

**Ю.Г. СВІТЛИЙ**, канд. техн. наук,

**В.С. БІЛЕЦЬКИЙ**, д-р техн. наук

(Україна, Харків, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»)

**К.А. ЛЕВЧЕНКО**, канд. техн. наук

(Україна, Дніпро, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»),

## ЗАВАНТАЖУВАЛЬНІ АПАРАТИ І ЇХ РОЗРАХУНОК

*Вступ.* Однією з актуальних проблем сучасної практики переробки і збагачення корисних копалин є їх завантаження у технологічні апарати. Розрахунок і підбір цих апаратів, як правило, входить обов'язковим пунктом проектування збагачувальних установок, цехів і фабрик. При цьому завантажувальні апарати, живильники застосовують практично у всіх головних і спеціальних процесах збагачення і при гідротранспорті сипких матеріалів, наприклад, шламів, руди тощо [1-8]. Вони виконуються у вигляді воронки, лотка, живильника, жолоба, дозатора, бункер-дозатора або їх поєднання для подачі сипкої речовини, наприклад, корисної копалини або породи на конвеєр, у вагонетку (вагон), у скіп, трубопровід, збагачувальний апарат тощо.

При проектуванні спершу визначають розрахункові характеристики завантажувальних апаратів, а потім з умов забезпечення максимальної продуктивності за таблицею 1 вибирають серійний апарат.

Таблиця 1

Технічна характеристика серійних завантажувальних апаратів

Характеристика	АЗВ – 25	АЗВ – М	АЗП – 1	АЗТ – 10
1	2	3	4	5
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год				
- по твердому матеріалу у насипному вигляді	135	200 – 250	200 – 250	275
- по твердому матеріалу в ущільненому вигляді	80	120 – 150	120 – 150	165
- по гідросуміші	480	600 - 790	600 - 790	1000
Робочий напір, МПа	6,4	6,4	6,4	6,4 – 10
Спосіб завантаження камер-труб	Сухий	Сухий	Сухий, гідросумішню	Гідросумішню
Спосіб розвантаження камер-труб	Низхідний	Висхідний	Висхідний	Витискальний
Об'ємне відношення Т:Р гідросуміші	1 : 5	1 : 4 – 1:4,3 (регулюється)	1 : 4 – 1:4,3 (регулюється)	1 : 5
Крупність транспортованого матеріалу, мм	< 60	0 – 60	0 – 60	0 – 80
Діаметр транспортного трубопроводу, м	0,2	0,2	0,2; 0,25	0,25
Число камер-труб	2	2	3	2
Діаметр камер-труб, м	0,8	0,8	0,8; 1,0	0,25; 0,3
Висота (довжина) камери (труби), м	3	4	10	300

## Загальні питання технологій збагачення

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Місткість камери-труби для твердого матеріалу, м <sup>3</sup>	1,5	2	2	-
Загальна місткість камери-труби, м <sup>3</sup>	1,5	2	8	15; 21
Тривалість циклу, с	35 – 50	50 – 80	80 – 120	120

### Розрахунок камерних завантажувально-перекачувальних апаратів

Необхідний об'єм камери апарата  $V_H$  (м<sup>3</sup>), який займає твердий матеріал, залежить від продуктивності по твердому матеріалу у насипному вигляді  $Q_H$  (м<sup>3</sup>/год) та сумарного часу спрацьовування затворів  $\Sigma t_0$  (с) у циклі:

$$V_H = \frac{Q_H \Sigma t_0}{3600};$$

Згідно до циклограми роботи завантажувально-перекачувальних апаратів, час спрацьовування затворів однієї камери з урахуванням часу вирівнювання тиску складає:

$$\Sigma t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$$

де  $t_1 \dots t_8$  – тривалість спрацьовування кожного затвору (приймають 1,5-3,0 с). У випадку застосування на завантажувальних та розвантажувальних трубопроводах зворотних клапанів, які спрацьовують одночасно з затворами на водогонках, при тій же тривалості спрацьовування всіх затворів  $\Sigma t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$  збільшується ресурс часу та надійність роботи кожного затвору, а циклограма відповідно спрощується.

Загальний об'єм камери апарата  $V_K$  (м<sup>3</sup>) визначають з урахуванням густини твердого матеріалу у насипному та твердому вигляді, а також концентрації гідросуміші:

$$V_k = V_n \left( 1 + \frac{\rho_n}{\rho_m \cdot S} \right).$$

Загальна висота камери діаметром  $D_k$  (м) складає

$$h_k = \frac{4V_k}{\pi \cdot D_k^2}.$$

Висота камери, яку займає твердий матеріал,

$$h_n = \frac{4V_n}{\pi \cdot D_k^2}.$$

Тривалість циклу (с) складається з тривалості операцій завантаження  $t_z$ , розвантаження  $t_p$  та спрацювання затворів одної камери

$$T_{\text{ц}} = t_z + t_p + \Sigma t_0.$$

При безперервності процесу перекачування  $t_z = t_p = \Sigma t_0$  мінімальна тривалість циклу трикамерного апарата

$$T_{\text{ц min}} = m_k t_p = 3t_p,$$

де  $m_k$  – число камер апарата.

Тривалість розвантаження (с) камери

$$t_p = \frac{3600V_k \cdot S}{Q_T} = \frac{3600V_k S \rho_T}{Q_H \rho_H}.$$

*Розрахунок камерних завантажувальних апаратів*

Завантажувальні апарати, які завантажують сухим матеріалом, раціонально виготовляти двокамерними, при забезпеченні безперервності утворення гідросуміші за рахунок інтенсифікації процесів завантаження та зливання відпрацьованої води. За умов повного завантаження камери твердим матеріалом необхідний її об'єм:

$$V_K = V_H = \frac{Q_H \Sigma t_0}{2400}.$$

Об'єм ( $\text{м}^3$ ) відпрацьованої води, яку зливають з камери перед черговим завантаженням:

$$V_{\text{зл}} = V_K \frac{\rho_H}{\rho_T}.$$

Висота (м) камери апарата  $h_K = \frac{4V_K}{\pi D_K^2}.$

Висота (м) розташування зливного отвору

$$h_{PK} = \frac{4V_K(\rho_T - \rho_H)}{\pi D_K^2 \rho_T}.$$

Тривалість (с) розвантаження камери апарата

$$t_p = \frac{3600V_K}{Q_H}.$$

Тривалість (с) зливу з камери відпрацьованої води

$$t_{3Л} = \frac{2D_K^2 \sqrt{(h_K - h_{3Л})2g}}{\varphi D_K^2}.$$

Тривалість (с) завантаження камери  $t_3 = t_p - t_{3Л} - \Sigma t_0$ .

Тривалість (с) циклу операцій апарата по завантаженню, розвантаженню, зливу, та спрацьовування затворів

$$T_{Ц} = t_3 + t_p + t_{3Л} + \Sigma t_0;$$

$$T_{ц min} = m_k t_p = 2t_p.$$

*Розрахунок трубчастих завантажувальних апаратів*

Необхідний об'єм (м<sup>3</sup>) трубчастої камери апарата:

$$V_K = \frac{Q \Sigma t_0}{1200}.$$

Якщо діаметр камери дорівнює діаметру транспортного трубопроводу, то довжину трубчастої камери визначають за формулою:

$$l_k = \frac{4V_k}{\pi D^2}.$$

Щоб забезпечити промивання трубчастої камери, витрату гідросуміші при завантаженні приймають на 15% вище тієї, що необхідно  $Q = 1,15Q_3$ , зменшуючи її концентрацію  $S_3 = 1,15S_p$ .

Витрата гідросуміші, яку завантажують (м<sup>3</sup>/год)

$$Q_3 = \frac{Q}{1,15}.$$

Тривалість завантаження та розвантаження трубчастої камери (с)

$$t_3 = \frac{3600V_K}{Q_3}; \quad t_P = \frac{3600V_K}{Q}$$

Тривалість циклу (с)

$$T_{Ц} = t_3 + t_P + \Sigma t_0$$

### *Розрахунок шлюзових живильників*

Шлюзові живильники використовують для піщано-гравійно-валунних гірських порід (корисних копалин, ґрунтів).

Спершу обирають кількість та об'єм камер живильника з умов максимальної продуктивності. Як правило, у роботі знаходяться всі три камери живильника; при роботі двох камер з трьох продуктивність живильника дорівнює 50 % від розрахункової; роботу одною камерою (30% продуктивності живильника) здійснюють лише при налагоджувальних роботах або у нештатних ситуаціях (при аварійному виходу з ладу інших камер).

Збільшення об'єму камери дозволяє скоротити число циклів та збільшити надійність клапанів та затворів, але у той же час збільшує габарити та вартість живильника в цілому.

Для стаціонарних гідротранспортних систем з шлюзовими живильниками об'єм камери:

$$V_K = 0,1Q_m$$

Для плавучих та пересувних гідротранспортних установок габарити камери порівняно обмежені. Пропускна здатність завантажувального отвору ( $\text{м}^3/\text{м}$ ):

$$q_m = 12500\lambda_e d_3^{\frac{2}{3}};$$

де  $\lambda_e$  – коефіцієнт витікання (для річкового піску та гравію 0,55-0,65; для крупнозернистого матеріалу з вмістом великої кількості дріб'язку 0,3-0,4; для грубозернистого матеріалу без дріб'язку 0,4-0,5; для дрібнозернистого матеріалу з великим вмістом дріб'язку 0,2-0,25);  $d_3$  – діаметр завантажувального отвору, має дорівнювати діаметру транспортного трубопроводу (не менше 1,8 розміру найкрупніших частинок твердого матеріалу).

### *Висновок*

У статті подана технічна характеристика серійних завантажувальних апаратів і порядок розрахунку камерних, трубчастих і шлюзових живильників. Викладені методи і алгоритм розрахунку рекомендується для застосування при проектуванні збагачувальних апаратів.

### **Список літератури**

1. Світлий Ю.Г., Білецький В.С. Гідравлічний транспорт. – Донецьк: Сх. вид. дім, 2009. – 436 с.
2. Сергєєв П.В., Білецький В.С. Селективна флокуляція вугілля. – Донецьк: Сх. вид. дім, 1999. – 136 с.
3. Самилін В.М., Білецький В.С. Спеціальні методи збагачення корисних копалин : курс лекцій. – Донецьк : Сх. вид. дім, 2003. – 115 с.
4. Папушин Ю.Л., Білецький В.С. Основи автоматизації гірничого виробництва : (курс лекцій). – Донецьк: Сх. вид. дім, 2007. – 168 с.
5. Смирнов В.О. Флотаційні методи збагачення корисних копалин / В.О. Смирнов, В.С. Білецький. – Донецьк: Сх. вид. дім, 2010. – 492 с.
6. Технологія збагачення корисних копалин / В.С. Білецький, В.О. Смирнов. – Донецьк: Сх. вид. дім, 2004. – 272с.
7. Смирнов В.О., Сергєєв П.В., Білецький В.С. Технологія збагачення вугілля. – Донецьк: Донецький національний технічний університет. Східний видавничий дім, 2011. – 476 с.
8. Смирнов В.О., Білецький В.С. Проектування збагачувальних фабрик : Навч. посіб. для студ. спец. "Збагачення корисних копалин" вищ. навч. закладів. – Донецьк: Сх. вид. дім, 2002. – 296 с.

© Світлий Ю.Г., Білецький В.С., Левченко К.А. 2019

*Надійшла до редколегій 22.01.2019  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*