

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА  
КАМЕННОУГОЛЬНОГО ПЕКА В УСЛОВИЯХ ОАО  
“АВДЕЕВСКИЙ КОКСОХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД”

Г.А. Власов, В.М. Чуищев, В.И. Саранчук, В.В. Ошовский,  
Ю.В. Замура  
ОАО “Авдеевский коксохимический завод”, ДНТУ

*Розроблено математичну модель процесу виготовлення пеку в умовах ВАТ АКХЗ. Повна квадратична модель адекватно описує наявний технологічний процес виготовлення. Номограма, яку побудовано для основних якісних властивостей пеку, дає змогу прогнозувати якість пеку, що виробляється, в межах можливих змін технологічних факторів.*

Каменноугольный пек является, крупнотоннажным продуктом коксохимического производства и использовался в основном на АКХЗ для производства пекового кокса, который направляется для производства электродов и электродных материалов. Завод перерабатывает каменноугольную смолу собственного производства, а также смолы, поступающие на переработку с других заводов.

Начиная с 2000 г., одновременно снизилось поступление заказов от потребителей пекового кокса и количество поставляемой со стороны каменноугольной смолы. Первое привело к необходимости поиска путей реализации излишков пека, т.е. к решению вопроса о расширении ассортимента выпускаемой продукции, производимой из каменноугольной смолы и получаемого из нее каменноугольного пека.

Одним из продуктов, необходимых для реализации в стране и для экспорта является каменноугольный электродный пек, технические характеристики которого должны соответствовать требованиям ГОСТ-10200 с учетом дополнительных или оригинальных требований заказчиков. Улучшение и стабилизация основных характеристик электродных пеков вызвано повышением требований к электродной продукции в связи с возросшей конкуренцией на мировом рынке, в который стремится Украина, а также в связи с увеличением номенклатуры электродных изделий.

В настоящее время существует производство каменноугольного пека с техническими характеристиками, соответствующими требованиям ГОСТ–10200. Для производства высококачественных электродов и ниппелей тока в сталеплавильных печах (более 20 А/см<sup>2</sup>) нужен специальный пропиточный пек, имеющий низкое содержание ве-

ществ, нерастворимых в толуоле и хинолине, а также высокий выход коксового остатка. Общая потребность пропиточного каменноугольного пека может достигнуть 4000 т/год. В настоящее время АКХЗ выпускает два вида пека, характеристика которых представлена в табл.1.

Таблица 1 – Характеристика пеков АКХЗ и пропиточного пека

Показатель	Пропиточный пек	Среднетемпературный пек	Высокотемпературный пек
Температура размягчения, °С	60-65	61-78	140-150
Содержание веществ не растворимых в толуоле ( $\alpha$ - фракция), %	17-22	19-20	40-42
Содержание веществ, нерастворимых в хинолине ( $\alpha_1$ - фракция), %	3,0	6-7	15-17
Содержание золы, %	0,3	0,21-0,25	0,11-0,22
Выход летучих веществ, %	58-62	64-68	48-55

Как видно из табл.1, характеристика выпускаемых среднетемпературных пеков отличается по содержанию фракций  $\alpha$  и  $\alpha_1$ , зольности и выходу летучих веществ от требуемых для пропиточного пека, что свидетельствует о необходимости корректировки существующей или разработки новой технологии производства пека.

В последнее время режим работы коксовых печей существенно изменился. Увеличились периоды коксования, снизилась температура в коксовом пироге и подсводовом пространстве. Это привело к значительным изменениям состава и свойств каменноугольной смолы. Снизилась плотность и вязкость смолы, содержание  $\alpha$  и  $\alpha_1$  фракций. Так по данным анализа смолы за апрель 2001 г.  $\alpha=3,4-4,1\%$ ,  $\alpha_1=1,4-1,5\%$ , а зольность 0,1%. Пек получаемый из такой смолы имеет  $\alpha=17-24\%$ ,  $\alpha_1=4,3-5,4\%$ .

Можно предположить, что производство пропиточного пека на первом этапе можно будет организовать только за счет изменения технологических параметров переработки каменноугольной смолы и пека по существующей схеме.

Для организации производства пропиточного пека на втором этапе необходима корректировка режимов работы смолперегонных

агрегатов и разработка технологии тонкой фильтрации горячего пека.

Для производства высококачественных электродов и ниппелей, имеющих удельный расход при работе в условиях высоких плотностей тока в сталеплавильных печах (более  $25 \text{ А/см}^2$ ) нужен специальный каменноугольный пек – связующее.

В настоящее время в Украине связующий пек не производится, а используемый пек по ГОСТ-10200 не обеспечивает необходимую поровую структуру после обжига и графитизации, высокую графитируемость и низкую электропроводность, а также высокую механическую прочность графитизируемого изделия.

Технология изготовления пека должна обеспечивать его стабильную вязкость в диапазоне температур  $120\text{--}140 \text{ }^\circ\text{C}$ . Пек должен создавать необходимую микропоровую структуру углеродной заготовки после ее обжига и графитизации, иметь высокую графитируемость и электропроводность, обеспечивать высокую механическую прочность графитизируемого изделия.

Пек такого качества на АКХЗ может быть получен путем изменения технологических параметров на базе среднетемпературного пека и проведения дополнительных операций по очистке смолы или пека.

Годовая потребность в электродных пеках необходимого качества только ОАО «Украинский графит» составляет 40-60 тыс.т., что составляет 35-53 % получаемого на АКХЗ пека. Организация на заводе производства специальных видов электродного пека позволяет решать вопрос эффективного использования и сбыта всего получаемого на заводе пека.

Получение и переработка каменноугольного пека на заводе осуществляется в смолперегонном и пекококсовом цехах. В смолперегонном цехе получают пек как одну из фракций при разгонке смолы в ректификационной колонне. Выход и качество пека зависят от режима работы на второй ступени, который характеризуется количеством подаваемой на переработку смолы и температурой ее нагревания. Эти два фактора и исходные свойства смолы являются основными факторами, определяющими количество и качество получаемого пека. Исходя из приведенных выше данных, пропиточный пек можно получать путем регулирования режима работы смолперегонной установки. В связи с отсутствием однозначных данных о характере совместного влияния температуры и расхода каменноугольной смолы на качество получаемых продуктов, в том числе и каменноугольного пека, в настоящей работе были получены математические зависимости основных качественных показателей пека, который мо-

жет быть получен при переработке смолы в пределах стабильной работы установки по температуре нагрева смолы и ее расходу.

В качестве технологических параметров процесса производства пека, играющих основную роль в обеспечении его качества, выбраны (рис. 1): расход смолы перед трубчатой печью  $G$ ; температура нагрева смолы перед эвапоратором,  $T_H$ .

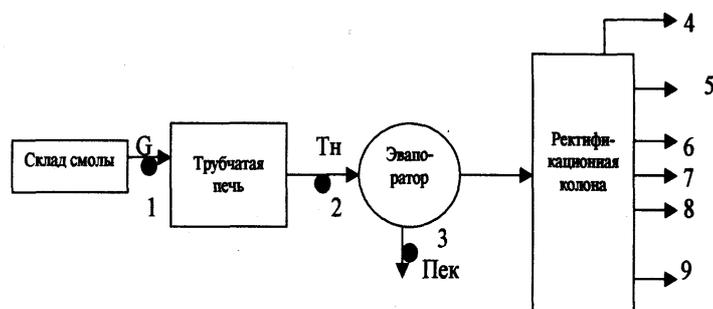


Рисунок 1 - Схема технологического процесса

Показателями качества получаемого пека приняты:

- 1) температура размягчения ( $t_p, ^\circ\text{C}$ ) -  $Y_1$ ;
- 2) выход летучих веществ ( $V, \%$ ) -  $Y_2$ .
- 3) содержание веществ не растворимых в толуоле  $\alpha$ -фракции ( $\alpha, \%$ ) -  $Y_3$ ;
- 4) содержание веществ не растворимых в хинолине  $\alpha_1$ -фракции ( $\alpha_1, \%$ ) -  $Y_4$ ;
- 5) содержание золы ( $A, \%$ ) -  $Y_5$ .

Согласно укрупненной схеме технологического процесса (рис.1) выбраны следующие точки отбора проб для определения качественных показателей и значений технологических параметров.

Смола перед трубчатой печью (точка 1 на рис.1):

- а) плотность смолы ( $d_{20}, \text{кг/м}^3$ ) должна быть стабильная на протяжении всего эксперимента. Контрольные пробы отбираются в начале, середине и в конце эксперимента;
- б) расход смолы ( $G, \text{т/ч}$ ), как указано выше принимаются равными 15, 19 и 23 т/ч и его изменения проводятся через каждые 12 часов.

При каждом расходе через четыре часа производилось изменение температуры нагрева смолы на выходе из трубчатой печи (точка 2 на рис.2) с 385 до 395 и 405 $^\circ\text{C}$ . Замер температур производится на выходе из трубчатой печи перед эвапоратором, через 30 мин. в течение эксперимента. Стабилизация температур в точке замера должна достигаться в течение 20-30 мин. и выдерживаться на заданном уровне (385, 395, 405 $^\circ\text{C}$ ) не менее 3- 4 часов.

Эксперимент, продолжавшийся 36 часов, позволил получить характеристики качества пека, представленные в таблице 2.

С целью проверки воспроизводимости результатов аналитических исследований при стабилизации режима отборы проб производились через 3 и 4 часа после установления соответствующего режима по расходу и температуре смолы.

Качественные характеристики смолы подаваемой на ректификационную колонну имеют достаточно стабильные характеристики.

Таблица 2 – Основные качественные характеристики пека

Расход смолы	15 т/час					19 т/час					23 т/час				
	$t_p$	V	$\alpha$	$\alpha_1$	A	$t_p$	V	$\alpha$	$\alpha_1$	A	$t_p$	V	$\alpha$	$\alpha_1$	A
385°C	60	67,9	12,5	2,1	0,13	64	65,8	15,6	2,6	0,12	62	66,5	15,4	2,8	0,13
	63	67,2	13,3	2,1	0,12	64	66,4	15,2	2,3	0,13	64	66,8	15,8	2,9	0,12
395°C	66	65,8	12,9	2,3	0,14	70	64,6	15,6	2,6	0,13	66	67,3	15,9	2,9	0,12
	66	66,3	14,0	2,3	0,13	72	65,8	16,2	2,7	0,14	64	66,5	15,0	2,7	0,11
405°C	73	63,4	14,4	3,5	0,14	75	63,2	16,3	2,7	0,13	68	64,2	15,4	2,9	0,11
	74	63,2	16,7	3,5	0,13	76	62,5	16,9	3,1	0,12	70	64,3	15,3	3,2	0,11

Выполненные расчеты позволили получить уравнения регрессии, отражающие связи между влияющими факторами и параметрами, характеризующими качество.

В таблице 3 приведена система уравнений, представляющая собой математическую модель в натуральных переменных.

Таблица 3 - Регрессионные уравнения показателей качества пека

Параметр	Уравнения регрессии
Температура размягчения, °C	$f_1(G, T) := 1344.79 + 21.299G - 7.953T - 3.125 \cdot 10^{-2} \cdot G \cdot T - .241 \cdot G^2 + 1.143 \cdot 10^{-2} \cdot T^2$
Выход летучих, %	$f_2(G, T) := -1188.235 - 6.143 \cdot G + 6.814 \cdot T + 9.375 \cdot 10^{-3} \cdot G \cdot T + 6.519 \cdot 10^{-2} \cdot G^2 - 9.07 \cdot 10^{-3} \cdot T^2$
Содержание $\alpha$ -фракции, %	$f_3(G, T) := 568.342 + 12.193G - 3.466T - 2.438 \cdot 10^{-2} \cdot G \cdot T - 6.519 \cdot 10^{-2} \cdot G^2 + 5.07 \cdot 10^{-3} \cdot T^2$
Содержание $\alpha_1$ -фракции, %	$f_4(G, T) := 347.11 + 2.601 \cdot G - 1.913T - 6.875 \cdot 10^{-3} \cdot G \cdot T + 4.0 \cdot 10^{-3} \cdot G^2 + 2.64 \cdot 10^{-3} \cdot T^2$
Зольность, %	$f_5(G, T) := -7.625 + 6.971 \cdot 10^{-2} \cdot G + 3.618 \cdot 10^{-2} \cdot T - 1.25 \cdot 10^{-4} \cdot G \cdot T - 5.813 \cdot 10^{-4} \cdot G^2 - 4.3 \cdot 10^{-5} \cdot T^2$

Для удобства пользования разработанной математической моделью процесса получения пека на ректификационной колонне разработана номограмма, дающая возможность легко определять основные показатели качества пека при заданных условиях технологического

$T_H, ^\circ C$

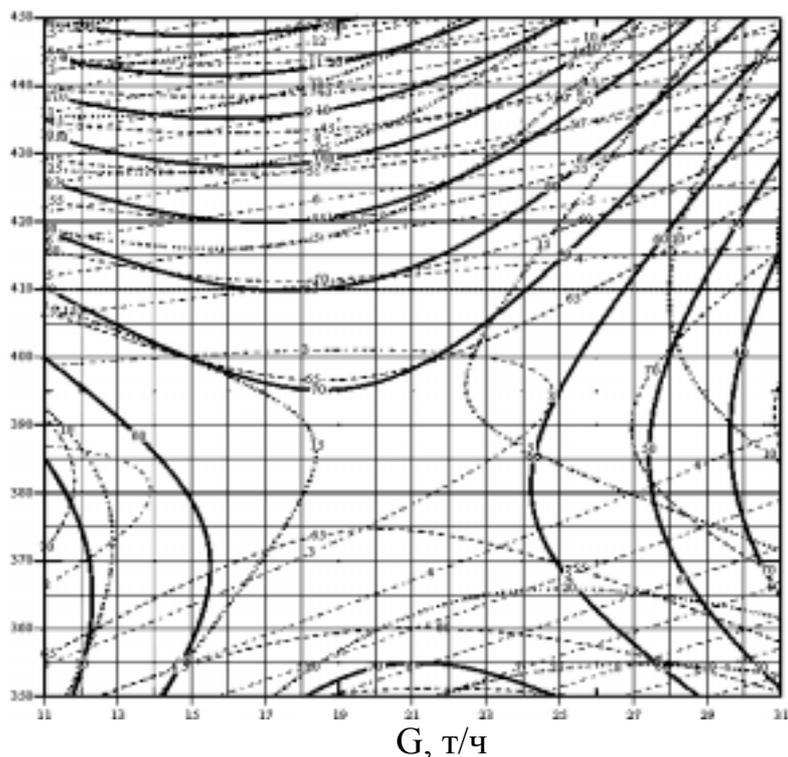


Рисунок 2 – Номограмма для определения показателей качества пека

режима (рис.2). Следует учитывать, что на номограмме представлен достаточно широкий диапазон изменения технологических параметров - расхода и температуры смолы, который превышает факторную область проведения эксперимента. Поэтому применимость модели за ее пределами является прогнозной, поскольку адекватность модели экспериментально подтверждена только в границах промышленного эксперимента.

## Выводы

1. Разработана математическая модель процесса получения пека на ректификационной колонне в условиях смолперегонного цеха ОАО АКХЗ.
2. Полная квадратичная модель адекватно описывает существующий технологический процесс производства пека в заданной области влияющих факторов, а именно:  $15 \leq G \leq 23$  т/ч и  $385 \leq T \leq 405^\circ$ .
3. Построенная для основных качественных характеристик пека номограмма в зависимости от температуры нагрева и расхода смолы позволяет прогнозировать качество получаемого пека в широком диапазоне изменения технологических режимов.