

ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КУТНЯШЕНКО Игорь Викторович

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ  
ЗАГРУЗКИ НАКЛОННЫХ КОКСОВЫХ АГРЕГАТОВ

Специальность: 05.16.08 - Машины и агрегаты  
металлургического производства

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Донецк - 1997



Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Донецком государственном техническом университете (ДонГТУ).

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент Парфенюк Александр Сергеевич.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Виржков Юрий Васильевич,  
кандидат технических наук Чуищев Виктор Михайлович.

Ведущая организация: Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт Министерства промышленности г. Харьков.

Защита состоится "24" апреля 1997 года в 12 часов 00 минут в ауд. 6.308 на заседании специализированного совета Д 06.04.05 Донецкого государственного технического университета по адресу: 340000 г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонГТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Донецкого государственного технического университета (340000 г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонГТУ, 2 уч. корпус).

Автореферат разослан "24" марта 1997 года.

Ученый секретарь

специализированного ученого совета

Пироженко Н.Г.

Актуальность работы. В настоящее время и в обозримом будущем кокс будет оставаться основным энергоносителем и восстановителем в металлургической промышленности. Существующей технологии производства кокса в горизонтальных камерных печах присущи многие недостатки: низкая экологичность и экономическая эффективность, наличие существенных потерь тепла и сырья, значительные затраты ручного труда при эксплуатации и ремонте коксовых батарей. Устранить эти недостатки без принципиального изменения технологии невозможно. Поэтому создание новых способов, агрегатов и механического оборудования для производства кокса является актуальной проблемой.

ДонГТУ разработана технология и оборудование, позволяющее получать кокс из слабоспекающихся углей в наклонных коксовых агрегатах непрерывного действия с предварительным прессованием шихты (НБА). Особенностью процесса является совмещение всех стадий производства кокса в едином агрегате, что дает возможность полной автоматизации процесса и снижает потери тепла и сырья. Технология исключает газопылевые выбросы в атмосферу и дает возможность перерабатывать любые твердые углеродсодержащие материалы.

Для разработки эксплуатационных режимов и конструктивного оформления данной технологии необходимо знание закономерностей изменения физико-механических свойств перерабатываемых материалов в температурном поле и механики их взаимодействия с рабочими поверхностями агрегата.

Связь темы диссертации с планом основных работ института.

Базой для подготовки диссертационной работы явились НИР, выполненные кафедрой МАХП ДонГТУ в соответствии с планом работ и направленные на разработку новой экологически чистой технологии производства кокса и исследование физико-механических характеристик углешихтовых материалов (номера госрегистрации 01880007998, 01910043363, 0393U011483). Роль автора: разработка прибора и метода определения спекаемости углей и измерения адгезионных характеристик, проведение экспериментальных исследований, разработка проекта экспериментальной батареи наклонных блочных агрегатов.

Цель работы. Получение исходных зависимостей для проектирования механизмов узла загрузки и разработка рекомендаций по выбору основных конструктивных элементов НБА.

Идея работы заключается в использовании трибомеханических аспектов взаимодействия коксуемой массы с подом камеры коксования

при обосновании конструктивных параметров и режимов загрузки наклонных коксовых агрегатов непрерывного действия.

Методы исследования. В работе использованы методы физического и математического моделирования процесса загрузки-выгрузки коксовой печи непрерывного действия. Проведены комплексные исследования по определению прочностных и трибомеханических характеристик конструкционных и перерабатываемых материалов.

Основные научные положения, выносимые на защиту, и их новизна:

- впервые полученные закономерности трибомеханического взаимодействия спрессованной угольной шихты с огнеупорными и конструкционными материалами;

- впервые полученные аналитические зависимости для усилий адгезионного взаимодействия коксуемой массы с учетом различных режимов загрузки-выгрузки коксовых агрегатов непрерывного действия;

- теоретическое обоснование интервалов между проталкиваниями углешихтовых блоков и конструктивных параметров наклонных коксовых агрегатов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы обеспечивается применением фундаментальных, общепризнанных научных положений: теории разрушения хрупких и пластичных тел; принципов теоретической теплофизики; теории слоевого коксования, а также современных методов математической обработки экспериментальных данных. Результаты исследований имеют высокую степень сходимости практическими для опытно-промышленной установки непрерывного коксования Авдеевского КХЗ и объясняют причины тугого хода и бурения, наблюдавшиеся при ее эксплуатации.

Научное значение работы заключается в использовании впервые установленных закономерностей трибомеханического взаимодействия коксуемой массы с конструкционными и огнеупорными материалами при разработке математического описания процесса загрузки-выгрузки наклонных коксовых агрегатов непрерывного действия.

Практическое значение работы. Предложенная математическая модель процесса загрузки-выгрузки камеры коксования может быть использована при разработке тепловых агрегатов для переработки различных углеродистых материалов с целью определения рациональных конструктивных и технологических параметров.

Разработанный прибор и методика определения адгезионных и

прочностных характеристик углеродистых материалов при их нагревании позволяют получать данные, необходимые для численного расчета процесса загрузки-выгрузки коксовых печей различных конструкций, а также могут быть использованы для исследования других процессов, связанных с термической переработкой углеродистых материалов.

Предложенные технические решения конструкции наклонного пода способствуют снижению усилий сопротивления продвижения пирога при загрузке-выгрузке и могут быть использованы при сооружении различных промышленных агрегатов, в которых осуществляется продвижение перерабатываемого материала по поду.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Конструктивные и технологические параметры наклонных коксовых агрегатов, полученные в результате исследования процесса загрузки-выгрузки на математической модели использованы в рабочем проекте экспериментальной батареи, разработанном ДонГУ для Стахановского КХЗ.

Прибор для определения адгезионных и прочностных характеристик защищен авторским свидетельством и используется в ЦЭЛ Мариупольского КХЗ для определения характеристик поступающих на завод углей, а также на кафедрах МАХП и ХТТ ДонГУ для термо-механических испытаний углей, шихт и других углеродистых материалов.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и обсуждены на областной научно-технической конференции "Химия, химическая технология, химическое машиностроение" (г.Днепропетровск, 1991г.), V всесоюзной научной конференции "Механика сыпучих материалов" (г.Одесса, 1991г.), научно-технической конференции ДПИ по завершимым научно-исследовательским работам (г.Донецк, 1991г.), технических советах Стахановского, Авдеевского, и Мариупольского коксохимических заводов в 1991 - 96 гг.

Публикации. Основное содержание диссертационной работы отражено в 7 печатных трудах, 4 авторских свидетельствах и патентах.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 156 страницах машинописного текста. Состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы из 136 наименования, 13 приложений, содержит 20 рисунков, 2 таблицы. Общий объем работы - 189 страниц.

Автор выражает глубокую признательность к т.н. В.Н.Ткаченко за консультативную помощь при выполнении работы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Наклонный коксовый агрегат непрерывного действия (рис.1) включает загрузочный бункер 1, прессующе-проталкивающее устройство 2, камеру коксования 3, камеру разгрузки 4 и комплекс тушения кокса.

Основным узлом агрегата является наклонная камера коксования. Процесс загрузки-выгрузки камеры коксования существенно отличается от аналогичного процесса при традиционной технологии коксования в горизонтальных камерных печах периодического действия и заключается в вытеснении коксового пирога спрессованными углешихтовыми блоками. Обеспечение стабильности загрузки-выгрузки является наименее изученным и необходимым условием для стабильной работы всего агрегата. В процессе загрузки-выгрузки происходит изменение прочностных и трибомеханических характеристик углешихтовых блоков в следствие их термической деструкции.

В работах Непомнящего И.Л., Склера М.Г., Карпова А.В., Чамова А.В., Парфенюка А.С., Веретельника С.П. и др. рассмотрены вопросы выбора конструкции и режимов работы горизонтальных и вертикальных камерных печей непрерывного действия с учетом сил взаимодействия коксуемой массы с материалом кладки, а также определены особенности прочностного состояния шихтококсового пирога. Установлено, что проталкивание необходимо осуществлять в момент времени, когда шихтококсовый пирог обладает достаточной прочностью и обеспечивать продвижение пирога при отсутствии взаимодействия с обогревательными простенками камеры коксования.

Принятые в этих работах допущения о постоянстве сил сопротивления продвижению шихтококсового пирога нуждаются в уточнении, поскольку их характер определяется не только силами трения, но и адгезионным взаимодействием коксуемой массы, находящейся на различных стадиях термической переработки, с греющими поверхностями.

Постановка задачи включает:

- разработку математической модели загрузки-выгрузки коксовой печи непрерывного действия с учетом трибомеханики процесса;
- теоретическое и экспериментальное исследование

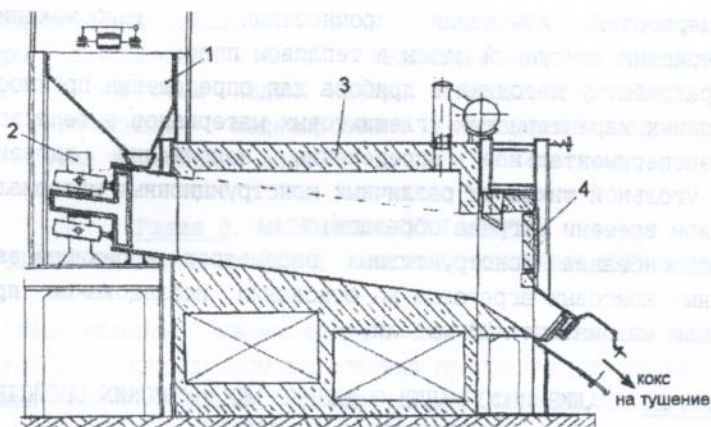


Рис.1. Наклонный коксовый агрегат (разрез по камере коксования):

- 1 - загрузочный бункер; 2 - пресуююще-проталкивающее устройство;  
3 - камера коксования; 4 - камера разгрузки

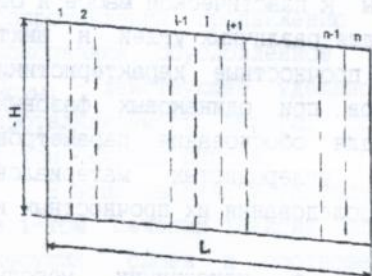


Рис. 2. К индексации блоков

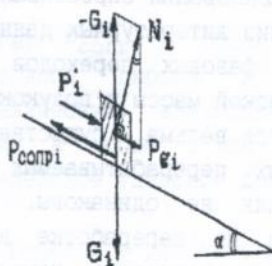


Рис.3. К анализу напряженного состояния блока вблизи пода:

- $P'_1$  - усилие на  $i$ -тый блок со стороны пресуююще-проталкивающего устройства;  
 $N_i$  - нормальная составляющая реакции пода;  
 $G_i$  - сила тяжести;  
 $P_{сопр1}$  - сила трибомеханического взаимодействия  $i$ -того блока с подом камеры;  
 $P_{ги}$  - проекция силы тяжести на плоскость пода

- закономерностей изменения прочностных и трибомеханических характеристик коксуемой массы в тепловом поле;
- разработку методики и прибора для определения прочностных и адгезионных характеристик углешихтовых материалов в тепловом поле;
  - экспериментальное определение напряжений адгезионного отрыва угольной шихты от различных конструкционных материалов при различном времени нагрева образцов;
  - обоснование конструктивных параметров и режимов загрузки наклонных коксовых агрегатов на основании исследования процесса с помощью математической модели.

## Глава 2. АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ УГЛЕШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Процесс коксования в наклонных блочных агрегатах является слоевым. Изменение толщин слоев полукокса-кокса, пластической массы и уплотненной шихты начинается с момента начала загрузки камеры коксования спрессованными углешихтовыми блоками.

Анализ литературных данных свидетельствует, что температурные границы фазовых переходов от шихты к пластической массе и от пластической массы к полукоксу-коксу для различных углей и шихт отличаются весьма существенно, а прочностные характеристики различных перерабатываемых материалов при одинаковых фазовых состояниях не одинаковы. Поэтому для обоснования параметров процесса по переработке конкретных углеродистых материалов необходимо проводить комплексные исследования их прочностных и трибомеханических характеристик.

Применяемые в настоящее время в коксохимии методы исследования физико-механических свойств коксуемой массы (пластометрический метод Л.М.Саложникова, определение прочности на сдвиг по методу Н.Р.Кушнеревича, метод Н.С.Грязнова испытания на сжатие и разрыв образцов кокса, копровый метод определения прочности в малых навесках К.И.Сысова, определение когезионной способности термодеструктурируемых угольных зерен способом их прикоксовывания к нагретому стальному стержню по методу Ю.В.Бирюкова и др.) не могут быть использованы для исследования прочностных и трибомеханических свойств перерабатываемого материала, влияющих на процесс загрузки-выгрузки наклонных

коксовых агрегатов из-за его технологических особенностей, заключающихся в многократном приложении усилий при проталкивании.

Определить изменяющиеся в процессе загрузки-выгрузки параметры трибомеханического взаимодействия углеродистого материала с нагретым подом камеры коксования возможно только путем физического моделирования процесса адгезионного взаимодействия в тепловом поле.

### Глава 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ-ВЫГРУЗКИ НАКЛОННЫХ КОКСОВЫХ АГРЕГАТОВ

Основное условие, гарантирующее процесс загрузки-выгрузки, осуществляемого посредством вытеснения коксового пирога из камеры коксования спрессованными углешихтовыми блоками, получено на основе результатов работ А.С.Парфенюка и С.П.Веретельника и заключается в сохранении прочности шихтококсового пирога в любом его сечении в течение всего процесса:

$$\begin{cases} P \geq P_{\text{сопр}} \\ Q_{\text{сум}i} < [Q_i] \end{cases} \quad (1)$$

где  $P$  - усилие проталкивания пирога;  $P_{\text{сопр}}$  - общее усилие сопротивления продвижению шихтококсового пирога в камере коксования, обусловленное трибомеханическим взаимодействием;  $Q_{\text{сум}i}$  - действующее удельное давление в любом  $i$ -том сечении проталкиваемого пирога;  $[Q_i]$  - предельное удельное давление в  $i$ -том сечении пирога.

В этих работах установлено, что предельное удельное давление в  $i$ -том сечении зависит от предельных напряжений каждого из несущих слоев и соотношения их толщин. Приняв напряженное состояние пирога, как элемента слоистой структуры и зная предельные напряжения для спрессованной шихты  $[b_{\text{ш}}]$  и полукوكса-кوكса  $[b_{\text{к}}]$ , предельное удельное давление в  $i$ -том сечении определяется по формуле:

$$[Q_i] = ([b_{\text{к}}] \cdot 2 \cdot \delta_{\text{к}i}) / B + ([b_{\text{ш}}] \cdot B - 2 \cdot (\delta_{\text{к}i} + \delta_{\text{п}i})) / B, \quad (2)$$

где  $\delta_{\text{к}i}$  и  $\delta_{\text{п}i}$  - толщины слоев полукокса-кокса и пластической

массы соответственно, определяемые по результатам решения температурной задачи коксования с учетом температурных границ структурного перехода шихта - пластическая масса - полукокк-кокк.

Загрузка камеры осуществляется спрессованными блоками, принято допущение, позволяющее рассматривать каждый спрессованный блок как элемент с постоянными по длине прочностными и адгезионными свойствами (рис. 2).

Спрессованному углешихтовому блоку присвоим индекс  $i$ , а порции коксового пирога, равной по длине углешихтовому блоку -  $j$ . Общее количество блоков в камере  $n = k + m$ , где  $k$  - число  $i$ -тых блоков в камере коксования ( $1 \leq i \leq k$ );  $m$  - число находящихся в камере  $j$ -тых блоков ( $1 \leq j \leq m$  или  $1 \leq j \leq n-k$ ).

Усилие проталкивания всего шихтококсового пирога определяется как сумма усилий, необходимых для проталкивания каждого блока:

$$P = \sum_{i=1}^k P_i + \sum_{j=1}^{n-k} P_j .$$

Трибомеханические характеристики, определяющие усилия сопротивления движению, для  $i$ -тых блоков изменяются, а для  $j$ -тых блоков приняты постоянными.

С учетом действующих на каждый блок сил (рис.3) определяем нагрузку на любой  $i$ -й блок со стороны прессующе-проталкивающего устройства:

$$P_i^* = l \cdot B \cdot H \cdot \cos \alpha \cdot \sum_{i=1}^{k-i} \rho_i \cdot (\cos \alpha \cdot f_i^* - \sin \alpha) + (n - k) \cdot \rho_j \cdot B \cdot H \cdot l \cdot \cos \alpha \cdot (\cos \alpha \cdot f_j^* - \sin \alpha) . \quad (3)$$

где  $H$ ,  $B$ ,  $l$  - соответственно высота, ширина и длина блоков;  $\rho_i, \rho_j$  - плотности материала  $i$ -го и  $j$ -го блоков;  $f_i^*, f_j^*$  - коэффициенты трибомеханического взаимодействия  $i$ -го и  $j$ -го блоков с подом, причём

$$f_i^* = a_i \cdot S / G_i + f \quad (4)$$

где  $a_i$  - напряжение адгезионного отрыва блока от пода;  $S$  - площадь адгезионного взаимодействия;  $G_i$  - сила тяжести блока;  $f$  - коэффициент сухого трения.

Между шихтококсовым пирогом и обогревательными простенками существует зазор и  $B \ll L, H$ , что позволяет принять напряженное состояние пирога плоским. Удельное давление, способное привести к разрушению блока, складывается из удельных давлений, возникающих от действия усилия проталкивания  $Q_{Ti} = P^*_i / (B \cdot H)$  и от действия силы тяжести  $Q_{Gi} = G_i / (l \cdot B)$ . Наибольшее суммарное удельное давление возникает у пода камеры, где на шихтококсовый блок действуют  $P^*_i$  и  $G$  от массы всего блока, и определяется как:

$$Q_{\text{сум}i} = \sqrt{Q_{Ti}^2 + Q_{Gi}^2 + 2 \cdot Q_{Ti} \cdot Q_{Gi} \cdot \sin \alpha} \quad (5)$$

С учетом уравнений 2, 3, 5 выражение 1 принимает вид:

$$\left\{ \begin{aligned} P &\geq l \cdot B \cdot H \cdot \cos \alpha \cdot \sum_{i=1}^k \rho_i \cdot (\cos \alpha \cdot f^*_i - \sin \alpha) + \\ &+ (n - k) \cdot l \cdot B \cdot H \cdot \rho_j \cdot \cos \alpha \cdot (\cos \alpha \cdot f^*_j - \sin \alpha), \\ \sqrt{Q_{Ti}^2 + Q_{Gi}^2 + 2 \cdot Q_{Ti} \cdot Q_{Gi} \cdot \sin \alpha} &\leq \frac{([\sigma_K] \cdot 2 \cdot \delta_{Ki}) / B +}{([\sigma_{\text{ш}}] \cdot B \cdot 2 \cdot (\delta_{Ki} + \delta_{Pi})) / B} \end{aligned} \right. \quad (6)$$

Система уравнений (6) позволяет рассчитывать процесс загрузки-выгрузки с учетом изменений прочностных и трибомеханических характеристик перерабатываемого материала.

#### Глава 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИБОМЕХАНИЧЕСКИХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КОКСУЕМОЙ МАССЫ

Опыты по определению коэффициентов сухого трения  $f$  были проведены на приборах для сдвиговых испытаний (А.С. N 1796976 и А.С. N 954865). Для спрессованной шихты по динасокварцитовому бетону  $f = 0.36$ , для кокса -  $f = 0.78$ .

Для исследования прочностных и адгезионных характеристик разработан прибор (А.С. N 1863013). Сущность исследований на этом приборе заключается в измерении напряжений разрыва угольной шихты и адгезионного отрыва угольной шихты от образца конструкционного материала в процессе воздействия теплового поля. Возможность этих измерений обеспечивает специальная конструкция матрицы (рис.4).

На этом приборе исследованы различные шихты, но более подробно изучено изменение прочностных и адгезионных характеристик шихты состоящей из 30% углей марки "ОС" и 70% "Г"

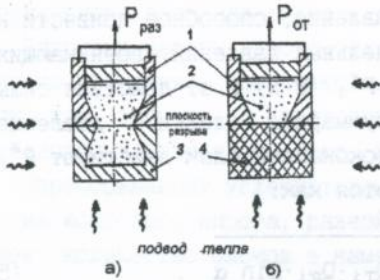


Рис. 4. Схемы матриц прибора для определения прочностных (а) и адгезионных (б) характеристик:

$P_{раз}$  - усилие разрыва образца исследуемого материала;  
 $P_{от}$  - усилие отрыва при адгезионном взаимодействии;

- 1 - верхняя матрица кассеты;
- 2 - исследуемый перерабатываемый материал;
- 3 - нижняя матрица кассеты;
- 4 - образец конструкционного материала

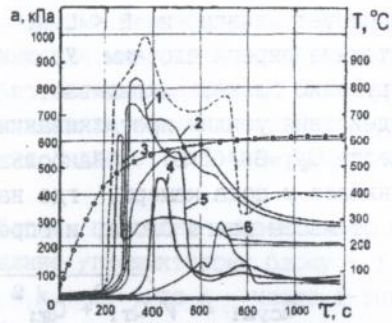


Рис. 5. Изменение прочностных и адгезионных характеристик материалов в температурном поле:

-o-o-o- - изменение температуры;  
 - - - - прочность на разрыв шихты 70% Г + 30% ОС;

Адгезионное взаимодействие:

- 1 - со сталью Ст 3; 4 - с динасокварцитовым бетоном;
- 2 - с серым чугуном; 5 - с шамотным бетоном;
- 3 - со сталью 12Х18Н10Т; 6 - с шамотным мертелем

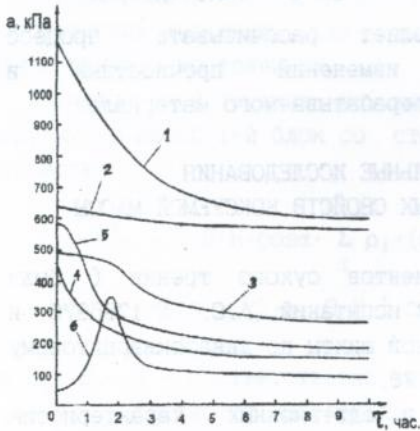


Рис. 6. Изменение адгезионных свойств конструкционных материалов в зависимости от длительности взаимодействия с коксуемой массой:

- 1 - серый чугун; 2 - сталь Ст3; 3 - сталь 12Х18Н10Т;
- 4 - динасокварцитовый бетон; 5 - шамотный бетон;
- 6 - шамотный мертель

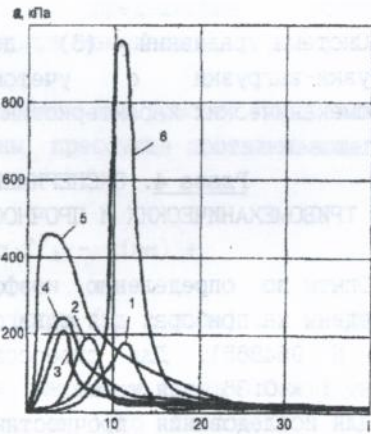


Рис. 7. Напряжения адгезионного отрыва для углешихтовых блоков при различных интервалах между проталкиваниями

- 1 -  $\Delta t = 30$  с; 2 -  $\Delta t = 60$  с; 3 -  $\Delta t = 120$  с; 4 -  $\Delta t = 240$  с;
- 5 -  $\Delta t = 300$  с; 6 - приведенные кЛВ при контакте пирога с простенком ( $\Delta t = 30$  с,  $H/B = 4,5$ )

при температурном воздействии. Эта шихта по своим качествам близка к шихтам, применяемым при технологиях коксования с предварительным уплотнением (брикетирование, трамбование).

Изменение прочностных и адгезионных характеристик в зависимости от длительности пребывания в температурном поле представлены на рис.5. Экспериментально установлено, что в температурном поле 570 - 810 °С напряжения отрыва при адгезионном взаимодействии шихты с конструкционными материалами меньше, чем напряжения разрыва шихты, и наибольшие значения этих величин проявляются в интервале 200 - 800 с от начала нагрева образцов.

Результаты исследования влияния процесса науглераживания поверхности на адгезионное взаимодействие представлены на рис.6. Установлено, что для всех исследованных конструкционных материалов в тепловом поле усилие адгезионного взаимодействия с угольной шихтой в начальный период в 1,25 - 2,5 раза выше, чем после длительного взаимодействия. Это объясняется тем, что за первые 3 - 6 часов контакта конструкционных материалов с коксуемой массой наиболее интенсивен процесс науглераживания поверхности, приводящий к ослаблению адгезионного взаимодействия.

С целью исследования изменения напряжений адгезионного отрыва для каждого блока  $\alpha_i$  при различных интервалах между проталкиваниями  $\Delta t$  была проведена серия экспериментальных измерений усилий отрыва угольной шихты от подложки из динасокварцитового бетона через заданные промежутки времени в температурном поле (рис.7). Полученные напряжения адгезионного отрыва использованы при исследовании с помощью математической модели влияния интервалов между проталкиваниями блоков на процесс загрузки-выгрузки.

## Глава 5. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ-ВЫГРУЗКИ НАКЛОННОГО КОКСОВОГО АГРЕГАТА И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Процесс продвижения шихтококсового пирога для агрегатов промышленных размеров исследован с помощью математической модели при использовании экспериментальных результатов определения прочностных и трибомеханических характеристик перерабатываемого и конструктивных материалов. Математическая модель реализована в программе для ЭВМ и позволяет производить вычисления при варьировании всех исходных параметров.

Исследованы зависимости параметров процесса загрузки-выгрузки (усилие проталкивания пирога  $P$ , предельные  $[Q_i]$  и суммарные  $Q_{\text{сум}i}$  удельные давления, а также коэффициентом запаса  $C_2 = [Q_i]/Q_{\text{сум}i}$ ) от интервалов между проталкиваниями блоков  $\Delta t$  и геометрических размеров агрегата (рис.8). Процесс загрузки-выгрузки возможен при условии  $C_2 > 1$  для каждого из блоков на протяжении всего цикла загрузки-выгрузки.

Установлено, что при изменении  $\Delta t$  от 30 до 240 с коэффициент запаса  $C_2 > 1$  и изменяется незначительно, при  $\Delta t$  240-300 с наблюдается резкое снижение  $C_2$  за счет усиления адгезионного взаимодействия блоков с подом. При увеличении  $\Delta t$  более 300 с  $C_2$  практически не изменяется. Рекомендуемые величины  $\Delta t$  находятся в пределах 30-150 секунд.

Наиболее нежелательным является случай, когда при загрузке-выгрузке с рекомендуемыми  $\Delta t$  по каким либо причинам произойдет задержка в конце цикла на время больше чем 240-270 с. В этом случае между всеми свежезагруженными блоками и подом возникают прочные адгезионные связи (кривая 4 рис.5). В данном случае  $C_2 = 0,35$  ( $[Q]$  меньше, чем  $Q_{\text{сум}}$  в 2,86 раза). При контакте пирога с обогревательным простенком  $C_2 = 0,33$ .

При неучете адгезионной составляющей трибомеханического взаимодействия суммарные приведенные нагрузки будут занижены в 2,2 раза по сравнению с данными, полученными с ее учетом.

Установлено, что при рекомендуемых  $\Delta t$  прочность шихтококсового пирога обеспечивается при всех исследованных углах наклона пода  $\alpha$ . Однако, при  $\alpha > 19^\circ$  возможно неконтролируемое движение пирога, на основании чего рекомендуется  $\alpha$  выполнять  $10^\circ - 15^\circ$ .

Расчетом определено, что прессующе-проталкивающее устройство для камеры коксования с  $\alpha = 10^\circ$ ,  $L = 11,5$  м,  $B = 0,45$  м,  $H = 2,1$  м дополнительно к параметрам, необходимым для прессования шихты должно обеспечивать усилие проталкивания не менее 450 кН и ход не менее 0,3 м. Механизмы загрузочного устройства должны обеспечивать заполнение камеры прессования объемом не менее  $0,57$  м<sup>3</sup> шихтой, прессование и проталкивание блока за время не более 150 с.

Проверка адекватности математической модели проведена по данным опытно-промышленной установки непрерывного коксования (УНК), эксплуатировавшейся на Авдеевском КХЗ.

Установлено, что расчетные усилия проталкивания находятся в

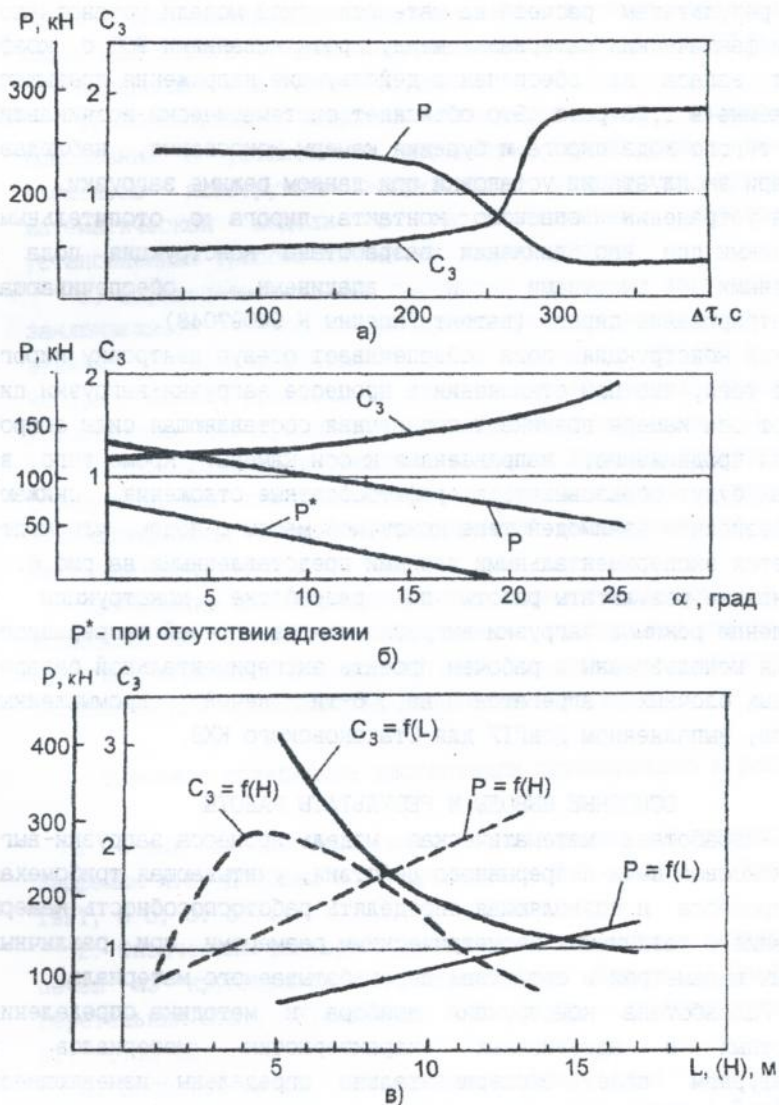


Рис.8. Зависимость усилия проталкивания  $P$  и коэффициента запаса  $C_3$  от конструктивных и технологических параметров: (а - от интервалов между проталкиваниями; б - от угла наклона пода; в - от длины и высоты камеры коксования).

доверительном интервале  $\pm 1,35$  кН с вероятностью 81,8% для интервала 18 - 36 кН фактических эксплуатационных данных.

По результатам расчета на математической модели установлено, что при фактических интервалах между проталкиваниями 900 с коэффициент запаса не обеспечен и действующие напряжения превышают допускаемые в 1,23 раза. Это объясняет систематически возникавшие случаи тугого хода пирога и бурения камеры коксования, наблюдавшиеся при эксплуатации установки при данном режиме загрузки.

Для устранения опасного контакта пирога с отопительными простенками при его движении разработана конструкция пода с U-образными выступами и впадинами, обеспечивающая самоцентрирование пирога (патент Украины N 94097048).

Такая конструкция пода обеспечивает осевую центровку пирога за счет того, что при отклонении в процессе загрузки-выгрузки пирога от оси камеры возникает поперечная составляющая силы сопротивления продвижению, направленная к оси камеры. Кроме того, во впадинах будут образовываться графитообразные отложения, снижающие адгезионное взаимодействие коксуемой массы с подом, что подтверждается экспериментальными данными представленными на рис.6.

Основные результаты работы по разработке конструкции и определению режимов загрузки-выгрузки коксовых печей непрерывного действия использованы в рабочем проекте экспериментальной батареи наклонных блочных агрегатов из 6-ти печей промышленных размеров, выполненном ДонГТУ для Стахановского КХЗ.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана математическая модель процесса загрузки-выгрузки коксовой печи непрерывного действия, учитывающая трибомеханику процесса и позволяющая определять работоспособность камеры коксования с различными геометрическими размерами при различных режимных параметрах и свойствах перерабатываемого материала.

2. Разработана конструкция прибора и методика определения прочностных и адгезионных характеристик материалов в температурном поле. Экспериментально определены изменяющиеся прочностные и адгезионные характеристики угольной шихты с конструкционными материалами, установлены временные интервалы возникновения максимального адгезионного взаимодействия.

3. Выявлена тенденция к снижению усилий адгезионного взаимо-

действия в процессе эксплуатации огнеупорных и конструкционных материалов в коксовых агрегатах за счет науглераживания поверхности: для конструкционной стали обыкновенного качества - в 1,25 раза, для серого чугуна, легированной стали 12Х18Н10Т и огнеупорных материалов - в 1,8 - 2,5 раза.

4. Обоснованы основные геометрические размеры камеры коксования и установлены параметры, необходимые для расчета элементов конструкции загрузочного устройства путем решения математической модели с использованием экспериментально установленных трибомеханических характеристик.

5. Определены режимные параметры процесса загрузки-выгрузки, заключающиеся в установлении временных интервалов между проталкиваниями порций спрессованной шихты в пределах 30-150 с, нарушение которых может привести к снижению коэффициента запаса до 0,35. Установлено, что при отклонении пирога от оси камеры  $C_a=0,33$ .

6. Разработана и защищена патентом Украины конструкция пода, обеспечивающая самоцентрировку пирога в камере коксования и стабилизирующая процесс продвижения шихтококсового пирога при загрузке-выгрузке.

Применение в промышленности представленных результатов исследования позволит осуществлять стабильную работу наклонных коксовых агрегатов и в полной мере реализовать экологические и экономические преимущества данной технологии.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Новый экспрессный метод определения спекаемости углей / Парфенюк А.С., Дедовец И.Г., Кутняшенко И.В. и др., //Кокс и химия. 1991, N 5, с. 5-7.

2. Физические факторы надежности эксплуатации кладки коксовых печей из крупноразмерных огнеупорных блоков / Парфенюк А.С., Веретельник С.П., Кутняшенко И.В. и др. // Кокс и химия. 1992, N11. с.18-20.

3. Экспресс метод совместного определения дилатометрических характеристик сыпучих материалов при нагревании / Парфенюк А.С., Дедовец И.Г., Кутняшенко И.В. и др. //Химическое и нефтяное машиностроение. 1992, N1, с. 33-34

4. Математическая модель теплообмена в зоне прессования

агрегатов для коксования углей / Ткаченко В.Н., Парфенюк А.С., Кутняшенко И.В. и др. // Кокс и химия. 1994, N2, с.19-21.

5. Парфенюк А.С., Кутняшенко И.В., Топоров А.А. Трибомеханические аспекты продвижения углешихтовых материалов по нагретой поверхности // Кокс и химия. 1996, N4, с.28-30.

6. Распределение температур в зоне прессования загрузки коксовых агрегатов / Парфенюк А.С., Топоров А.А., Кутняшенко И.В. и др. // Кокс и химия. 1996, N4, с.25-27.

7. Учет трибомеханики при разработке агрегатов для пиролиза твердых углеродистых материалов в движущемся слое / Парфенюк А.С., Кутняшенко И.В., Топоров А.А. // Кокс и химия. 1996, N12, с.23-25.

8. А.С. N 1683013 (СССР). Способ определения спекаемости углей и устройство для его осуществления. А.С.Парфенюк, И.Г.Дедовец, С.П.Веретельник, И.В.Кутняшенко и др. - Б.и., 1991, N26.

9. А.С. N 1796976 (СССР). Устройство для реологических испытаний образцов материалов. А.С.Парфенюк, С.П.Веретельник, И.В.Кутняшенко и др. - Б.и., 1993, N7.

10. Патент N 94097048 Украины. МПК 5 C10B 29/00. Батарея коксовых печей / Парфенюк А.С., Кутняшенко И.В., Зборщик М.П. и др. Заявлено 26.09.94; решение о выдаче патента 08.10.96.

11. Патент N 94096939 Украины. МПК 5 C10B 31/00. Загрузочное устройство печи непрерывного коксования / Парфенюк А.С., Топоров А.А., Кутняшенко И.В. и др. Заявлено 13.09.94; решение о выдаче патента 21.10.96.

#### АННОТАЦІЯ

Кутняшенко І.В. "Обґрунтування конструктивних параметрів та режимів завантаження нахилених коксових агрегатів". Рукопис дисертації на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук. Спеціальність: 05.16.08 - Машини та агрегати металургійного виробництва. Захист відбудеться на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 06.04.05 Донецького державного технічного університету у 1997 році.

Ідея роботи полягає у використанні закономірностей трибомеханічної взаємодії вуглешиктової маси з подом камери коксування з метою обґрунтування конструктивних параметрів та режимів завантаження-розвантаження нахилених коксових агрегатів. Для цього здійснені дослідження міцносних та адгезійних характеристик вуглешиктових матеріалів під час їх термічної переробки. Набуті вихідні залежності для проектування механізмів вузла завантаження та розроблені рекомендації по вибору основних конструктивних та режимних параметрів нахилених коксових агрегатів.

Ключові слова: коксування, нахилені коксові агрегати, вуглешиктовий пиріг, адгезійна взаємодія, трибомеханіка, режим завантаження.

#### ABSTRACT

Kutniashenko I.V. "Substantiation of design data and loading modes of sloping coke units". The manuscript of the dissertation on a scientific degree conferment of a candidate of sciences. A speciality: 05.16.08 - Machine and units Metallurgical production. The protection is held on a session of specialized scientific council D 06.04.05 Donetsk State technical university in April 1997.

The idea of work consists in use of laws of tribomechanical interaction of coking mass with a bottom of the coking chamber for a substantiation of design data and loading - unloading modes of sloping coke units. For this purpose researches of durability and adhesiveness characteristics were carried out coal and charge materials during their thermal processing. Initial dependence are received for designing of loading unit mechanisms and are developed the recommendations at a choice of main Constructive and mode parameters sloping coke units.

Key words: коксування, нахилені коксові агрегати, вуглешиктовий пиріг, адгезійна взаємодія, трибомеханіка, режим завантаження.

435681

АВ 37.316

*Отпечатано на ризографе  
ООО «ИНФО»  
Подп. в печать 21.03.97  
Усл. печ. л. 1,5 Уч.-изд. л. 2,3  
Тираж 100 экз. Заказ № 214  
340000, г. Донецк, ул. Артёма, 58, 113*