

ПОГРУЗКА УГЛЯ НА КОНВЕЙЕР ШНЕКОМ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Тарасевич В.И., канд. техн. наук, проф., Тарасевич А.В., инж.
Донецкий государственный технический университет

Рассмотрен процесс выгрузки угля опережающим шнеком очистного комбайна для тонких пластов, разработана методика определения производительности шнека по выгрузке угля в зависимости от его основных конструктивных параметров, режима работы комбайна, с учетом прерывности выгрузки угля.

The process of outswapping of coal by an advanced feed screw of a cutter-loader for thin seams is reviewed, the technique of definition of productivity of a feed screw on outswapping coal is designed depending on his main design data, operational mode of a combine, with allowance for discontinuities of outswapping of coal

Для обеспечения возможности работы очистных комбайнов со шнековыми исполнительными органами (например типа К-103) в условиях тонких пластов корпус комбайна, как правило, смещается относительно конвейера в сторону забоя, и этом случае передняя стенка корпуса основного редуктора комбайна выполняет роль погрузочного щита, конструкция которого обуславливает наличие зазоров между корпусом и оставшейся неразрушенной пачкой угля у почвы пласта, корпусом и кровлей, корпусом и вертикальной стенкой пласта, в связи с этим основная часть разрушенного угля должна выгружаться на забойный конвейер опережающим шнеком комбайна. Уголь, невыгруженный опережающим шнеком и оставшийся на берме пласта, частично выгружается отстающим шнеком комбайна. Оставшийся уголь на почве пласта после прохода комбайна выгружается на конвейер зачистными устройствами при перемещении конвейера к забою. Кроме того, в конструкции комбайна К-103 предусмотрена возможность работы его с вертикальным погрузочным щитом, устанавливаемым непосредственно на корпусе комбайна за опережающим шнеком. В этом случае уголь, разрушенный опережающим шнеком, практически, полностью выгружается им на забойный конвейер.

В статье рассмотрен процесс выгрузки угля опережающим шнеком очистного комбайна для тонких пластов, так как погрузочная способность опережающего исполнительного органа, при достаточ-

ной энерговооруженности машины, может, в первую очередь, ограничивать минутную теоретическую производительность комбайна.

Процесс выгрузки угля на конвейер опережающим шнеком комбайна рассматривается при:

- отсутствии специального погрузочного щита; в этом случае роль погрузочного щита выполняет корпус основного редуктора привода шнека. В дальнейшем выгрузка угля по этой схеме называется "выгрузка угля шнеком без щита";

- наличии специального погрузочного щита. В дальнейшем выгрузка угля по этой схеме называется "выгрузка угля шнеком с погрузочным щитом".

Рассмотрим процесс выгрузки угля шнеками малого диаметра без погрузочного щита.

Особое влияние на формирование процесса выгрузки угля шнеками малого диаметра оказывает свободный объем перед лопастью, заполняемый разрушенным углем, и характер его изменения в функции угла поворота шнека.

Свободный объем перед лопастью шнека принят [1] состоящим из двух объемов: $V'_{ш}(\varphi)$ и $V_{ш}(\varphi)$, где φ - угол поворота шнека. Одной из ограничивающих поверхностей объема $V'_{ш}(\varphi)$ служит рабочая поверхность рассматриваемой лопасти, которая в начальный момент отсчета (с учетом угла подъема лопасти $\alpha D_{ш}$) расположена относительно почвы пласта под углом $(\pi/2 - \alpha D_{ш})$. Этот угол значительно превышает угол естественного откоса разрушенного угля в движении. В связи с этим основная часть угля выгружается из объема $V'_{ш}(\varphi)$ до момента подхода лопасти в начальное положение. В начальном же положении шнека объем только частично заполнен углем, который заполняет пространство между лопастью и бортом конвейера. Объем этой части угля сравнительно невелик и, в первом приближении, при описании процесса выгрузки, им можно пренебречь.

Таким образом уголь, находящийся в объеме $V'_{ш}(\varphi)$, выгружается практически полностью до момента перемещения участка рассматриваемой лопасти в начальное положение. Основное влияние на формирование процесса выгрузки угля шнеком на конвейер оказывает объем $V_{ш}(\varphi)$.

Процесс выгрузки угля, при применяемых в настоящее время высотах борта конвейера, начнется при угле поворота шнека, когда установилось равенство объемов перед лопастью шнека и поступаю-

щого к лопасти разрушенного угля, а также наличии в этот момент окна выгрузки [2] перед рассматриваемой лопастью. При отсутствии равенства указанных объемов, т.е. при $V_p(\varphi) < V_{ш}(\varphi)$, выгрузки угля на забойный конвейер не произойдет, в связи с наличием сопротивлений перемещений потока угля к конвейеру. В этом случае перемещаемый к конвейеру уголь заполняет часть свободного (не заполненного разрушенным углем) объема перед рассматриваемой лопастью шнека и только после этого осуществится его выгрузка на конвейер.

Окончание выгрузки угля произойдет при угле поворота шнека $\varphi_{вк} = \frac{2\pi}{N_3} - \theta_{л}$ (в случае $c \leq 1$ и $\theta_{л} = 2\pi(1-c)$), при котором $V_{ш}(\varphi) = 0$.

Конструктивный параметр «с» определяется в виде $c = \frac{B - b_{д}}{s}$. Здесь

B , s , и $b_{д}$ - соответственно длина, шаг шнека и толщина отрезного диска.

Тогда угол поворота шнека, при котором осуществляется выгрузка угля, равен

$$\varphi_{в} = \varphi_{вк} - \varphi_{v}, \quad (1)$$

где φ_{v} - угол поворота шнека, при котором выполняется равенство

$$V_p(\varphi)|_{\varphi=\varphi_{v}} = V_{ш}(\varphi)|_{\varphi=\varphi_{v}} \quad (2)$$

В случае $\varphi > 0$ и $\varphi_{вк} \neq \pi$ (для существующих шнеков и наиболее распространенных режимов работы комбайнов) угол поворота шнека, при котором выгрузка угля на забойный конвейер не осуществляется, определяется в виде

$$\varphi_{п} = \frac{2\pi}{N_3} - \varphi_{в} \text{ или при } N_3 = 2, \text{ то } \varphi_{п} = \varphi_{в} + \theta_{л}. \quad (3)$$

Из анализа приведенных зависимостей следует, что выгрузка угля происходит не непрерывно; имеются паузы, в течение которых разрушенный уголь шнеком не выгружается. В течение оборота двухзаходного шнека каждая его лопасть однократно выгружает уголь на забойный конвейер продолжительностью, соответствующей углу поворота $\varphi_{в}$. Выгрузка угля чередуется с равными паузами (при равных параметрах обеих лопастей шнека). Первая пауза $\varphi_{п1}$ определяется углом поворота шнека между окончанием выгрузки угля отстающей лопастью и началом выгрузки опережающей лопастью шнека. Здесь и далее под термином "опережающая лопасть шнека" понимается лопасть, отстоящая от рядом расположенной лопасти, выгрузку угля ко-

торой рассматриваем на расстоянии, равном отношению его шага к числу заходов, в направлении к забойному конвейеру.

Продолжительность указанной паузы обусловлена параметрами, определяющими: объем [3] разрушенного и поступающего в шнек угля - $V_p(\varphi)$, свободный объем шнека - $V_{ш}(\varphi)$ и окно выгрузки - $F(\varphi)$.

Кроме отмеченной выше первой паузы в выгрузке угля (рассматривается тот же оборот шнека) имеется вторая пауза $\varphi_{п2}$, продолжительность которой соответствует углу поворота шнека между окончанием выгрузки угля опережающей лопастью и началом выгрузки отстающей лопастью шнека, продолжительность второй паузы зависит от тех же параметров, которые обуславливают длительность первой паузы.

Построив графики зависимостей по определению заполнения шнека разрушаемым углем ($V_p(\varphi)$), свободного объема ($V_{ш}(\varphi)$), площади окна выгрузки перед лопастью шнека ($F(\varphi)$) в функции угла его поворота и с учетом угла начала открытия окна выгрузки (φ_n), а также учитывая изложенные выше положения о начале, окончании и прерывности выгрузки, можно выявить процесс выгрузки угля на забойный конвейер.

На рис.1 приведены графики изменения указанных выше величин в функции угла поворота двухзаходного шнека с консольными лопастями. Там же показано изменение объема выгружаемого угля ($V_v(\varphi)$) каждой лопастью шнека в течение его оборота.

Величина окна выгрузки перед рассматриваемой лопастью шнека, в момент равенства объемов $V_p(\varphi)$ и $V_{ш}(\varphi)$, также оказывает влияние на начало процесса выгрузки угля на забойный конвейер. Пусть:

- площадь окна выгрузки перед лопастью равна нулю; в этом случае разрушенный уголь, находящийся в пространстве перед лопастью, не выгружается; возможны его циркуляция и уплотнение;

- момент равенства указанных объемов (φ_v) и начало открытия окна выгрузки перед лопастью (φ_n) незначительно отличаются (в первом приближении можно пренебречь) по углу поворота шнека ($\varphi_v \approx \varphi_n$). В связи со сравнительно малой величиной площади окна перед лопастью (около нуля), уголь на конвейер практически не выгружается;

- равенство объемов произошло при наличии значительной площади окна выгрузки перед лопастью. В этом случае выгрузка угля

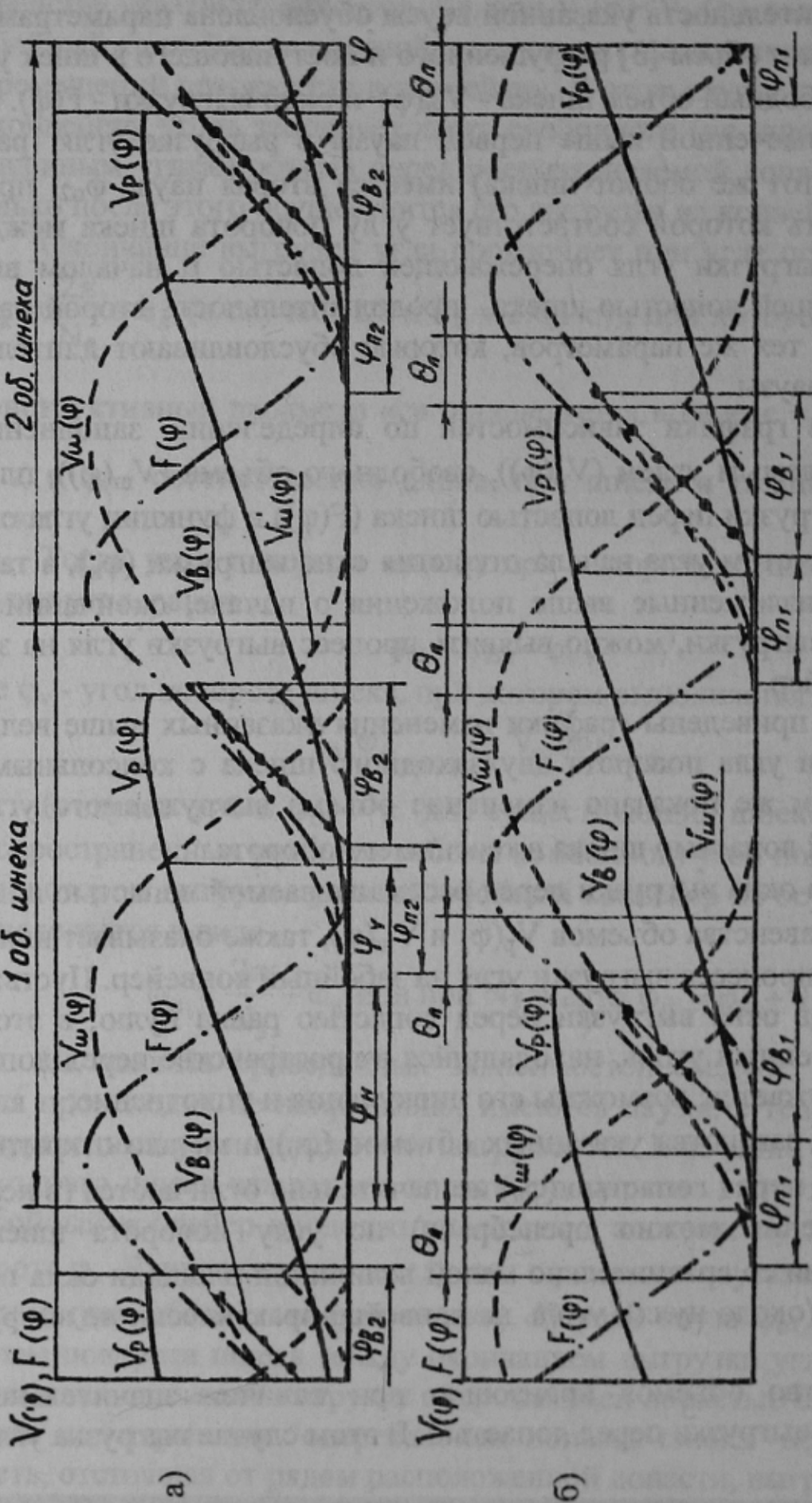


Рисунок 1 – Графики изменения V_p , $V_{ш}$, $V_{в}$ и F в функции угла поворота шнека, характеризующие процесс выгрузки угля на конвейер отстающей (а) и опережающей (б) лопастями

на конвейер произойдет в период времени до установления равенства указанных объемов.

Приведенное позволяет рассмотреть начало выгрузки угля на конвейер каждой лопастью с учетом возможного смещения по углу поворота шнека в зависимости от величины площади окна перед лопастью. При определении средней величины продолжительности паузы указанное смещение учитывается коэффициентом смещения начала выгрузки угля.

Следует отметить, что в зависимости от массы выгружаемого угля из объема $V'_{ш}(\varphi)$ возможно также смещение по углу поворота шнека окончания выгрузки угля. Это смещение может также учитываться коэффициентом смещения окончания выгрузки угля при определении продолжительности паузы в течение оборота шнека.

Рассмотрим среднюю продолжительность одной паузы с учетом коэффициентов смещения в течение оборота двухзаходного шнека.

Используя равенство (2) и зависимости из [1] и [3], можно определить выражение угла поворота шнека φ_v .

Продолжительность паузы (см.рис.1), соответствующая углу поворота шнека в радианах, составляет

$$\varphi_{п} = (1 - K_{смк}) \cdot \pi + K_{смн} \cdot \varphi_v + K_{смк} \cdot \theta_{л}, \quad (4)$$

где $\varphi_{п}$ - продолжительность одной паузы в течение оборота шнека; $K_{смк}$ - коэффициент, характеризующий смещение окончания выгрузки угля на конвейер по углу поворота шнека; величина коэффициента определяется по выражению

$$K_{смк} = \frac{\varphi_{вкэ}}{\pi - \theta_{л}}, \quad (5)$$

$\varphi_{вкэ}$ - угол поворота шнека, при котором оканчивается выгрузка; устанавливается из осциллограмм процесса выгрузки (для исследованных режимов работы комбайна 80...120 об/мин частоты вращения шнека диаметром 0,63 м, скорости перемещения комбайна до 8 м/мин и мощности пласта 0,7 м, установлено $\sim 150^\circ \dots 175^\circ$); $K_{смн}$ - коэффициент, учитывающий несовпадение начала выгрузки угля на конвейер и начала открытия окна перед рассматриваемой лопастью шнека; величина коэффициента определяется

$$K_{смн} = \varphi_{внэ} / \varphi_v, \quad (6)$$

$\varphi_{внэ}$ - угол поворота шнека, при котором начинается выгрузка угля на забойный конвейер; величина угла устанавливается из осцил-

лограмм процесса выгрузки (для исследованных режимов работы комбайна $\varphi_{\text{внэ}} \approx 45^\circ \dots 80^\circ$).

Таким образом, из приведенных зависимостей следует, что пауза в процессе выгрузки угля на конвейер практически отсутствует при заполнении объема перед рассматриваемой лопастью шнека разрушенным углем в первой половине его оборота, а также наличии (в этот момент времени) открытого окна перед рассматриваемой лопастью. При этом уменьшается неравномерность потока выгружаемого угля на забойный конвейер в течение времени оборота шнека.

Рассмотрим влияние паузы на производительность шнека по выгрузке угля.

Производительность шнека очистного комбайна по выгрузке угля на забойный конвейер может быть представлена в виде

$$Q_B(\varphi) = \frac{V_B(\varphi)}{t_{\text{об}}}, \quad (7)$$

где $t_{\text{об}}$ - время оборота шнека.

Здесь $V_B(\varphi) = K_o \cdot F(\varphi) \cdot V_{\text{оу}}(\varphi) \cdot t_B$, (8)

K_o - коэффициент заполнения окна выгрузки; определяется экспериментально; при интенсивных режимах работы комбайна среднее значение $K_o \approx 0,9 \dots 1$; $F(\varphi)$ - площадь окна выгрузки перед лопастью шнека; $V_{\text{оу}}(\varphi)$ - среднее значение осевой скорости потока угля в сечении окна выгрузки шнека; t_B - время выгрузки угля на конвейер шнеком комбайна

$$t_B = t_{\text{об}} - t_{\text{п}}, \quad (9)$$

$t_{\text{п}}$ - время паузы за один оборот шнека.

Известно, что $V_{\text{оу}} = K_{\text{от}} \cdot V_{\text{ол}}$ (10)

где $K_{\text{от}}$ - коэффициент, учитывающий отставание угля относительно лопасти шнека; устанавливается экспериментально;

$V_{\text{ол}} = S \cdot \Pi_{\text{ш}}$ - осевая скорость лопасти шнека.

Тогда, при максимально открытом окне выгрузки перед лопастью в течение оборота шнека, его производительность определяется по выражению

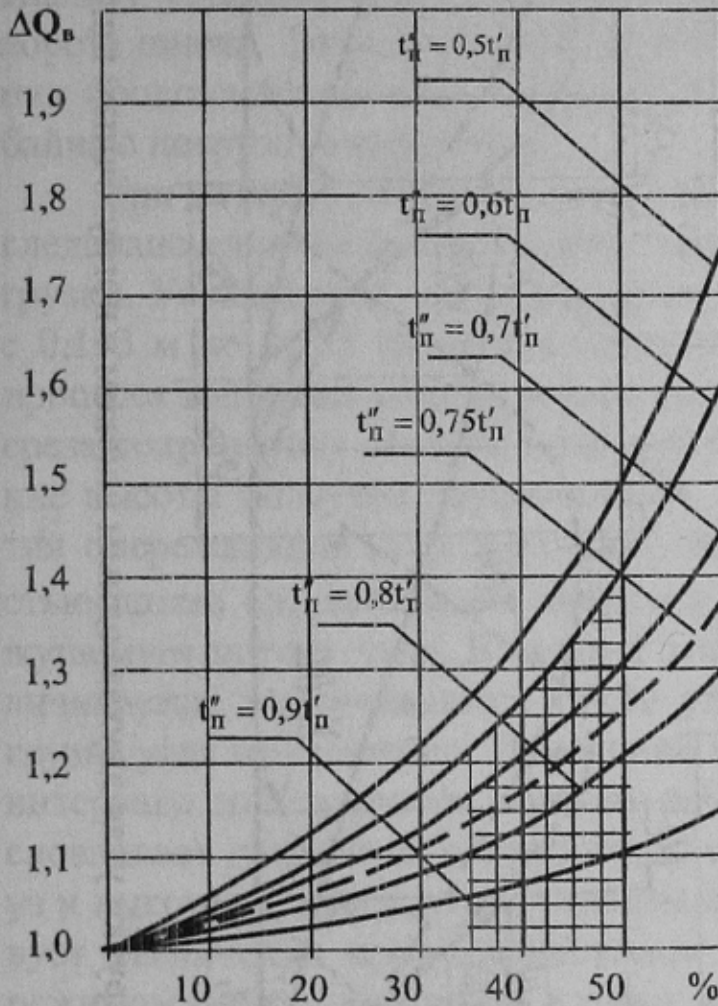
$$Q_B = K_o \cdot F_{\text{max л}} \cdot K_{\text{от}} \cdot V_{\text{ол}} \cdot \left(1 - \frac{t_{\text{п}}}{t_{\text{об}}}\right). \quad (11)$$

Из (11) следует, что сокращение времени паузы в течение оборота шнека обуславливает повышение производительности выгрузки

угля на забойный конвейер. Повышение производительности (ΔQ_B) выгрузки угля в функции времени паузы, при условии обеспечения необходимого заполнения шнека разрушаемым углем, можно представить в виде

$$\Delta Q_B = \frac{1 - t''_{п} / t_{об}}{1 - t'_{п} / t_{об}}, \quad (12)$$

где $t'_{п}$ - время паузы, при выгрузке угля, за оборот существующего



шнека; $t''_{п}$ - уменьшенное время паузы (вновь создаваемого шнека), достигнутое при увеличении длительности открытия окна выгрузки, уменьшении угла начала его открытия. На рис.2 приведены графики, отражающие величину повышения производительности выгрузки угля на конвейер при сокращении времени паузы за оборот шнека на 10...50 %. Из графиков следует, что при сокращении паузы, продолжительностью 35% времени оборота шнека, на 40% $t'_{п} / t_{об}$ производительность выгрузки угля увеличивается на 20%.

Рисунок 2 – Повышение производительности выгрузки угля на конвейер при сокращении времени паузы за оборот шнека

Рассмотрим процесс выгрузки угля шнеком очистного комбайна с погрузочным щитом. Процесс

выгрузки угля на конвейер, в этом случае, аналогичен описанному выше. В установившемся режиме работы комбайна шнек в течение оборота выгружает на забойный конвейер массу угля, величина которой практически равна (за исключением просыпанной части угля и оставшейся на почве пласта) поступившей в него при разрушении

$$V_p(\varphi) = V_B(\varphi). \quad (13)$$

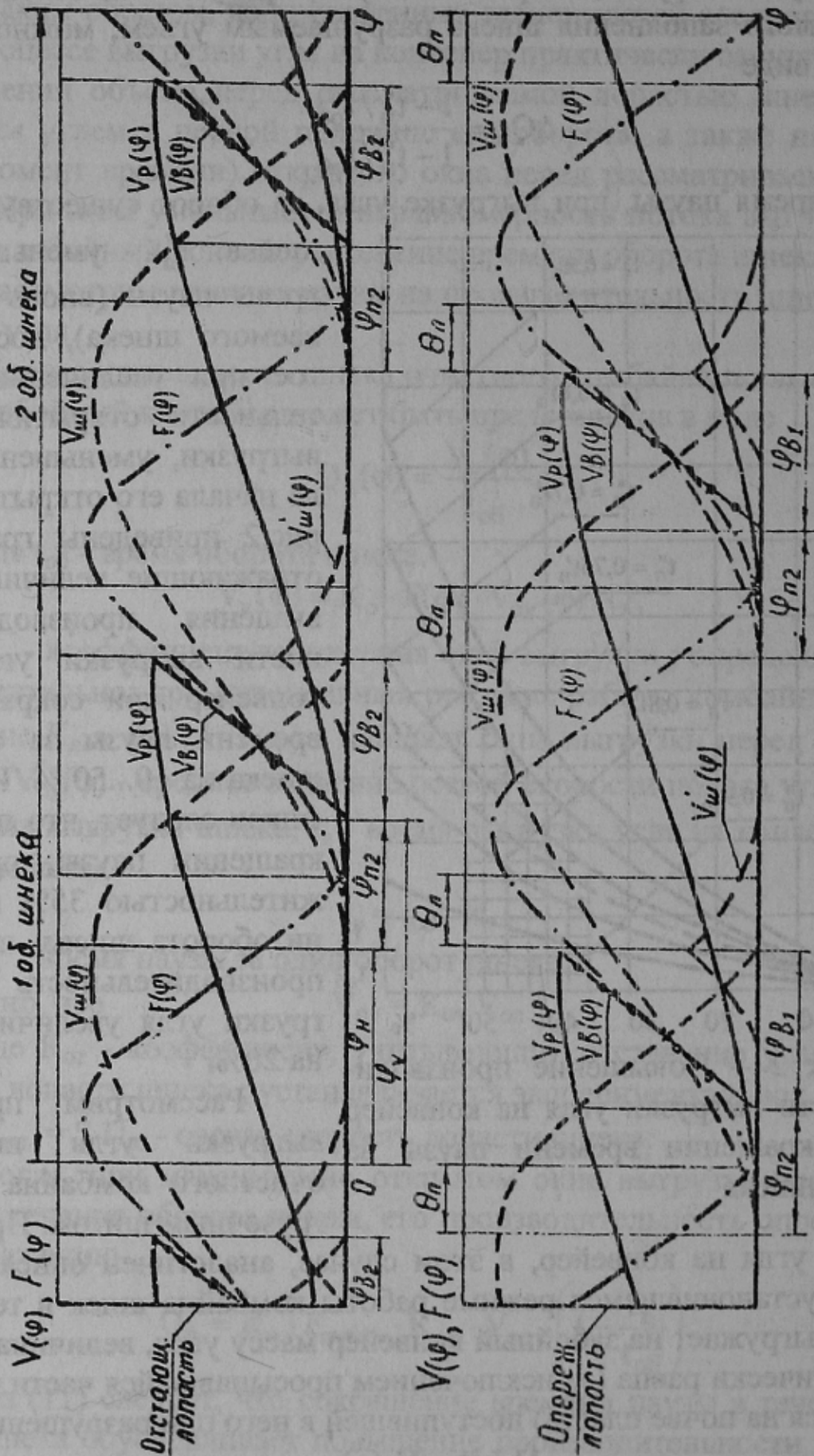


Рисунок 3 – Процесс выгрузки угля двухзаходным шнеком с погрузочным щитом

Используя известные величины ($V_p(\varphi)$, $V_{ш}(\varphi)$, $F(\varphi)$) и принятые положения о начале и окончании выгрузки угля, рассмотрим процесс выгрузки в функции угла поворота шнека при наличии погрузочного щита очистного комбайна. На рис.3 приведены графики, характеризующие процесс выгрузки угля на конвейер двухзаходным шнеком с консольными лопастями, при направлении вращения его от почвы к кровле и наличии погрузочного щита. Графики построены согласно анализу установленных в [1, 2, 3] зависимостей в функции угла поворота шнека. Зависимости (4...6) используются также при определении продолжительности пауз выгрузки угля шнеком очистного комбайна с погрузочным щитом.

При анализе выгрузки угля шнеком с погрузочным щитом исследовано влияние высоты борта забойного конвейера на процесс выгрузки. Установлено, что с увеличением высоты погрузки (например с 0,133 м до 0,183 м) общая картина, в том числе и периодичность процесса выгрузки угля на забойный конвейер, при равных толщинах среза сохраняется. Вместе с тем необходимо отметить, что увеличение высоты погрузки обуславливает увеличение: угла начала открытия опережающей лопастью окна выгрузки перед отстающей лопастью шнека (φ_n принимает значения более π) и сопротивлений движущемуся потоку угля. В связи с этим продолжительность пауз увеличивается; увеличиваются также удельные энергозатраты при выгрузке угля на конвейер. Изменение максимальной толщины среза, в интервале интенсивного режима работы очистного комбайна, обуславливает изменение соотношения продолжительности времени пауз и выгрузки: уменьшению максимальной толщины среза соответствует увеличение продолжительности пауз. Здесь под интенсивным режимом работы комбайна, с точки зрения выгрузки угля на конвейер, понимается такой режим его работы, при котором в момент начала отсчета угла поворота шнека свободный объем перед рассматриваемой лопастью заполнен разрушенным углем не менее чем на 1/3.

Применительно к комбайну К-103, оснащенного рассматриваемым шнеком (диаметром 0,63 м) с частотой вращения 80 об/мин, к интенсивным режимам работы следует относить работу комбайна при скоростях перемещения его, начиная с 4 м/мин.

Производительность шнека по выгрузке угля на забойный конвейер, в установившемся режиме работы очистного комбайна при наличии погрузочного щита, определяется согласно выражения

$$Q_B = V_p / t_{об},$$

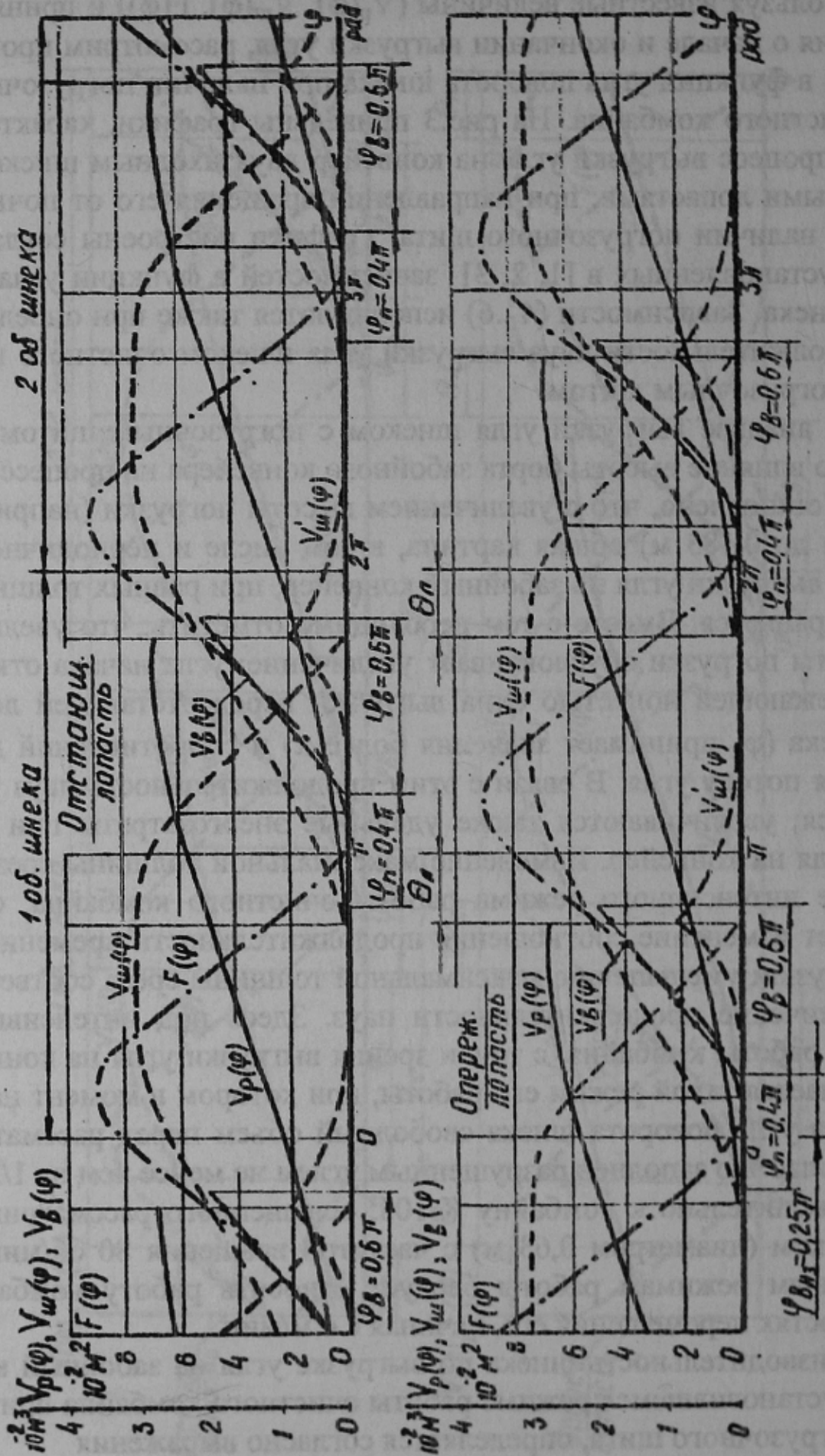


Рисунок 4 — Процесс выгрузки угла для двухзаходным шнеком со сплошной ступицей по ширине его захвата при $h_n = 0,183$ м, $s = 0,88$ и $V_{пк} = 4,8$ м/мин

где V_p - объем разрушенного угля, поступившего в шнек.

Результаты экспериментальных исследований процесса выгрузки угля на забойный конвейер лопастями отека, практически, полностью совпадают с результатами аналитических исследований.

На рис. 4 приведены графики, характеризующие изменение процесса выгрузки угля шнеком с постоянной высотой лопасти (ступица шнека сплошная) в функции угла его поворота. Графики построены с использованием ранее приведенных аналитических зависимостей и установленных по экспериментальным данным коэффициентов смещений начала и окончания выгрузки угля каждой лопастью шнека, при скорости перемещения комбайна 4,8 м/мин.

При сравнении данных приведенного графика $V_B(\varphi)$, а именно: среднего значения объема выгруженного угля за оборот шнека, продолжительности паузы, начала и окончания выгрузки установлена допустимая сходимость их (ошибка порядка 5%) с результатами экспериментальных исследований.

Таким образом, изложенное выше позволяет сформулировать следующее выводы:

1. Процесс выгрузки угля на забойный конвейер шнеком в функции угла его поворота имеет прерывистый характер - выгрузка угля чередуется с паузами; удельный вес времени пауз в течение оборота шнека может быть значительным (40...60%) при работе комбайна даже в интенсивных режимах).

2. Приведенные зависимости по определению продолжительности паузы обеспечивают возможность выбора конструктивных параметров исполнительного органа при минимальном значении паузы, и следовательно, обеспечивают возможность повышения производительности шнека по выгрузке угля на забойный конвейер.

3. Разработана методика определения производительности шнека по выгрузке угля в зависимости от его основных конструктивных параметров, режима работы комбайна, с учетом прерывности выгрузки угля.

Список источников.

1. Тарасевич В.И., Пачин Ю.В. Определение свободного объема перед лопастью шнека с постоянным шагом очистного комбайна для тонких пластов. Рукопись депонирована в институте ЦНИЭИуголь, 1981, № 2078, Деп., 21 с.
2. Тарасевич В.И. Формирование окна выгрузки перед лопастью шнека в функции угла его поворота. Рукопись депонирована в институте ЦНИЭИуголь, 1979, № 1360, Деп., 17 с.
3. Бойко Н.Г., Тарасевич В.И., Нечепав В.Г. Заполнение шнека очистного комбайна разрушаемым углем Изв. ВУЗов "Горный журнал", 1980, №4. С. 96-99.