

VYUŽITIE MATEMATICKÉHO MODELU DRVENIA PRI OPTIMALIZÁCIÍ TECHNOLOGICKEJ LINKY NA VÝROBU KAMENIVA

Michal Leško¹

USE OF A MATHEMATIC MODEL OF CRUSHING IN OPTIMIZING THE TECHNOLOGY OF THE PRODUCTION OF AGGREGATES

In the contribution a mathematical model of comminution is presented. This model can be used for optimizing comminution technological processes as well as for predicting expected results of aggregates production.

Key words: Crushing, Jaw and Cone Crusher, Screening, Vibrating Screen, Screening Efficiency, Weight Recovery.

ÚVOD

Rastúce požiadavky na kvantitatívne a kvalitatívne parametre finálnych výrobkov zo strany odberateľov zvyšujú nároky na technologickú, technickú a organizačnú dokonalosť výroby kameniva. Len vysoké úžitkové vlastnosti výrobkov : čistota, tvarová hodnota, vnútorná neporušenosť zrn, chemická stabilita - zabezpečujú uplatnenie na trhu.

Z veľkého množstva problémov, ktoré súvisia s kvalitou a efektívnosťou výroby, v práci sú posudzované iba otázky technicko - technologického charakteru. Na príklade výroby kameniva v prevádzke Zemplínske Hámre, budú demonštrované možnosti matematického modelu pri optimalizácii technologického systému drvenia.

1. MATEMATICKÝ MODEL TECHNOLOGICKEJ SCHÉMY DRVENIA

Hlavným problémom pri výrobe kameniva je kvalitatívna stránka výroby. Pri danej surovine a technologickom zariadení je ovplyvňovaná predovšetkým dodržiavaním technologických pravidiel. Všetky technické a technologické požiadavky, ktoré sú kladené na výrobu kameniva, vyúsťujú do zosúladienia štrbín drvičov s okatosťou sít vo vzťahu k produkcii kameniva žiadaných zrnitostných tried a akostných druhov. Jedným z prostriedkov ako dosiahnuť optimálnu skladbu produktov drvenia, je využitie matematického modelu celej linky (Leško, 1986, 1995).

Pri tvorbe modelu budeme vychádzať z matematických modelov jednotlivých prvkov systému (Leško, 1989, Lynch, 1981), ktoré podľa vzájomnej technologickej nadväznosti sú vzájomne prepojené materiálovými prúdmi. Fyzikálnym nositeľom materiálových prúdov sú dopravné pásy, sklzy a zásobníky. Prvkami systému sú operácie drvenia, triedenia, prostého delenia a zmiešavania. Materiálové prúdy je účelné vyjadrovať stĺpcovým vektorom

$$Q_{Tj} = /q_{1j} , q_{2j} , \dots , q_{ij} , \dots , q_{Lj} / , \quad (1)$$

kde q_{ij} - hmotnosť i -tej zrnitostnej triedy v j -tom produkte,
 $i = 1, \dots, I$ poradové číslo zrnitostnej triedy,
 $j = 1, \dots, J$ poradové číslo materiálového prúdu.

Pre j -ty materiálový prúd platí:

$$\sum_{i=1}^I q_{ij} = Q_j , \quad x_{ij} = \frac{g_{ij}}{Q_j} , \quad (2)$$

Q_j - hmotnosť j -tého materiálového prúdu, x_{ij} - obsah sledovanej i -tej zrnitostnej triedy v j -tom produkte.

¹ Katedra úpravníctva a ochrany životného prostredia, F BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 19.

Matematické modely operácií môžeme vyjadriť v maticovom tvare.

Operácia drvenia (Leško, 1986, 1989) :

$$DR \cdot Qx = Qy , \quad (3)$$

kde operátor DR má tvar (Lynch, 1981) :

$$DR = (B \cdot S + E - S) , \quad (4)$$

Qx = Qy - stĺpcový vektor charakterizujúci vstupný a výstupný materiálový prúd (lx1),
DR - operátor drvenia, ktorého rozmer závisí od počtu sledovaných zrnitostných tried (lxl),
B - matica drvenia, ktorá je predstavovaná dolnou trojuholníkovou maticou, keď zápis je urobený tak, že do 1.riadku sa uvádza najhrubšia zrnitostná trieda. Stĺpce matice vyjadrujú rozpad zodpovedajúcej zrnitostnej triedy a riadky vyjadrujú vznik nových zrnitostných tried. V podstate je to charakteristika príslušného drviča a pre potreby praxe pre danú surovinu a typ stroja sa stanoví experimentálne. V praxi je často nahradzovaná typovou charakteristikou drviča, ktorá je uvádzaná v prospektoch výrobcov strojov. Vo všeobecnosti je to funkcia parametrov stroja. Suma stĺpcov v matici B sa rovná 1.

S - diagonálna matica, ktorá vyjadruje podmienky drvenia pre jednotlivé zrnitostné triedy. Odráža správanie sa zrn v tlame drviča. Rozmer matice (lxl). Prvky matice nadobúdajú hodnoty v intervale (0-1).

E - Jednotková matica zodpovedajúceho rozmeru.

Operácie triedenia (Leško, 1986) :

Množstvo a zrnitostné zloženie produktov triedenia určíme zo vzťahu :

$$TR \cdot Qx = QP , \quad (E - TR) \cdot Qx = QN , \quad (5)$$

kde **TR** - operátor triedenia predstavovaný diagonálnou maticou, ktorej prvky vyjadrujú účinnosť triedenia zodpovedajúcej zrnitostnej triedy do podsitného,

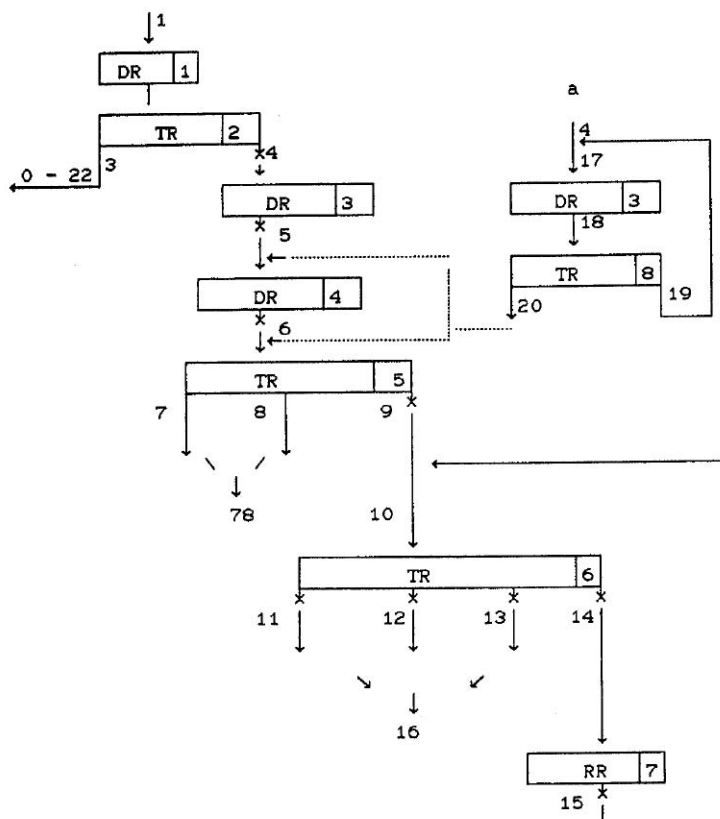
QP , **QN** - stĺpcové vektory reprezentujúce zloženie podsitného a nadsitného produktu.

Na základe uvedených parciálnych modelov operácií sa môže zostaviť model celej technologickej linky výroby kameniva.

Na popis systému znázorneného na technologickej schéme obr. 1 využijeme maticový zápis, pretože je úsporný a kompaktný .

Operácia :

| | | | |
|----|---|--|----|
| | Maticová rovnica: | | |
| 1. | $Q1 = Q0$ | | 1 |
| | $DR1 \cdot Q1 = Q2$ | | 2 |
| 2. | $TR2 \cdot Q2 = Q3$ | | 3 |
| | $Q2 - Q3 = Q4$ | | 4 |
| 3. | $DR3 \cdot Q4 = Q5$ | | 5 |
| 4. | $DR4 \cdot Q5 = Q6$ | | 6 |
| 5. | $TR5 \cdot Q6 = Q7$ | | 7 |
| | $(E - TR5) \cdot Q6 = Q8$ | | 8 |
| | $Q6 - Q7 - Q8 = Q9$ | | 9 |
| | $Q9 + Q15 = Q10$ | | 10 |
| 6. | $RT6 \cdot Q10 = Q11$ | | 11 |
| | $(E - TR6) \cdot Q10 = Q12$ | | 12 |
| | $(E - TR6) \cdot (Q10 - Q11 - Q12) = Q13$ | | 13 |
| 7. | $Q10 - Q11 - Q12 - Q13 = Q14$ | | 14 |
| | $DR5 \cdot Q14 = Q15$ | | 15 |



x -označenie miest odberu vzoriek
 1,3 -čelustový a kuželový drvič
 4,7 - Duopactor 6900
 5,6,8 -vibračné triediče
 2 - odhliňovací hrubotriedič

Obr. 1. Technologická schéma výroby kameniva.

Pri riešení systému vektorové rovnice (6) musíme prepísať do lineárneho algebraického tvaru. Každá vektorová rovnica predstavuje toľko lineárnych rovníc, koľko zrnitostných tried sledujeme.

2. MATERIÁLOVÁ BILANCIA VÝROBNE KAMENIVA

Výsledky zrnitostného rozboru vzoriek, ktoré boli odobrané z dopravných pásov na o-značených miestach - schéma - obr. 1., sú uvedené v tabuľkách 1 a 2. Z bilančných rovníc (6) boli vypočítané hmotnostné výnosy a hmotnosti materiálových prúdov.

Tabuľka 1. Zrnitostné zloženie produktov vo výrobe kameniva.

| Zrnitosť /mm/ | Označenie produktov - hmotnostný výnos zrnitostných tried [%] | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 4 | | 5 | | 6 | | 9 | | 14 | | 15 | |
| | xi | Σ xi | xi | Σ xi | xi | Σ xi | xi | Σ xi | xi | Σ xi | xi | Σ xi |
| 0-0,125 | | | 1,8 | | 1,9 | | | | | | 2,3 | |
| 0,125-0,25 | | | 2,1 | 3,9 | 3,2 | | | | | | 3,6 | |
| 0,25-0,5 | | | 1,3 | 5,8 | 3,7 | 5,1 | | | | | 2,8 | 5,9 |
| 0,5 - 1 | | | 3,2 | 9,0 | 3,8 | 8,8 | | | | | 4,0 | 8,7 |
| 1 - 2 | | | 3,6 | 12,6 | 5,0 | 12,6 | | | | | 4,2 | 12,7 |
| 2 - 4 | | | 5,9 | 18,5 | 8,3 | 17,6 | | | | | 7,6 | 14,9 |
| 4 - 8 | 0,8 | | 10,9 | 29,4 | 13,5 | 25,9 | | | | | 13,4 | 24,5 |
| 8 - 11 | 1,2 | 2,0 | 8,8 | 38,2 | 9,9 | 39,4 | 0,7 | | | | 10,9 | 37,9 |
| 11 - 16 | 2,3 | 4,3 | 13,8 | 52,0 | 14,5 | 49,3 | 11,2 | 11,9 | | | 22,4 | 47,8 |
| 16 - 22 | 5,0 | 9,3 | 24,2 | 76,2 | 22,3 | 63,8 | 20,9 | 32,8 | 3 | | 20,8 | 71,2 |
| 22 - 32 | 4,2 | 13,5 | 12,9 | 88,6 | 10,2 | 86,1 | 19,7 | 92,8 | 49,0 | 73,2 | 7,2 | 92,0 |
| 32 - 45 | 10,0 | 23,5 | 8,9 | 97,5 | 3,7 | 96,3 | 5,7 | 98,5 | 20,7 | 93,9 | 0,8 | 99,2 |
| 45 - 63 | 11,7 | 35,2 | 2,5 | 100,0 | - | 100,0 | 1,5 | 100,0 | 6,1 | 100,0 | - | 100,0 |
| 63 - 125 | 64,8 | 100,0 | | | | | | | | | | |

Hodinová vsádzka do drviarne po odhlinení, materiálový prúd 4, predstavuje 60 ton andezitovej drviny. Bilancia a výpočet bude realizovaný podľa jednotlivých technologických uzlov.

Bilancia triediča TR5

Výpočet hmotnostných výnosov je realizovaný na základe obsahu zrnitostnej triedy 0 - 8 mm. Z výsledkov zrnitostného rozboru - tabuľka 1 - vzorky 6 a 9 vyplýva, že obsah tejto triedy vo vsádzke je 39,4 % a v nadsitnom uzle 9 iba 0,7 %.

Tabuľka 2. Zrnitostná charakteristika vsádzky a produktov triedenia na triediči.

| Zrnitosť /mm/ | Označenie produktov - hmotnostný výnos zrnitostných tried [%] | | | | | | | | | |
|------------------|---|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 10 | | 11 | | 12 | | 13 | | 14 | |
| | xi | Σ xi | xi | Σ xi | xi | Σ xi | xi | Σ xi | xi | Σ xi |
| 0-0,125 | 3,0 | | 7,75 | | | | | | | |
| 0,125-0,25 | 3,2 | 6,2 | 11,5 | 19,25 | | | | | | |
| 0,25-0,5 | 2,8 | 9,0 | 12,75 | 32,0 | | | | | | |
| 0,5 - 1 | 4,0 | 13,0 | 19,5 | 51,5 | | | | | | |
| 1 - 2 | 4,5 | 17,5 | 16,25 | 67,75 | | | | | | |
| 2 - 4 | 6,7 | 24,2 | 21,25 | 89,0 | 0,5 | | 0,4 | | | |
| 4 - 8 | 8,8 | 33,0 | 11,0 | 100,0 | 79,5 | | 0,6 | | | |
| 8 - 11 | 9,4 | 42,4 | | | 20,0 | | 80,8 | 1,0 | | |
| 11 - 16 | 18,8 | 61,2 | | | | | 18,2 | 81,8 | 3,0 | |
| 16 - 22 | 24,7 | 85,9 | | | | 80,0 | | 100,0 | 21,2 | 24,2 |
| 22 - 32 | 9,2 | 94,9 | | | | 100,0 | | | 49,0 | 73,2 |
| 32 - 45 | 5,1 | 100,0 | | | | | | | 20,7 | 93,9 |
| 45 - 63 | | | | | | | | | 6,1 | 100,0 |
| 63 - 125 | | | | | | | | | | |

V podsitnom, ktoré tvoria materiálové prúdy 7 a 8, nie je podiel tejto triedy stanovený - môžeme však predpokladať, že nebude väčší než 95 % a menší než 85 %. Na základe údajov, ktoré sú k dispozícii, musíme uvažovať o spoločnom materiálovom prúde, označenom symbolom 78, nemôže sa teda vypočítať podiel triedy 0 - 4 ani triedy 4 - 8 mm.

Materiálová bilancia TR5 :

Bilancia hmoty : $\gamma_{78} + \gamma_9 = \gamma_6$, $\gamma_6 = 100$.

Bilancia triedy 0-8 mm : $x_{78} \cdot \gamma_{78} + x_9 \cdot \gamma_9 = x_6 \cdot 100$.

Po úprave dostávame vzťah pre výpočet zodpovedajúceho hmotnostného výnosu :
 podsitný produkt (produkt 7 + 8) : nadsitný produkt (9):

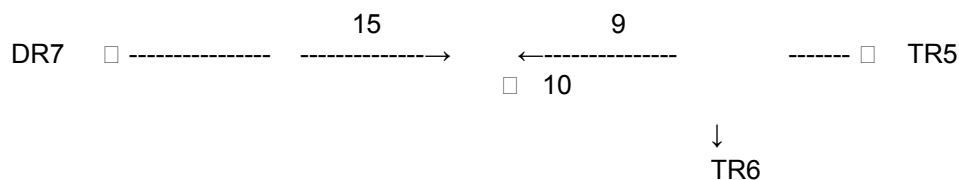
$$\gamma_{78} = \frac{x_6 - x_9}{x_{78} - x_9} \cdot 100 \% , \quad \gamma_9 = \frac{x_{78} - x_6}{x_{78} - x_9} \cdot 100 \% ,$$

$$\begin{aligned} x_{78} = 95 \% \quad \square \quad \gamma_{78} = 41,04 \% , \quad \gamma_9 = 58,96 \% , \\ x_{78} = 85 \% \quad \square \quad \gamma_{78} = 45,91 \% , \quad \gamma_9 = 54,09 \% . \end{aligned}$$

Hmotnostný výnos podsitného pri triedení na triediči TR5 sa pohybuje v rozpätí 41 - 46 % . Do ďalšieho cyklu vstupuje 59 - 54 % z pôvodnej vsádzky. Pri 60 tonovej vsádzke, t.j. $Q_6 = 60$ ton a pri 43 % výnose podsitného sa vytriedi $Q_{78} = \gamma_{78} \cdot Q_6 = 0,43 \cdot 60 = 26$ ton materiálu a 34 ton postupuje na ďalšie spracovanie.

Bilancia v dopravnom uzle

Bilančná schéma dopravného uzla



Pri výpočte vychádzame z výsledkov zrnitostného rozboru, ktorý je pre potreby výpočtu uvedený v tabuľke 3. Výpočet je robený metódou najmenších štvorcov zo zrnitostných tried, ktoré sú obsiahnuté vo všetkých materiálových prúdoch.

Tabuľka 3. Údaje pre výpočet hmotnostných výnosov v uzle.

| Por. č. | Zrnitosť /mm/ | 15 Σx_{i15} | 9 Σx_{i9} | 10 Σx_{i10} | $x_{i15} - x_{i10}$ | $x_{i9} - x_{i15}$ | $(x_{i9} - x_{i15})^2$ | $\frac{(x_{i15} - x_{i10}) \cdot (x_{i9} - x_{i15})}{(x_{i9} - x_{i15})}$ |
|---------|---------------|------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---|
| 1 | 4 - 8 | 37,9 | 0,7 | 33,0 | 4,9 | -37,2 | 1383,84 | -182,28 |
| 2 | 8 - 11 | 47,8 | 11,9 | 42,4 | 5,4 | -35,9 | 1288,81 | -193,86 |
| 3 | 11 - 16 | 71,2 | 32,8 | 61,2 | 10,0 | -38,4 | 1474,56 | -384,0 |
| 4 | 16 - 12 | 92,0 | 73,1 | 85,9 | 6,1 | -18,9 | 357,21 | -115,29 |
| | | | | | | | 4504,42 | -875,43 |

Pri výpočte vychádzame zo základného bilančného vzťahu 10 v sústave (6). Nevyváženosť bilancie i-tej zrnitostnej triedy pre tento uzol môžeme vyjadriť vzťahom

$$\Delta_i = x_{i15} \cdot \gamma_{15} + x_{i9} \cdot \gamma_9 - x_{i10} \cdot \gamma_{10}$$

Keď hmotnostný výnos γ_{15} vyjadríme pomocou vzťahu $\gamma_{15} = 100 - \gamma_9$, dostávame podmienku metódy najmenších štvorcov (MNŠ):

$$SQ = \sum \Delta_i^2 \rightarrow \min.$$

$$SQ = \sum_{i=1}^4 [(x_{i15} \cdot (100 - \gamma_9) + x_{i9} \cdot \gamma_9 - x_{i10} \cdot 100) / 2]^2,$$

ktorá umožňuje vypočítať hmotnostný výnos materiálového prúdu 9:

$$\gamma_9 = \frac{-100 \sum_{i=1}^4 (x_{i15} - x_{i10}) \cdot (x_{i9} - x_{i15})}{\sum_{i=1}^4 (x_{i9} - x_{i15})^2},$$

$$\gamma_9 = \frac{-100 \cdot (-875,43)}{4504,42} = 19,43 \%$$

Keď zväžeme, že hmotnosť materiálového prúdu 9 podľa predchádzajúceho výpočtu dosahuje 34 ton, tak hmotnosť prúdu 10 bude $(1/0,1943) \cdot 34 = 175$ ton materiálu, čo sa zdá na prvý pohľad nereálne. Takúto situáciu môžeme považovať za extrémnu, ale nemôžeme ju vylúčiť.

Bilancia triediča TR 6

Výsledky zrnitostných rozborov vsádzky a produktov triedenia sú uvedené v tabuľke 4.

Tabuľka 4. Zrnitostný rozbor vsádzky a produktov triedenia triediča TR 6...

| Zrnitosť /mm/ | Označenie vzorky | | | | |
|------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 10 x i10 | 11 x i11 | 12 x i12 | 13 x i13 | 14 x i14 |
| 0 - 4 | 24,2 | 89,0 | 0,5 | 0,4 | |
| 4 - 8 | 8,8 | 11 | 79,5 | 0,6 | |
| 8 - 11 | 9,4 | | 20,0 | 80,8 | 3 |
| 11 - 32 | 52,5 | | | 18,2 | 21,2 |
| + 32 | 5,1 | | | | 75,8 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Bilančnú rovnicu 14 zo sústavy (6) rozpíšeme pre jednotlivé zrnitostné triedy:

$$\begin{aligned} \gamma_{11} + \gamma_{12} + \gamma_{13} + \gamma_{14} &= 100, \\ 89 \cdot \gamma_{11} + 0,5 \cdot \gamma_{12} + 0,4 \cdot \gamma_{13} &= 2420, \\ 11 \cdot \gamma_{11} + 79,5 \cdot \gamma_{12} + 0,6 \cdot \gamma_{13} &= 880, \\ 20 \cdot \gamma_{12} + 80,8 \cdot \gamma_{13} + 3 \cdot \gamma_{14} &= 940. \end{aligned}$$

Riešením sústavy lineárnych rovníc dostávame hmotnostné výnosy produktov vzhľadom na vsádzku na triedič :

$$\begin{aligned} \gamma_{11} &= 27,12 \% , & \gamma_{13} &= 7,68 \% , \\ \gamma_{12} &= 7,26 \% , & \gamma_{14} &= 57,94 \% . \end{aligned}$$

Obiehajúce zaťaženie v uzatvorenom okruhu pre tento prípad bude /Leško 1989/ :

$$C = \frac{Q_{14}}{Q_9} = \frac{\gamma_{14}}{1 - \gamma_{14}} = \frac{0,5794}{1 - 0,5794} = 1,38 .$$

Vsádzka predstavuje :

$$Q_{10} = Q_9 + Q_{15} = 34 + 47 = 81 \text{ ton.hod}^{-1}.$$

Vypočítané hodnoty v tomto prípade môžeme považovať za druhý extrém z hľadiska minima obiehajúcej vsádzky. Skutočná hodnota obiehajúcej vsádzky v uzavretom okruhu sa pohybuje v rozmedzí týchto hodnôt a v prevádzke veľmi kolíše v závislosti na rovnomernosti chodu prevádzky, zaťažení drvičov v II. štádiu drvenia a zrnitosti vstupnej vsádzky, materiálový prúd 9.

Analýza uzavretého okruhu TR 6 - DR 7

Analýzujeme uzatvorený okruh, obr. 1.

Na základe obsahu zrnitostnej triedy 0 - 11 mm vo vsádzke a produktoch triedenia, pričom produkty 11, 12 a 13 označíme číslom 16, môžeme určiť obiehajúce zaťaženie, a teda aj materiálovú skladbu tejto časti technologickej schémy.

Obsah zrnitostnej triedy 0 - 11 mm v jednotlivých materiálových prúdoch je nasledujúci :

$$\text{vsádzka 9 : } x_9 = 11,9 \% ,$$

$$\text{produkt 16 : } x_{16} = (27,11 + 7,26 + 0,808 \cdot 7,68) \cdot 100/42,06 = 96,5 \% ,$$

$$\text{produkt 14 : } x_{14} = 3,0 \% ,$$

$$\text{produkt 15 : } x_{15} = 47,8 \% .$$

Z rovníc 11, 12 a 13 v sústave (6) pre výpočet obiehajúcej vsádzky vytvoríme nasledujúci vzťah :

$$C = \frac{x_{16} - x_9}{x_{15} - x_{14}} = \frac{95,5 - 11,9}{47,8 - 3} = 1,89 ,$$

$$Q_{14} = Q_{15} = C \cdot Q_9 = 1,89 \cdot 34 = 64 \text{ ton} .$$

Hmotnosť vsádzky na triedič bude $Q_{10} = Q_9 + Q_{15} = 34 + 64 = 98 \text{ ton}$. Vidíme, že v uzavretom okruhu môže obiehať materiál v množstve 47 až 141 ton. Množstvo obiehajúceho materiálu závisí na podmienkach prevádzky.

Z bilancie vyplýva, že zastúpenie jednotlivých zrnitostných tried na celkovej produkcii je nevyhovujúci - tab. 6, stĺpec A, pretože len 10 % predstavuje podiel zrnitostnej triedy 8 - 11 mm.

Z hľadiska obchodného sa javí potreba zvýšiť podiel zrnitostnej triedy 4 - 8 a hlavne 8 - 11 mm na celkovej produkcii kameniva.

3. VYUŽITIE MATEMATICKÉHO MODELU PRI RACIONALIZÁCIÍ VÝROBY KAMENIVA

Racionalizačnú úlohu môžeme riešiť rôznym spôsobom. Z mnohých možných využijeme simulačný postup. Na základe matematického modelu budeme simulovať stavy vyvolané zmenou zloženia vsádzky pri danej typovej charakteristike drviča v novom navrhovanom uzavretom okruhu, schématicky znázornenom na obr. 1.a. Vektorové rovnice popisujúce situáciu majú nasledujúci tvar :

$$\begin{array}{l} 3 \\ 4 \end{array} \quad \begin{array}{l} Q_4 + Q_{19} = Q_{17} \\ DR_3 \cdot Q_{17} = Q_{18} \\ TR_8 \cdot Q_{18} = Q_{20} \\ Q_{19} + Q_{20} = Q_{18} \end{array}$$

Na základe realizovaných simulačných výpočtov pri rozdielnej zrnitosti vsádzky sa stanovilo zrnitostné zloženie produktov, tab. 5.

Tabuľka 5. Výsledky simulačných prepočtov uzavretého okruhu.

| Zrnitosť /mm/ | Zrnitostná skladba vsádzky | | DR3 bo =32 | Sii | η8 aR = 22 | Zrnitostné zloženie produktov | | C | |
|------------------|----------------------------|----|---------------|-----|---------------|-------------------------------|-------|------|------|
| | 4a | 4b | | | | 20a | 20b | | |
| + 32 | 60 | 90 | 0,13 | 1 | 0 | 0 | 0 | | |
| 22 - 32 | 17 | 5 | 0,14 | 1 | 0 | 0 | 0 | | |
| 11 - 22 | 9 | 3 | 0,40 | 1 | 0,9 | 30,13 | 40,95 | | |
| 8 - 11 | 6 | 2 | 0,10 | 0 | 0,98 | 26,98 | 22,46 | 0,26 | 0,36 |
| 0 - 8 | 8 | 0 | 0,23 | 0 | 1,0 | 43,00 | 36,79 | | |

Použité symboly znamenajú :

DR3 - typová charakteristika drviča, vytvorená z údajov tabuľky 1., v tomto chápaní predstavuje prvý stĺpec matice **B** - /Leško 1989, Lynch 1981/,

S_{ii} - stĺpec, ktorý vyjadruje diagonálne prvky matice **S**, ktoré zároveň vyjadrujú podiel, akým sa jednotkové zrnitostné triedy (4) zúčastňujú na tvorbe zrnitostných tried,

bo, **aR** - rázvor štrbiny drviča, deliaca okatosť sita /mm/,

C = Q19 / Q14 - recirkulačný pomer, vyjadrujúci podiel vratného produktu ku vsádzke do systému.

Porovnanie zrnitostného zloženia produktov 5 a 20 vo verzii a) resp. b) ukazuje

- podstatné zvýšenie podielu zrnitostných tried 0 - 8, t.j. 0 - 4, 4 - 8 mm,

- až 100 % zvýšenie podielu zrnitostnej triedy 8 - 11 mm.

Aká bude tvarová hodnota týchto zrn je zatiaľ ťažko predpokladať. V prípade nepriaznivého stavu je možné využiť odstredivý drvič, ktorý je zatiaľ inštalovaný v technologickej linke na pozícii 4.

Tabuľka 6. Výsledky výroby pred a po úprave technologickej schémy.

| | A | | | | B | | | | C | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|
| | TR5 | TR6 | Σ | | TR5 | TR6 | Σ | | TR5 | TR6 | Σ | |
| /mm/ | /t/ | /t/ | /t/ | /%/ | /t/ | /t/ | /t/ | /%/ | /t/ | /t/ | /t/ | /%/ |
| 0 - 4 | 17 | 22 | 39 | 65 | 8 | 22 | 30 | 50 | 8 | 12 | 20 | 33,3 |
| 4 - 8 | 9 | 6 | 15 | 25 | 16 | 6 | 22 | 36,7 | 16 | 8 | 24 | 40,0 |
| 8 - 11 | | 6 | 6 | 10 | | 8 | 8 | 13,3 | | 16 | 16 | 26,7 |
| | 26 | 34 | 60 | 100 | 24 | 36 | 60 | 100,0 | 24 | 36 | 60 | 100,0 |

Uzatvorený technologický okruh v II. štádiu pri existujúcich podmienkach v III. štádiu (charakteristiky triediča TR6 a drviča DR7) umožňuje zvýšiť podiel zrnitostných tried 4 - 8 a 8 - 11 mm. Z materiálovej bilancie triediča TR5 vyplýva, že nedôjde k podstatnému zníženiu zaťaženia III. štádia, ale dôjde k zvýšenej tvorbe zrnitostnej triedy 0 - 4, 4 - 8 a 8 - 11 mm.

Za predpokladu, že v III. štádiu nedôjde k podstatným zmenám, podiel jednotlivých zrnitostných tried na celkovej produkcii kameniva vyjadruje stĺpec B v tabuľke 6.

V prípade, že sa zohľadní aj zdobňovanie materiálu v III. štádiu, podiel jednotlivých zrnitostných tried sa zmení a predpokladanú skutočnosť vyjadruje stĺpec C v tabuľke 6.

ZÁVER

Uvedený typ matematického popisu technologického systému umožňuje

- optimalizovať technologický režim pri zmene podmienok prevádzky,
- predikovať očakávané výsledky pri spracovaní určitého typu suroviny,
- riadiť technologický postup v súlade s potrebami odbytu.

LITERATÚRA

- LEŠKO, M.: Problémy matematického modelovania drviaceho okruhu. *Zb.: Automatizácia a výpočtová technika v úpravníctve. Nový Smokovec, 1986, s. 93 - 100.*
- LEŠKO, M.: Projektovanie a výskum úpravní. *Skiptum, ES VŠT Košice, 1989, 289 s.*
- LEŠKO, M.: Matematický model drvenia a jeho využitie pri kompozícii zrnitostného zloženia kameniva. *Zb. Kamenivo pre cestné účely, Herľany 1995, s. 81-87.*
- LYNCH, A.J.: Cikly drobenija i izmelčeniya (Preklad z angl.). *Nedra Moskva, 1981, 339 s.*