

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОГРУЗКИ УГЛЯ БАРАБАННЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

Болтян А.В., канд. техн. наук., доц., Бойко Н.Г., докт. техн. наук, проф., Горобец И.А., канд. техн. наук, проф.
Донецкий национальный технический университет

Предложен способ повышения погрузочной способности барабанного с вертикальной осью вращения исполнительного органа очистного комбайна за счет упорядочения выгрузки угля верхней частью барабана.

It is offered the method of increasing of the loading efficiency of the vertical cutting drum at expense of the regulation of coal's unloading by the upper part of the drum.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Добыча угля подземным способом из пологих пластов в настоящее время ведется с использованием, в основном, очистных комбайнов. При этом большая часть очистных комбайнов оснащается шнековыми (с горизонтальной осью вращения) исполнительными органами. Однако при разработке тонких пологих пластов с крепкими и вязкими углями, а также в условиях слабых пород непосредственной кровли очистного забоя хорошо зарекомендовали себя очистные комбайны с барабанным (с вертикальной осью вращения) исполнительными органами. К таким комбайнам относятся созданный АО «Донгипроуглемаш» (Украина) и серийно освоенный комбайн КА-80, а также комбайн перспективного ряда КБТ.

Основным фактором, сдерживающим рост производительности очистных комбайнов для тонких пологих пластов, является низкая погрузочная способность их исполнительных органов. Поэтому повышение погрузочной способности исполнительных органов очистных комбайнов является важной научно-технической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Основными факторами, влияющими на погрузочную способность барабанного исполнительного органа является сечение окна выгрузки, путь перемещения разрушенного угля к конвейеру, наличие погрузочного щита, скорость перемещения погрузочных элементов барабана, скорость выгрузки и т.д., [1, 2]. На основе указанных исследований было установлено, что

основной причиной низкой погрузочной способности барабана является недостаточная выгрузка угля из нижней части пласта, соответствующей высоте борта забойного конвейера. Причем, с уменьшением высоты барабана (мощности пласта) доля этой части барабана возрастает, что влечет за собой повышение удельных затрат энергии рабочего процесса комбайна.

Следовательно, в первую очередь, решалась проблема повышения погрузочной способности нижней части барабана путем применения рациональных числа и формы погрузочных лопастей в указанной части исполнительного органа.

Постановка задачи. Погрузочная способность барабанного исполнительного органа очистного комбайна определяется погрузочной способностью его нижней (на высоту борта забойного конвейера) и верхней частей. Поскольку для повышения погрузочной способности нижней части барабана уже разработаны рекомендации, следует определить, каким образом и за счет каких конструктивных решений возможно повышение погрузочной способности верхней части исполнительного органа.

Изложение материала и результаты. Рассмотрим процесс выгрузки угля верхней частью барабана как совместное изменение во времени (или что то же – по углу поворота барабана) объема угля, разрушенного и поступившего в свободное пространство барабана, рабочего объема верхней части барабана (т.е. свободного пространства этой части органа, в котором может размещаться разрушенный уголь), [1], и сечения окна выгрузки. Введем следующие допущения:

1. Частота вращения барабана – величина постоянная.
2. Комбайн работает с номинальной шириной захвата.
3. Уголь, разрушенный резцом барабана, может располагаться в рабочем объеме барабана за рассматриваемым резцом.
4. При работе барабана не образуется межрезцовых целиков.

В качестве объекта исследования примем барабан очистного комбайна КА-80. Резцы верхней части этого барабана набраны по винтовым линиям. Однако при плавной регулировке высоты исполнительного органа по мощности пласта их винтовое расположение нарушается. Поэтому изменение объема разрушенного угля этой частью барабана следует рассматривать для случая произвольного расположения резцедержателей с резцами. Тогда в j -м положении исполнительного органа объем угля, отделяемого от массива одним резцом, при угле поворота барабана $\varphi > 0$

$$V_{yij} = 0,5\lambda D_u h_{\max} t_i (1 - \cos \varphi_i) n_{pl}^{-1},$$

где λ – коэффициент разрыхления угля; D_u – диаметр исполнительного органа по резцам; h_{\max} – максимальная толщина среза; t_i – средняя ширина среза i – го резца; φ_i – угол поворота i – го резца; n_{pl} – число резцов в линии резания. За угол поворота резца, равный нулю принимаем точку входа резца в контакт с разрушаемым пластом.

Суммарный объем разрушенного угля в j -м положении исполнительного органа

$$V_{y\Sigma}(\varphi) = \bar{V}_y + \sum_{i=1}^{n_{pl}} V_{yij}(\varphi) - \bar{V}_{yp},$$

где \bar{V}_y – среднее значение объема разрушенного угля, поступившего в рабочий объем барабана при его повороте от 0 до угла обхвата органа разрушаемым пластом ($\varphi_{об}$);

$$\bar{V}_y = \lambda B_3 \bar{v}_n H_{бв} \frac{\varphi_{об}}{60\omega_б},$$

где B_3 – номинальная ширина захвата барабана; \bar{v}_n – средняя скорость перемещения комбайна; $H_{бв}$ – высота верхней части барабана; \bar{V}_{yp} – среднее за один оборот барабана изменение объема разрушенного и поступившего в рабочий объем органа угля.

$$\bar{V}_{yp} = k_o^{-1} \sum_{j=1}^{k_o} \sum_{i=1}^{n_{pl}} V_{yij}(\varphi),$$

где k_o – количество положений исполнительного органа за один оборот на дуге резания, $k_o = 2\pi(\Delta\varphi_o)$.

Расчет по приведенным зависимостям, рисунок 1, показывает, что неравномерность заполнения рабочего пространства верхней части барабана возрастает при повышении толщины среза (скорости перемещения комбайна).

При произвольном расположении режущего инструмента на верхней части барабана ее рабочим объемом будет часть свободного пространства, ограниченная двумя цилиндрическими поверхностями с диаметрами D_y (условным), [1, 2], и D_o (обечайки) барабана; двумя плоскостями, перпендикулярными оси вращения барабана и проходящими через его торцы, и двумя плоскостями, проходящими через ось вращения барабана и образующими двугранный угол, равный $\varphi_{об}$, без объема резцедержателей и резцов, находящихся в данный момент в рассматриваемой части пространства:

$$V_p = 0,125H_{бв}(D_y^2 - D_o^2)\varphi_{об} - V_{pk}m,$$

где V_{pk} – объем одного резцедержателя с резцом; m – число резцедержателей с резцами, находящихся в данный момент в рассматриваемой части рабочего пространства барабана.

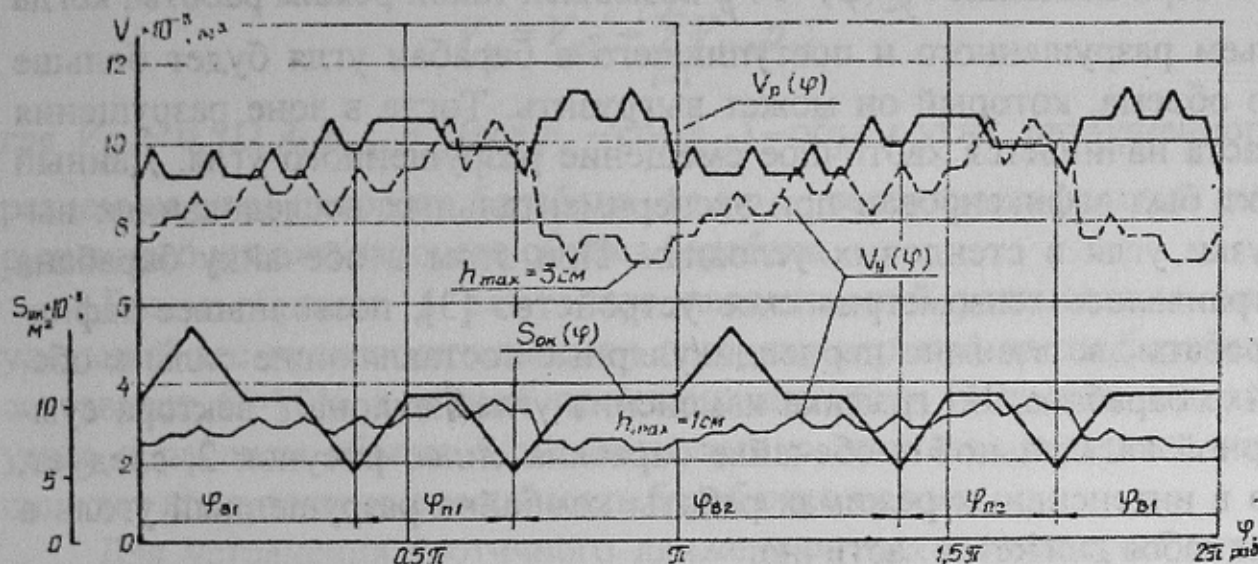


Рисунок 1 –Графическое представление процесса выгрузки угля верхней частью барабанного исполнительного органа

Из анализа полученных зависимостей, см. рисунок 1, следует. Что рабочий объем верхней части барабана изменяется незначительно (в пределах 12% от среднего значения), и в первом приближении его можно считать постоянной величиной.

Окно выгрузки верхней части барабана остается практически открытым на протяжении всего оборота барабана и определяется по зависимости $S_{ок}(\varphi) = 0,5(D_y - D_o)H_{бв} - \sum_{i=1}^{n_o} S_{ki}$, где S_{ki} – площадь боковой поверхности i -го резцедержателя с резцом, находящегося в окне выгрузки; n_o – число резцедержателей с резцами, находящихся в окне выгрузки.

Из анализа графического представления изменения площади окна выгрузки, см. рисунок 1, следует, что его сечение колеблется относительного среднего значения.

Из анализа рисунка 1 также следует, что в обороте барабана есть два периода, когда окно выгрузки достигает своего максимального значения. Одновременно с этим процессом происходит снижение рабочего объема верхней части барабана и увеличение объема угля, по-

ступившего в него. Следовательно, указанные два периода будут соответствовать двум паузам при выгрузке угля (φ_{n1} и φ_{n2}), а два оставшихся по обороту барабана периода будут соответствовать двум периодам выгрузки ($\varphi_{с1}$ и $\varphi_{с2}$). При этом относительная пауза при выгрузке угля составляет примерно 28% продолжительности оборота барабана.

При значении $V_{y\Sigma}(\varphi) \rightarrow V_p$ возможен такой режим работы, когда объем разрушенного и поступившего в барабан угля будет больше его объема, который он может выгрузить. Тогда в зоне разрушения пласта начинается хаотичное смещение разрушенного угля. Данный факт был зафиксирован при экспериментальных исследованиях выгрузки угля в стендовых условиях. При этом в обечайку барабана встраивалось тензометрическое устройство [3], позволившее зафиксировать две взаимно перпендикулярные составляющие силы к обечайке барабана. Из графика изменения угла наклона ξ вектора суммарной касательной к обечайке барабана силы, рисунок 2, следует, что в интенсивных режимах работы комбайна разрушенный уголь в зоне забоя движется хаотично.

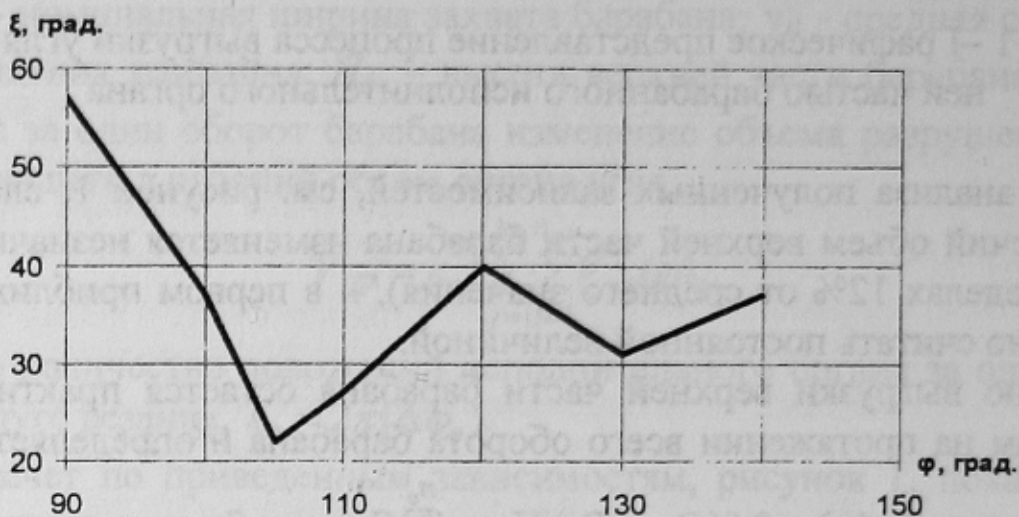


Рисунок 2 – Изменения угла наклона вектора касательной силы угля к обечайке барабана

Следует отметить, что указанное хаотичное движение угля в верхней части барабана начинается за некоторое время до выхода резцедержателя из зоны забоя, т.е. при угле поворота барабана $\varphi_n < \varphi_{об}$. Причем, в результате обработки экспериментальных данных установлено, что значение угла $\Delta\varphi_n = \varphi_{об} - \varphi_n$ является случайной величиной, плотность вероятностей которой распределена по закону

равномерной плотности. Следовательно, можно предположить, что в зоне угла поворота барабана $\Delta\varphi_n$ разрушенный уголь случайным образом может перемещаться либо в рабочий объем барабана, либо покинуть его. Тогда объем разрушенного и поступившего в верхнюю часть барабана угля следует определять как

$$V_y = V_{y\Sigma} - \sum_{i=1}^{n_{pl}} V_{унн} p_i,$$

где $V_{унн} = 0,5D_u \lambda t_i h_{\max} n_{pl}^{-1} (\cos \varphi_n - \cos \varphi_{об})$ – объем угля, разрушенного резцом на угле поворота барабана $\Delta\varphi_n$; p_e – вероятность выхода разрушенного угля из рабочего объема барабана.

Таким образом, в результате исследований установлено, что удельный вес производительности погрузки верхней части барабана составляет 65-70% в общей производительности погрузки. Однако уголь в рабочем объеме этой части органа движется хаотично, что снижает погрузочную способность барабана в целом.

Для устранения хаотичного движения угля предлагается верхнюю часть барабана оснащать дополнительными вертикальными погрузочными лопатками, [4], расположенными тангенциально к обечайке барабана. Угол наклона лопаток к касательной к обечайке барабана, α_T , должен определяться из следующих соображений: лопатка должна обеспечивать подпор выгружаемому углю в направлении погрузки; уголь не должен заклинивать в зоне лопатки. Этим условиям отвечает значение угла наклона лопатки, равное углу трения разрушенного угля о верхнюю часть барабана, $\mu_в$. При этом максимальное значение сдвигающей силы в соответствии с [5]

$$P_{T\max} = P_{Tн} \frac{\sin(\alpha_T + \mu_в + \rho + \varphi_T)}{\cos \mu_в \cos \rho},$$

а угол ее отклонения от перпендикуляра к конвейеру, рисунок 3,

$$\delta_T = 0,5\pi + \varphi_T - \varphi_{об}; \quad \varphi_T = 0,5(\pi - \alpha_T - \mu_в - \rho).$$

Здесь $P_{Tн}$ – сила нормального давления угля к тангенциальной лопатке; ρ – угол внутреннего трения выгружаемого угля.

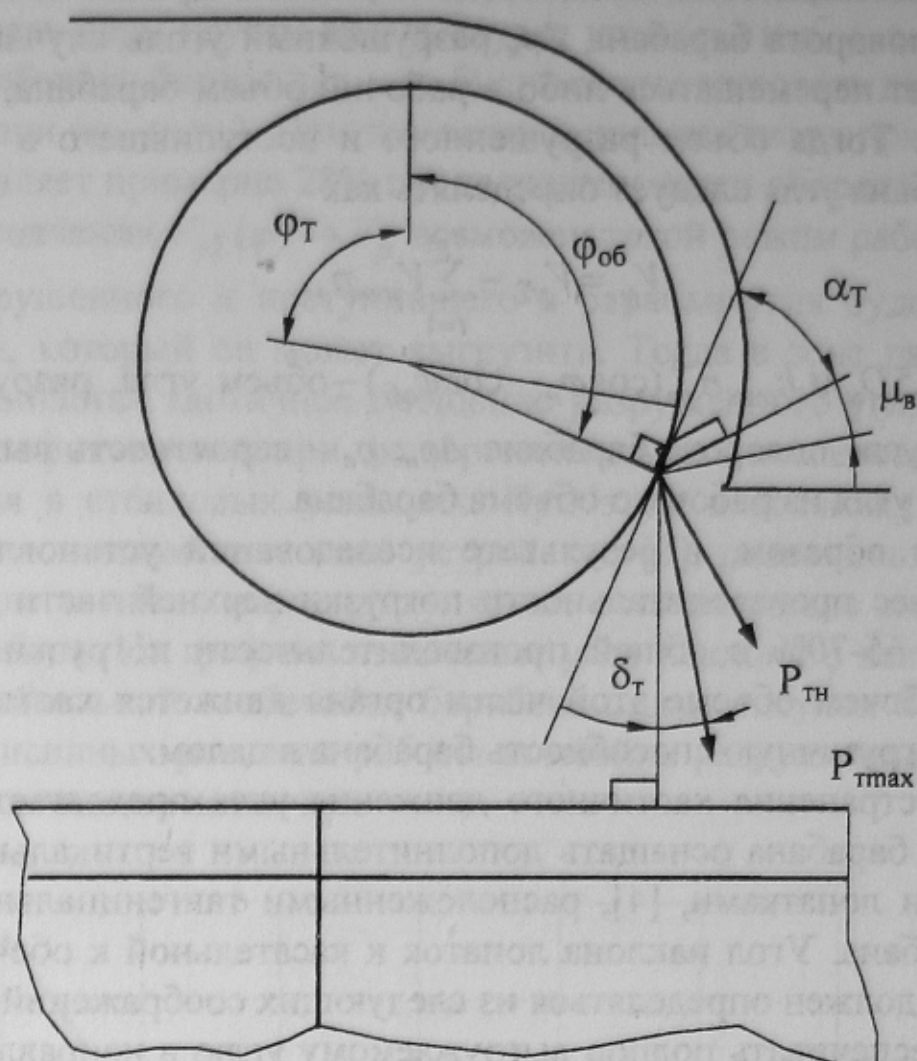


Рисунок 3 – Расчетная схема для определения параметров лопатки барабана

Для параметров барабана комбайна КА-80 и механических характеристик выгружаемого им угля, а также при давлении угля на верхнюю часть барабана, равном 4 кПа, величина сдвигающей силы, создаваемой лопаткой, составляет 66 Н. При этом величина необходимой силы, определенная с учетом начального сопротивления сдвигу разрушенного угля, [5], достигает только 42 Н. Угол отклонения сдвигающей силы от перпендикуляра к конвейеру изменяется незначительно в пределах от -2 до $+5,5$ град.

Экспериментально установлено, что применение вертикальных лопаток в верхней части барабана комбайна КА-80 позволяет сократить продолжительность паузы при выгрузке угля на 30%. При этом продолжительность паузы при выгрузке угля барабаном, оснащен-

ным погрузочными лопатками, t_{nm} , составила в среднем 20% продолжительности оборота барабана.

При этом увеличение погрузочной способности верхней части барабана можно оценить по зависимости:

$$\Delta Q = \frac{\kappa - t_{nb} t_{об}^{-1}}{\kappa(1 - t_{nb} t_{об}^{-1})} - 1 = \frac{1,4 - 0,28}{1,4 \cdot 0,28} - 1 = 0,11, \text{ или } 11\%,$$

где $\kappa = t_{nb} t_{nm}^{-1}$, относительное уменьшение продолжительности паузы при выгрузке угля модернизированным (с погрузочными лопатками) барабаном; индекс «б» обозначает барабан базовой конструкции.

Выводы и направления дальнейших исследований. В результате выполненной работы разработаны методы совершенствования погрузочной способности верхней части барабанного исполнительного органа очистного комбайна для тонких пологих пластов за счет применения вертикальных тангенциальных лопаток. Применение таких устройств позволяет упорядочить движение выгружаемого угля в верхней части барабана в направлении выгрузки и снизить затраты энергии на его погрузку. Перспективным направлением исследований является совершенствование формы погрузочных лопаток с целью дальнейшего снижения удельных энергозатрат погрузки угля.

Список источников.

1. Исследования погрузки угля барабанным исполнительным органом очистного комбайна для тонких пологих пластов / Н.Г.Бойко, В.Г.Нечепаяев, А.В.Болтян и др. // Разработка месторождений полезных ископаемых. К., 1986. – Вып. 75. – С. 57-61.
2. Отставание угля при выгрузке его барабанным исполнительным органом очистного комбайна / Н.Г.Бойко, А.В.Болтян, И.А.Горобец, И.А.Винник // Изв. вузов. Горный журнал. 1988. - № 3. – С. 79-81.
3. А.с. 1041886 СССР, МКИ³ G 01L5/16, G01L1/22. Трехкомпонентное тензометрическое устройство, Я.И.Альшиц, Н.Г.Бойко, А.К.Семенченко и др.- № 3224800/18-10; Заявлено 25.12.80; Оpubл. 15.09.83, Бюл. 34. – С. 148.
4. А.с. 1259001 СССР, МКИ⁴ E21c 25/04. Исполнительный орган очистного комбайна / Н.Г.Бойко, А.В.Болтян, В.Г.Нечепаяев и др.- № 3870037/22-03; Заявлено 20.03.85; Оpubл. 23.09.86, Бюл. 35. – С.135.
5. Зеленин А.Н. Физические основы теории резания грунтов. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 354 с.