

УДК 625.144.5

*Д-р техн. наук А.П. Нестеров (УИПА),  
инж. С.В. Удовикова*

*A.P. Nesterov,  
S.V. Udovikova*

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕВАТОРА  
С КОВШАМИ С ПОДВИЖНЫМИ ДНИЩАМИ  
ПОЛУКРУГЛОЙ ФОРМЫ**

**HIGHER EFFICIENCY OF A BUCKET ELEVATOR WITH  
A HALF-ROUND MOVABLE BOTTOM**

**Введение.** Как известно эффективность работы элеваторных установок во многом зависят от параметров данного элеватора, типа их грузонесущих органов, условий их разгрузки.

Задачами исследований является создание конструкций элеваторов и их ковшей с улучшенной разгрузкой материала из последних и без отсутствия обратной сыпи материала при движении ковшей элеватора как по нисходящим ветвям (цепям), так и по восходящим ветвям (цепям) элеватора.

**Актуальность темы.** Для повышения производительности элеваторов, улучшения условий их работы за последнее время создано большое количество ковшей специальных конструкций.

Кафедрой СППРМ УкрДАЗТа было выполнено ряд работ, направленных на повышение производительности наклонных ковшовых элеваторов.

В частности, предложены новые конструкции рабочих органов погрузочно-разгрузочных машин – ковшей с подвижными днищами и дополнительными приспособлениями к ним, которые имеют больший объем в сравнении с его прототипом, могут перемещать больший объем материала за счет своей углубленной части, приводят материал в движение за счет подвижного днища, установленного в углубленной части данного ковша. Такие конструкции ковшей наклонных элеваторов соответственно имеют и больший коэффициент наполнения материалом, что в свою очередь влияет на производительность элеватора с установленными на нем новейшими конструкциями ковшей с подвижными днищами [4-9].

Подвижный элемент ковша – днище определенной формы (сокращенно ПФ) и дополнительное устройство к нему – шкив, установленный на приводном валу

элеватора, это те малые конструктивные изменения, внесенные в конструкцию элеватора, которые позволят повысить производительность элеваторных установок [12].

Центробежная разгрузка материала из ковшей с подвижными днищами позволяет осуществить на разгрузочном участке элеватора следующие условия, оказывающие влияние на его производительность: подвижное днище ковша, установленное в его углубленной части, скользя по отжимному устройству, позволит привести материал в движение, что будет предотвращать слеживаемость материала и ускорять процесс разгрузки материала из ковшей с подвижными днищами полукруглой формы; уменьшить угол поворота ковша ПФ на разгрузочном участке элеватора (после захода его на приводные звёздочки), на котором центробежная сила прижимает материал в ковше к его углублениям, что способствует слеживаемости материала; улучшить разгрузку материала как из боковин ковша, так и из его углублённой части за счёт увеличения угла и времени разгрузки ковшей с подвижными днищами полукруглой формы после прохождения ковшом полюса; пренебречь формой подвижного днища ковша, так как

разгрузка материала из ковша ПФ происходит через его переднюю стенку; предотвратить удар струи материала о стенку впереди идущих ковшей, что повысит качество транспортируемого материала и сохранность ковшей ПФ, у которых крепление подвижного днища находится на внешней стороне передних его стенок [13-15].

**Цель статьи.** На примере предлагаемой новейшей конструкции ковша с подвижным днищем полукруглой формы наклонного элеватора показать, что можно значительно повысить производительность данной элеваторной установки за счёт правильно подобранных параметров элеватора.

**Изложение основного материала.** Производительность устройств непрерывного действия всегда определяется количеством материала, попавшего в систему или проследовавшего через поперечное сечение любого её элемента и покинувшего её в принятую для измерения единицу времени [10, 11].

Производительность элеватора с ковшом (О)\* рассчитывается по существующей зависимости, но с учётом объёма материала, перемещаемого данным ковшом (при различной его ширине  $B = 448\text{мм}$  и

$$P = \frac{3,6 \cdot 0,83 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right]}{0,203} = 14,72 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right].$$

Теоретическая производительность элеватора с установленными на нём ковшами ПФ\* выражена такой же зависимостью, но только с учётом объёма материала, находящегося в ковше ПФ, при различной его ширине  $V_M$  ( $B = 448\text{мм}$ )

$$\text{или } V'_M \left( P = 3,6 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right] \cdot \frac{V_u}{a_k} \right).$$

**Примечание.** \*Сокращения обозначений форм ковшей: ПФ – ковш с подвижным днищем полукруглой формы; (О) – ковш, конструкция которого является основой для создания ковша ПФ, отличающегося от ковша серийного производства конфигурацией боковой стенки (параметры элеваторов с ковшами – (О) и ПФ одинаковы.

Весовая производительность  $\Pi_{\epsilon}$ , т/ч, определяется по ниже приведенным зависимостям. При скорости цепи  $V_{\epsilon} = 0,83$  м/с

$$\Pi_{\epsilon} = 3,6 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right] \cdot \frac{V_{\epsilon}}{a_{\kappa}} \cdot \gamma; \quad (1)$$

$$\Pi_{\epsilon} = \frac{3,6 \cdot 0,83 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right] \cdot 0,85}{0,203} = K_B \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right],$$

где  $K_B$  – коэффициент,  $K_B = 12,51$ .

Объёмная производительность  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по ниже приведенным зависимостям. При скорости цепи  $V_{\epsilon} = 0,83$  м/с

$$\Pi = 3,6 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right] \cdot \frac{V_{\epsilon}}{a_{\kappa}}; \quad (2)$$

$$\Pi = \frac{3,6 \cdot 0,83 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right]}{0,203} = K_B \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right],$$

где  $K_B$  – коэффициент,  $K_B = 14,72$ .

В общем виде формулу для определения весовой производительности элеватора можно записать так:

$$\Pi_{\epsilon} = 3,6 \cdot \frac{V_{\epsilon}}{a_{\kappa}} \cdot m. \quad (3)$$

Масса материала, перемещаемого ковшем ПФ, определяется по формуле

$$m = \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right] \cdot \gamma. \quad (4)$$

Центры тяжести поперечных сечений фигур материала, расположенных в той или иной части ковша ПФ, обозначим так: для материала, расположенного в боковинах

ковша ПФ, при зачерпывании и разгрузке:  $G_{\rho=25^{\circ} \text{ б}}^3$  и  $G_{\rho=25^{\circ} \text{ б}}^p$ ,  $G_{\rho=35^{\circ} \text{ б}}^3$  и  $G_{\rho=35^{\circ} \text{ б}}^p$ ,  $G_{\rho=45^{\circ} \text{ б}}^3$  и  $G_{\rho=45^{\circ} \text{ б}}^p$ , для материала, расположенного в углублённой части ковша ПФ, соответственно при зачерпывании и разгрузке:  $G_{\rho=25^{\circ} \text{ у.ч.}}^3$  и  $G_{\rho=25^{\circ} \text{ у.ч.}}^p$ ,  $G_{\rho=35^{\circ} \text{ у.ч.}}^3$  и  $G_{\rho=35^{\circ} \text{ у.ч.}}^p$ ,  $G_{\rho=45^{\circ} \text{ у.ч.}}^3$  и  $G_{\rho=45^{\circ} \text{ у.ч.}}^p$  (см. рисунок). Найдем центр тяжести ковша ПФ с материалом при перемещении подвижного днища ковша ПФ из положения зачерпывания в положение разгрузки (при повороте подвижного днища ковша ПФ на угол 15°). Средний центр тяжести  $G_{\rho=45^{\circ}}$  поперечных

сечений фигур материала, расположенных как в боковинах ковша ПФ –  $G_{\rho=45^0 \delta}^3$ , так и в его углублённой части –  $G_{\rho=45^0 \text{ у.ч.}}^3$  (при опущенном днище ковша ПФ), найден из формулы  $(G_{\rho=45^0 \delta}^3 + G_{\rho=45^0 \text{ у.ч.}}^3) / 2 = G_{\rho=45^0}^3$ .

Средний центр тяжести  $G_{\rho=45^0}^p$  поперечных сечений фигур материала, расположенных как в боковинах ковша ПФ –  $G_{\rho=45^0 \delta}^p$ , так и в его углублённой части –  $G_{\rho=45^0 \text{ у.ч.}}^p$  (при отжатом днище ковша ПФ), найден из формулы  $(G_{\rho=45^0 \text{ у.ч.}}^p + G_{\rho=45^0 \delta}^p) / 2 = G_{\rho=45^0}^p$ .

Средний центр тяжести ковша ПФ  $G_{\text{ПФ}\rho=45^0}^3$

находится между центром тяжести  $G_{\rho=45^0}^3$  поперечных сечений фигур материала и центром тяжести порожнего ковша ПФ  $G_{\text{ПФпор}}^3$  (при опущенном днище):  $(G_{\rho=45^0}^3 + G_{\text{ПФпор}}^3) / 2 = G_{\text{ПФ}\rho=45^0}^3$ .

Средний центр тяжести ковша ПФ  $G_{\text{ПФ}\rho=45^0}^p$  находится между центром тяжести  $G_{\rho=45^0}^p$  поперечных сечений фигур материала и центром тяжести порожнего ковша ПФ  $G_{\text{ПФпор}}^p$  (при отжатом днище):  $(G_{\rho=45^0}^p + G_{\text{ПФпор}}^p) / 2 = G_{\text{ПФ}\rho=45^0}^p$  (см. рисунок).

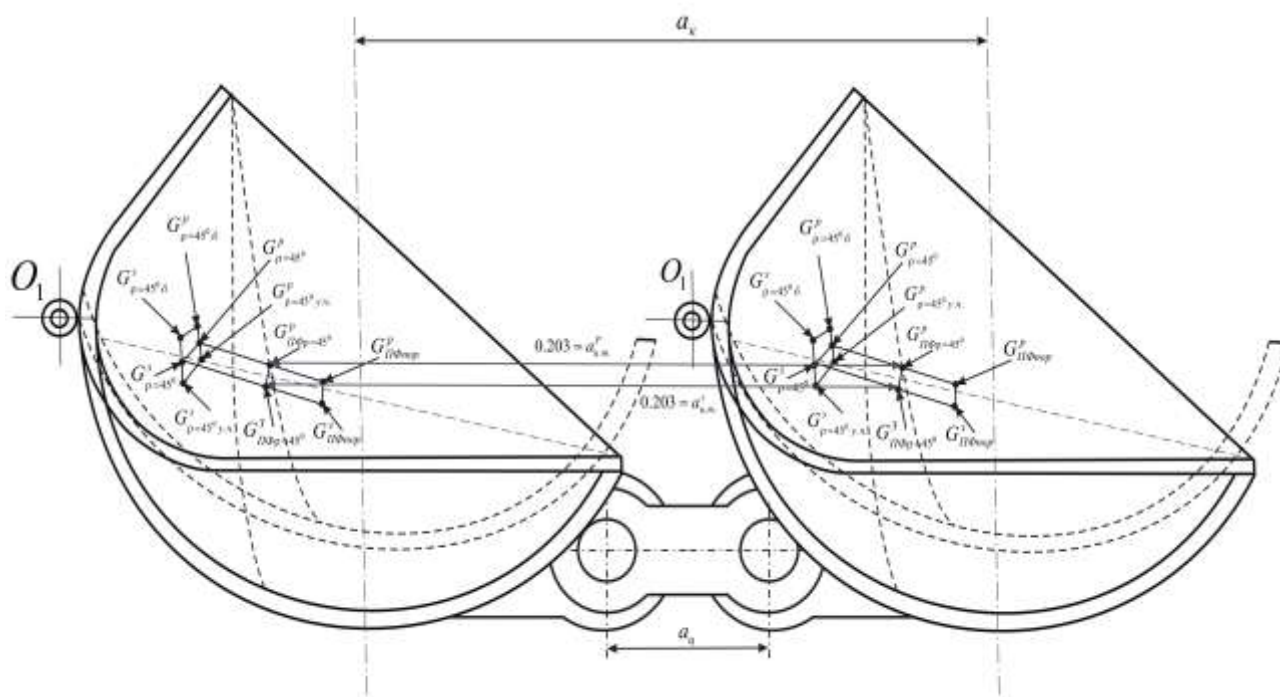


Рис. Расстояние между центрами тяжести ковшей ПФ, закреплённых на цепях с шагом  $a_u$

В цепном наклонном элеваторе с ковшами ПФ шаг ковшей ПФ кратен шагу цепи:  $a_k = 4 \cdot a_u$  [1, 2, 3]. При этом подвижное днище ковша не изменяет шаг ковшей и находится в радиусе окружности, описываемой вокруг каждого ковша ПФ.

Шаг ковшей ПФ можно также представить в следующем виде: при зачерпывании ковшем ПФ материала (днище опущено)  $a_k \approx a_{u.т.}^3$ , где  $a_{u.т.}^3$  – расстояние между центрами тяжести  $G_{\text{ПФ}\rho=45^0}^3$

каждого из 2 ковшей ПФ, закреплённых на цепях с шагом  $a_k$ : при разгрузке материала из ковша ПФ (днище отжато)  $a_k \approx a_{ц.т.}^p$ , где  $a_{ц.т.}^3$  – расстояние между центрами тяжести  $G_{ПФ\rho=45^\circ}^p$  каждого из 2 ковшей ПФ, закреплённых на цепях с шагом  $a_k$ . Шаг ковшей ПФ можно представить и в следующем виде:  $a_{ц.т.}^p = 4 \cdot a_{ц.т.}$  или  $a_{ц.т.}^3 = 4 \cdot a_{ц.т.}$ .

Производительность  $P_6$  весовая запишется так:

- при зачерпывании материала (днище опущено):

$$P_6 = 3,6 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right] \cdot \frac{V_{ц.т.}}{a_{ц.т.}^3} \cdot \gamma; \quad (5)$$

- при разгрузке материала из ковша ПФ (днище отжато):

$$P_6 = 3,6 \cdot \left[ \begin{array}{l} \text{объём} \\ \text{материала} \end{array} \right] \cdot \frac{V_{ц.т.}}{a_{ц.т.}^p} \cdot \gamma. \quad (6)$$

Расчёты выполнены для средних значений угла естественного откоса перемещаемого ковшем ПФ материала:  $\rho = 25^\circ$ ,  $\rho = 35^\circ$ ,  $\rho = 45^\circ$ .

**Выводы.** Таким образом, на повышение производительности работы элеваторов с установленными на нём ковшами ПФ в значительной степени влияют следующие основные факторы: объём ковша ПФ, форма ковша ПФ и его геометрические размеры, объём материала, перегружаемого данным ковшем, шаг и расположение ковшей ПФ на тяговом органе, вид и угол начала разгрузки материала из ковша ПФ и качество разгрузки материала из последнего, повышенная скорость цепей элеватора, отсутствие обратной сыпи материала из ковшей ПФ элеватора, что обеспечено правильно подобранными основными параметрами данного элеватора.

### Список литературы

1. Александров, М.П. Подъёмно-транспортные машины [Текст]: учебник / М.П. Александров. – 6-е изд. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.
2. Гальперин, М.И. Строительные машины [Текст]: учеб. по спец. «Пром. и гражд. стр-во» / М.И. Гальперин, Н.Г. Домбровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1980. – 344 с.
3. Гринкевич, П.С. Строительные машины [Текст]: учеб. для вузов / П.С. Гринкевич. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 486 с.
4. Заявка 93101226, МКИ<sup>5</sup>В65G17/36. Ковшовый элеватор [Текст] / Ф.В. Верташов, Б.М. Стефанов, С.В. Удовікова (Україна); заявл. 05.04.93; опубл. 1.11.93, Бюл. № 7. – 6 с.
5. Заявка 94086604, МКИ<sup>5</sup>В65G17/36. Ковшовый элеватор [Текст] / Б.М. Стефанов, С.В. Удовікова, В.С. Шевчук, В.О. Ротін (Україна); заявл. 09.08.94; опубл. 29.12.94, Бюл. № 8. – 5 с.
6. Заявка а 200501343, МКИ<sup>5</sup>В65G17/36. Ковшовый элеватор [Текст] / Б.М. Стефанов, С.В. Удовікова (Україна); заявл. 14.02.2005. – 8 с.
7. Заявка 20041109534, МКИ<sup>5</sup>В65G17/36. Ковшовый элеватор [Текст] / Б.М. Стефанов, С.В. Удовікова (Україна); заявл. 22.11.2004. – 8 с.
8. Заявка а 200503203, МКИ<sup>5</sup>В65G17/36. Ковшовый элеватор [Текст] / Б.М. Стефанов, С.В. Удовікова (Україна); заявл. 06.04.2005. – 8 с.
9. Заявка а 200503204, МКИ<sup>5</sup>В65G17/36. Ковшовый элеватор [Текст] / Б.М. Стефанов, С.В. Удовікова (Україна); заявл. 06.04.2005. – 8 с.

10. Зенков, Р.Л. Машины непрерывного транспорта [Текст]: учеб. для студ. вузов, обучающихся по спец.: «Подъёмно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.

11. Мачульский, И.И. Подъёмно-транспортные и погрузочно-разгрузочные машины на ж. д. транспорте [Текст]: учеб. для студ. вузов ж. д. тр - та. / И.И. Мачульский, В.С. Киреев. – М.: Транспорт, 1989. – 319 с.

12. Ковшовый елеватор [Текст]: пат. 10729А, Україна: МПК<sup>5</sup>В65G17/36 / Стефанов Б.М., Удовікова С.В. – № 95010320; заяв. 23.01.95; опубл. 25.12.96, Бюл. № 4. – 4 с.

13. Удовікова, С.В. Улучшенные условия разгрузки материала из ковшей с подвижными днищами полукруглой формы наклонного элеватора [Текст] / С.В. Удовікова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 113. – С. 198 - 202.

14. Удовікова, С.В. Определённое расположение ковша, с подвижным днищем полукруглой формы, на различных участках наклонного элеватора [Текст] / С.В. Удовікова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С. 305 - 309.

15. Удовікова, С.В. Математична модель руху частки в ковші з рухомим днищем напівкруглої форми [Текст] / С.В. Удовікова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 129. – С. 196 - 200.

**Ключевые слова:** ковшовый элеватор, ковш с подвижным днищем полукруглой формы (ПФ).

### *Аннотации*

Були розглянуті питання підвищення продуктивності ковшового елеватора та наведені нові формули розрахунку теоретичної продуктивності ковшового елеватора.

Были рассмотрены вопросы повышения производительности ковшового элеватора и представлены новые формулы расчёта теоретической производительности ковшового элеватора.

It has been considered problems of higher efficiency of a bucket elevator and provided new formulas of calculate the theoretical efficiency of a bucket elevator.