

УДК 622.7

**О.В. РУДАВІНА,**

**О.Д. ПОЛУЛЯХ,** д-р техн. наук,

**О.В. ПОЛУЛЯХ,** канд. техн. наук

(Україна, Дніпро, ВП «Укрндівуглезбагачення» ДП «НТЦ «Вуглеінновація»)

### **ВСТАНОВЛЕННЯ ЗНАЧЕНЬ КОЕФІЦІЄНТІВ РОЗПОДІЛЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ ПО ПРОДУКТАМ ЗБАГАЧЕННЯ ГРАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ВУГЛЕЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*Вступ.* Аналіз фракційних складів продуктів збагачення дозволяє зробити висновок, що при збагаченні вугілля зольність фракцій густини в них відрізняється від зольності відповідних фракцій, які складають вихідний продукт.

Відомо, що при збагаченні рядового вугілля з відділенням двох продуктів зольність легких, середніх та важких фракцій густини у концентраті менше або дорівнює зольності відповідних фракцій вихідного продукту, а у відходах навпаки – більше або дорівнює. При збагаченні рядового вугілля з відділенням трьох продуктів зольність легких, середніх та важких фракцій густини у концентраті менше зольності відповідних фракцій у концентраті, у промпродукті – знаходиться на рівні або менше, або більше, у відходах навпаки – більше.

З вищевикладеного слідує, що при плануванні якісно-кількісних показників збагачення вугілля треба враховувати зменшення, або збільшення значень зольності фракцій густини у продуктах збагачення. Але у стандарті Мінпаливенерго України СОУ 10.1.00185755.002-2004 «Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості» – ці закономірності не враховуються, що приводить до збільшення різниці між плановими та фактичними показниками збагачення вугілля і не відповідає сучасним вимогам ринкових відношень між видобувними та збагачувальними підприємствами.

Це урахування можливо здійснювати за допомогою коефіцієнтів, значення яких встановлюються на підставі узагальнення фактичних показників зольностей фракцій густини у продуктах збагачення різних технологічних процесів, які визначені у промислових умовах.

*Метою роботи є* встановлення значень коефіцієнтів розподілення зольності по продуктах збагачення технологічних процесів вуглезбагачувальних підприємств.

*Виклад основного матеріалу*

Коефіцієнти розподілення зольності по продуктах збагачення розраховуються, як

а) для концентрату

$$\ell_{л.к-m} = \frac{A_{л.к-m}^d}{A_{л.р.в.}^d}; \quad \ell_{с.к-m} = \frac{A_{с.к-m}^d}{A_{с.р.в.}^d}; \quad \ell_{в.к-m} = \frac{A_{в.к-m}^d}{A_{в.р.в.}^d}; \quad (1)$$

б) для промпродукту

$$\ell_{л.н/n} = \frac{A_{л.н/n}^d}{A_{л.р.в.}^d}; \quad \ell_{с.н/n} = \frac{A_{с.н/n}^d}{A_{с.р.в.}^d}; \quad \ell_{в.н/n} = \frac{A_{в.н/n}^d}{A_{в.р.в.}^d}; \quad (2)$$

в) для відходів

$$\ell_{л.відх.} = \frac{A_{л.відх.}^d}{A_{л.р.в.}^d}; \quad \ell_{с.відх.} = \frac{A_{с.відх.}^d}{A_{с.р.в.}^d}; \quad \ell_{в.відх.} = \frac{A_{в.відх.}^d}{A_{в.р.в.}^d}; \quad (3)$$

де  $\ell_{л.к-m}$ ,  $\ell_{с.к-m}$ ,  $\ell_{в.к-m}$  – коефіцієнти зольності відповідно легких, середніх та важких фракцій густини у концентраті;  $\ell_{л.н/n}$ ,  $\ell_{с.н/n}$ ,  $\ell_{в.н/n}$  – коефіцієнти зольності відповідно легких, середніх та важких фракцій густини у промпродукті;  $\ell_{л.відх.}$ ,  $\ell_{с.відх.}$ ,  $\ell_{в.відх.}$  – коефіцієнти зольності відповідно легких, середніх та важких фракцій густини у відходах;  $A_{л.к-m}^d$ ,  $A_{с.к-m}^d$ ,  $A_{в.к-m}^d$  – зольність відповідно легких, середніх та важких фракцій густини у концентраті, %;  $A_{л.н/n}^d$ ,  $A_{с.н/n}^d$ ,  $A_{в.н/n}^d$  – зольність відповідно легких, середніх та важких фракцій густини у промпродукті, %;  $A_{л.відх.}^d$ ,  $A_{с.відх.}^d$ ,  $A_{в.відх.}^d$  – зольність відповідно легких, середніх та важких фракцій густини у відходах, %;  $A_{л.р.в.}^d$ ,  $A_{с.р.в.}^d$ ,  $A_{в.р.в.}^d$  – зольність відповідно легких, середніх та важких фракцій густини в рядовому вугіллі (вихідному машинному класі), %.

Визначення коефіцієнтів зольності продуктів збагачення здійснюється окремо для технологічних процесів з відділенням двох продуктів і для технологічних процесів з відділенням трьох продуктів. При цьому коефіцієнти зольності встановлюються для різних технологічних процесів і за різними класами крупності (за машинними класами).

У якості вихідних даних для розрахунку коефіцієнтів зольності прийнято результати фракційних аналізів продуктів збагачення рядового вугілля різними технологічними процесами, які наведені у [1, 2].

В основу їх розрахунку покладено метод усереднення балансів фракційного складу продуктів збагачення основних збагачувальних процесів: важкосередовищного збагачення, гідравлічної відсадки, пневмосепарації; збагачення у крутопохилих сепараторах, гвинтових сепараторах, концентраційних столах, конусних сепараторах, гідросайзерах.

## Гравітаційна сепарація

Усереднення фракційних балансів по кожному збагачувальному процесі здійснювалося за вісьмома категоріями збагачуваності: легкої, середньої, важкої, дуже важкої, надважкої № 1, надважкої № 2, надважкої № 3, надважкої № 4.

Усього розглянуто 1438 фракційних балансів (у важкосередовищних сепараторах – 188, важкосередовищних гідроциклонах – 138, гідравлічних відсаджувальних машинах – 359, пневматичних сепараторах – 229, крутопохилих сепараторах – 81, гвинтових сепараторах – 161, концентраційних столах – 160, гідросайзерах – 52, конусних сепараторах – 70) з 128 вуглезбагачувальних підприємств. Використано 191 джерело науково-технічної літератури.

Визначення значень коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення технологічних процесів з відділенням двох продуктів відбувалося за допомогою рівнянь (1) і (3), з відділенням трьох продуктів за допомогою рівнянь (1)-(3). Отримані первинні значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення наведено відповідно у таблицях 1 і 2.

Узагальнений аналіз даних таблиць 1 і 2 дозволяє зробити висновок, що категорії збагачуваності вугілля не впливають на значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам гравітаційних збагачувальних процесів, тому у подальших розрахунках можливо користуватись їх скорегованими середніми значеннями, які наведено у таблицях 3 і 4.

Таблиця 1

Визначення первинних значень коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення при відділенні двох продуктів

Обладнання, клас, мм	Категорія збагачуваності	Коефіцієнти розподілення зольності											
		$\delta_p = 1500 \text{ кг/м}^3$						$\delta_p = 1800 \text{ кг/м}^3$					
		Концентрат			Відходи			Концентрат			Відходи		
		$I_{л.к-т}$	$I_{с.к-т}$	$I_{в.к-т}$	$I_{л.відх.}$	$I_{с.відх.}$	$I_{в.відх.}$	$I_{л.к-т}$	$I_{с.к-т}$	$I_{в.к-т}$	$I_{л.відх.}$	$I_{с.відх.}$	$I_{в.відх.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
СК, +13 мм	Легка	0,98	0,88	0,74	2,86	1,21	1,0	0,97	0,90	0,88	2,44	1,40	1,01
	Середня	0,95	0,91	0,77	2,46	1,16	1,01	1,0	0,94	0,89	2,53	1,24	1,01
	Важка	0,92	0,86	0,84	2,10	1,07	1,0	1,0	0,90	0,65	2,28	1,58	1,02
	Дуже важка	0,88	0,91	0,78	1,82	1,03	1,0	0,99	0,96	0,76	1,95	1,09	1,05
	№1	0,95	0,85	0,78	1,95	1,05	1,0	1,0	0,99	0,77	2,15	1,27	1,02
	№ 2	0,98	0,79	0,80	2,10	1,02	1,0	0,98	1,01	0,85	1,58	1,31	1,01
	№ 3	1,0	0,83	0,81	2,19	1,01	1,0	1,0	0,99	0,87	3,29	1,30	1,0
	№ 4	1,0	0,67	0,73	1,84	1,01	1,0	1,0	1,04	0,80	2,41	1,28	1,01
	<b>Середнє</b>	<b>0,96</b>	<b>0,84</b>	<b>0,78</b>	<b>2,17</b>	<b>1,07</b>	<b>1,0</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>0,81</b>	<b>2,33</b>	<b>1,31</b>	<b>1,02</b>
ГТ, 0,5-13 мм	Легка	0,98	0,88	0,62	1,77	1,01	1,0	0,99	0,99	0,78	2,14	1,37	1,01
	Середня	1,0	0,87	0,77	2,19	1,11	1,02	0,97	0,78	0,87	3,40	2,17	1,02
	Важка	0,90	0,77	0,68	1,39	1,14	1,0	0,98	0,96	0,74	1,52	1,23	1,01
	Дуже важка	1,0	0,87	0,66	1,55	1,09	0,99	1,0	1,01	0,79	2,13	1,48	1,02
	№1	1,0	0,69	0,66	1,88	1,11	1,0	1,0	1,0	0,81	2,01	1,44	1,07
	№ 2	0,98	0,75	-	1,91	1,05	1,0	1,0	1,0	0,84	-	1,45	1,02
	№ 3	1,0	0,70	-	1,38	1,04	1,0	1,0	0,97	0,73	-	2,18	1,02
	№ 4	1,0	0,66	-	1,90	1,01	1,0	1,0	0,99	0,76	-	1,43	1,01
	<b>Середнє</b>	<b>0,98</b>	<b>0,77</b>	<b>0,68</b>	<b>1,75</b>	<b>1,07</b>	<b>1,0</b>	<b>0,99</b>	<b>0,96</b>	<b>0,78</b>	<b>2,24</b>	<b>1,59</b>	<b>1,02</b>

## Гравітаційна сепарація

*Продовження табл. 1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>ОМ, +13 мм</b>	Легка	0,92	0,91	0,65	2,30	1,04	1,0	0,94	0,95	0,82	1,64	1,05	1,02
	Середня	1,0	0,77	0,79	2,65	1,09	1,0	0,98	0,99	0,88	1,33	1,05	1,01
	Важка	0,98	0,85	0,67	3,03	1,23	1,0	1,0	0,97	0,77	1,44	1,29	1,0
	Дужа важка	0,94	0,72	0,75	2,49	1,28	1,0	1,0	0,77	0,83	-	1,33	1,0
	№1	1,0	0,66	0,80	1,45	1,10	1,0	1,0	0,99	0,90	-	1,44	1,01
	№2	1,0	0,63	0,74	1,46	1,04	1,0	1,0	0,99	0,81	-	1,54	1,01
	<b>Середнє</b>	<b>0,97</b>	<b>0,76</b>	<b>0,73</b>	<b>2,23</b>	<b>1,13</b>	<b>1,0</b>	<b>0,99</b>	<b>0,94</b>	<b>0,84</b>	<b>1,47</b>	<b>1,28</b>	<b>1,01</b>
<b>ОМ, 0,5-13 мм</b>	Легка	0,79	0,88	0,79	1,93	1,24	1,01	1,0	0,94	0,93	1,71	1,25	1,01
	Середня	0,93	0,94	0,87	3,29	1,06	1,0	1,0	0,96	0,89	1,50	1,11	1,03
	Важка	0,97	0,82	0,87	2,47	1,06	1,0	0,96	0,97	0,76	1,31	1,16	1,0
	Дужа важка	0,98	0,82	0,84	2,23	1,08	1,0	0,99	0,99	0,85	1,34	1,21	1,02
	№1	0,88	0,80	0,78	2,25	1,07	1,0	0,99	0,95	0,85	1,32	1,13	1,01
	№2	1,0	0,83	0,81	1,27	1,03	1,0	0,99	0,95	0,81	1,26	1,20	1,02
	№3	0,99	0,80	0,82	1,52	1,02	1,0	1,0	1,0	0,85	-	1,32	1,02
	№4	1,0	0,88	0,86	-	1,0	1,0	-	1,0	0,89	-	1,06	1,00
<b>Середнє</b>	<b>0,94</b>	<b>0,85</b>	<b>0,83</b>	<b>2,15</b>	<b>1,07</b>	<b>1,0</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>0,85</b>	<b>1,41</b>	<b>1,18</b>	<b>1,01</b>	
<b>ОМ, 0-100 мм</b>	Легка	0,93	0,79	0,87	2,15	1,0	1,04	0,99	0,99	0,87	2,0	1,23	1,01
	Середня	1,0	0,91	0,79	1,42	1,26	1,01	1,0	0,94	0,78	1,49	1,29	1,02
	Важка	0,97	0,81	0,90	1,31	1,39	1,01	1,0	0,97	0,89	1,54	1,26	1,01
	Дужа важка	1,0	0,88	0,80	1,43	1,02	1,0	1,0	0,98	0,86	2,21	1,45	1,01
	№1	0,99	0,76	0,82	2,16	1,04	1,01	1,0	0,97	0,87	2,33	1,30	1,02
	<b>Середнє</b>	<b>0,98</b>	<b>0,83</b>	<b>0,84</b>	<b>1,69</b>	<b>1,14</b>	<b>1,01</b>	<b>1,0</b>	<b>0,97</b>	<b>0,85</b>	<b>1,91</b>	<b>1,31</b>	<b>1,01</b>
<b>ПС, +13 мм</b>	Легка	0,94	0,91	0,87	1,52	1,17	1,01	1,0	0,99	0,93	1,67	1,22	1,03
	Середня	0,63	0,96	0,89	1,25	1,01	1,02	0,98	0,98	0,94	1,45	1,15	1,02
	Важка	0,98	0,78	0,88	1,60	1,14	1,02	1,0	0,98	0,94	1,59	1,33	1,06
	Дужа важка	0,96	0,82	0,93	2,30	1,34	1,03	1,0	0,95	0,95	2,3	1,49	1,03
	<b>Середнє</b>	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	<b>0,89</b>	<b>1,67</b>	<b>1,17</b>	<b>1,02</b>	<b>1,0</b>	<b>0,98</b>	<b>0,94</b>	<b>1,75</b>	<b>1,30</b>	<b>1,04</b>
<b>ПС, -13 мм</b>	Легка	0,96	0,80	0,83	2,16	1,11	1,05	0,98	0,95	0,96	2,95	1,29	1,10
	Середня	0,92	0,84	0,89	2,29	1,26	1,01	0,98	0,99	0,97	2,76	1,40	1,04
	Важка	0,95	0,46	0,54	3,52	1,22	1,16	1,0	0,99	0,99	1,83	1,08	1,06
	Дужа важка							1,0	1,00	0,93	1,45	1,19	1,06
	<b>Середнє</b>	<b>0,94</b>	<b>0,70</b>	<b>0,75</b>	<b>2,66</b>	<b>1,20</b>	<b>1,07</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	<b>2,25</b>	<b>1,24</b>	<b>1,07</b>
<b>ПС, 6(3)-100 мм</b>	Легка	0,95	0,93	0,93	1,56	1,4	1,02	1,0	1,0	0,98	1,39	1,19	1,05
	Середня	0,82	0,78	0,95	1,65	1,08	1,02	0,92	0,93	0,92	1,98	1,17	1,01
	Важка	0,89	0,82	0,83	1,97	1,11	1,02	1,0	1,0	1,0	1,76	1,17	1,10
	Дужа важка	0,92	0,78	0,90	2,06	1,01	1,02	1,0	0,97	0,97	1,44	1,12	1,07
	№1	1,0	1,0	1,0	1,13	1,12	1,10	1,0	0,95	0,93	1,24	1,06	1,02
	<b>Середнє</b>	<b>0,92</b>	<b>0,86</b>	<b>0,92</b>	<b>1,67</b>	<b>1,09</b>	<b>1,04</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>0,96</b>	<b>1,56</b>	<b>1,14</b>	<b>1,05</b>
<b>ПС, 0-100 мм</b>	Легка	0,92	0,80	0,86	1,63	1,14	1,02	0,99	0,92	0,94	1,94	1,31	1,06
	Середня	0,89	0,93	0,97	2,02	1,14	1,03	1,0	0,99	0,97	2,14	1,24	1,02
	Важка	0,99	0,85	0,90	1,73	1,17	1,04	0,82	0,93	0,94	1,50	1,16	1,07
	Дужа важка	0,97	0,83	0,84	1,64	1,02	1,02	0,98	0,91	0,99	1,65	1,02	1,12
	<b>Середнє</b>	<b>0,94</b>	<b>0,85</b>	<b>0,89</b>	<b>1,76</b>	<b>1,12</b>	<b>1,03</b>	<b>0,95</b>	<b>0,94</b>	<b>0,96</b>	<b>1,81</b>	<b>1,18</b>	<b>1,07</b>
<b>КНС, +13 мм</b>	Легка	0,99	0,90	0,98	1,66	1,11	1,0						
	Середня	0,98	0,98	0,94	1,49	1,05	1,0						
	Важка							0,99	0,93	0,92	1,87	1,32	1,01
	Дужа важка	1,0	0,86	0,87	1,69	1,07	1,01	0,99	0,99	0,91	3,57	1,13	1,01
	№1	1,0	0,85	0,91	2,07	1,03	1,01	1,0	0,98	0,91	2,66	1,30	1,01
<b>Середнє</b>	<b>0,99</b>	<b>0,90</b>	<b>0,93</b>	<b>1,73</b>	<b>1,07</b>	<b>1,0</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>0,91</b>	<b>2,70</b>	<b>1,25</b>	<b>1,01</b>	

## Гравітаційна сепарація

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
КНС, -13 мм	Легка	0,97	0,86	0,90	1,19	1,07	1,01	0,99	0,98	0,99	1,27	1,18	1,0	
	Середня	0,94	0,75	0,96	1,01	1,13	1,03	1,0	0,98	0,84	1,27	1,18	1,02	
	<b>Середнє</b>	<b>0,96</b>	<b>0,81</b>	<b>0,93</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,02</b>	<b>1,0</b>	<b>0,98</b>	<b>0,92</b>	<b>1,27</b>	<b>1,18</b>	<b>1,01</b>	
КНС, 0-100 мм	Дужа важка №1	0,98	0,99	0,91	1,21	1,0	1,07	0,98	0,99	0,89	1,35	1,06	1,01	
	№2	0,98	0,96	0,96	1,28	1,07	1,0	1,0	0,97	0,96	1,46	1,19	1,0	
	<b>Середнє</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,94</b>	<b>1,25</b>	<b>1,04</b>	<b>1,04</b>	<b>0,99</b>	<b>0,98</b>	<b>0,93</b>	<b>1,41</b>	<b>1,13</b>	<b>1,01</b>	
МВС, 0-3 мм	Легка	0,95	1,0	0,83	2,28	1,22	1,08	0,97	0,90	0,93	1,99	1,11	1,13	
	Середня	0,94	0,90	0,95	1,68	1,09	1,0	0,97	0,97	0,85	1,41	1,22	1,01	
	Важка	0,96	0,94	0,88	1,37	1,07	1,01	0,96	0,97	0,91	1,33	1,39	1,01	
	Дужа важка №1	0,92	0,94	0,89	1,05	1,02	1,0	0,90	0,90	0,93	1,17	1,23	1,03	
	№2	0,95	0,69	0,69	1,11	1,79	1,02	0,96	0,91	0,83	1,57	1,80	1,11	
	№3	0,93	0,86	0,79	1,37	1,04	1,01	0,89	0,95	0,82	2,04	1,34	1,04	
	№4	0,88	0,63	0,94	-	1,14	1,0	0,97	0,99	0,93	1,03	1,20	1,05	
<b>Середнє</b>	<b>0,93</b>	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>	<b>1,27</b>	<b>1,20</b>	<b>1,02</b>	<b>0,95</b>	<b>0,94</b>	<b>0,89</b>	<b>1,51</b>	<b>1,33</b>	<b>1,05</b>		
КСт, 0-3 мм	Легка	0,94	0,95	0,99	3,52	1,12	1,07	0,98	0,97	0,87	1,69	1,1	1,02	
	Середня	0,98	0,80	0,73	2,21	1,11	1,08	0,98	0,96	0,90	2,57	1,13	1,04	
	№1	0,98	0,66	0,33	2,92	1,64	1,13							
	<b>Середнє</b>	<b>0,97</b>	<b>0,80</b>	<b>0,68</b>	<b>2,88</b>	<b>1,29</b>	<b>1,09</b>	<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	<b>0,89</b>	<b>2,13</b>	<b>1,14</b>	<b>1,03</b>	
ГС, 0-3 мм	Легка	0,98	0,77	0,84	1,58	1,08	1,02	0,99	0,94	0,91	1,41	1,24	1,01	
	Середня	0,99	0,89	0,82	1,88	1,41	1,03	0,98	0,98	0,91	1,76	1,27	1,02	
	Важка	0,99	0,79	0,84	1,41	1,08	1,08	1,0	0,97	0,96	1,48	1,23	1,02	
	Дужа важка	1,0	0,86	0,89	1,42	1,38	1,02	1,0	0,98	0,90	3,16	2,15	1,15	
	<b>Середнє</b>	<b>0,99</b>	<b>0,83</b>	<b>0,85</b>	<b>1,57</b>	<b>1,24</b>	<b>1,04</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>0,92</b>	<b>1,95</b>	<b>1,47</b>	<b>1,05</b>	
КС, 0-3 мм	Легка	0,97	0,80	0,84	1,81	1,05	1,03	0,96	0,97	0,90	1,58	1,11	1,02	
	Середня	0,95	0,72	0,92	3,08	1,15	1,02	1,0	0,90	0,96	2,21	1,04	1,01	
	Важка	0,92	0,86	0,85	1,32	1,05	1,02	0,98	0,95	0,93	1,30	1,10	1,02	
	Дужа важка №1	0,98	0,84	0,96	1,79	1,02	1,01		0,92	0,79	0,98	2,31	1,03	1,0
	<b>Середнє</b>	<b>0,96</b>	<b>0,81</b>	<b>0,89</b>	<b>2,0</b>	<b>1,07</b>	<b>1,02</b>	<b>0,97</b>	<b>0,90</b>	<b>0,94</b>	<b>1,85</b>	<b>1,07</b>	<b>1,01</b>	

Таблиця 2

Визначення первинних значень коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення при відділенні трьох продуктів

Облад- нання, клас, мм	Категорія збагачуваності	Коефіцієнти розподілення зольності										
		Концентрат			Промпродукт			Відходи				
		І <sub>л.к-т</sub>	І <sub>с.к-т</sub>	І <sub>в.к-т</sub>	І <sub>л.п/п</sub>	І <sub>с.п/п</sub>	І <sub>в.п/п</sub>	І <sub>л.відх.</sub>	І <sub>с.відх.</sub>	І <sub>в.відх.</sub>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
СК, +13 мм	Середня	0,96	0,81	0,50	1,73	1,22	0,77	1,76	1,22	1,01		
	Важка	1,0	0,89	0,82	1,77	1,09	0,73	-	1,32	1,01		
	№1	0,96	0,70	0,70	2,37	1,0	0,83	3,22	1,21	1,01		
	№2	0,75	0,84	-	1,46	0,87	0,88	1,33	1,33	1,01		
	<b>Середнє</b>	<b>0,92</b>	<b>0,81</b>	<b>0,67</b>	<b>1,83</b>	<b>1,05</b>	<b>0,80</b>	<b>2,10</b>	<b>1,27</b>	<b>1,01</b>		
Т, -13 мм	Легка	0,98	0,89	0,71	2,24	0,97	0,76	2,75	1,30	1,01		
	Середня	0,95	0,83	-	2,51	0,93	0,71	2,09	1,24	1,02		
	Дужа важка	0,87	0,64	-	1,66	0,98	0,59	1,2	1,21	1,02		
	№1	0,75	0,77	-	1,33	1,0	0,84	1,7	1,23	1,02		
	№3	0,98	0,56	-	1,21	1,03	0,78	-	1,13	1,03		
	№4	0,83	0,74	-	1,42	0,97	0,85	-	1,27	1,01		
<b>Середнє</b>	<b>0,89</b>	<b>0,74</b>	<b>0,71</b>	<b>1,73</b>	<b>0,98</b>	<b>0,76</b>	<b>1,94</b>	<b>1,23</b>	<b>1,02</b>			

## Гравітаційна сепарація

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ОМ, +13 мм	Легка	0,98	0,91	0,92	1,36	1,16	0,93	1,3	1,12	1,0
	Середня	0,88	0,86	0,75	2,44	0,96	0,89	3,19	1,25	1,01
	Важка	0,93	0,90	0,83	2,53	0,92	0,89	2,12	1,13	1,02
	Дужа важка	0,88	0,85	0,87	1,52	1,02	0,97	1,89	1,08	1,01
	№1	0,89	0,75	0,77	1,37	0,97	0,93	1,90	1,15	1,02
	№ 2	0,98	0,74	0,74	1,19	0,90	0,94	1,45	1,08	1,06
	<b>Середнє</b>	<b>0,92</b>	<b>0,84</b>	<b>0,81</b>	<b>1,74</b>	<b>0,99</b>	<b>0,93</b>	<b>1,98</b>	<b>1,14</b>	<b>1,02</b>
ОМ, -13 мм	Легка	0,88	0,99	0,92	2,1	1,08	0,97	2,27	1,21	1,02
	Середня	0,95	0,97	0,82	1,8	1,05	0,95	1,80	1,05	1,04
	Важка	0,87	0,98	0,87	1,5	1,10	0,93	2,09	1,12	1,02
	Дужа важка	0,95	0,74	0,77	1,47	0,93	0,89	1,84	1,13	1,03
	№1	0,77	0,77	0,79	1,17	1,04	0,93	1,55	1,26	1,02
	№ 2	0,83	0,78	0,83	1,22	0,97	0,97	1,36	1,08	1,03
	№ 3	0,95	0,72	-	1,14	0,96	0,91	1,78	1,19	1,07
	№ 4	0,91	0,63	-	1,43	0,94	0,88	2,15	1,10	1,06
<b>Середнє</b>	<b>0,89</b>	<b>0,82</b>	<b>0,83</b>	<b>1,48</b>	<b>1,01</b>	<b>0,93</b>	<b>1,86</b>	<b>1,14</b>	<b>1,04</b>	
ОМ, 0-100 мм	Легка	0,95	0,89	0,73	1,46	1,46	0,90	2,78	1,01	1,01
	Середня	1,0	1,02	0,93	1,67	1,08	0,96	1,87	1,18	1,06
	Важка	0,95	0,92	0,84	1,58	1,01	0,90	1,71	1,03	1,01
	Дужа важка	0,96	0,83	0,82	1,25	1,01	0,87	1,38	1,13	1,01
	№1	0,86	0,85	0,88	0,93	1,01	0,94	1,37	1,17	1,03
	<b>Середнє</b>	<b>0,95</b>	<b>0,90</b>	<b>0,84</b>	<b>1,38</b>	<b>1,11</b>	<b>0,91</b>	<b>1,82</b>	<b>1,10</b>	<b>1,02</b>
ПС, +13 мм	Середня	0,88	0,89	0,92	1,25	1,08	0,96	1,84	1,30	1,02
	Важка	0,95	0,88	0,96	1,03	1,02	0,97	1,88	1,28	1,05
	Дуже важка	0,90	0,91	0,92	1,07	1,03	0,98	2,14	1,21	1,05
	№1	0,96	0,91	0,92	1,23	1,04	0,98	2,08	1,36	1,05
	<b>Середнє</b>	<b>0,92</b>	<b>0,90</b>	<b>0,93</b>	<b>1,15</b>	<b>1,04</b>	<b>0,97</b>	<b>1,99</b>	<b>1,29</b>	<b>1,05</b>
ПС, -13 мм	Легка	0,92	1,06	0,95	1,26	1,13	1,03	1,98	1,42	1,08
	Середня	0,89	0,87	0,94	0,97	0,91	0,98	1,89	1,09	1,04
	Важка	0,91	0,76	0,86	1,05	0,80	0,92	1,64	1,03	1,01
	Дужа важка	0,80	0,63	0,81	1,07	0,89	0,97	1,55	1,14	1,04
	<b>Середнє</b>	<b>0,88</b>	<b>0,83</b>	<b>0,89</b>	<b>1,09</b>	<b>0,93</b>	<b>0,98</b>	<b>1,77</b>	<b>1,17</b>	<b>1,04</b>
ПС, 6-100 мм	Легка	0,96	0,87	0,96	1,29	1,05	0,98	1,89	1,14	1,04
	Середня	0,95	0,95	0,96	1,28	1,10	0,99	1,80	1,20	1,05
	<b>Середнє</b>	<b>0,96</b>	<b>0,91</b>	<b>0,96</b>	<b>1,29</b>	<b>1,08</b>	<b>0,99</b>	<b>1,85</b>	<b>1,17</b>	<b>1,05</b>
ПС, 0-100 мм	Легка	0,97	0,81	0,96	1,03	1,10	1,0	1,42	1,18	1,02
	Середня	0,97	0,84	0,92	0,99	1,04	0,97	1,81	1,27	1,05
	<b>Середнє</b>	<b>0,97</b>	<b>0,83</b>	<b>0,94</b>	<b>1,01</b>	<b>1,07</b>	<b>0,99</b>	<b>1,62</b>	<b>1,23</b>	<b>1,04</b>
МВС, 0-3 мм	Важка	1,0	0,73	-	1,01	1,39	0,95	-	2,62	1,02
	№1	0,96	0,81	0,83	1,12	1,06	0,96	-	-	1,22
	<b>Середнє</b>	<b>0,98</b>	<b>0,77</b>	<b>0,83</b>	<b>1,07</b>	<b>1,23</b>	<b>0,96</b>	<b>-</b>	<b>2,62</b>	<b>1,12</b>
Концентраційні столи, 0-3 мм	Легка	0,77	0,98	0,86	1,14	1,08	0,96	3,14	1,29	1,06
	Середня	0,89	1,05	0,82	1,20	1,05	0,93	2,54	1,38	1,05
	Важка	0,90	0,80	0,77	1,90	1,09	0,95	2,38	1,45	1,05
	№1	0,99	0,96	0,82	1,08	0,99	0,88	1,41	1,29	1,04
	№ 2	0,95	0,92	0,77	1,05	1,0	0,93	1,24	1,06	1,05
	<b>Середнє</b>	<b>0,90</b>	<b>0,94</b>	<b>0,81</b>	<b>1,27</b>	<b>1,04</b>	<b>0,93</b>	<b>2,14</b>	<b>1,29</b>	<b>1,05</b>

## Гравітаційна сепарація

Таблиця 3

Скореговані середні первинні значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення при відділенні двох продуктів відповідно процесам та крупності машинних класів

Обладнання	Клас, мм	Коефіцієнти розподілення зольності											
		$\delta_p = 1500 \text{ кг/м}^3$						$\delta_p = 1800 \text{ кг/м}^3$					
		Концентрат			Відходи			Концентрат			Відходи		
		$I_{л.к-т}$	$I_{с.к-т}$	$I_{в.к-т}$	$I_{л.відх.}$	$I_{с.відх.}$	$I_{в.відх.}$	$I_{л.к-т}$	$I_{с.к-т}$	$I_{в.к-т}$	$I_{л.відх.}$	$I_{с.відх.}$	$I_{в.відх.}$
<b>СК</b>	+13	0,96	0,84	0,78	2,17	1,07	1,0	0,99	0,97	0,83	2,33	1,31	1,01
<b>ГТ</b>	0,5-13	0,96	0,77	0,68	1,95	1,07	1,0	0,99	0,96	0,78	2,24	1,31	1,02
<b>ОМ</b>	+13	0,96	0,83	0,80	2,00	1,07	1,0	0,99	0,94	0,84	2,27	1,15	1,01
	0,5-13	0,96	0,85	0,83	1,85	1,07	1,0	0,99	0,97	0,85	2,09	1,16	1,01
	0,5-100	0,98	0,88	0,84	1,69	1,14	1,0	1,0	0,97	0,85	1,91	1,25	1,01
<b>ПС</b>	+13	0,94	0,89	0,89	1,67	1,17	1,02	0,99	0,98	0,94	1,80	1,25	1,04
	-13	0,94	0,88	0,89	1,67	1,16	1,02	0,99	0,98	0,96	1,79	1,24	1,07
	6(3)-100	0,94	0,90	0,92	1,67	1,16	1,02	0,99	0,98	0,96	1,80	1,23	1,05
	0-100	0,94	0,88	0,89	1,66	1,14	1,02	0,99	0,98	0,96	1,81	1,23	1,07
<b>КНС</b>	+13	0,98	0,95	0,91	1,62	1,07	1,0	0,99	0,98	0,91	1,82	1,22	1,01
	-13	0,98	0,96	0,92	1,20	1,07	1,0	0,99	0,98	0,92	1,28	1,18	1,01
	0-100	0,98	0,95	0,92	1,25	1,04	1,0	0,99	0,98	0,91	1,41	1,18	1,01
<b>МВС</b>	0-3	0,93	0,85	0,82	1,59	1,20	1,02	0,98	0,94	0,89	1,85	1,28	1,05
<b>КСГ</b>	0-3	0,97	0,84	0,78	1,62	1,22	1,02	0,98	0,96	0,89	1,83	1,29	1,05
<b>ГС</b>	0-3	0,97	0,83	0,80	1,58	1,24	1,02	0,98	0,97	0,92	1,85	1,47	1,05
<b>КС</b>	0-3	0,96	0,83	0,82	1,62	1,07	1,02	0,98	0,94	0,91	1,85	1,14	1,05

Таблиця 4

Скореговані середні первинні значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення при відділенні трьох продуктів відповідно процесам та крупності машинних класів

Обладнання	Клас, мм	Коефіцієнти розподілення зольності								
		Концентрат			Промпродукт			Відходи		
		$I_{л.к-т}$	$I_{с.к-т}$	$I_{в.к-т}$	$I_{л.п/п}$	$I_{с.п/п}$	$I_{в.п/п}$	$I_{л.відх.}$	$I_{с.відх.}$	$I_{в.відх.}$
<b>СК</b>	+13	0,92	0,81	0,71	1,83	1,0	0,80	2,44	1,33	1,01
<b>ГТ</b>	0,5-13	0,89	0,74	0,71	1,73	0,98	0,76	2,34	1,28	1,02
<b>ОМ</b>	+13	0,92	0,84	0,81	1,74	0,99	0,93	2,31	1,14	1,02
	0,5-13	0,89	0,82	0,82	1,48	1,01	0,93	2,23	1,14	1,02
	0,5-100	0,95	0,90	0,84	1,38	1,02	0,93	2,02	1,10	1,02
<b>ПС</b>	+13	0,92	0,90	0,92	1,30	1,04	0,98	1,84	1,27	1,05
	0-13	0,93	0,88	0,89	1,09	1,03	0,98	1,79	1,26	1,05
	6-100	0,92	0,91	0,90	1,29	1,05	0,98	1,85	1,27	1,05
	0-100	0,97	0,88	0,92	1,11	1,07	0,98	1,82	1,23	1,05
<b>МВС</b>	0-3	0,95	0,85	0,81	1,10	1,06	0,96	2,14	1,30	1,05
<b>КСГ</b>	0-3	0,94	0,86	0,81	1,12	1,04	0,93	2,14	1,29	1,05

Встановлення остаточних значень коефіцієнтів розподілу зольності по продуктам збагачення технологічних процесів з відділенням двох або трьох

продуктів здійснювалося на підставі даних таблиць 3 і 4 за допомогою округлення до значень 0,00 або 0,05 у тих випадках, коли це не впливало на загальні тенденції значень коефіцієнтів зольності. Остаточні значення цих коефіцієнтів зольності наведено у таблицях 5 і 6. Ці значення і рекомендуються до використання при розробці зміни до стандарту Мінпаливенерго України СОУ 10.1.00185755.002-2004 «Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості» з урахуванням шламоутворення, диференціації дуже важкої категорії збагачуваності вугілля та процесів збагачення шламових продуктів.

*Таблиця 5*

Остаточні значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення при відділенні двох продуктів відповідно процесам та крупності машинних класів

Обладнання	Клас, мм	Коефіцієнти розподілення зольності											
		$\delta_p = 1500 \text{ кг/м}^3$						$\delta_p = 1800 \text{ кг/м}^3$					
		Концентрат			Відходи			Концентрат			Відходи		
		І <sub>л.к-т</sub>	І <sub>с.к-т</sub>	І <sub>в.к-т</sub>	І <sub>л.відх.</sub>	І <sub>с.відх.</sub>	І <sub>в.відх.</sub>	І <sub>л.к-т</sub>	І <sub>с.к-т</sub>	І <sub>в.к-т</sub>	І <sub>л.відх.</sub>	І <sub>с.відх.</sub>	І <sub>в.відх.</sub>
<b>СК</b>	+13	0,95	0,85	0,80	2,15	1,05	1,0	0,99	0,95	0,85	2,35	1,30	1,01
<b>ГТ</b>	0,5-13	0,95	0,75	0,70	1,95	1,05	1,0	0,99	0,95	0,80	2,25	1,30	1,02
<b>ОМ</b>	+13	0,95	0,85	0,80	2,00	1,05	1,0	0,99	0,95	0,85	2,25	1,15	1,01
	0,5-13	0,95	0,85	0,85	1,85	1,05	1,0	0,99	0,95	0,85	2,10	1,15	1,01
	0,5-100	0,98	0,90	0,85	1,70	1,15	1,0	1,0	0,95	0,85	1,90	1,25	1,01
<b>ПС</b>	+13	0,95	0,90	0,90	1,65	1,15	1,02	0,99	0,98	0,95	1,80	1,25	1,04
	-13	0,95	0,90	0,90	1,65	1,15	1,02	0,99	0,98	0,95	1,80	1,25	1,04
	6(3)-100	0,95	0,90	0,90	1,65	1,15	1,02	0,99	0,98	0,95	1,80	1,25	1,04
	0-100	0,95	0,90	0,90	1,65	1,15	1,02	0,99	0,98	0,95	1,80	1,25	1,04
<b>КНС</b>	+13	0,98	0,95	0,90	1,60	1,05	1,0	0,99	0,98	0,90	1,80	1,20	1,01
	-13	0,98	0,95	0,90	1,20	1,05	1,0	0,99	0,98	0,90	1,30	1,20	1,01
	0-100	0,98	0,95	0,90	1,25	1,05	1,0	0,99	0,98	0,90	1,40	1,20	1,01
<b>МВС</b>	0-3	0,95	0,85	0,80	1,60	1,20	1,02	0,98	0,95	0,90	1,85	1,30	1,05
<b>КСт</b>	0-3	0,95	0,85	0,80	1,60	1,20	1,02	0,98	0,95	0,90	1,85	1,30	1,05
<b>ГС</b>	0-3	0,95	0,85	0,80	1,60	1,25	1,02	0,98	0,95	0,90	1,85	1,45	1,05
<b>КС</b>	0-3	0,95	0,85	0,80	1,60	1,05	1,02	0,98	0,95	0,90	1,85	1,15	1,05

*Таблиця 6*

Остаточні значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення при відділенні трьох продуктів відповідно процесам та крупності машинних класів

Обладнання	Клас, мм	Коефіцієнти зольності								
		Концентрат			Промпродукт			Відходи		
		І <sub>л.к-т</sub>	І <sub>с.к-т</sub>	І <sub>в.к-т</sub>	І <sub>л.п/п</sub>	І <sub>с.п/п</sub>	І <sub>в.п/п</sub>	І <sub>л.відх.</sub>	І <sub>с.відх.</sub>	І <sub>в.відх.</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>СК</b>	+13	0,90	0,80	0,70	1,85	1,0	0,80	2,45	1,35	1,01
<b>ГТ</b>	0,5-13	0,90	0,75	0,70	1,75	1,0	0,75	2,35	1,30	1,02
<b>ОМ</b>	+13	0,90	0,85	0,80	1,75	1,0	0,95	2,30	1,15	1,02
	0,5-13	0,90	0,80	0,80	1,5	1,0	0,95	2,25	1,15	1,02
	0,5-100	0,95	0,90	0,85	1,4	1,0	0,95	2,00	1,10	1,02



## Гравітаційна сепарація

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПС	+13	0,90	0,90	0,90	1,30	1,05	0,98	1,85	1,25	1,05
	0-13	0,95	0,90	0,90	1,10	1,05	0,98	1,80	1,25	1,05
	6-100	0,90	0,90	0,90	1,30	1,05	0,98	1,85	1,25	1,05
	0-100	0,95	0,90	0,90	1,10	1,05	0,98	1,80	1,25	1,05
МВС	0-3	0,95	0,85	0,80	1,10	1,05	0,95	2,15	1,30	1,05
КСт	0-3	0,95	0,85	0,80	1,10	1,05	0,95	2,15	1,30	1,05

### Висновки

1. На підставі аналізу даних фракційних складів продуктів збагачення встановлено, що при збагаченні вугілля зольність фракцій густини в них відрізняється від зольності відповідних фракцій, які складають вихідний продукт. Тому при розрахунку планових якісно-кількісних показників збагачення вугілля треба враховувати ці закономірності, щоб зменшити різницю між значеннями планових і фактичних показників.

2. Встановлено значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення технологічних процесів з відділенням двох продуктів (важкосередовищні сепаратори, важкосередовищні гідроциклони, гідравлічні відсаджувальні машини, пневматичні сепаратори, крутопохилі сепаратори, гвинтові сепаратори, концентраційні столи, гідросайзери, конусні сепаратори) або з відділенням трьох продуктів (важкосередовищні сепаратори, важкосередовищні гідроциклони, гідравлічні відсаджувальні машини, пневматичні сепаратори, гвинтові сепаратори, концентраційні столи). При цьому враховано крупність вихідного машинного класу, що надходить на збагачення.

3. Встановлено, що категорії збагачуваності вугілля не впливають на значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення гравітаційних збагачувальних процесів.

4. Отримані значення коефіцієнтів розподілення зольності по продуктам збагачення рекомендуються до використання при розробці зміни до стандарту Мінпаливенерго України СОУ 10.1.00185755.002-2004 «Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості» з урахуванням шламоутворення, диференціації дуже важкої категорії збагачуваності вугілля та процесів збагачення шламових продуктів.

### Список літератури

1. Розрахунок кількісних значень коефіцієнтів засмічення продуктів збагачення основних збагачувальних процесів / Під кер. Д. Полулях. – Дніпро: ВП «Укрнідвуглезбагачення» ДП «НТЦ «Вуглеінновація», 2017. – 315 с.

2. Розробити зміни до стандарту Мінпаливенерго України СОУ 10.1.00185755.002-2004 «Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості з урахуванням шла-

моутворення, диференціації дуже важкої категорії збагачуваності вугілля та процесів збагачення шламових продуктів: Звіт про НДР (проміжний) / Під кер. Д. Полулях. – Дніпро: ВП «Укрндівуглезбагачення» ДП «НТЦ «Вуглеінновація», 2017. – 172 с.

© Рудавіна О.В., Полулях О.Д., Полулях О.В., 2018

*Надійшла до редколегії 12.04.2018 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*