

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
ПРОГНОЗА ВЫХОДА ОСНОВНЫХ  
ПРОДУКТОВ КОКСОВАНИЯ И РАСЧЁТА  
НОРМ РАСХОДА СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ**

© 2009 Рубчевский В.Н., к.т.н.,  
Чернышов Ю.А., к.т.н., Ткалич Г.Н.,  
Шабельникова Г.В.  
(ОАО «Запорожжкокс»),  
Журавский А.А., к.т.н.,  
Шульга И.В., к.т.н., Торяник Э.И., к.т.н.,  
Беликов Д.В. (УХИН)

---

*Разработан комплекс прикладных программ, основанных на используемых и утвержденных нормативных методиках расчёта расходов сырья и материалов в основном производстве и прогноза выхода основных продуктов коксования. Используя данные программы можно смоделировать различные технологические ситуации и, проанализировав их, оптимизировать работу коксохимического производства.*

*A set of applications system based on the use of approved and standard methods for calculating the costs of raw materials in production and forecast output of major products of coking is developed. Using these programs can be simulated and analyzed various technological situations to optimize the production of coke.*

Ключевые слова: коксохимическое производство, выход продуктов коксования, расход сырья и материалов, автоматизированная система.

**Р**азработка автоматизированных систем позволяет существенно сократить продолжительность выполнения расчётов и снижает вероятность ошибок. На ОАО «Запорожжкокс» вычислительная техника широко применяется для проведения технологических расчётов, что значительно упрощает работу персонала, а также дает возможность проанализировать несколько вариантов работы предприятия и выбрать оптимальный. Такой анализ, в соответствии с кибернетическим законом необходимого разнообразия, является обязательным условием эффективной работы любой системы [1].

Программное обеспечение автоматизированных систем должно удовлетворять следующим требованиям:

- алгоритмы расчёта должны базироваться на применяемых в подотрасли и утвержденных в установленном порядке методиках, отражающих современные условия работы предприятий;
- программы должны быть достаточно простыми в применении и не вызывать трудностей при работе с ними пользователей со средним уровнем подготовки, соответствующей определенной квалификации;
- разрабатываемые программы должны быть устойчивыми к некомпетентному вмешательству, т.е. иметь соответствующую защиту, которая не допускает повреждения данной программы в случае случайного или преднамеренного воздействия.

Материальный баланс коксования										
Внимание! Заполнять можно только незакрашенные столбцы таблицы										
1. Исходные данные										Таблица 1.1
Наименование марки, ЦОФ	Процент участия	Кол-во (тыс.т)	Элементный анализ, %				Технический анализ, %			
			C <sup>daf</sup>	H <sup>daf</sup>	N <sup>daf</sup>	O <sup>daf</sup>	A <sup>d</sup>	S <sup>d</sup>	W <sub>p</sub>	W <sup>daf</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Г</b>										
Добропольская	1,01	53,5	82,9	5,5	1,7	7,9	10,2	1,35	10,2	33,4
Октябрьская	4,74	252	83,7	5,8	1,4	7,3	11,3	2,56	9,4	32,4
Комсомольская	2,35	125	83,8	5,7	1,5	7,1	9,8	0,5	8,5	33,5
Белореченская	4,70	250	80,9	5,6	1,8	9	10,1	1,25	9,8	31,2
Стахановская	2,07	110	83,1	5,8	1,4	8,3	9,2	1,48	10,1	34,2
<b>!1</b> Всего	<b>14,86</b>	<b>790,50</b>	<b>82,69</b>	<b>5,7</b>	<b>1,6</b>	<b>8,0</b>	<b>10,3</b>	<b>1,6</b>	<b>9,5</b>	<b>32,5</b>
<b>ГЖО+Ж</b>										
Печерская	4,74	252	85,4	5,4	2,3	5,9	9,8	1,29	9,2	34,2
Кузнецкая	8,46	450	85,3	6	2,6	5,3	9,9	1,45	10,8	33,4
<b>!0</b> Всего	<b>13,20</b>	<b>702,00</b>	<b>85,34</b>	<b>1,9</b>	<b>2,5</b>	<b>5,5</b>	<b>9,9</b>	<b>1,39</b>	<b>10,2</b>	<b>33,7</b>
<b>ГЖ</b>										
Антоновская	6,62	352	84	6	2,8	6,8	9,8	1,29	9,2	34,2
<b>!9</b> Всего	<b>6,62</b>	<b>352,00</b>	<b>84,0</b>	<b>6,0</b>	<b>2,8</b>	<b>6,8</b>	<b>9,8</b>	<b>1,29</b>	<b>9,2</b>	<b>34,2</b>
<b>Ж</b>										
1 Киевская	2,35	125,2	86,1	5,4	1,7	4,4	10,2	1,35	10,2	33,4
2 Дзержинская	1,90	101	85,7	5,5	1,7	4,9	11,3	2,56	9,4	32,4

Рис. 1 Таблица исходных данных для расчёта материального баланса

Для проведения автоматизированных расчётов материального баланса коксования используется программа «Mat. balans», разработанная совместно ОАО «Запорожжкокс» и УХИНОм, позволяющая по характеристикам поступающих углей и их количеству рассчитывать фактический марочный состав шихты, её технологические свойства и, с учетом параметров подготовки и коксования шихты, осуществлять прогноз выхода

основных продуктов коксования. При работе с программой оператору достаточно ввести в таблицу исходных данных характеристики поступающих (или планируемых к поставке) углей (рис. 1). Дальнейшие расчёты – процентное участие каждой марки в шихте, её состав, характеристики качества полученной шихты – происходят в автоматическом режиме (рис. 2).

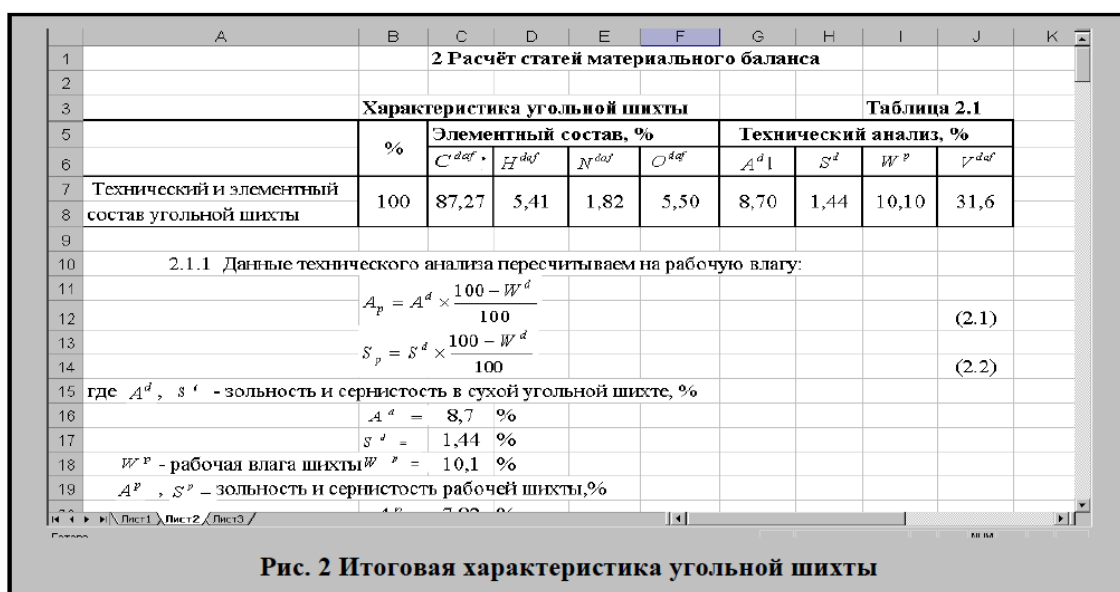


Рис. 2 Итоговая характеристика угольной шихты

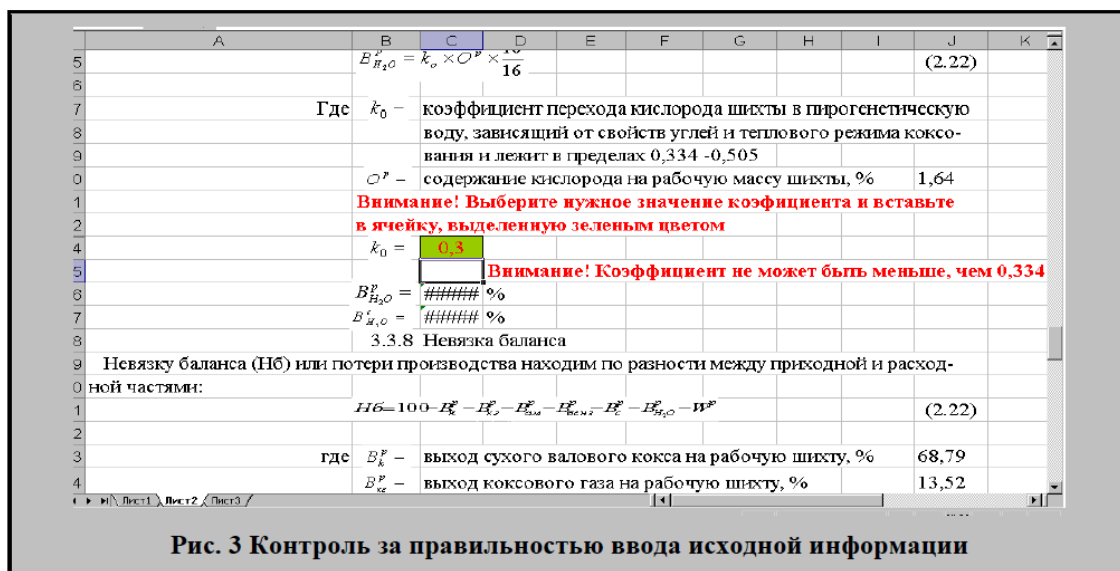


Рис. 3 Контроль за правильностью ввода исходной информации

При необходимости анализа полученного расчёта компьютер выведет на экран монитора подробный её ход (рис. 2). Программа построена таким образом, чтобы исключить несанкционированный доступ. При попытке ввести данные в ячейки, запрещенные к доступу, программа блокируется и на экран выводится соответствующее сообщение. Кроме того, компьютер отслеживает правильность введения исходных данных и, в случае ошибки, также блокирует работу программы и выводит информацию об этом (рис. 3).

В конце расчёта на экран выводится итоговая таблица прогнозных значений выхода кокса и основных продуктов коксования. Для наглядности полученная информация может быть представлена в виде диаграммы (рис. 4).

Используя компьютер, можно проанализировать несколько вариантов состава и свойств исходной шихты и, используя известные эмпирические зависимости между показателями качества шихты и выходом основных продуктов коксования, например [2-4], определить выходы получаемых продуктов для различных составов шихт. На основании этого возможен выбор оптимального варианта ведения технологического процесса. Если известные зависимости неприменимы, то, проведя ряд активных или пассивных экспериментов и используя известные методики обработки опытных данных [5], можно получить зависимости типа «свойства исходного сырья – выхода продуктов» для исследованной области измерения характеристик шихты. Такая информация открывает прямой путь к оптимизации всего производственного процесса.

В качестве критерия оптимизации следует выбрать технико-экономические показатели, учитывающие получаемый положительный технический результат и затраты, необходимые для его достижения [6].

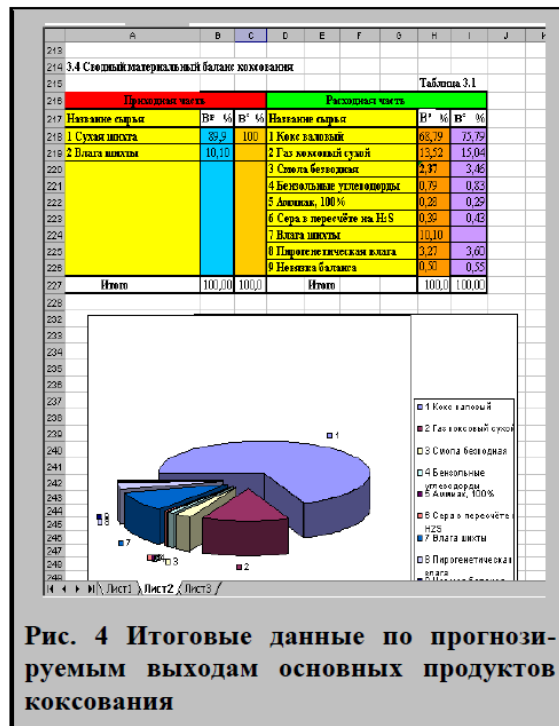


Рис. 4 Итоговые данные по прогнозируемым выходам основных продуктов коксования

Для планирования и обоснования производственных программ подразделений коксохимических предприятий Украины УХИНОм были разработаны «Методические рекомендации по планированию и учёту объёмов производства основных видов продукции коксохимических предприятий» (далее – «Методические рекомендации»)\* [4].

Методические рекомендации разработаны с учётом современных требований хозяйственного законодательства, отраслевой нормативно-технической документации, специфических особенностей коксохимического производства.

Разработанные «Методические рекомендации» установили единый методологический подход к формированию годовых и оперативных планов производства основных цехов коксохимического предприятия в

\* Методика разработана под руководством к.э.н. Коглярова Е.И.

натуральном (условно-натуральном) выражении.

Для облегчения работы персонала коксохимических предприятий с «Методическими рекомендациями» нами было разработано программное обеспечение, которое позволит упростить, облегчить и ускорить выполнение указанных расчётов.

Для того, чтобы пользователям было легче ориентироваться в электронных таблицах, их различным разделам была присвоена разная цветовая кодировка.

На каждый из переделов коксохимического производства отводится по два листа электронных таблиц Microsoft Excel различного формата. Первый лист представляет собой таблицы ввода исходных данных и вывода итогов расчётов. С его помощью возможен быстрый просмотр итогов расчёта практически сразу после ввода данных. Это позволяет быстро проанализировать несколько возможных вариантов исходных данных (значений технологических параметров, степени превращения реагентов и т. д.) и выбрать из них оптимальный (рис. 5).

**Рис. 5 Лист ввода-вывода исходных данных и итогов расчёта**

№ п/п	Параметр	Обозначение	Размерность	Численное значение
1	Тип флотационной установки (1-линейная, 2-камерная флотация)			1
2	Содержание смол и масел в воде, поступающей на очистку	$X_{д}$	г/куб.м	200,0
3	Минимальная норма расхода железного купороса для обеспечения жизненной потребности микроорганизмов в микродоэлементе железа		г/куб.м	25,0

№ п/п	Параметр	Обозначение	Размерность	Численное значение
1	Норма расхода железного купороса на очистку сточных вод	$N_{жк}$	г/куб.м	40,0
1	Норма выполняется			

На втором листе приводится подробный расчёт, необходимый для проведения анализа различных составляющих норм расхода сырья и основных материалов (рис. 6).

Более сложным является расчёт производственной программы коксового цеха. При разработке компьютерной программы были использованы материалы нескольких разделов «Методических рекомендаций», что дало возможность получить прогноз не только выхода валового кокса, ресурсов коксового газа и химических продуктов коксования, но и выхода товарных классов кокса от валового.

Расчёт производственной программы коксового цеха состоит из следующих этапов:

- прогнозирование выхода валового кокса, ресурсов газа и химических продуктов;
- расчёт производственной мощности цеха;
- расчёт объёма производства валового кокса и его отдельных товарных фракций.

**Рис. 6 Вывод итоговых расчётов по переделу**

1	14.1 Нормирование расхода купороса железного			
2	(расчет)			
3				
4	14.1.9.1 Норма расчёта железного купороса на очи для импеллерной установки			
5	определяется по формуле:			
6				
7	$N_{жк} = 0,2 X_{д}$			
8				
9	где $X_{д}$ - содержание смол и масел в воде, поступающей на			
10	очистку, 200 г/куб.м			
11				
12	$N_{жк} = 0,2 \times 200 = 40 \text{ г/куб.м}$			
13				
14	Данная величина принимается в качестве нормы расхода, поскольку она больше			
15	минимально необходимого количества (25 г/куб.м), необходимого для обеспечения			
16	жизнедеятельности бактерий			

При расчёте производственной программы часть массива исходных данных можно брать либо из программы «Mat. Balans» (рис. 7), либо (чтобы не проводить каждый день пересчет) брать данные ЦЗЛ.

Таким образом, совместное использование программы «Mat. Balans» и программы определения расхода сырья и основных материалов, позволяет предварительно оценить результаты изменения сырьевой базы. Накопив достаточный массив данных и

получив соответствующие эмпирические зависимости, можно создать математическую модель, с помощью которой возможен анализ влияния изменений сырьевой базы и технологического режима коксования на объем выпуска товарной продукции. Прогноз работы можно делать как ежемесячно, так и на год (рис. 8).

Планирование расхода материалов для проведения ремонтных работ на коксовых батареях в соответствии с Методическими рекомендациями [7] выполняется либо по укрупненным показателям либо с учетом конкретных объемов работ (рис. 9). При этом пользователь программы имеет возможность выбирать вид материала: ортофосфорную кислоту, жидкое стекло или готовую торкрет-массу.

– потери торкрет-массы при её изготовлении и использовании.

В случае большого количества дефектов огнеупорной кладки следует учитывать количество материалов, необходимых для ликвидации каждого из них. В программе имеется ячейка стандартного расчёта расхода кислоты для проведения определенного объема работ. При проведении нескольких видов ремонтных работ стандартная ячейка копируется, располагается за последней ячейкой предыдущего расчета, и в неё вводятся новые данные для следующего вида работ. При этом вновь образованная ячейка автоматически включается в общий расчёт. Перед стандартной ячейкой в программе имеется описание, как ею пользоваться, а сама ячейка выделена желтым цветом, чтобы облегчить оператору поиски границ копирования (рис. 9).

№	п/п	описание	единица	коэф.	значение
17	1	Выход летучих веществ из сухой массы шихты планируемый	$V_{M}^d$	%	28
18					
19	2	Выход летучих веществ из сухой массы шихты фактический	$V_{M}^d_{факт}$	%	29
20					
21	3	Содержание азота в шихте	$N^d$	%	2
22	4	Содержание серы в шихте	$S_1^d$	%	1,42
23	5	Коэффициент, учитывающий изменение выхода валового кокса при изменении выхода летучих на 1 %	$K_1$		0,636
24					
25	6	Коэффициент, учитывающий изменение выхода коксового газа при изменении выхода летучих на 1 %	$K_2$		0,26
26					
27					
28	7	Коэффициент, учитывающий изменение выхода наименьшей силы при изменении выхода летучих на 1 %	$K_3$		0,3
29					
30					
31					
34	8	Коэффициент, учитывающий изменение выхода сырого бензола при изменении выхода летучих на 1 %	$K_4$		0,18
35					
36					
37	9	Коэффициент, учитывающий степень перехода азота из исходного угля в аммиак	$K_{ам}$		0,17
38					
39	10	Коэффициент, учитывающий степень перехода серы из исходного угля в сероводород	$K_{св}$		0,31
40					
41	11	Толщина пластического слоя	$Z$	мм	14
42	12	Выход летучих веществ из сухой массы кокса	$V_k^d$	%	0,6

**Рис. 7 Таблица исходных данных для расчёта производственной программы коксового цеха**

Для расчёта потребности в реактивах при планировании конкретного объема работ учитываются следующие факторы:

- площадь дефектов кладки;
- глубина дефектов кладки;
- плотность торкрет-массы;



Пользователь может самостоятельно задавать вид материала, необходимого для проведения тех или иных ремонтных работ на различных коксовых батареях.

На последней странице располагаются итоговые таблицы, данные в которые заносятся автоматически по результатам выполненных расчетов. Итоговая страница, как и все остальные (кроме ячеек, предназначенных для ввода исходных

данных) защищена от постороннего вмешательства, поэтому произвольная корректировка данных в ней невозможна.

В качестве исходных данных для прогнозного расчёта расхода сырья и основных материалов можно использовать фактические показатели работ за предыдущий период, плановые показатели предстоящего периода, а также результаты расчёты по программе «Mat. Balans». В последнем случае выход программы «Mat. balans» соединяют с входом программы расчёта расхода сырья и материалов.

Таблица 3.3.1. Исходные данные				
№ п/п	Параметр	Размерность	Обозначение	Численное значение
<b>Характеристика дефектов, устраняемых при каждом виде работ</b>				
1	Площадь дефектов кладки	кв.м.	S	0,5
	Глубина дефектов кладки	мм	b	10
	Плотность торкрет-массы	т/куб.м.	p	1,35
	Массовая доля кислоты в торкрет-массе		W <sub>п</sub>	0,62
	Массовая доля кислоты в техническом продукте		W <sub>т</sub>	0,65
	Коэффициент, учитывающий потери торкрет-массы при ее приготовлении и использовании (рекомендуемое значение 1,3 - 1,5)		K	1,35
2	Площадь дефектов кладки	кв.м.	S	1
	Глубина дефектов кладки	мм	b	15
	Плотность торкрет-массы	т/куб.м.	p	1,35
	Массовая доля кислоты в торкрет-массе		W <sub>п</sub>	0,62
	Массовая доля кислоты в техническом продукте		W <sub>т</sub>	0,65
	Коэффициент, учитывающий потери торкрет-массы при ее приготовлении и использовании (рекомендуемое значение 1,3 - 1,5)		K	1,35

Рис. 9 Расчёт потребности в материалах при планировании объёмов ремонта коксовых батарей

### Выводы

Таким образом, разработанная нами автоматизированная система расчёта с использованием компьютерной техники даёт возможность оперативно произвести расчёт норм расхода сырья и материалов, прогнозировать выход основных продуктов коксования. Исследование взаимосвязи этих показателей с составами угольных шихт и технологическими параметрами производства является предпосылкой для оптимизации работы коксохимического предприятия.

### Библиографический список

1. Винер Н. Мое отношение к кибернетике: ее прошлое и будущее. – М.: Советское радио, 1963. – 61 с.
2. Вирозуб И.В., Лейбович Р.Е., Ивницкая Н.С. и др. Расчёты коксовых печей и процессов коксования с применением ЭВМ. – М.: Металлургия, 1989. – 348 с.
3. Телешев Ю.В., Кауфман С.И., Шептовицкий М.С. и др. Составление материального баланса процесса коксования // Кокс и химия. – 1997. – №1. – С. 19-25.
4. Инструкция по разработке норм расхода сырья и материалов на производство продукции (переработку сырья, выполнение работ) на коксохимических предприятиях. УНПА «УКРКОКС». Днепропетровск – Харьков, 2003.
5. Инструкция по планированию объёмов производства. УХИН, Харьков, 2001.
6. Телешев Ю.В., Обертенев В.Н., Олейников В.В. и др. Разработка и реализация технико-экономической модели выхода продуктов коксования // Кокс и химия. – 1997 – №7. – С. 36-39.
7. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976. – 390 с.
8. Байбурун В.Б., Кутенков Р.Н., Умнов Г.А. Методы планируемого эксперимента и их применение. ЦНИИ «Электроника». Обзоры по электронной технике. Вып. 5 (302). – М.: 1975 – 134 с.
9. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 610 с.
10. Журавский А.А., Торяник Э.И., Крышень И.Г. и др. Автоматическое построение математической модели функционирования объекта // Кокс и химия. – 2000. – №3. – С. 22-28.

Рукопись поступила в редакцию 30.09.2008