

**Плотников К.В., аспирант,
Логачев И.Н., д-р техн. наук, проф.,
Уваров В.А., д-р техн. наук, проф.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЭЖЕКТИРУЕМОГО ВОЗДУХА ПРИ РАЗГРУЗКЕ ДУМПКАРОВ В ПРИЕМНУЮ ВОРОНКУ КОРПУСА КРУПНОГО ДРОБЛЕНИЯ*

pkv0491@yandex.ru

Производится анализ процесса разгрузки думпкар в приемную воронку корпуса крупного дробления горно-обогатительного комбината. Выводятся расчетные соотношения для определения расхода воздуха, увлекаемого сыпучим материалом. Найдены максимально и минимально возможные расходы эжектируемого воздуха при разгрузке думпкара.

Ключевые слова: аспирация, перегрузка сыпучих материалов, эжекция воздуха, разгрузка вагонов, корпус крупного дробления.

Приёмная воронка корпуса крупного дробления (ККД) представляет собой параллелепипед длиной 18 метров, шириной 8,6 метров, глубиной 5 м, заглубленный в землю. Выгрузка вагонов-самосвалов происходит с двух сторон по-

очередно. Среди используемых в России думпкар (табл. 1) [1] наиболее часто используемый при данных габаритах воронки является думпкар 2BC-105, грузоподъемностью 105 т.

Таблица 1

Характеристики думпкар

Показатель	Модель думпкара (тип)					
	31-638 (6BC-60)	31-639 (BC-85)	31-652 (Д-82)	31-634 (2BC-105)	31-653 (BC-145)	31-631 (2BC-180)
Грузоподъемность, т	60	85	82	105	145	180
Масса тары, т	27	35	37,6	48,5	64,5	67
Число осей	4	4	4	6	8	8
Объем кузова, м ³	26,2	38,8	36,1	50	72	59,2
Длина по осям сцепления, м	11,83	12,17	12,17	14,9	17,58	14,58
Ширина кузова(максимальная), м	3,21	3,52	3,52	3,52	3,464	3,464
Высота от головок рельсов, м	2,74	3,236	3,31	3,241	3,65	3,27
Число разгрузочных цилиндров	4	4	4	6	8	8
Осевая нагрузка, кН	21,78	30	30	25,6	26,22	30,8
Погонная нагрузка, кН/м	72,1	94,48	94,17	103	119,17	169,4

* Для всех думпкар давление в разгрузочных цилиндрах 0,6 Мпа, на путях промышленного транспорта конструктивная скорость 70 км/ч, габарит (ГОСТ 9238-83) - Т, на магистральных путях МПС 120 км/ч, 1 Т

При расчете количества эжектируемого воздуха считалось, что разгрузка руды происходит именно с думпкара 2BC-105 (рис.1, рис. 2) со следующими размерами кузова: длина вверху – 13400 мм, длина внизу – 13000 мм, ширина вверху – 3150 мм, ширина внизу – 2630 мм, высота кузова – 1300 мм [2] Время разгрузки думпкара 5секунд. Средняя крупность руды 200 мм.

Процесс разгрузки руды является динамическим, т.е. изменяющимся во времени. Руда выгружается не с постоянным расходом – массовой расход руды по мере опрокидывания думпкара постепенно увеличивается, а в конце разгрузки наоборот начинает уменьшаться. При этом скорость руды при сходе с думпкара также

переменна из-за разного расстояния, пройденного ею в кузове. Соответственно, количество эжектируемого воздуха меняться во время выгрузки. На рис. 3 изображена упрощенная расчетная схема разгрузки думпкара в приемную воронку.

При наблюдении за процессом разгрузки выяснилось, что минимальное расстояние, которое проходит руда, равно половине длины борта думпкара, а максимальное расстояние равно сумме ширины кузова, длины борта, плюс 0,37 метра. Соответственно, при первом условии мы получим минимальный расход эжектируемого воздуха, а при втором – максимальный, т.к. в остальном движение руды абсолютно идентично

в обои случаях. Исходя из этих данных, будем рассчитывать расходы эжектируемого воздуха.

Сначала найдем минимальный расход эжектируемого воздуха Q_{\min} . Для этого опреде-

лим геометрические и кинематические характеристики потока горной массы во время разгрузки думпкара.



Рис. 1. Думпкар 2BC-105

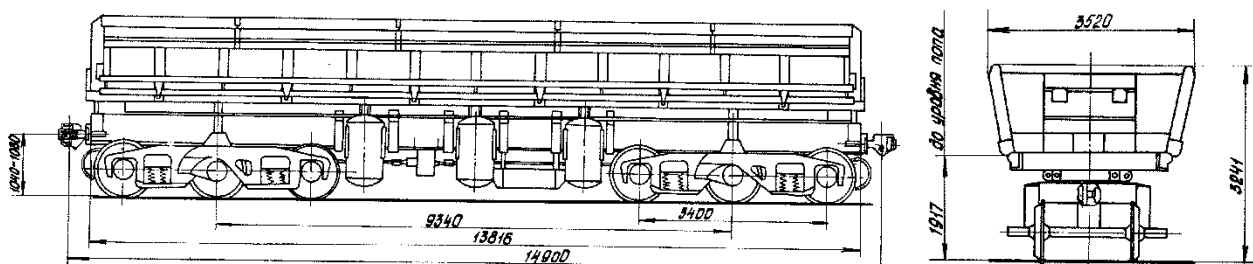


Рис. 2. Габаритные размеры думпкара 2BC-105

В момент схода горной массы с днища вагона-самосвала крайние положения кусков имеют координаты, м: E(1,34; 0,26); F(1,65; 0,57)

$$v_E = v_F = \sqrt{2g \cdot \Delta S \cdot (\sin \alpha - f_{mp} \cdot \cos \alpha)} = 2.23 \text{ м/с}, \quad (1)$$

где ΔS – перемещение руды внутри кузова (в данном случае равно половине длины борта), м.

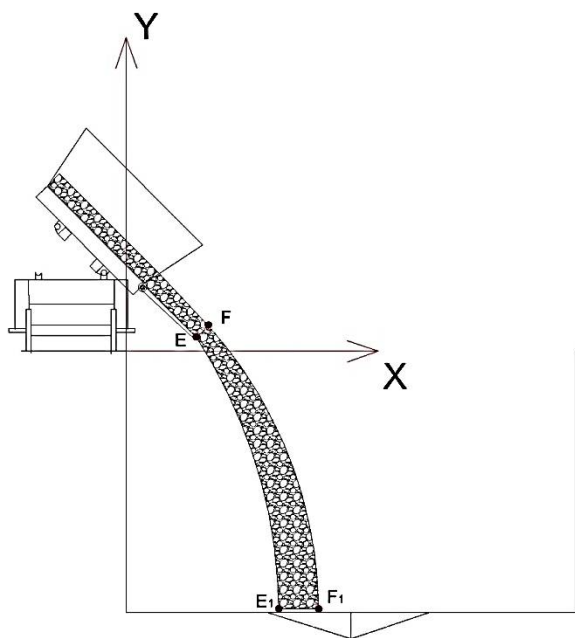


Рис. 3 Расчетная схема разгрузки

Определим положение и скорость этих кусков возле дна приемной воронки в выбранной для этой задачи системе координат.

Для куска E:

$$v_{yE} = v_E \cdot \sin 45^\circ = 1.575 \text{ м/с}, \quad (2)$$

где v_E – скорость руды в точке E, м/с;

$$v_{xE} = v_E \cdot \cos 45^\circ = 1.575 \text{ м/с}; \quad (3)$$

$$v_{yE1} = \sqrt{\Delta S_{hE} \cdot 2g + v_0^2} = 10.28 \text{ м/с}, \quad (4)$$

где ΔS_{hE} – перемещение руды от точки E до дна приемной воронки, м; v_0 – v_{yE} , м/с;

$$v_{xE1} = v_{xE} = 1.575 \text{ м/с}; \quad (5)$$

$$t_{kE} = \frac{v_{yE1} - v_{yE}}{g} = 0.89 \text{ с}, \quad (6)$$

где t_{kE} – время падения куска E, с;

$$x_{E1} = x_E + v_{xE} t_k = 2.737 \text{ м}; \quad (7)$$

$$y_{E1} = -5 \text{ м}; \quad (8)$$

$$v_{E1} = \sqrt{v_{yE1}^2 + v_{xE1}^2} = \sqrt{10.28^2 + 1.575^2} = 10.4 \text{ м/с}. \quad (9)$$

Для куска F:

(рис. 3). Скорость в этих точках при $f_{mp} = 0,5; \alpha = 45^\circ$ равна:

$$v_{yF} = v_F \cdot \sin 45^\circ = 1.575 \text{ м/с}, \quad (10)$$

где v_F – скорость руды в точке F, м/с;

$$v_{xF} = v_F \cdot \cos 45^\circ = 1.575 \text{ м/с}; \quad (11)$$

$$v_{yF1} = \sqrt{\Delta S_{hF} \cdot 2g + v_0^2} = 10.57 \text{ м/с}, \quad (12)$$

где ΔS_{hF} – перемещение руды от точки F до дна приемной воронки, м; v_0 – v_{yF} , м/с;

$$v_{xF1} = v_{xF} = 1.575 \text{ м/с}; \quad (13)$$

$$t_{kF} = \frac{v_{yF1} - v_{yF}}{g} = 0.92 \text{ с}, \quad (14)$$

где t_{kF} – время падения куска F, с;

$$x_{F1} = x_F + v_{xF} t_k = 3.094 \text{ м}; \quad (15)$$

$$y_{F1} = -5 \text{ м}; \quad (16)$$

$$v_{F1} = \sqrt{v_{yF1}^2 + v_{xF1}^2} = \sqrt{10.57^2 + 1.575^2} = 10.69 \text{ м/с}. \quad (17)$$

Средняя скорость горной массы у дна бункера будет равна:

$$v_k = \frac{v_{E1} + v_{F1}}{2} = \frac{10.4 + 10.69}{2} = 10.54 \text{ м/с}. \quad (18)$$

Площадь поперечного сечения струи материала при средней длине кузова думпкара 13,2 метра равна:

$$S_c = (x_{F1} - x_{E1}) \cdot l = (3.094 - 2.737) \cdot 13.2 = 4.71 \text{ м}^2, \quad (19)$$

где l – длина думпкара, м.

Теперь найдем скорость эжектируемого воздуха. Для этого выведем уравнение для нахождения коэффициента эжекции. Сформулируем одномерную задачу динамического взаимодействия неограниченного стенками равноускоренного потока частиц сыпучего материала с окружающим воздухом, полагая, что частицы имеют одинаковый размер (эквивалентный диаметр) и равномерно расположены в поперечном сечении струи по высоте падения, т.е. изменение объемной концентрации частиц по высоте падения определяется по очевидной формуле

$$\beta = \frac{\tilde{G}_1}{\tilde{\rho}_1 \tilde{v}_1 \tilde{s}_1}, \quad (20)$$

где \tilde{G}_1 – массовый расход падающих частиц, кг/с; $\tilde{\rho}_1$ – плотность частиц (намного превышающей плотность эжектируемого воздуха), кг/м³; \tilde{s}_1 – площадь поперечного сечения струи, м²; \tilde{v}_1 – скорость падения частиц, м/с.

Последняя равна (в силу равноускоренности их падения при начальной скорости \tilde{v}_{1H}) в сечении удаленной на расстояние \tilde{x}_H , м:

$$\tilde{v}_1 = \sqrt{2\tilde{g}(\tilde{x} - \tilde{x}_H) + \tilde{v}_{1H}^2}, \quad (21)$$

где \tilde{g} – ускорение силы тяжести, $м/с^2$.

Здесь и далее тильдой над буквой обозначим размерные величины, а при ее отсутствии – безразмерные параметры.

При формулировке одномерной задачи эжекции воздуха в вертикальной струе ускоренно падающих частиц используем широко применяемую методологию описания одномерных течений двухкомпонентных потоков в закрытых емкостях [3-11] с помощью интегральных соотношений для закона сохранения количества движения воздуха в неподвижном объеме \tilde{V} , $м^3$, ограниченном поверхностью \tilde{S} , $м^2$:

$$\int_{\tilde{S}} \tilde{\rho} \tilde{u} \tilde{u}_n \cdot d\tilde{S} = \int_{\tilde{V}} \tilde{M} \cdot d\tilde{V} + \int_{\tilde{S}} \tilde{P}_n \cdot d\tilde{S}, \quad (22)$$

где $\tilde{\rho}$ – плотность воздуха, $кг/м^3$; \tilde{u} – вектор скорости эжектируемого воздуха, $м/с$; \tilde{u}_n – проекция вектора скорости эжектируемого воздуха, на внешнюю нормаль \tilde{n} поверхности \tilde{S} , $м/с$; \tilde{M} – вектор массовых сил, $Н/м^2$; \tilde{P}_n – вектор направления поверхностной силы, приложенной

к элементарной площадке $d\tilde{S}$ с внешней нормалью \tilde{n} , Па.

Учитывая, что мы рассматриваем свободную струю частиц (не ограниченную непроницаемыми стенками), а объемная концентрация частиц мала ($\beta \approx 0,001$), поверхностными силами можно пренебречь, и расход эжектируемого воздуха будем оценивать по величине массовой силы:

$$\int_{\tilde{S}} \tilde{\rho} \tilde{u} \tilde{u}_n \cdot d\tilde{S} = \int_{\tilde{V}} \tilde{M} \cdot d\tilde{V}. \quad (23)$$

Раскроем это интегральное соотношение для элементарного объема $d\tilde{x}\tilde{S}_1$ (рис.4) с учетом массовых сил межкомпонентного взаимодействия:

$$\tilde{M} = \psi\beta \frac{\tilde{F}_M}{\tilde{V}_c} \frac{(\tilde{v}_1 - \tilde{u})^2}{2} \tilde{\rho}, \quad (24)$$

где ψ – коэффициент аэродинамического сопротивления одной частицы; \tilde{F}_M – площадь миделева сечения частицы, $м^2$; \tilde{V}_c – объем частицы, $м^3$.

В проекции на ось $O\tilde{X}$ (полагая, что нормальные составляющие \tilde{u} и $\tilde{u} + d\tilde{u}$ в поперечных сечениях струи эжектируемого воздуха одинаковы) уравнение (23) с учетом (24) перепишем в виде

$$\tilde{\rho} \tilde{u} (-\tilde{u}) \tilde{s}_1 + \tilde{\rho} (\tilde{u} + d\tilde{u}) (\tilde{u} + d\tilde{u}) \tilde{s}_1 = \psi\beta \frac{\tilde{F}_M}{\tilde{V}_c} \frac{(\tilde{v}_1 - \tilde{u})^2}{2} \tilde{\rho} \tilde{s}_1 d\tilde{x}, \quad (25)$$

или пренебрегая малыми величинами более высокого порядка:

$$2\tilde{s}_1 \tilde{\rho} \tilde{u} d\tilde{u} = \psi \frac{\tilde{F}_M}{\tilde{V}_c} \frac{\tilde{G}_1}{\tilde{\rho}_1 \tilde{v}_1 \tilde{s}_1} \frac{(\tilde{v}_1 - \tilde{u})^2}{2} \tilde{\rho} \tilde{s}_1 d\tilde{x}. \quad (26)$$

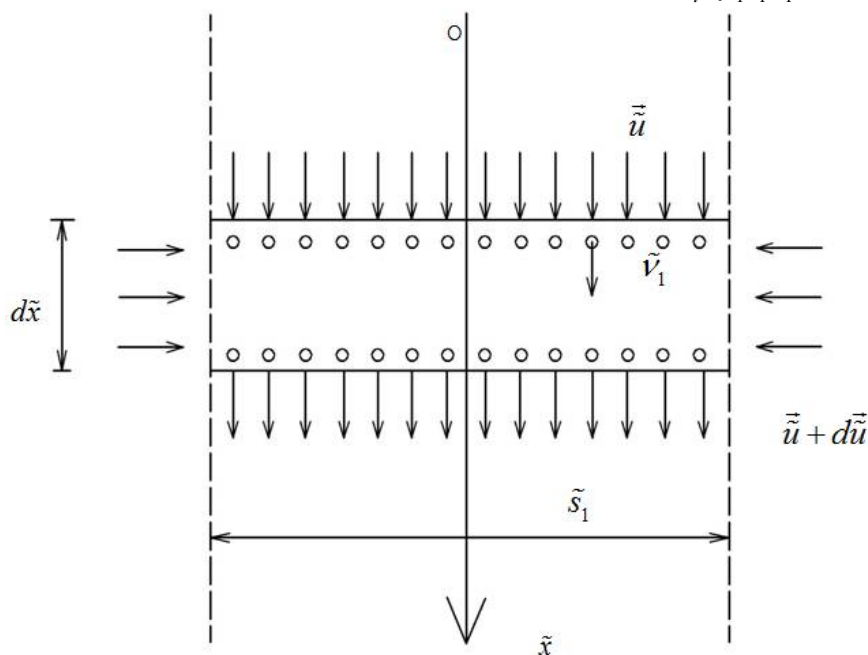


Рис. 4. К выводу дифференциального уравнения изменения количества движения эжектируемого воздуха в свободной струе вертикально падающих частиц сыпучего материала (при $\tilde{\rho}_1 \gg \tilde{\rho}$)

Имея ввиду что:

$$\frac{\tilde{F}_M}{\tilde{V}_c} = \frac{\pi \tilde{d}_3^2 6}{4\pi \tilde{d}_3^3} = \frac{1,5}{\tilde{d}_3}; \quad (27)$$

$$gd\tilde{x} = \tilde{v}_1 d\tilde{v}_1, \quad (28)$$

где \tilde{d}_3 - эквивалентный (по объему) диаметр падающих частиц, м.

Разделив обе части уравнения (26) с учетом соотношений (27) и (28) на величину $\frac{\tilde{\rho} \tilde{v}_k^2}{2}$ (где \tilde{v}_k - условная скорость частицы в конце падения, м/с) получаем:

$$\frac{\tilde{u} d\tilde{u}}{d\tilde{v}} = \frac{Bu_c}{4} (v - u)^2, \quad (29)$$

где Bu_c - число Бутакова-Нейкова для струи частиц;

$$Bu_c = \psi \frac{1,5}{\tilde{d}_3} \frac{\tilde{G}_1 \tilde{v}_k}{\tilde{\rho}_1 \tilde{g} \tilde{s}_1}; \quad (30)$$

$$u = \frac{\tilde{u}}{\tilde{v}_k}; v = \frac{\tilde{v}_1}{\tilde{v}_k}. \quad (31)$$

Или вводя новые переменные:

$$u^* = \frac{Bu_c \cdot u}{4}; \quad (32)$$

$$v^* = \frac{Bu_c \cdot v}{4}. \quad (33)$$

Дифференциальное уравнение эжекции воздуха в одномерной струе падающих частиц записывается в виде:

$$u^* du^* = (v^* - u^*) dv^*. \quad (34)$$

Несмотря на простой вид уравнения (34), его решение можно найти лишь численным методом. Как правило, при этом определяется отношение скорости воздуха к скорости частиц в сечении струи (коэффициент эжекции).

$$\varphi = \frac{u}{v} = \frac{u^*}{v^*}. \quad (35)$$

И решается уравнение:

$$\frac{d\varphi}{dv^*} = \frac{(1-\varphi)^2}{\varphi} - \frac{\varphi}{v^*}. \quad (36)$$

Как показано в работах [12, 13] нулевая интегральная кривая (при $u_0 \approx 0; v_0 \approx 0$) достаточно точно описывается уравнением:

$$v^* = \frac{\varphi}{(1-\varphi)(1-\varphi)^2} \left(1 + \sqrt{\frac{2}{\varphi^2} - 1} \right); \quad (37)$$

$$v^* = \frac{Bu_c \tilde{v}_1}{4 \tilde{v}_k}, \quad (38)$$

или табличными значениями полученные численным решением уравнения (34):

$$Bu_c = \frac{1,5\psi G_m v_k}{gd_{cp} \rho_m S_c}. \quad (39)$$

Итак, массовый расход перегружаемой горной массы равен:

$$G_m = \frac{V \cdot \rho}{t} = \frac{50 \text{ м}^3 \cdot 2100 \text{ кг/м}^3}{5 \text{ с}} = 21000 \text{ кг/с}, \quad (40)$$

где V – объем руды в кузове думпкара, м^3 ; ρ – насыпная плотность руды, кг/м^3 ; t – время разгрузки, с

Таблица 2

Значение коэффициента φ

v^*	u^*	φ^*	v^*	u^*	φ^*
10^{-8}	10^{-8}	1	0,4	0,1414	0,3535
10^{-7}	10^{-8}	0,1	0,5	0,1903	0,3806
10^{-6}	$1,003 \cdot 10^{-8}$	0,010	0,6	0,2420	0,4034
10^{-5}	$2,762 \cdot 10^{-8}$	$2,762 \cdot 10^{-3}$	0,7	0,2960	0,4230
10^{-4}	$8,109 \cdot 10^{-7}$	$8,109 \cdot 10^{-3}$	0,8	0,3521	0,4402
0,001	$2,526 \cdot 10^{-5}$	$2,526 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,4099	0,4555
0,002	$7,081 \cdot 10^{-5}$	$3,540 \cdot 10^{-2}$	1	0,4692	0,4692
0,003	$1,292 \cdot 10^{-4}$	$4,306 \cdot 10^{-2}$	2	1,1205	0,5603
0,004	$1,978 \cdot 10^{-4}$	$4,944 \cdot 10^{-2}$	3	1,8363	0,6121
0,005	$2,750 \cdot 10^{-4}$	$5,500 \cdot 10^{-2}$	4	2,5899	0,6475
0,006	$3,598 \cdot 10^{-4}$	$5,997 \cdot 10^{-2}$	5	3,3691	0,6738
0,007	$4,516 \cdot 10^{-4}$	$6,451 \cdot 10^{-2}$	6	4,1672	0,6945
0,008	$5,496 \cdot 10^{-4}$	$6,870 \cdot 10^{-2}$	7	4,9801	0,7114
0,009	$6,534 \cdot 10^{-4}$	$7,260 \cdot 10^{-2}$	8	5,8049	0,7256
0,01	$7,627 \cdot 10^{-4}$	$7,627 \cdot 10^{-2}$	9	6,6396	0,7377
0,02	$2,099 \cdot 10^{-3}$	0,1050	10	7,4827	0,7483

Объемная концентрация в струе:

$$\beta = \frac{2G_m}{\rho_m S_c v_k} = \frac{2 \cdot 21000}{3400 \cdot 4.71 \cdot 10.54} = 0.25, \quad (41)$$

где G_m – массовый расход руды, кг/с; ρ_m – истинная плотность руды, кг/м³; S_c – поперечное сечение струи горной массы, м²; средняя скорость горной массы у дна приемной воронки, м/с.

Коэффициент лобового сопротивления:

$$d_{cp} = 200 \text{ мм}; \quad (42)$$

$$\psi = \psi_0 e^{-1,8 \frac{\sqrt{\beta \cdot 10^3}}{d_{cp}}} = 1.6, \quad (43)$$

где d_{cp} – средняя крупность руды.

Число Бутакова равно:

$$Bu_c = \frac{1,5 \psi G_m v_k}{g d_{cp} \rho_m S_c} = \frac{1.5 \cdot 1.6 \cdot 21000 \cdot 10.54}{9.81 \cdot 0.2 \cdot 3400 \cdot 4.71} = 16.53; \quad (44)$$

$$v^* = \frac{Bu_c}{4} \frac{\tilde{v}_1}{\tilde{v}_k} = \frac{16.53}{4} \cdot 1 = 4.1325. \quad (45)$$

Исходя из всего вышесказанного, коэффициент эжекции равен:

$$\varphi \approx 0.651. \quad (46)$$

Объем эжектируемого воздуха:

$$Q_{\min} = \varphi v_k S_c = 0.651 \cdot 10.54 \cdot 4,71 = 32.33 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (47)$$

$$v_{\text{эж}} = \frac{Q_{\min}}{S_c} = 32.33 / 4.71 = 6.86 \text{ м/с}. \quad (48)$$

Аналогичным способом рассчитывается максимально возможный расход эжектируемого воздуха Q_{\max} , лишь с учетом другого расстояния, которое проходит руда в кузове думпкара (ΔS равно ширине кузова плюс длина борта плюс 0,37 метра):

$$Q_{\max} = \varphi v_k S_c = 0.6462 \cdot 11.7 \cdot 5.55 = 39.34 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (49)$$

$$v_{\text{эж}} = \frac{Q_{\max}}{S_c} = 39.34 / 5.55 = 7.09 \text{ м/с}. \quad (50)$$

Выводы

Количество эжектируемого воздуха при разгрузке думпкара находится в диапазоне от 32,33 м³/с до 39,34 м³/с, а скорость эжектируемого потока от 6,86 м/с до 7,09 м/с соответственно. Полученные значения могут быть использованы для проектирования эффективных систем локализации пылевыведения и определения необходимого объема аспирации.

**Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект №14-41-08005p_офи_м)*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конарев Н.С. (глав.ред.) Большая энциклопедия транспорта. В 8 томах. Том 4. Железно-

дорожный транспорт. Москва: Изд. Большая Российская энциклопедия, 2003, 1039с.

2. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР (альбом-справочник). Главное управление вагонного хозяйства МПС, 1989, 179 с.

3. Логачёв И.Н., Логачёв К.И., Аверкова О.А. Энергосбережение в аспирации. Теоретические предпосылки и рекомендации. Москва–Ижевск: РХД, 2013. 504 с

4. Logachev Ivan, Logachev Konstantin, Averkova Olga Local Exhaust Ventilation. Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2015, 549 p.

5. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Эжекция воздуха потоком сыпучего материала в пористой вертикальной трубе с байпасной цилиндрической камерой // Инженерно-физический журнал. 2015. Т. 88. № 4.С. 813–826.

6. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 1. Закономерности изменения эжекционного напора в желобах // Известия вузов. Строительство. 2013. №9. С.53–63.

7. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 2. Эжектирующие свойства ленточного ковшового элеватора // Известия вузов. Строительство. 2013. №10. С.38–47.

8. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А. Эжекция воздуха при перегрузках сыпучих материалов в вертикальных каналах с ковшами. Сообщение 3. Обсуждение результатов исследований // Известия вузов. Строительство. 2014. №1. С.66–74.

9. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 1. Особенности расчетной схемы аспирации элеваторных перегрузок // Известия вузов. Строительство. 2014. №2. С.46–56.

10. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 2. Снижение объемов аспирации // Известия вузов. Строительство. 2014. №3. С.42–51.

11. Логачев И.Н., Логачев К.И., Аверкова О.А., Толмачева Е.И. Разработка способов снижения объема аспирации при перегрузках сыпучих материалов ковшовыми элеваторами. Сообщение 3. Результаты расчетов и их обсужде-

ние // Известия вузов. Строительство. 2014. №4. С. 86–98.

12. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. СПб.: Изд. Химиздат, 2005. 659 с.

13. Logachev I.N., Logachev K.I., Industrial Air Quality and Ventilation Controlling Dust Emissions. CRC Press, Boca Raton, London, New York, 2014, 401 p.

Plotnikov K.V., Logachev I.N., Uvarov V.A.

THE CALCULATION OF THE AMOUNT OF EJECTED AIR DURING UNLOADING OF DUMP CARS IN THE HOPPER PAVILION LARGE CRUSHING

An analysis of the process of unloading the dump cars in the hopper of the hull coarse crushing mining and processing plant. Are the calculated ratio to determine the flow rate of air entrained bulk material. Found the maximum and minimum possible costs of air ejected when unloading dump cars.

Key words: *aspiration, overload of bulk materials, air ejection, unloading wagons, pavilions coarse crushing*

Плотников Кирилл Викторович, аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: pkv0491@yandex.ru

Логачев Иван Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Уваров Валерий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.