

УДК 62-663.7 (045)

*Розроблено модель формування навантажень, що враховує функціональні зв'язки системи виштовхуючий пристрій – коксовий пиріг. Проаналізовано закономірності формування зусилля виштовхування коксового пирога при перехідних процесах*

*Ключові слова: коксовий пиріг, виштовхуючий пристрій, модель*

*Разработана модель формирования нагрузок, учитывающая функциональные связи системы выталкивающее устройство – коксовый пирог. Проанализированы закономерности формирования усилия выталкивания коксового пирога при переходных процессах*

*Ключевые слова: коксовый пирог, выталкивающее устройство, модель*

*The model of forming of loadings, taking into account functional connections of the system ejecting a device – coke pie, is developed. Conformities to law of forming of effort of extrusion of coke pie are analyses at transients*

*Keywords: coke pie, ejecting a device, model*

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАГРУЗОК В ПРИВОДЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫТАЛКИВАНИЯ КОКСОВОГО ПИРОГА

**В. И. Рындяев**

Кандидат технических наук, старший преподаватель  
Кафедра химической технологии неорганических

веществ

Украинская инженерно-педагогическая академия  
ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61003

Контактный тел.: (06262) 2-14-21

E-mail: slavuipa@mail.ru

## 1. Введение

Дальнейшее развитие металлургического комплекса Украины во многом зависит от увеличения производства кокса. В связи с этим необходимо расширение исследовательской базы для создания отечественного высокопроизводительного коксохимического оборудования.

В соответствии с поставленной правительством задачей наращивания выпуска металлургической продукции, становится актуальным проведение опытно-конструкторских и исследовательских работ для создания конкурентного отечественного оборудования.

Высокая производительность коксовых машин может быть достигнута серьезной конструкторской проработкой с учетом исследований динамических явлений, происходящих в линиях главных приводов коксовых машин.

Предельные нагрузки, возникновение которых возможно при эксплуатации в системе приводов, могут явиться причинами отказов [1]. Поэтому их анализ, понимания формирования и учет, необходим, и имеет важное значение при создании новых машин.

Целью настоящей работы является анализ функциональных связей в системе выталкивающие устройство - коксовый пирог и определение формирования предельных нагрузок в линии главного привода.

## 2. Модель формирования динамических нагрузок при выталкивании коксового пирога

Линия главного привода устройства для выталкивания коксового пирога состоит из исполнительного органа - выталкивающий штанги, трансмиссии, двигателя и системы управления (рис. 1, а).

Формирование нагрузок в указанной системе происходит в результате взаимодействия ее элементов с коксовым пирогом.

При взаимодействии выталкивающей штанги (Ш) и коксового пирога (К) возникает технологическое сопротивление выталкивания  $P_{вт}$ , величина которого, согласно исследованиям [2], зависит от геометрических и механических характеристик кокса  $P_k$ , параметров коксовой печи  $P_п$  и штанга  $P_{ш}$ , скоростных режимов выдачи кокса.

При переходных режимах, в частности, в процессе начального контакта с коксовым пирогом, скоростные режимы зависят от кинематических параметров выталкивающей штанги (Ш), в том числе от ее начальной скорости  $V_{0ш}$ . Взаимосвязь между указанными параметрами удобно представить в виде схемы (рис. 2, б), на которой через  $f_1$ ,  $f_2$  и  $f_3$  обозначены взаимные связи между  $P_{вт}$ , К и Ш, а через  $f_1$ -  $f_4$ -связи между К и Ш с  $V_{0ш}$ ,  $P_п$  и  $P_k$ .

Взаимодействие элементов главной линии привода на выталкивающую штангу определяется обратными связями  $f_{IV}$  между штангой Ш и трансмиссией  $T_p$ ,  $f_v$

– между трансмиссией и моментом электродвигателя  $M_{дв}$ , и  $f_{IV}$  – между  $M_{дв}$  и системой управления (СУ). Кинематические параметры трансмиссии зависят от конструкции трансмиссии  $\Pi_{тр}$  и начальных скоростей и перемещений ее элементов ( $V_{0тр}$ ). На (рис. 2, б) связи между  $V_{0тр}$  и  $\Pi_{тр}$  с  $Tr$  обозначены через  $f_5$  и  $f_6$ .

ценной расчетной модели, состоящей из абсолютно жестких масс  $I_1, I_2...I_n$  и безмассовых жесткостей  $C_{ij}$  между ними.

Приведение реальной конструкции к расчетной схеме может быть выполнено на основании равенства запаса энергии в реальной и эквивалентной системах.

Структура функций  $f_{IV}, f_V, f_5, f_6$  зависит от выбора обобщенных координат. В качестве обобщенных координат принимают безразмерные смещения масс или безразмерные моменты сил упругости. Такой подход позволяет представить связи между штангой, трансмиссией и двигателем в безразмерной форме, что не только упрощает структуру функциональных связей, но и позволяет уменьшить число варьируемых параметров при анализе расчетной модели.

При расчетах главных линий удобно в качестве нормирующих параметров принимать массу  $I$  выталкивающей штанги, ее жесткость  $C$  и установившийся момент  $M_{уст}$ .

Для конкретизации функций  $f_I, f_{II}, f_{III},$  и  $f_1, f_2$ , характеризующих взаимосвязь между усилием выталкивания, коксовым пирогом и выталкивающей штангой, необходимо рассмотреть ряд закономерностей формирования загрузок.

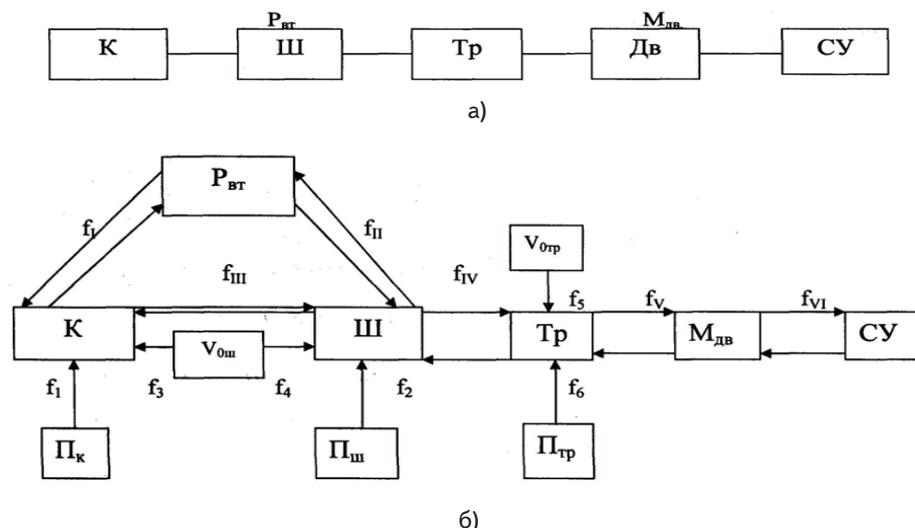


Рис. 1. Схема (а) и функциональные связи (б) в элементах привода устройства для выталкивания коксового пирога: К- коксовый пирог; Ш - выталкивающая штанга; Тр- трансмиссия Дв – двигатель; СУ – система управления

Из указанного следует, что в общем случае линия главного привода устройства для выталкивания коксового пирога является системой с прямыми и обратными связями, характер которых определяет закономерности формирования нагрузок в элементах системы.

В целях обобщения, линию главного привода удобно представить в виде следующей системы функциональных уравнений:

$$\begin{cases} P_{вт} = F_1(f_I, f_{II}) = F_1(K, Ш); \\ K = F_2(f_I, f_{III}, f_1, f_3) = F_2(P_{вт}, Ш, \Pi_k, V_{0ш}); \\ Ш = F_3(f_{II}, f_{III}, f_{IV}, f_2, f_4) = F_3(P_{вт}, K, Тр, \Pi_ш, V_{0ш}); \\ Тр = F_4(f_{IV}, f_V, f_5, f_6) = F_4(Ш, M_{дв}, V_{0тр}, \Pi_{тр}); \\ M_{дв} = F_5(f_V, f_{VI}) = F_5(Тр, СУ); \\ СУ = F_6(f_{VI}) = F_6(M_{дв}) \end{cases} \quad (1)$$

Исследование закономерностей движения элементов системы трансмиссии в переходном режиме и формирования нагрузок в них сводится к конкретизации функциональных зависимостей и к последующему решению полученных уравнений.

Ниже исследуются возможности такой конкретизации.

Первоначально, на основании общих принципов динамического расчета машин с упругими звеньями получим функции  $f_{IV}, f_V, f_5, f_6$ , математическое описание которых в значительной мере определяет вид функциональных уравнений (1).

Для исследования движения элементов трансмиссии ее реальная конструкция приводится к упро-

### 3. Закономерности формирования усилия выталкивания при переходных процессах

Закон изменения  $P_{вт}$  зависит параметров коксовой печи, механических свойств кокса и скорости его выдачи, деформации штанги и др. До настоящего времени недостаточно изучены процессы выталкивания коксового пирога при различных скоростях перемещения выталкивающей штанги. Поэтому при определении  $P_{вт}$  принимают допущения, в той или иной мере влияющие на достоверность результатов. Во многих случаях  $P_{вт}$  принимают в виде функции, монотонно изменяющейся от максимального значения до нуля по линейному или экспоненциальному законам. Такой подход является приближенным, так как при этом не учитывается влияние на  $P_{вт}$  конструктивных параметров трансмиссии.

В реальных конструкциях трансмиссии существует ряд явлений, способствующих увеличению  $P_{вт}$ . К ним относятся биения промежуточного вала, несогласования скоростей ведущих и ведомых звеньев трансмиссии, обусловленные спецификой конструкций и кинематическими погрешностями, трения в опорах. Величины зазоров образующихся в элементах трансмиссии при холостом ходе изменяются за один оборот от нуля до некоторой максимальной величине  $\Delta\alpha$ .

Поэтому в момент контакта коксового пирога с выталкивающей штангой возможная величина зазора  $\Delta$  будет находится в области  $0 \leq \Delta \leq \Delta_{\max}$ .

Кроме того, в результате соударения коксового пирога с выталкивающей штангой возможно дополнительное раскрытие зазоров, зависящее от начальных скоростных параметров привода, конкретных конструктивных решений трансмиссии и собственно выталкивающей штанги, а также конструктивных особенностей последней.

Очевидно, что величина возможного зазора  $\Delta$ , образующегося в трансмиссии при холостом ходе и в результате соударения коксового пирога с выталкивающей штангой, ограничена максимально возможной величиной  $\Delta_{\max}$ , зависящей от степени износа контактирующих поверхностей и погрешностей изготовления деталей.

При движении выталкивающей штанги с коксовым пирогом в поле зазора происходит движение за счет изменения кинематической энергии штанги и кокса. При этом происходит нарастание внешнего усилия, приложенного к штанге, и падение за этот счет скорости последней и кокса.

Значение скорости выталкивающей штанги с коксовым пирогом, при которой происходит замыкание зазоров, зависит от перечисленных выше факторов, а также особенностей формирования усилия выталкивания ( $P_{\text{вт}}$ ) при движении штанги в поле зазора. Такая специфика делает нецелесообразным аналитическое описание общего случая из-за громоздкости и трудной обозримости полученных зависимостей.

Поэтому сочтено рациональным рассматривать этот вопрос с учетом перечисленных выше факторов

непосредственно при анализе конкретных конструкций трансмиссий и процессов.

Согласно экспериментальным данным в промежуточных валах раскрывается к моменту контакта 80-90% от суммарного зазора в главной линии [3].

Поэтому в дальнейшем будем учитывать зазор только в этом соединении. Это позволит упростить решение задачи и незначительно повлияет на конечный результат ее решения.

---

#### 4. Выводы

---

Анализ работы устройства для выталкивания коксового пирога показывает, что формирование усилия выталкивания носит сложный характер и требует учета специфики привода.

При разработке привода устройства важное значение имеют аналитические модели формирования категорий нагрузок, учитывающие функциональные связи комплексной системы двигатель – трансмиссия-выталкивающая штанга – коксовый пирог.

В реальных конструкциях приводов существует целый ряд динамических явлений, способствующих увеличению усилия выталкивания. Наиболее ответственными из них являются факторы, относящиеся к промежуточным валам.

При создании новых устройств для выталкивания коксового пирога необходимо учитывать, что величины нагрузок зависят не только от энергетических потребностей процесса выдачи кокса из печи, но и от схемных и конструктивных особенностей системы привода [1,4].

---

#### Литература

1. Скиданов, Ю.П. Модернизация привода ворошителя муки / Ю.П. Скиданов, В.А. Онищенко, В.И. Рындяев, А.И. Посторонко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2009. - №5/6 (41). - С.25-27.
2. Непомнящий, И.Л. Коксовые машины, их конструкции и расчеты / И.Л. Непомнящий. - М.: Металлургиздат, 1963. - 388 с.
3. Проектные материалы КБ Коксохиммаша.
4. Рындяев, В.И. Основные направления в создании трансмиссий приводов механизмов передвижения коксовыталкивателей / В.И. Рындяев, В.С. Шелехов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2010. - №4/6 (46). - С.4-6.