

УДК 622.232.72.031.2

## О ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОКНА ВЫГРУЗКИ ПЕРЕД ЛОПАСТЬЮ ШНЕКА ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

Тарасевич В.И., канд. техн. наук, доц., Донецкий национальный технический университет,  
Тарасевич А.В., инж., шахта им. Засядько А.Ф.

*Рассмотрен процесс формирования окна выгрузки в функции угла поворота шнека малого диаметра, приведены некоторые примеры определения площади этого окна с учетом высоты выгрузки и других конструктивных параметров.*

*The process of formation of a window of a unloading in function of a corner of turn drum of a small diameter is considered, some examples of definition of the area of this window are given in view of height of a unloading and other design data.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Эффективность работы шнекового исполнительного органа, а в целом – всего очистного комбайна, особенно при работе его в условиях тонких пластов значительно определяется его погрузочной способностью, которая зависит от конструктивных и режимных параметров исполнительного органа.

Принудительная выгрузка угля из рабочего пространства шнекового исполнительного органа является одним из составных элементов процесса выемки полезного ископаемого.

**Анализ исследований и публикаций.** Особенно важное значение вопрос выгрузки угля приобретает для высокопроизводительных комбайнов, предназначенных для работы в тонких пластах [1, 2, 3].

В связи с этим вопрос о процессе формирования окна выгрузки перед лопастью шнеков малого диаметра как функции угла его поворота с вытекающими рекомендациями и основными требованиями при проектировании окна выгрузки, является **актуальным**.

**Постановка задачи.** Известно [5], что максимальное окно выгрузки обуславливается диаметром шнека, геометрическими размерами корпуса редуктора его привода, взаиморасположением шнека и борта забойного конвейера. Помимо указанных факторов, на величину максимального окна выгрузки может оказывать влияние угол поворота корпуса редуктора привода шнека относительно конвейера,

который обуславливается мощностью разрабатываемого пласта и диаметром опережающего шнека. Для очистного комбайна типа К-103, оснащенного шнеками диаметром 0,63 м, при изменении мощности пласта в интервале 0,65...0,85 м, угол поворота корпуса привода шнека изменяется от нуля до 9 град.

Изменение угла поворота корпуса привода шнека в указанном диапазоне обуславливает увеличение сечения окна выгрузки до 5% в сравнении с максимальной площадью сечения окна, установленной при нулевом угле поворота корпуса привода. Изложенное позволяет, в первом приближении с допустимой для инженерных расчетов точностью, весь последующий анализ формирования окон выгрузки, с целью упрощения зависимостей, проводить с учетом угла расположения корпуса редуктора привода шнека параллельно полке решетки конвейера.

Расчетами по определению максимального сечения окна выгрузки установлено, что для опережающего шнека диаметром 0,63 м комбайна К-103, работающего в условиях пласта мощностью 0,7 м при высоте погрузки 0,133 м, это сечение окна выгрузки, практически, не изменяется как функция угла поворота шнека и составляет примерно  $0,12 \text{ м}^2$ .

При рассмотрении процесса выгрузки угля как функции угла поворота шнека одна из его лопастей ("впереди идущая" по ширине захвата) перекрывает на некотором угле поворота окно выгрузки для лопасти, "идущей вслед за впереди идущей", и не позволяет ей выгружать уголь на конвейер. В связи с этим, при анализе процесса выгрузки угля, важно знать не только максимальное сечение окна выгрузки, но и необходимо рассмотреть процесс формирования окна выгрузки перед каждой лопастью шнека по углу его поворота, установить момент времени начала образования окна, длительность его открытия.

**Изложение материала и результаты.** Ниже, в качестве примера, приведено описание процесса формирования окна выгрузки шнека при его вращении от почвы к кровле. Аналитические зависимости процесса формирования окна выгрузки при вращении шнека от кровли к почве в данной статье не приводятся с целью уменьшения объема и упрощения статьи. Хотя анализ конечных результатов при таком вращении шнека по используемым зависимостям в статье приведен.



При выводе аналитических зависимостей за начало отсчета принимается момент времени входа в контакт с массивом угля резца, расположенного на лопасти шнека у его отрезного диска, т.е. внизу.

Угол начала открытия впереди идущей лопастью окна выгрузки перед отстающей лопастью шнека, в принятой системе отсчета, имеет вид

$$\varphi_{\text{н}} = \varphi_{\text{к.ш.}} + \varphi_{\delta_{\text{л}}} + \varphi_{\text{А}_i}, \quad (1)$$

где  $\varphi_{\text{к.ш.}}$  – конструктивный угол шнека, учитывающий расположение и число его лопастей (кроме  $N_3 = 1$ , тогда  $\varphi_{\text{к.ш.}} = 0$ );

$\varphi_{\delta_{\text{л}}}$  – угол поворота шнека, обусловленный величиной торцовой площадки на выходе лопасти (см. рис. 1. Торцы консольных лопастей шнека окрашены в белый цвет);

$\varphi_{\text{А}_i}$  – угол поворота шнека, после которого возможно начало выгрузки угля на конвейер рассматриваемой лопастью при отсутствии торцовых площадок на выходе лопастей.

Здесь

$$\varphi_{\text{к.ш.}} = \frac{2\pi}{N_3} - \Theta_{\text{л}}, \quad \Theta_{\text{л}} = 2\pi(1 - C), \quad C = \frac{B - b_{\text{д}}}{S}, \quad (2)$$

$N_3$  – число лопастей шнека;

$\Theta_{\text{л}}$  – угловой параметр шнека;

$C$  – конструктивный параметр шнека, учитывающий отношение его длины ( $B$ ) и шага ( $S$ );

$b_{\text{д}}$  – толщина отрезного диска шнека с учетом вылета кутковых резцов;

$$\varphi_{\delta_{\text{л}}} = \frac{2\delta_{\text{л}}}{D_{\text{ш}} \cdot \sin \alpha_{D_{\text{ш}}}}, \quad (3)$$

$\delta_{\text{л}}$  – толщина лопасти шнека по диаметру  $D_{\text{ш}}$ ;  $D_{\text{ш}}$  – диаметр наружной поверхности лопасти шнека;  $\alpha_{D_{\text{ш}}}$  – угол подъема лопасти шнека по диаметру  $D_{\text{ш}}$ .

Угол поворота шнека  $\varphi_{\text{А}_i}$  определяется (см. рис. 2) в зависимости от высоты погрузки ( $h_{\text{П}_i}$ )

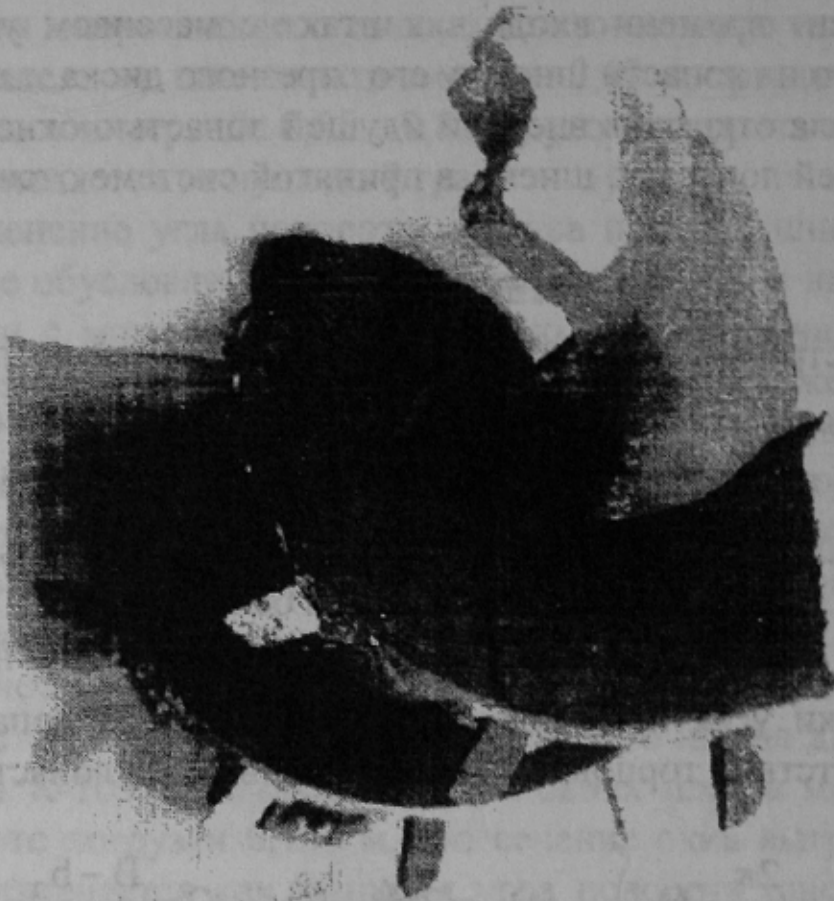


Рис. 1. Шнек с консольными лопастями

$$\varphi_{A_i} = \begin{cases} -\arccos\left(\frac{D_k}{D_u}\right) \equiv \varphi_{A_1}, \text{ при } 0 \leq h_{\Pi_1} < \frac{1}{2}(D_u - D_k), \\ -\arctg\left[\frac{1}{\operatorname{tg}\beta}\left(1 - \frac{d_k}{D_u - 2h_{\Pi_2}}\right)\right] \equiv \varphi_{A_2}, \text{ при } \frac{1}{2}(D_u - D_k) \leq h_{\Pi_2} < \frac{1}{2}(D_u - d_k), \\ 0 \equiv \varphi_{A_3}, \text{ при } h_{\Pi_3} = \frac{1}{2}(D_u - d_k), \\ \arccos\left(\frac{D_u - 2h_{\Pi_4}}{d_k}\right) \equiv \varphi_{A_4}, \text{ при } h_{\Pi_4} > \frac{1}{2}(D_u - d_k), \end{cases} \quad (4)$$

где  $\beta$  – угол уклона верхней и нижней частей стенок поворотного корпуса редуктора привода шнека;  $d_k$  и  $D_k$  – соответственно меньший и больший диаметры полуокружностей поворотного корпуса редуктора привода шнека.

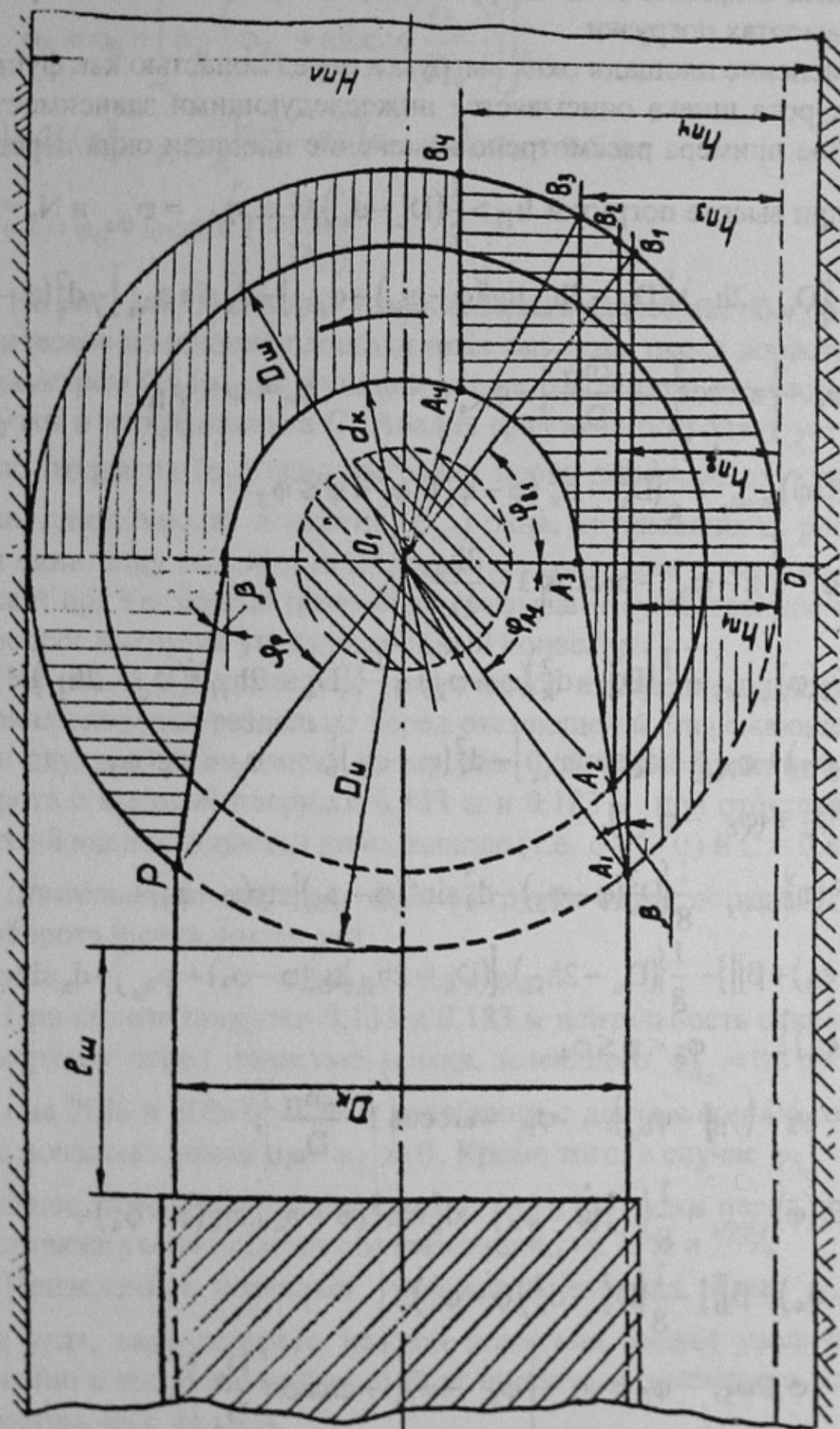


Рис. 2. К определению угла открытия и величины площади окна выгрузки в функции угла поворота шнека



Подставив (2), (3) и (4) в выражение (1), определяем значения угла начала открытия окна выгрузки перед лопастью шнека при различных высотах погрузки.

Изменение площади окна выгрузки перед лопастью как функции угла поворота шнека описывается нижеследующими зависимостями (в качестве примера рассмотрено изменение площади окна перед лопастью при высоте погрузки  $h_{\Pi} > \frac{1}{2}(D_u - d_k)$ , т.е.  $\varphi_{A_i} = \varphi_{A_4}$  и  $N_3 = 2$ ).

$$F_1(\varphi) = \frac{1}{8} \left\{ (D_u - 2h_{\Pi}) \left[ (D_u - 2h_{\Pi}) \operatorname{tg}[(\varphi - \varphi_H) + \varphi_{A_4}] - d_k \sin \varphi_{A_4} \right] - d_k^2 (\varphi - \varphi_H) \right\}$$

$$\varphi_1 = \varphi_H + \left[ \arccos \left( 1 - \frac{2h_{\Pi}}{D_u} \right) - \varphi_{A_4} \right], \quad \varphi_H < \varphi \leq \varphi_1,$$

$$F_2(\varphi) = F_1(\varphi) \Big|_{\varphi=\varphi_1} + \frac{1}{8} (D_u^2 - d_k^2) (\varphi - \varphi_1), \quad \varphi_1 < \varphi \leq \varphi_2$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \left[ \pi - \varphi_{\delta_n} - \arccos \left( 1 - \frac{2h_{\Pi}}{D_u} \right) \right],$$

$$F_3(\varphi) = F_2(\varphi) \Big|_{\varphi=\varphi_2} + \frac{1}{8} (D_u^2 - d_k^2) (\varphi - \varphi_2) - \frac{1}{8} \left\{ (D_u - 2h_{\Pi}) \left[ (D_u - 2h_{\Pi}) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \operatorname{tg}[(\varphi - \varphi_2) + \varphi_{A_4}] - d_k \sin \varphi_{A_4} \right] - d_k^2 (\varphi - \varphi_2) \right\}, \quad \varphi_2 < \varphi \leq \varphi_3$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + (\varphi_{\delta_n} - \varphi_{A_4}),$$

$$F_4(\varphi) = F_3(\varphi) \Big|_{\varphi=\varphi_3} + \frac{1}{8} \left\{ D_u^2 (\varphi - \varphi_3) - d_k^2 \sin^2 (\varphi - \varphi_3) \right\} \left[ \operatorname{ctg} (\varphi - \varphi_3) + \right. \\ \left. + \operatorname{tg}[(\varphi - \varphi_3) + \beta] \right] - \frac{1}{8} \left\{ (D_u - 2h_{\Pi}) \cdot \left[ (D_u - 2h_{\Pi}) \operatorname{tg}[(\varphi - \varphi_3) + \varphi_{A_4}] - d_k \sin \varphi_{A_4} \right] - \right. \\ \left. - d_k^2 (\varphi - \varphi_3) \right\}, \quad \varphi_3 < \varphi \leq \varphi_4$$

$$\varphi_4 = \varphi_3 + (\varphi_{B_i} - \varphi_{\delta_n}), \quad \varphi_{B_i} = \arccos \left( 1 - \frac{2h_{\Pi}}{D_u} \right),$$

$$F_5(\varphi) = F_4(\varphi) \Big|_{\varphi=\varphi_4} + \frac{1}{8} \left\{ D_u^2 (\varphi - \varphi_4) - d_k^2 \sin^2 (\varphi - \varphi_4) \right\} \left[ \operatorname{ctg} (\varphi - \varphi_4) + \right. \\ \left. + \operatorname{tg}[(\varphi - \varphi_4) + \beta] \right] - \frac{1}{8} (D_u^2 - d_k^2) (\varphi - \varphi_4),$$

$$\varphi_4 < \varphi \leq \varphi_5, \quad \varphi_5 = \varphi_4 + \left[ \varphi_{\delta_n} - \varphi_{B_i} + \arccos \left( \frac{D_k}{D_4} \right) \right],$$

$$F_6(\varphi) = F_5(\varphi) \Big|_{\varphi=\varphi_5} - \frac{1}{8}(D_u^2 - d_k^2)(\varphi - \varphi_5), \quad \varphi_5 < \varphi \leq \varphi_6$$

$$\varphi_6 = \varphi_5 + \left[ \pi - \left( \varphi_{\delta_n} + \arccos\left(\frac{D_k}{D_u}\right) \right) \right],$$

$$F_7(\varphi) = F_6(\varphi) \Big|_{\varphi=\varphi_6} - \frac{1}{8}(D_u^2 - d_k^2)(\varphi - \varphi_6), \quad \varphi_6 < \varphi \leq \varphi_7$$

$$\varphi_7 = \varphi_6 + \arccos\left(1 - \frac{D_k}{D_u}\right). \quad (5)$$

На рис. 3 и 4, согласно установленным зависимостям, приведено графическое изменение площади окна выгрузки перед лопастью шнека диаметром 0,63 м как функции угла его поворота с учетом высоты погрузки и коэффициента  $C$ . Анализ графиков позволяет установить начало открытия ( $\varphi_n$ ) окна выгрузки перед лопастью двухзаходного шнека, длительность открытия ( $\varphi_{дл}$ ) окна, интенсивность роста площади окна, зону максимума площади сечения окна в течение оборота шнека и пр. Указанные параметры оказывают существенное влияние на процесс выгрузки угля на забойный конвейер.

На рис. 5 и 6 приведено графическое изменение площади сечения окна выгрузки отдельно перед отстающей и опережающей лопастями двухзаходного шнека диаметром 0,63 м как функции угла его поворота с высотой погрузки 0,133 м и 0,183 м, при отсутствии торцовых площадок лопастей на их выходе (т.е.  $\varphi_{\delta_n} = 0$ ) и  $C = 0,88$ .

Длительность открытия окна выгрузки перед лопастью, в течение оборота шнека, имеет вид

$$\varphi_{дл} = 2\pi - \varphi_n. \quad (6)$$

При высоте погрузки 0,133 и 0,183 м длительность открытия окна выгрузки перед лопастью шнека, имеющего  $\varphi_{\delta_n} = 0$ , соответственно на 20% и 30% больше в сравнении с длительностью открытия перед лопастью шнека при  $\varphi_{\delta_n} \neq 0$ . Кроме того, в случае  $\varphi_{\delta_n} = 0$  максимальное значение площади сечения окна выгрузки перед лопастью шнека также увеличивается соответственно на 30% и 20%.

Приведенное позволяет утверждать, что для шнека с  $\varphi_{\delta_n} = 0$  масса угля, выгружаемого каждой лопастью, может увеличиться в сравнении с выгружаемой массой угля шнеком, имеющего все те же параметры, но с  $\varphi_{\delta_n} \neq 0$ .

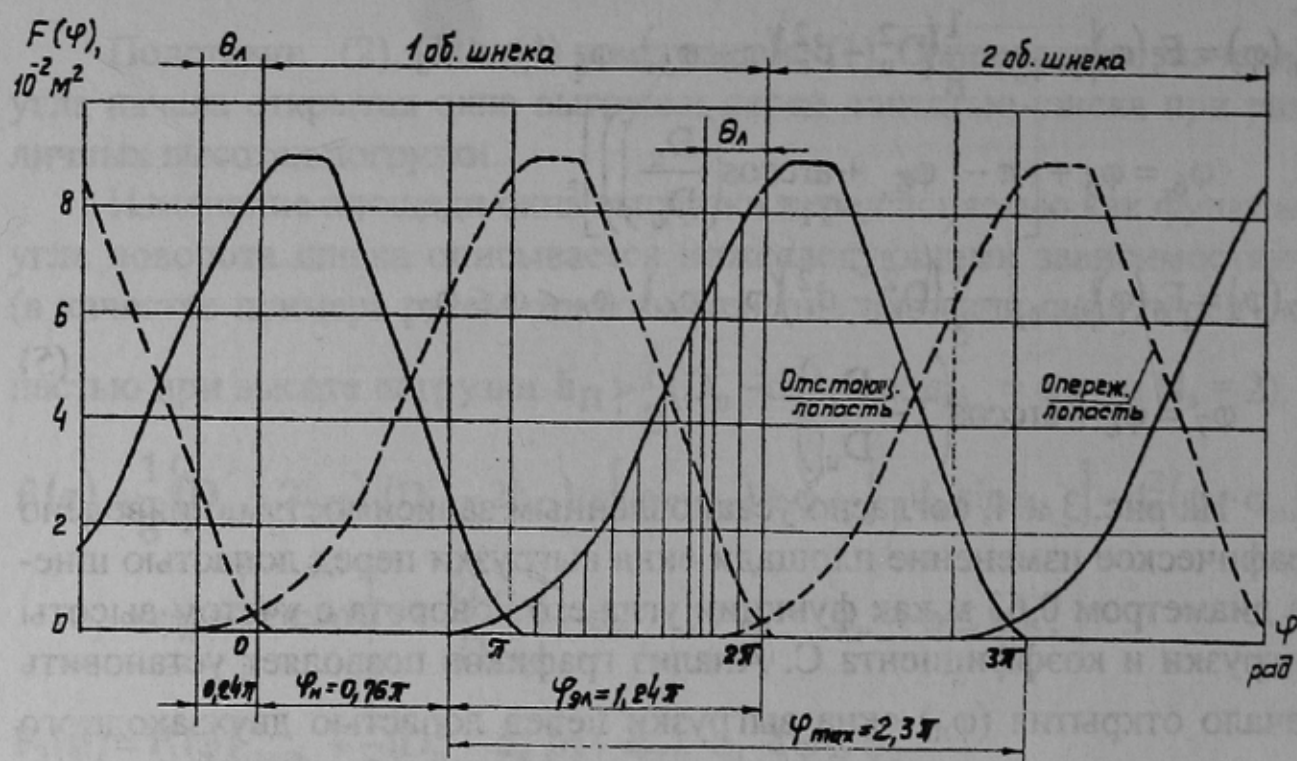


Рис. 3. Изменение площади окна выгрузки шнека ( $D_u = 0,63$  м,  $h_{II} = 0,133$  м,  $c = 0,88$ ) в функции угла его поворота

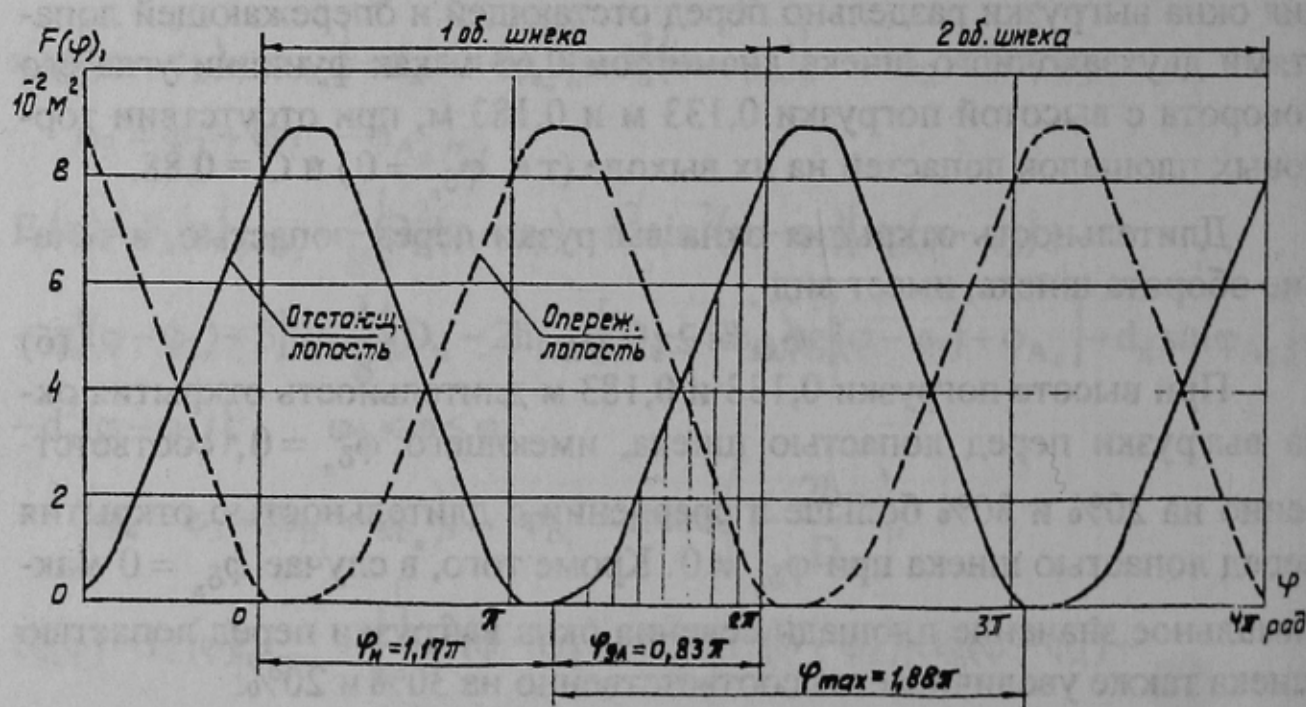


Рис. 4. Изменение площади окна выгрузки шнека ( $D_u = 0,63$  м,  $h_{II} = 0,183$  м,  $c = 0,88$ ) в функции угла его поворота



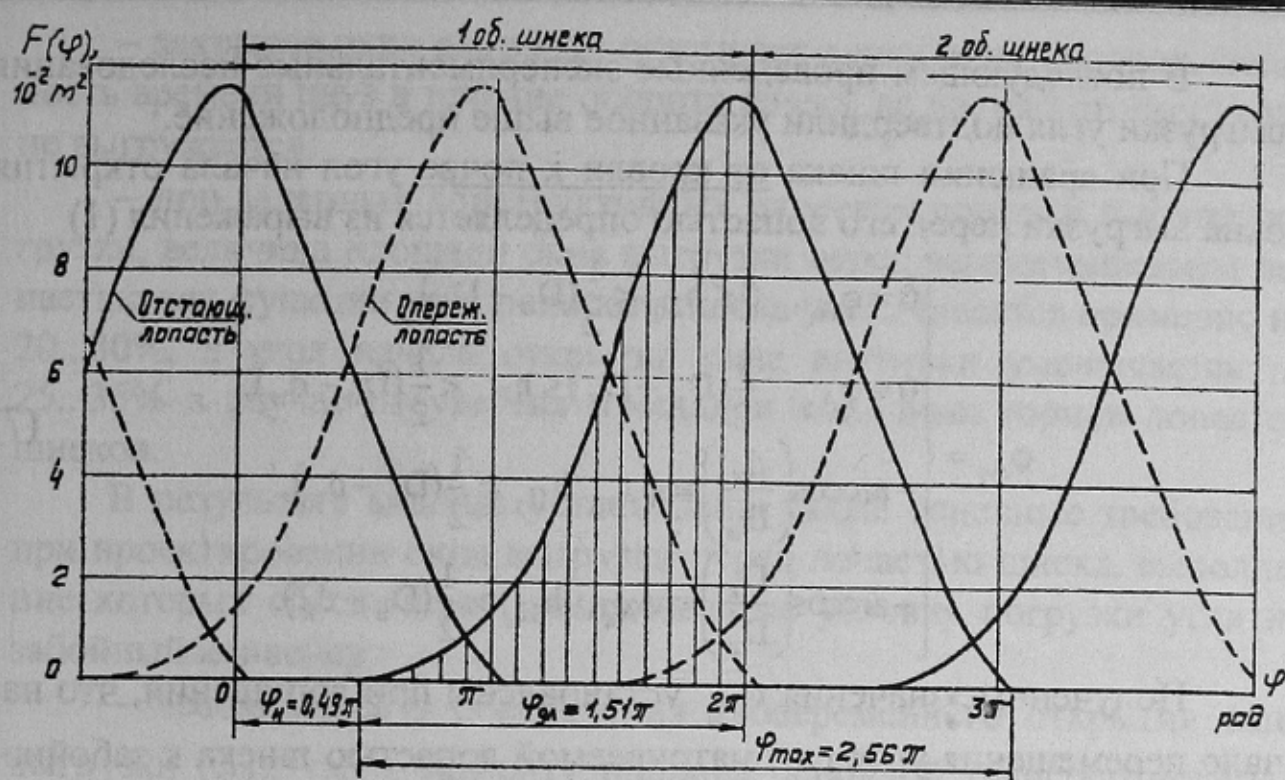


Рис. 5. Изменение площади окна выгрузки шнека ( $D_u = 0,63$  м,  $h_{II} = 0,133$  м,  $c = 0,88$ , торцы удалены) в функции угла его поворота

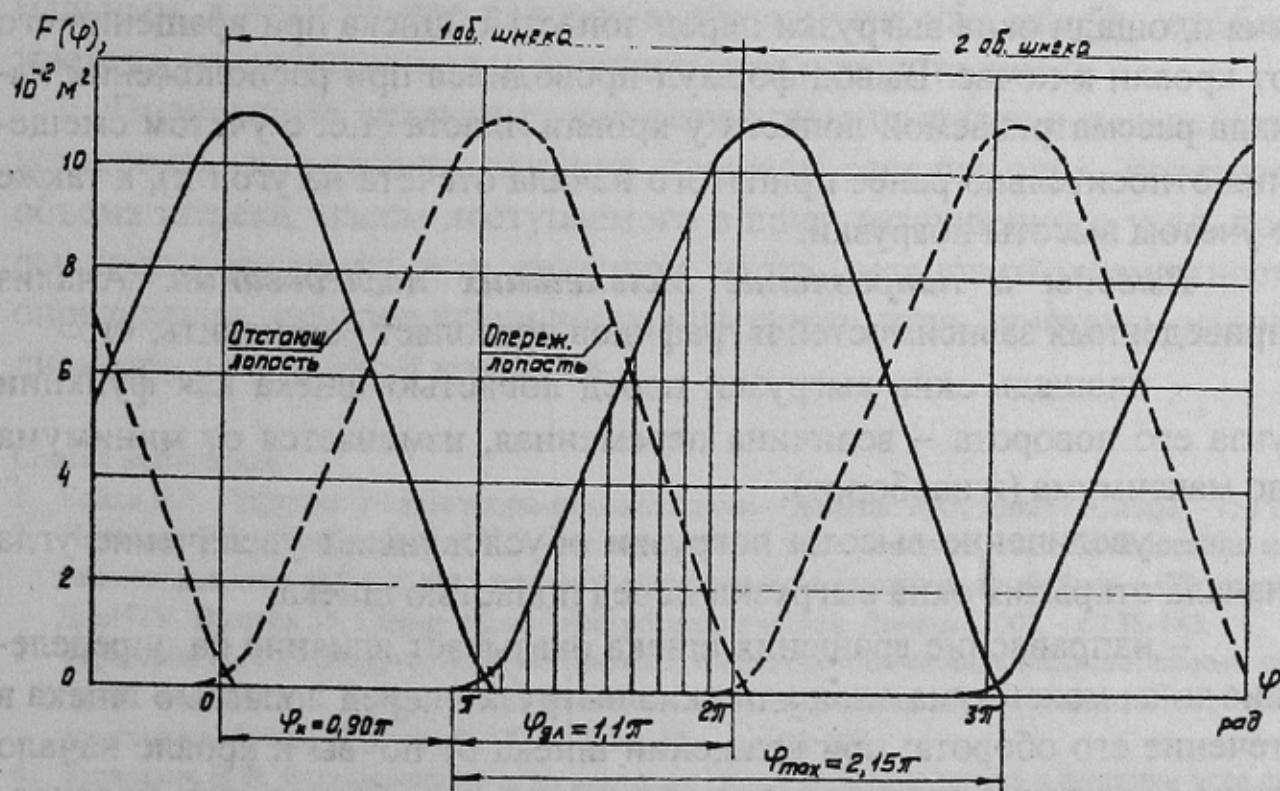


Рис. 6. Изменение площади окна выгрузки шнека ( $D_u = 0,63$  м,  $h_{II} = 0,183$  м,  $c = 0,88$ , торцы удалены) в функции угла его поворота

В последующем проведенные экспериментальные исследования выгрузки угля подтвердили указанное выше предположение.

При вращении шнека от кровли к почве угол начала открытия окна выгрузки перед его лопастью определяется из выражения (1)

$$\varphi_{A_i} = \begin{cases} 0 \equiv \varphi_{A_1}, & 0 \leq h_{\Pi_1} < \frac{1}{2}(D_u - D_k), \\ 0 \equiv \varphi_{A_2}, & \frac{1}{2}(D_u - D_k) \leq h_{\Pi_2} < \frac{1}{2}(D_u - d_k), \\ -\arccos\left(\frac{d_k}{D_u}\right) \equiv \varphi_{A_3}, & h_{\Pi_3} = \frac{1}{2}(D_u - d_k), \\ -\arccos\left(\frac{D_k}{D_u}\right) \equiv \varphi_{A_4}, & h_{\Pi_4} > \frac{1}{2}(D_u - d_k). \end{cases} \quad (7)$$

Полученные значения  $\varphi_{A_i}$  установлены при допущении, что начало перемещения угля рассматриваемой лопастью шнека к забойному конвейеру происходит в момент установки ее в начале координат.

Согласно приведенной выше методике определения площади окна выгрузки перед лопастью шнека при вращении его от почвы к кровле аналогичным образом устанавливались зависимости изменения площади окна выгрузки перед лопастью шнека при вращении его от кровли к почве. Вывод формул проводился при расположении начала рассматриваемой лопасти у кровли пласта (т.е. с учетом смещения относительно ранее принятого начала отсчета на угол  $\pi$ ), а также с учетом высоты погрузки.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Анализ приведенных зависимостей и графиков позволяет установить, что:

– площадь окна выгрузки перед лопастью шнека как функции угла его поворота – величина переменная, изменяется от минимума до максимума (и наоборот);

– увеличение высоты погрузки обуславливает увеличение угла начала открытия окна выгрузки перед лопастью шнека;

– направление вращения шнека оказывает влияние на определение зоны максимума площади окна выгрузки перед лопастью шнека в течение его оборота: при вращении шнека от почвы к кровле начало зоны максимума устанавливается в конце его оборота, при противоположном вращении шнека – на половине его оборота, т.е. на 180 град.;



– закрытое окно выгрузки оказывает влияние на продолжительность времени пауз в течение оборота шнека, во время которых уголь не выгружается;

– при заданных конструктивных размерах шнека и высоты погрузки, величина площади окна выгрузки перед рассматриваемой лопастью как функции угла поворота шнека увеличивается примерно на 20...30%, а угол начала открытия окна выгрузки уменьшается на 25...35% в случае отсутствия площадок выходных торцов лопастей шнеков.

В результате анализа установлены также основные требования при проектировании окна выгрузки перед лопастью шнека, выполнение которых обеспечивает рациональные условия погрузки угля на забойный конвейер:

– необходимость обеспечения своевременного открытия окна выгрузки ( $\varphi_H$ ), т.е. к моменту подхода основной транспортируемой массы угля к выходу из шнека, окно выгрузки должно быть свободным (открытым) и площадь ( $F_i$ ) его – максимальной;

– время раскрытия окна выгрузки ( $\varphi_{дл.}$ ) должно быть максимальным, в этом случае процесс выгрузки угля на конвейер приближается к непрерывному как функции угла поворота шнека.

Полученные аналитические результаты позволят в дальнейшем установить взаимосвязь влияния площади сечения окна, полезного объема штрека, массы поступаемого в шнек разрушенного угля, прерывность выгрузки и, в конечном итоге, установить возможность определения производительности выгрузки угля шнеками малого диаметра на забойный конвейер.

#### Список источников:

1. Бойко Н.Г. Погрузка угля очистными комбайнами. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2002. – 157 с.
2. Нечепаев В.Г., Семенченко А.К. Моделирование и экспериментальные исследования механо-гидравлической системы активной выгрузки угля очистных комбайнов. – Сб. трудов ДонНТУ. Выпуск 35. Серия: горно-электромеханическая. Донецк, 2001. – с.138-143.
3. Тарасевич В.И. О погрузке угля на конвейер одиночным шнековым исполнительным органом комбайна с погрузочным щитом. – Сб. Разработка месторождений полезных ископаемых. Киев, "Техника", 1977, – Вып. 48, – с. 104-107.
4. Тарасевич В.И. Формирование окна выгрузки перед лопастью шнека в функции угла его поворота. – Рукоп. депонирована в институте ЦНИЭИуголь, Москва, 1979, – №1360 Деп., – 17 с.
5. ОСТ 12.44.286-85 "Шнек очистных узкозахватных комбайнов. Типы и основные параметры". М., Госстандарт, 1985. – 3 с.