1200	"	"	224562
IV.	"	1000	"	"	259110
V.	"	800	"	"	500946
VI.	"	600	"	"	431850
VII.	"	400	"	"	138192
VIII.	"	под 400	"	"	34548
<hr/>					
$\Sigma 200$					$\Sigma 1727400$

Потоа се пристапува кон пресметувањето на еквивалентниот момент

$$T_{\text{ekv}} = k_{\text{de}} \cdot T_{\text{max}}$$

Максималниот момент ќе биде:

$$T_{\text{max}} = \bar{T} + 3 \cdot \bar{S}$$



Сл. 5

Средната вредност на моментите се определува на тој начин што се собираат сите вредности на моментите и се делат со 200

$$\bar{T} = \frac{\Sigma T}{200} = 903 \text{ kNm}$$

Средното квадратно отстапување се определува по формулата:

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta T_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{13318212}{199}} = 258,7 \text{ kNm}$$

$$\Sigma \Delta T_i^2 = (T_1 - \bar{T})^2 + (T_2 - \bar{T})^2 + \dots + (T_{200} - \bar{T})^2 = 13318212$$

$$T_{\max} = 903 + 3 \cdot 258,7 = 1679,1 \text{ kNm}$$

Коефициентот на промената на оптоварувањата:

$$k_Q = \sqrt[m]{\sum_1^n (T_i / T_{\max})^m \frac{z_i}{z_p}}$$

Во нашиот случај имаме 8 степени, односно  $n=8$ , а корениот показател  $m$  за пресметка на елементи напрегнати на торзија и свиткување се зема  $m=9$ , а за елементи напрегнати на притисок  $m=3$  [2]. Според тоа следува

$$k_Q = 0,70$$

Коефициентот на векот на траењето го пресметуваме за период на работа од 10 години со предпоставениот асортиман

$$k_t = \sqrt{\frac{z_p}{z_o}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 1727400 \cdot 10}{5 \cdot 10^6}} = 1,147$$

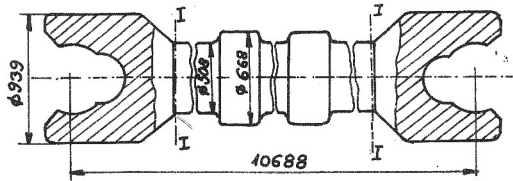
Ако усвоиме дека коефициентот на ојакнувањето на материјалот е  $a=1$ , тогаш и  $k_{tr}=1$ . Во тој случај еквивалентниот момент ќе биде:

$$T_{ekv} = k_Q k_T k_{tr} T_{max} = 1348,1 \text{ kNm}$$

За да биде пресметката комплетна потребно е да се определи граничната вредност на дозволеният момент ( $T_y$ ) од услов на трајна динамичка цврстина, како и максималните статички оптоварувања во однос на јакостната граница ( $\sigma_m$ ) и границата на течењето ( $\sigma_t$ ) а за степен на сигурност  $\nu_y = 1$ .

Пресметката е извршена за погонското вретено (сл.6), кое е највитален елемент во преносникот на универзалниот кварто валачки стан. Најслаби места на вретеното се пресеците I-I каде што најчесто доаѓа до кршење. За челик од кој што е изработено вретеното одговараат следните вредности за дозволените напрегања:  $\tau_{lim} = 136 \text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_m = 496 \text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_T = 248 \text{ N/mm}^2$ .

Резултатите од пресметката се дадени таблично во табелата бр.3, а во табелата бр.4 се дадени споредбените вредности на минималниот дозволен момент со еквивалентниот момент, како и степенот на сигурност.



Сл. 6

Табела 3. Гранични дозволени оптоварувања на погонското вретено

Елемент	Пресек	Дозволени моменти [kNm]		
		по замор	по статичка јакост	
		$[T_y]_{lim}$	$[T_y]_{\tau_T}$	$[T_y]_{\tau_m}$
Погонско вретено	I-I	3500	6383,6	12767

Табела 4. Дозволен и еквивалентен момент и степен на сигурност

Елемент	пресек	$[T_y]_{\min}$	$T_{ekv}$	$\nu_y = \frac{[T_{y\min}]}{T_{ekv}}$
Погонско вретено	I-1	3500	1348	2,6

Како што се гледа од таблиците  $[T_y]_{\min} > T_{ekv}$ , што значи дека правата 3, на сликата 1 не се сече со кривата 2, односно со  $T_{ekv} = f(z_i)$  и конструкцијата на дијаграмот нема смисла. Може да се заклучи дека пресметковниот век на траење има многу поголема вредност, односно е доста поголем од 10 години, практички неограничен. Ова наведува на можност за промена на програмите на валање.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Клименко В.М. и др.: Технологические и силовые резервы проектных станок-Металлургия", Москва, 1976
2. Клименко В.М. и др.: Режимы нагружения и прочность прокатных станок - "Техника", Киев, 1976

J.Лазарев, Д.Данев

ТЕХНОЛОШКИ И ЕНЕРГЕТСКИ РЕЗЕРВИ НА УНИВЕРЗАЛЕН КВАРТО  
ВАЛАЛНИЧКИ СТАН

Р е з и м е

Преносните механизми за погон на валалничките станови и денес претставуваат најосетливи елементи од целата постројка, поради честите хавари. Димензионирањето на вратилата според класичните постапки со зголемен степен на сигурност сеуште не даваат оптимални резултати за векот на траењето. Во трудов е презентирано и аплицирано една метода за конкретен валалнички стан, која врз база на дефинираната функција на распределбата на работните оптоварувања на вратилото го определува ориентациониот век на траење.

J.Lazarev, D.Danev

TECHNOLOGISCHE UND ENERGIERESERVEN BEIM QUARTOWALZWERK

Zusammenfassung

Wegen der häufigen Defektbildungen, stellen die Übertragungsmomente zum Antrieb von Walzwerken auch heute die empfindlichsten Elemente von der ganzen Anlage dar. Gemäß den klassischen Verfahren, geben die Wellendimensionierung durch vergrößerte Sicherheit noch immer keine optimale Ergebnisse für den längeren Dauerlauf.

In dieser Arbeit ist auch eine applizierte Methode, für ein konkretes Walzwerk angegeben, welche auf Grund der definierten Funktion, bei der Verteilung der Wellenarbeitsbeanspruchungen den Dauerlauf bestimmt.