Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 141. СПб, 1995

УДК 662.814.053

Ю.Д.ТАРАСОВ

РАСЧЕТ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

Для изготовления легковоспламеняемых (зажигаемых от спички) каменноугольных топливных брикетов разработан агрегат, состоящий из кинематически и функционально связанных между собой экструдера, резательной машины и сушильного конвейера, с автоматическим регулированием параметров в зависимости от скорости выдавливания сырого топливного элемента из экструдера.[x]

Исходными данными для выбора параметров агрегата являются размеры брикета, расчетная скорость экструдирования, степень сжатия угольной смеси в камере прессования экструдера, максимальное давление прессования. При производстве каменноугольных брикетов с зажигательным компонентом (возможен режим выпуска брикетов без зажигательного слоя) исходным является также отношение площади зажигательного компонента к общей полезной площади поперечного сечения брикета (сырого топливного элемента, формируемого в экструдере).

Параметры экструдера для производства брикетов трубчатого сечения с зажигательным компонентом (рис.I) находят из условия равенства мгновенных объема спрессованной массы в экструдере и объема непрерывно выдавливаемой из экструзионной головки сырого топливного элемента. Размеры камер прессования для основного и зажигательного слоев и параметры прессующих винтов удобно иметь одинаковыми, а необходимое количество выдавливаемой массы в единицу времени обеспечивать за счет выбора соответствующей частоты вращения прессующих винтов. Тогда параметры камеры для прессования основной массы могут быть подобраны из уравнения

$$\phi K_{сж}\left[\frac{\pi(D^2-D_0^2)}{4}-m\frac{D-D_0}{2}B\right]\frac{s n_в}{60}=\frac{1}{4}\left[\pi(d^2-d_0^2)-(b+d_0)(d-d_0)\right]v_б, \quad (I)$$

[x] Технические решения защищаются патентами РФ.

а параметры камеры прессования зажигательного слоя – из аналогичного уравнения

$$\phi K_{сж}\left[\frac{\pi(D^2-D_0^2)}{4}-m\,\frac{D-D_0}{2}B\right]\frac{sn'_в}{60}=\frac{1}{4}(b+d_0)(d-d_0)v_б\,, \qquad (2)$$

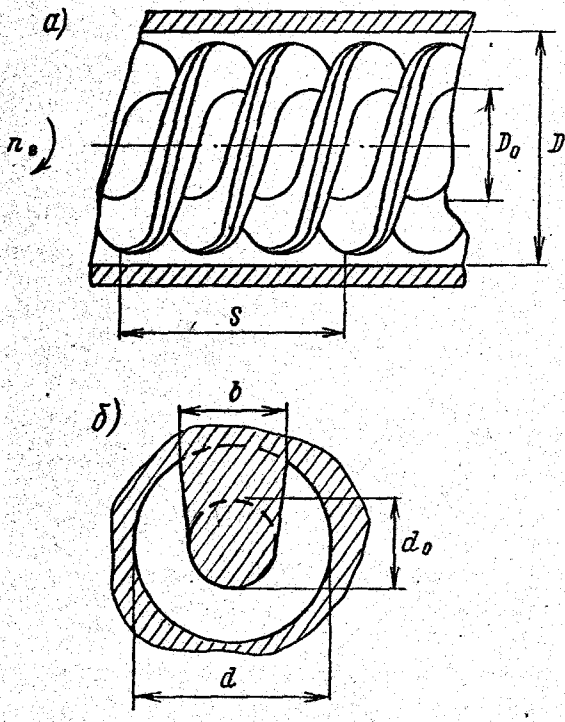


Рис.1. Расчет размеров камеры прессования экструдера: а – продольный разрез; б – поперечный разрез по экструзионной головке

где ϕ – коэффициент заполнения камеры прессования угольной смесью, $\phi < 1$; $K_{сж}$ – коэффициент сжатия угольной смеси при прессовании брикета, $K_{сж}<1$; D, D_0 – диаметр соответственно камеры прессования и вала винта, м; m – число заходов винта; B – средняя толщина лопасти винта в плоскости, перпендикулярной оси винта, м; s – шаг винта, м; $n_в$, $n'_в$ – частота вращения прессующих винтов камер основного и зажигательного слоев, об/мин; d, d_0 – наружный диаметр и диаметр отверстия брикета, м; b – ширина зажигательного элемента, м; $v_б$ – скорость экструдирования сырого топливного элемента, м/с.

Ширина зажигательного элемента (измеренная по наружной поверхности брикета) или толщина перемычки выпускного отверстия в экструзионной головке находится из заданного соотношения между площадями поперечного сечения зажигательного элемента и суммарной полезной площади брикета:

$$\varphi=\frac{\pi(d^2-d_0)}{4}\left(\frac{b+d_0}{2}\;\frac{d-d_0}{2}\right)^{-1},$$

откуда

$$b=\pi\varphi(d+d_0)-d_0\,. \qquad (3)$$

Частота вращения прессующего винта камеры прессования основного слоя или однокамерного экструдера для изготовления брикетов без зажигательного слоя

$$n_в \le A\sqrt{D}\,, \qquad (4)$$

где A – эмпирический коэффициент, связывающий параметры $n_в$ и D для винтового конвейера, принимается минимальное значение $A \le 30$.

Частота вращения винта для подачи в экструзионную головку зажигательной смеси

$$n'_в = \varphi n_в (1-\varphi)^{-1}\,. \qquad (5)$$

При частоте вращения $n'_в$ размеры прессующей камеры для зажигательной смеси принимаются такими же, как и для основной смеси (при частоте прессующего винта $n_в$).

Нагрузки на прессующий винт можно определить, если допустить, что давление в камере прессования равномерно возрастает по длине винта от нуля в зоне загрузки смеси в камеру до максимального давления прессования p перед экструзионной головкой.

Осевая реакция винта, т.е. нагрузка на упорный подшипник, определяется суммарной силой трения прессуемой смеси о поверхность лопастей винта $R_{вп}$, его вал $R_{вв}$ и внутреннюю поверхность камеры прессования $R_т$:

$$R_в = R_{вп} + R_{вв} + R_т\,. \qquad (6)$$

Составляющие суммарной нагрузки на винт:

$$R_{вп} = \frac{1}{2} L_c m p \int_{D_0}^{D} \operatorname{tg}(\xi + \operatorname{arctg} f)\, d\rho = \frac{1}{2} L_c m p \times$$

$$\times \int_{D_0}^{D} \frac{s + f\rho}{\rho - fs}\, d\rho = \frac{1}{2} L_c m p \left[(D - D_0) f + s(1+f^2) \ln \frac{D - fs}{D_0 - fs}\right]; \qquad (7)$$

$$R_{вв} = \frac{1}{2}(\pi D_0 - mB) L_c f p\,; \qquad (8)$$

$$R_т = \frac{1}{2} \pi D L_c f p\,, \qquad (9)$$

где ξ – средний угол подъема винтовой линии прессующего винта; f – коэффициент трения прессуемой массы о рабочую поверхность элементов камеры сжатия; ρ – мгновенная высота подъема винтовой линии, м, $\rho \in [D_0; D]$; p – расчетное давление прессования, Па; L_c – длина камеры сжатия, м.

Крутящий момент на валу винта

$$M_к = M_{вп} + M_{вв} + M_т + M_у\,, \qquad (10)$$

где $M_{вп}, M_{в.в}, M_т$ – моменты от составляющих реакций $R_{вп}, R_{вв}$ и $R_т$; $M_у$ – момент от трения в упорном подшипнике, Н·м.

Составляющие суммарного крутящего момента:

$$M_{вп} = \frac{1}{2} L_c m \rho \int_{D_0}^{D} \int_{D_0/2}^{D/2} tg(\xi + arctg f') d\rho^2 = \frac{1}{2} L_c m \rho \times$$

$$\times \int_{D_0}^{D} \int_{D_0/2}^{D/2} \frac{s + f\rho}{\rho - fs} d\rho^2 = \frac{1}{4} L_c m \rho (D - D_0) \left[(D - D_0) f' + s(1 + f^2) \ln \frac{D - fs}{D_0 - fs} \right]; \quad (II)$$

$$M_{вв} = \frac{1}{4} D_0 \rho f L_c (\pi D_0 - mB); \quad (I2)$$

$$M_T = \frac{1}{4} \pi D^2 \rho f L_c; \quad (I3)$$

$$M_y = \frac{1}{3} R_в f_y D_y, \quad (I4)$$

где F_y – коэффициент трения в упорном подшипнике; D_y – средний диаметр упорного подшипника, м.

Потребная мощность на валу винта экструдера

$$N_{в(э)} = \frac{M_к \pi n_в}{3 \cdot 10^4}. \quad (I5)$$

Объемная производительность экструдера по формованию сырого топливного элемента

$$Q_э = 3600 \frac{\pi (d^2 - d_0^2)}{4} v_б. \quad (I6)$$

Массовая производительность экструдера в пересчете на готовые (сухие) брикеты

$$Q = 900 \pi (d^2 - d_0^2) v_б \gamma_б, \quad (I7)$$

где $\gamma_б$ – плотность высушенных брикетов, т/м^3.

Параметры резательной машины (рис.2) должны обеспечить разрезание сырого топливного элемента, непрерывно выдавливаемого из экструзионной головки экструдера, на брикеты заданного размера. Причем поверхность торцевой части брикета должна быть близкой к плоскости, нормальной к продольной оси брикета. Этим условиям удовлетворяют координаты точки пересечения струны-резака с продольной осью топливного элемента относительно оси звездочки резательной машины:

$$\begin{cases} X = R\sqrt{1 - (v_б / v_c)^2}; \\ Y = R v_б / v_c, \end{cases} \quad (I8)$$

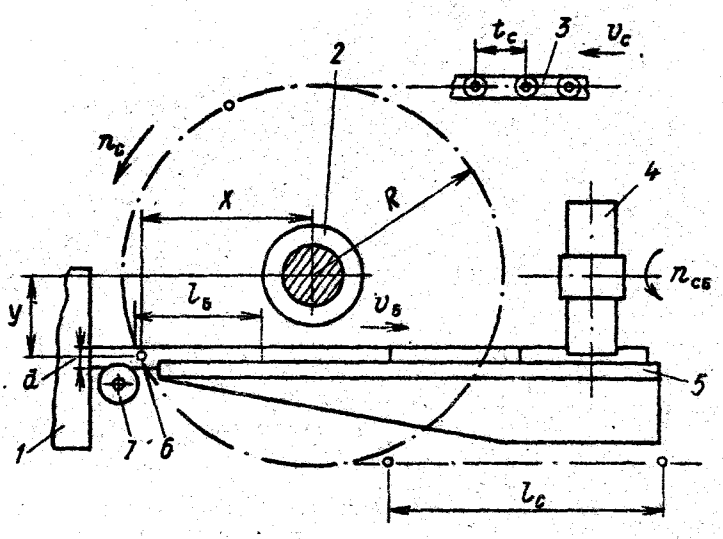


Рис.2. Узел сопряжения экструдера с резательной машиной
1 – экструдер; 2 – звездочка резательной машины; 3 – тяговая цепь; 4 – лопастной сбрасыватель; 5 – направляющий лоток; 6 – струна-резак; 7 – датчик скорости выдавливания топливного элемента из экструдера

где R – радиус звездочки (удаление струны от оси вращения звездочки), м; v_c – линейная скорость движения струны (цепного тягового органа резательной машины), м/с.

Радиус звездочки

$$R = I/2\kappa t_c/\pi, \qquad (I9)$$

где κ – целое число; t_c – шаг цепи, м.

Соотношение между длиной брикета и шагом расстановки струн-резаков на тяговом органе (двух параллельных цепях) резательной машины

$$l_б/l_c = v_б/v_c,$$

отсюда при заданной длине брикета $l_б$ скорость движения тяговых цепей резательной машины

$$v_c = v_б l_c/l_б, \qquad (20)$$

а частота вращения приводной звездочки резательной машины

$$n_c = 30 v_c/\pi R. \qquad (21)$$

Частота вращения лопастного сбрасывателя нарезанных брикетов в накопитель перед сушильным конвейером

$$n_{сб} = 2{\cdot}60\, v_б/l_б. \qquad (22)$$

Передаточное отношение мультипликатора между валом приводной звездочки и валом сбрасывателя

$$i_c / i_{сб} = n_c / n_{сб}. \qquad (23)$$

Мощность, потребная на разрезание сырого топливного элемента, на валу звездочки резательной машины

$$N_{рез} = p_р \delta d v_c \cdot 10^{-3}, \qquad (24)$$

где $p_р$ – давление резания сырого топливного элемента, Па; δ – диаметр струны, м.

Параметры сушильного конвейера с накопителем сырых брикетов (рис.3) должны обеспечить надежный поштучный прием с накопителя (после резательной машины) сырых брикетов, их размещение в строго ориентированном направлении на подвесках сушильного конвейера, экспозицию сырых брикетов в течение заданного времени в сушильной камере в процессе непрерывного транспортирова-

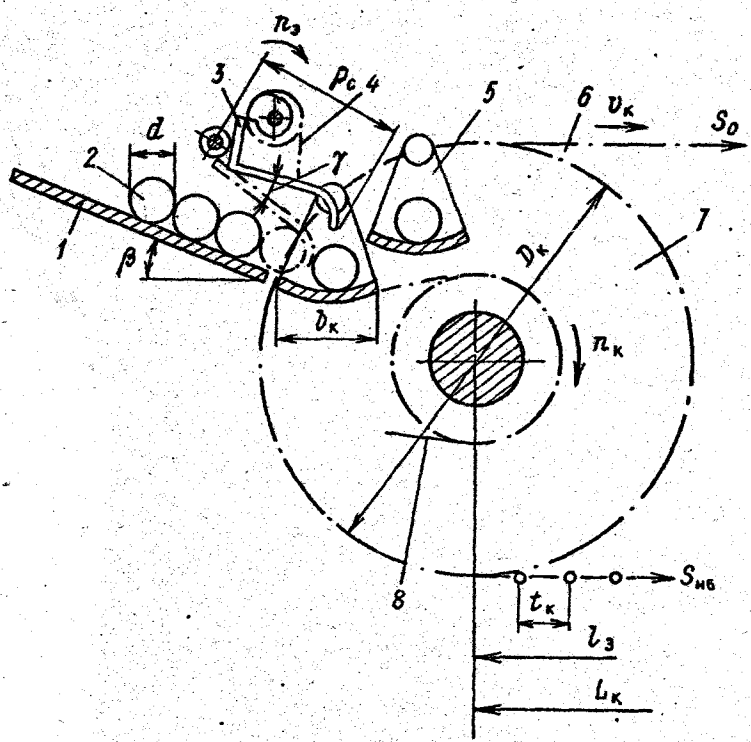


Рис.3. Узел загрузки сушильного конвейера
1 – желоб-накопитель; 2 – сырой брикет; 3 – стопор; 4, 8 – кинематическая связь привода стопора с приводной звездочкой 7 конвейера; 5 – подвеска конвейера; 6 – тяговые цепи сушильного конвейера

ния брикетов конвейером, непрерывную разгрузку высушенных брикетов в контейнеры отделения складирования готовой продукции.

Ширина полки сушильного конвейера

$$b_к = k t_к , \tag{25}$$

где k – целое число, $k \geqslant 3$; $t_к$ – шаг тяговых цепей сушильного конвейера, м.

Скорость движения тяговых цепей сушильного конвейера

$$v_к = b_к v_б / l_б . \tag{26}$$

Передаточное отношение между валами приводной звездочки сушильного конвейера и эксцентриком сбрасывателя накопительного устройства

$$i_{к/э} = n_к / n_э = \frac{b_к}{\pi D_к} , \tag{27}$$

где $D_к$ – диаметр приводной звездочки конвейера, м; $n_к, n_э$ – частота вращения вала приводной звездочки конвейера и эксцентрикового вала сбрасывателя, об/мин.

Условие поштучной подачи брикетов из накопителя на подвески конвейера

$$\tau_c > \tau_0 , \tag{28}$$

где τ_c – время скатывания брикета по наклонному желобу-накопителю с проходом пути, равного его диаметру, с; τ_0 – время падения рычага стопора, с,

$$\tau_c = d \sqrt{1 \left[g (\sin\rho - 2\lambda \frac{k'}{d} \cos\rho) \right]} ; \tag{29}$$

ρ – угол наклона желоба-накопителя; λ – коэффициент, учитывающий адгезионное взаимодействие поверхностей брикета и желоба, $\lambda > 1$; k' – коэффициент трения качения брикета по желобу, м;

$$\tau_0 \cong \gamma \sqrt{0,3 \rho_c / g} ; \tag{30}$$

ρ_c – длина стопорного рычага, м; γ – угол поворота рычага, рад.

Длина сушильного конвейера

$$L_к = l_э + l_р + l_c , \tag{31}$$

где $l_э$, $l_р$ – длина соответственно загрузочной и разгрузочной частей конвейера, м; l_c – длина сушильной камеры, м,

$$l_c = \left(\frac{3600 v_к T_c}{2H + \pi D'_к} + 1 \right) D'_к , \tag{32}$$

$D'_к$ – диаметр оборотных звездочек сушильного конвейера, м; $T_с$ – потребное время сушки брикетов, ч; H – высота петлевых участков конвейера в пределах сушильной камеры, м.

Натяжение тяговых цепей (максимальное) сушильного конвейера в точке их набегания на приводную звездочку

$$S_{нб} = S_0 K^{m+2} + g(q_т + q_б)(K^{m+1} - K^m)(H + \pi D'_к) + g q_т L_к f_{цц}, \qquad (33$$

где K – коэффициент сопротивления вращению оборотной звездочки конвейера при сухом трении, $K > 1$; $q_т$ – линейная масса тяговых цепей с подвесками, кг/м; $q_б$ – линейная масса брикетов на конвейере, кг/м; $f_{цц}$ – коэффициент трения холостой ветви тяговой цепи с подвесками о поддон сушильной камеры (с возвратом просыпи из сушильной камеры); $m_к$ – число петель контура конвейера в сушильной камере.

Указанные параметры определяются следующим образом:

$$q_т = 2q_{цц} + G_п / b_к; \quad q_б = G_б / b_к;$$
$$G_б = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_0^2) l_б \gamma'_б; \qquad (34$$
$$m_к = \frac{3600 v_к T_с}{2H + \pi D'_к},$$

где $q_{цц}$ – линейная масса одной цепи конвейера, кг/м; $G_п$ – масса одной подвески, кг; $G_б$ – масса одного брикета, кг; $\gamma'_б$ – средняя плотность брикета, кг/м^3.

Потребная мощность на валу приводной звездочки сушильного конвейера

$$N_{сущ} = 10^{-3}\left[S_{нб} - S_0 + (S_{нб} + S_0) w_{эв}\right] v_к, \qquad (35)$$

где S_0 – предварительное натяжение тягового органа сушильного конвейера (двух цепей), Н; $w_{эв}$ – коэффициент сопротивления вращению приводной звездочки.

Привод сушильного конвейера и резательной машины выполнен общим с передаточным отношением между ними $i_{к/с} = n_к / n_с$, а автоматическое регулирование частоты вращения $n_к$ сушильного конвейера осуществляется от датчика скорости выдавливания сырого топливного элемента из экструдера $v_б$.

Таким образом, основные эксплуатационные параметры агрегата оказываются взаимосвязанными и автоматически регулируются в зависимости от основного показателя – скорости выдавливания сырого топливного элемента из экструдера.