

Тема 15

Система подачи сланца в установках с твёрдым теплоносителем.

В технологической схеме установки с твёрдым теплоносителем рассмотрим систему запорно-транспортных устройств-шнековых питателей. (¹Блохин А.И., 2005). Значение этих устройств для нормальной работы всей установки нельзя переоценить. Шнековые питатели обеспечивают равномерную и надёжную подачу сыпучих материалов в широком диапазоне температур. Это обусловило применение данных типов питателей в технологии с твёрдым теплоносителем.

Поскольку кроме транспорта твёрдого материала между аппаратами, питатели выполняют роль их герметизации. Нарушение герметичности аппаратов кроме газовых выбросов может привести к серьёзным авариям. Например, попадание воздуха из аэрофонтанной топки в реактор пиролиза может привести к возгоранию и взрыву парогазовой смеси. Поэтому наиболее ответственным по требованиям герметичности является питатель полукокса.

Шнековые питатели представляют собой горизонтальную или наклонную конструкцию с консольно закреплённым однозаходным шнеком со сплошными витками. Для того, чтобы шнековый питатель стал затворным устройством для газовой фазы, на конце корпуса 2 предусмотрена герметизирующая камера 1.

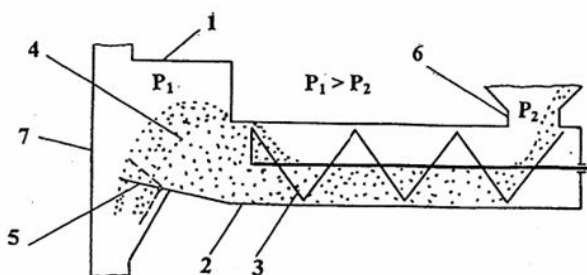


Рис. Схема шнекоопитателя с герметизирующей камерой. 1- герметизирующая камера; 2- корпус шнека; 3- шнек; 4-«пробка» из твёрдого материала; 5- козырёк; 6- подача твёрдого материала; 7- приёмный аппарат.

Мелкозернистый сыпучий материал, подаваемый шнеком 3, проходя через камеру, образует плотную пробку 4, которая обеспечивает герметичность аппарата. Наличие поворотного козырька 5, который является продолжением наклонного дна камеры, позволяет изменять размер «пробки» в зависимости от рабочих условий процесса и

¹ Блохин А.И., Зарецкий М.И., Стельмах Г.П., Фрайман Г.Б. Энерготехнологическая переработка топлив твёрдым теплоносителем. -«Светлый СТАН», 2005-336с.

свойств материала. Поднятое положение соответствует рабочему режиму, опущенное (показано штриховой линией) –распрессовочному (декомпрессионному) режиму. Герметизирующая камера является главной особенностью шнековых питателей установок с твёрдым теплоносителем. Повышенное давление P_1 действует со стороны герметизирующей камеры, то есть против подачи материала в приёмной горловине. Разность давлений $\Delta P = P_1 - P_2$ названа *противодавлением*. Несмотря на то что основную роль в обеспечении герметичности играет «пробка», общая герметичность зависит от всего питателя и режима его работы.

Полную герметичность питатели не обеспечивают, поскольку сыпучий материал имеет некоторую порозность. Любое противодавление вызывает фильтрацию газа через пористый слой сыпучего материала. Для нормальной работы установки необходимо, чтобы материал нигде не накапливался, а находился в постоянном движении.

Выделяют три режима работы шнековых питателей: *рабочий, пусковой, распрессовочный*. *Рабочий режим* эксплуатации характеризует работу при рабочих температурах твёрдых материалов.

Для *пускового режима* характерна работа питателя с предельным заполнением шнека материалом, который обладает нормальной подвижностью в холодном состоянии.

Распрессовочным режимом называют работу питателя с материалом пониженной подвижности с увеличенным коэффициентом трения. Так например, с увеличением сил сцепления между частицами твёрдого материала увеличивается опасность забивания камеры и шнек начинает прессовать материал. Уменьшение подвижности твёрдого материала в данной технологии может быть обусловлено слеживанием, спеканием, насыщением влагой, уплотнениями ит.п.. Запрессовки шнека происходят во время пускового периода, когда когда питатели работают с предельным заполнением и твёрдые материалы не приобрели необходимую температуру. Особенно склонен к запрессовкам питатель полукоса, менее питаль сухого сланца сравнительно редко питатель сырого сланца.

Использование шнековых питателей на установках УТТ-500, TSK-500, Enefit-140, Petroter, показали их работоспособность, простоту эксплуатации и надёжность.

1. Расчёт шнековых питателей с герметизирующими камерами

Для расчета рассмотрены методы приближенного моделирования шнековых питателей с герметизирующими камерами для установок переработки сланца с твердым теплоносителем.

Порядок расчета шнековых питателей с герметизирующими камерами

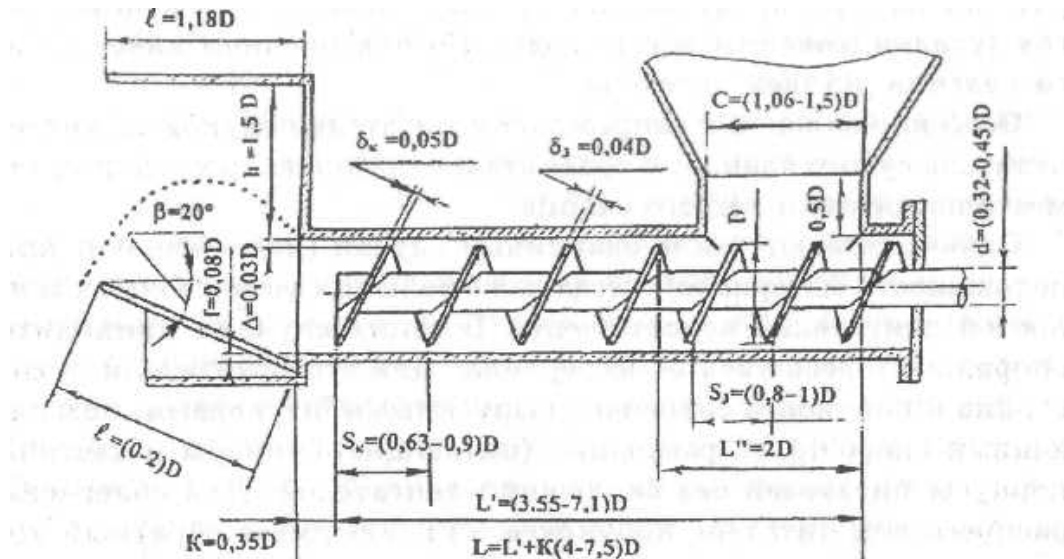


Рис.1 Конструктивные параметры шнекового питателя

Шнек: D - наружный диаметр питателя, d -диаметр вала; S_K - шаг концевой и транспортирующей витков до L'' ; S_3 - шаг витков ($S_3^0 < S_K$); L - активная длина; L'' - длина заборного участка; δ - толщина концевой витка; δ_3 - толщина заборных и транспортирующих витков-

Кропус: Δ -радиальный зазор между витками и корпусом; K - расстояние от конца шнека до герметизирующей камеры; C -длина овального питательного (загрузочного) отверстия; L - активная длина.

Герметизирующая камера: l -длина дна; β -угол наклона дна; b -ширина; f -расстояние от дна до внутренней поверхности корпуса; h - высота.

Задаваемые входные параметры:

Q - расход материала в кг/с,

ρ - насыпная плотность материала в кг/м³,

$\Delta P_{пред}$ - предельное противодействие в Н/м³,

ΔP - рабочее противодействие в Н/м³.

Принимаемые параметры:

S_K/D - относительный шаг концевой витка может быть принят равным 0,8 — 0,9,

d/D - относительный диаметр вала шнека, принимается в пределах 0,32 - 0,45 (окончательно определяется расчетом на прочность),

S_3/S_K — относительный шаг заборных витков, в пределах 0,8— 0,9,

L/D — относительная длина коридора, в пределах 4,0 — 7,5.

Величина L в основном зависит от расположения аппаратов, т.е. во многом является заданной величиной, но поддается небольшой корректировке. На основе опыта эксплуатации УТТ-200 и УТТ-500 оптимально $L/D = 5$.

C/D — относительная длина заборного отверстия, которая может быть принята в пределах 1,06 - 1,5,

l/D - относительный размер длины дна камеры, принимается в пределах 1,1 — 2,2 в зависимости от положения козырька,

ξ_k - относительный расход по концевому витку, может быть принят в пределах 0,25 — 0,63, желательно $\xi_k > 0,3$.

На основе опыта эксплуатации УТТ-500 можно рекомендовать для сырого и сухого сланца

$\xi_k = 0,3$ — 0,63, для полукокса $\xi_k < 0,35$.

V - допускаемая окружная скорость на шнеке. На основе опыта эксплуатации УТТ-500 можно рекомендовать: для сырого и сухого сланца $V = 1,0 - 2,0$ м/с, для полукокса $V = 2,0 - 5,0$ м/с.

3. Необследованные конструктивные параметры принимаются постоянными.

$K = 0,35 D$ - расстояние от герметизирующей камеры до конца шнека,

$\delta_k = 0,05 D$ — толщина концевой витка,

$\delta_3 = 0,04 D$ - толщина транспортирующих и заборных витков,

$\Delta = 0,03 D$ - радиальный зазор между витками и корпусом,

$b = 1,18 D$ - ширина камеры,

$f = 0,08 D$ - расстояние от дна камеры до внутренней поверхности корпуса,

$\beta = 20^\circ$ - угол наклона дна герметизирующей камеры.

1.1. Расчет основных параметров.

Диаметр шнека определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{Q \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^{0.5} \left(1 + \frac{1}{D}\right)^{0.02}}{0.0924 \cdot \xi_k \cdot \rho \cdot V \cdot \left(\frac{S_k}{D}\right)^{0.8}}}$$

Число оборотов в минуту $n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D}$; полученное значение округляют и находят

действительные угловую (c^{-1}) и окружную (mc^{-1}) скорости

$$\omega = \frac{n \cdot \pi}{30} = 0.105 \cdot n, \quad V = \frac{n \cdot \pi \cdot D}{60}$$

Из условия $l < Fr^{0,5} < 4$, где $Fr^{0,5} = \frac{\omega \cdot D^{0,5}}{g^{0,5}}$ по вычисленному и округленному значению

D принимают действительные значения $\frac{S_K}{D}, \frac{d}{D}, \frac{S_3}{S_K}$ так же находят остальные па-

раметры $K, \delta_k, \delta_3, \Delta, b, f$.

Действительный относительный расход по концевому витку находят по параметрам $D, S_K/D, d/D$

$$\xi_K = \frac{Q \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^{0,5} \cdot \left(1 + \frac{1}{D}\right)^{0,02}}{0,0457 \cdot D^3 \cdot \rho \cdot \omega \cdot \left(\frac{S_K}{D}\right)^{0,8}}$$

5. Проверка питателя на противодействие. Для $\xi_K = 0,3 - 0,5$ (если $0,25 \leq \xi_K < 0,3$, принимаем $\xi_K = 0,3$) критическое противодействие вычисляется по формуле

$$\Delta P_{kp} = 0,35 \cdot K_{\Delta P} \cdot D \cdot g \cdot \rho \left(\frac{L}{D}\right)^{1,27} \cdot \xi_K^{-0,78} \cdot (Fr^{0,5})^{0,83 - 0,51 \cdot g \cdot \xi_K} \quad \text{Н/м}^2$$

где $K_{\Delta P}$ - коэффициент, учитывающий свойства материала, для сухого и сырого сланца $K_{\Delta P} = 1,5$, для горячего полукокса $K_{\Delta P} = 1,0$. Коэффициент запаса по критическому противодействию

$$K_{KP} = \frac{\Delta P_{kp}}{\Delta P_{пред}} > 1$$

т.к. необходимым условием является $\Delta P_{kp} > \Delta P_{пред}$

На основе опыта работы УТТ-500 коэффициент запаса для сырого и сухого сланцев $K_{KP} = 1,5$, для полукокса - 2,5. В случае $\Delta P_{kp} > \Delta P_{пред}$ следует увеличить Fr или L/D или уменьшить ξ_K (до $\xi_K = 0,3$).

6. Расчет моментов и мощностей.

Крутящий момент в рабочем режиме, предлагается рассчитывать по формуле

$$M_P = 2,15 \cdot D^4 \cdot r \cdot g \cdot f_{mp} \left[0,21 \cdot \xi^{1,45} \left(\frac{d}{D}\right)^{-0,5} \left(\frac{L}{D}\right) + \xi^{0,66} \cdot \left(\frac{l}{D}\right)^{1,65} \left(\frac{S_K}{D}\right)^{1,4} \cdot \left(1 + \frac{\Delta P}{D \cdot \rho \cdot g}\right)^A \right]$$

где $A - 0,7 - 0,3 \lg \xi_K - 0,45(l/g)$.

Внешний коэффициент трения в рабочем режиме принимается: для сухого и сырого сланца $f_{mp} = 0,4$, для полукокса $f_{mp} = 0,08$. Относительный размер длины дна камеры

(l/D для питателей сырого и сухого сланца в рабочем режиме можно принять равным 1,6 - 2,0, а для питателя полукокса - 2,2 (kozyrek в поднятом положении).

Мощность в рабочем режиме

$$N_p = M_p \omega \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

При отдельном двигателе рабочего режима его установочная мощность

$$N_y = K_y N_p / \eta,$$

где η - КПД передаточного механизма, $K_y = 1,3$ - коэффициент установки двигателя.

Пусковой момент (без инерционных нагрузок) определи по формуле

$$M_p = 2.8 \cdot D^4 \cdot \rho \cdot g \cdot f_{mp} \left[0.5 \cdot \left(\frac{L}{D} \right)^{-0.5} \left(\frac{S}{S_K} \right)^{0.84} \left(\frac{d}{D} \right)^{0.15} \left(\frac{C}{D} \right)^{0.4} + \left(\frac{l}{D} \right)^{1.42} \left(\frac{S_K}{D} \right)^{1.23} \right]$$

Внешний коэффициент трения материала в пусковом режиме (холодные материалы) принимается: для сырого и сухого сланца $f_{тр} = 0,4$, полукокса $f_{тр} = 0,34$, относительную длину дна герметизирующей камеры для пускового режима необходимо брать $l/D < 1,4$ (kozyrek опущенный).

Мощность в пусковом режиме (без инерционных нагрузок), кВт

$$N_{пуск} = M_{пуск} \cdot \omega \cdot 10^{-3}$$

Необходимая номинальная мощность электродвигателе прессовочного режима

$$N_{н рас} > K_{рас N} / \eta$$

где $K_{рас N} > 2,5$ - коэффициент распресовки по мощности.

При использовании двигателя рабочего режима на распресовке установочная мощность дополнительного двигателя

$$N_{доп} > [K_{рас N} / \eta] \cdot N_{н рас}$$

Действительный коэффициент распресовки по мощности

$$K_{рас N} = \eta N_{н рас} / N_{пуск}$$

или при использовании двигателя рабочего режима

$$K_{рас N} = \eta (N_{н рас} / N_{пуск})$$

Проверка по моментам. Коэффициент распресовки проверяют по пусковым моментам электродвигателей при жестких связях между моторами и редукторами

$$K_{рас M} = (\sum M_{пуск} i \eta) / M_{пуск} > 3,0$$

где $\sum M_{пуск}$ - сумма пусковых моментов электродвигателей, участвующих в распресовке, i - передаточное отношение.

Коэффициент рас прессовки по максимальным моментам электродвигателей при пусковых муфтах между моторами и редуктором

$$K_{рас M} = (\sum M_{макс} i \eta) / M_{пуск} > 3,0$$

где $\sum M_{макс}$ — сумма пусковых моментов электродвигателей, участвующих в распресовке.

Результаты расчета питателей для УТГ-3000 сведены в табл.6.

На рис. 2 изображена конструкция шнека полукокса установки УТГ-3000, рассчитанная по предложенной методике.

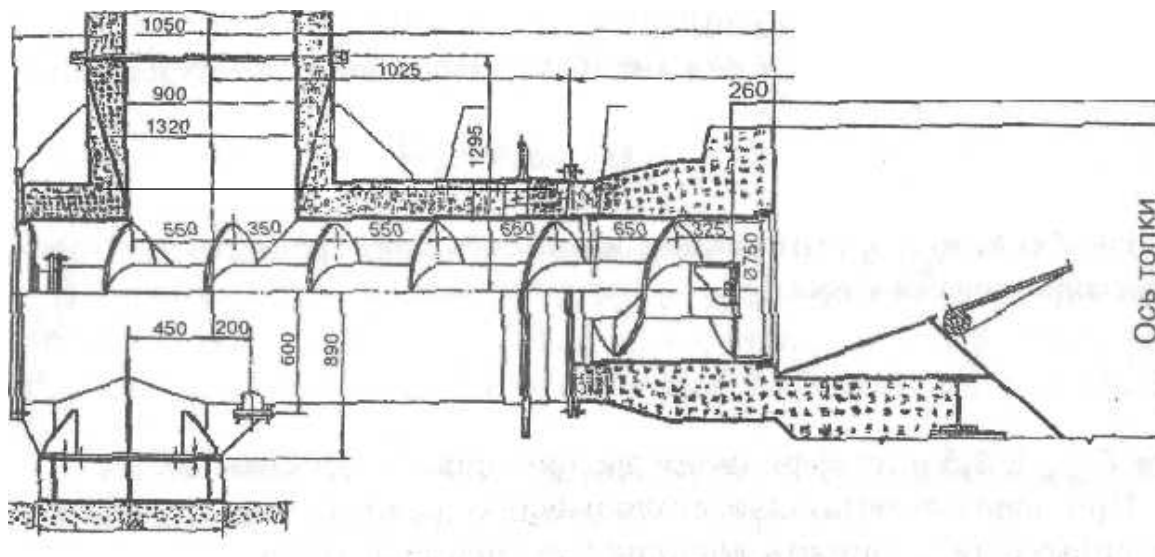


Рис.2 Конструкция шнека полукокса установки УТГ-3000

(Шнек полукокса: 1 - корпус; 2 - шнек.)

Результаты расчета питателей УТГ-3000

Таблица. 1

Наименование параметра, обозначение, размерность	Питатели		
	сырого сланца	сухого сланца	полу-кокса
Заданные параметры			
количество питателей Z, шт	2	2	1
Расход материала по одному питателю Q, т/ч	69,5	62	349
Насыпная плотность материала ρ , кг/м ³	900	1000	1150
Предельное противодействие $\Delta P_{пред}$, Н/м ²	17500	35000	70000
Рабочее противодействие ΔH /м ²	7000	10000	20000

Расчетные и принимаемые параметры			
Диаметр шнека D, м	0,6	0,5	0,75
Число оборотов шнека n, об/мин	60	40	100

Критерий Фруда (центробежный) в степени 0,5 $Fr^{0,5}$	1,04	1,42	2,9
Окружная скорость шнека V , м/с	1,26	1,57	3,93
длина шнека (активная) L , м	2,6	2,8	3,3
длина корпуса (активная) L , м	2,8	3,0	3,7
Диаметр вала шнека d , м	0,19	0,16	0,3
Наг концевой витка S_k , м	0,55	0,45	0,65
Шаг заборных витков S_3 , м	0,45	0,35	0,55
длина dna герметизирующей камеры:			
при опущенном козырьке l_1 , м	0,84	0,7	0,82
при поднятом козырьке l_2 , м	1,20	1,0	1,65
Высота камеры (от шнека) h , м	0,9	0,75	1,10
Расстояние от конца шнека до герметизирующей камеры k , м	0,21	0,18	0,26
толщина витков			
Концевого δ_k , м	0,03	0,025	0,038
заборных и транспортного δ_3 , м	0,024	0,020	0,03
радиальный зазор Δ , м	0,018	0,025	0,023
длина загрузочного отверстия C , м	0,9	0,75	0,9
Ширина герметизирующей камеры b , м	0,71	0,59	0,9
Расстояние от dna камеры до внутренней поверхности корпуса f , м	0,05	0,04	0,06
Проверка питателя на противодействие			
Относительный расход по концевому витку при работе одного питателя ξ_k	0,64	0,6	0,3
Критическое противодействие при работе одного питателя $\Delta P_{кр}$, Н/м ² ,	26000	44000	180000
Коэффициент запаса по критическому противодействию при работе 1 питателя $K_{кр}$	1,50	1,3	2,57
Допустимый коэффициент запаса по критическому противодействию $[K_{кр}]$	1,5	1,5	2,5
Расчет моментов и мощностей			
Крутящий момент на шнеке в рабочем режиме при работе одного питателя M_p , Нм	4500	2700	1950
Мощность на шнеке в рабочем режиме при работе одного питателя N_p , Нм	18,9	17,0	20,2

Установочная мощность электродвигателя рабочего режима при работе одного питателя (коэффициент установки $K_v = 1,3$, $\eta = 0,9$) N_v , кВт	27,3	24,5	31,9
Принят к установке электродвигатель рабочего режима:	24,1	20,8	260,1
номинальная мощность N_H , кВт	30	30	40
номинальное число оборотов шнека n_H , об/мин	970	970	970
кратность пускового момента $M_{пуск}/M_v$	1,8	1,8	-
Момент на шнеке при пусковом режиме $M_{пуск}$ (безынерционных нагрузок), Нм; $l/D = 1,4$ для сырого и сухого сланца, для полукокса $l/D = 1,1$	4400	2600	10000
Мощность на шнеке в пусковом режиме $N_{пуск}$ (безынерционных нагрузок), кВт	18,5	16,3	105
Мощность электродвигателя при распрессовке $N_{рас}$ (минимальный коэффициент распрессовки по мощности $K_{рас N} = 2,5$ }, кВт	51,4	45,3	292

Вопросы для самоповторения.

- Конструкция и функции шнековых питателей установки с твёрдым теплоносителем.
- Порядок расчёта питателей.
- Учёт температурных расширений.

Литература.

1. Блохин А.И., Зарецкий М.И., Стельмах Г.П., Фрайман Г.Б. Энерготехнологическая переработка топлив твёрдым теплоносителем.-«Светлый СТАН», 2005-336с.