

ТМО при
производстве
извести



Сорока З.С.
М-ТЭ-18-1

Известняк - осадочная порода природного происхождения, состоящая из карбоната кальция. Карбонатная порода добывается во многих формах и классифицируется в зависимости от происхождения, химического состава, структуры и геологической формации. Залегаает во всем мире и является существенным сырьем для всех видов промышленности.

Продукты извести используют во многих областях. Крупнейшими потребителями извести в Российской Федерации являются металлургическая, химическая промышленность и промышленность строительных материалов. Также известь широко применяется в европейских странах в сфере защиты окружающей среды и сельском хозяйстве.

Таблица 1: Основные области применения извести

Область использования	Детали применения
Металлургия	Производство стали, цветных металлов
Строительство	Производство силикатных изделий
	Производство сухих строительных смесей
	Производство кладочных растворов
	Дорожное строительство (укрепление и стабилизация грунтов)
Химическое производство	Производство соды
	Производство химикалий
Пищевое производство	Производство сахара
Сельское хозяйство	Раскисление почв
	Обработка растений
Защита окружающей среды	Очистка сточных вод
	Очистка топочных газов
	Нейтрализация бурового шлама
Иные виды промышленности	Производство стекла
	Кожевенная промышленность
	Производство целлюлозы
	Отрасль энергетики
	Производство сахара

Виды извести:

Известь негашеная(комовая)



1) Негашеная комовая
(кипелка)

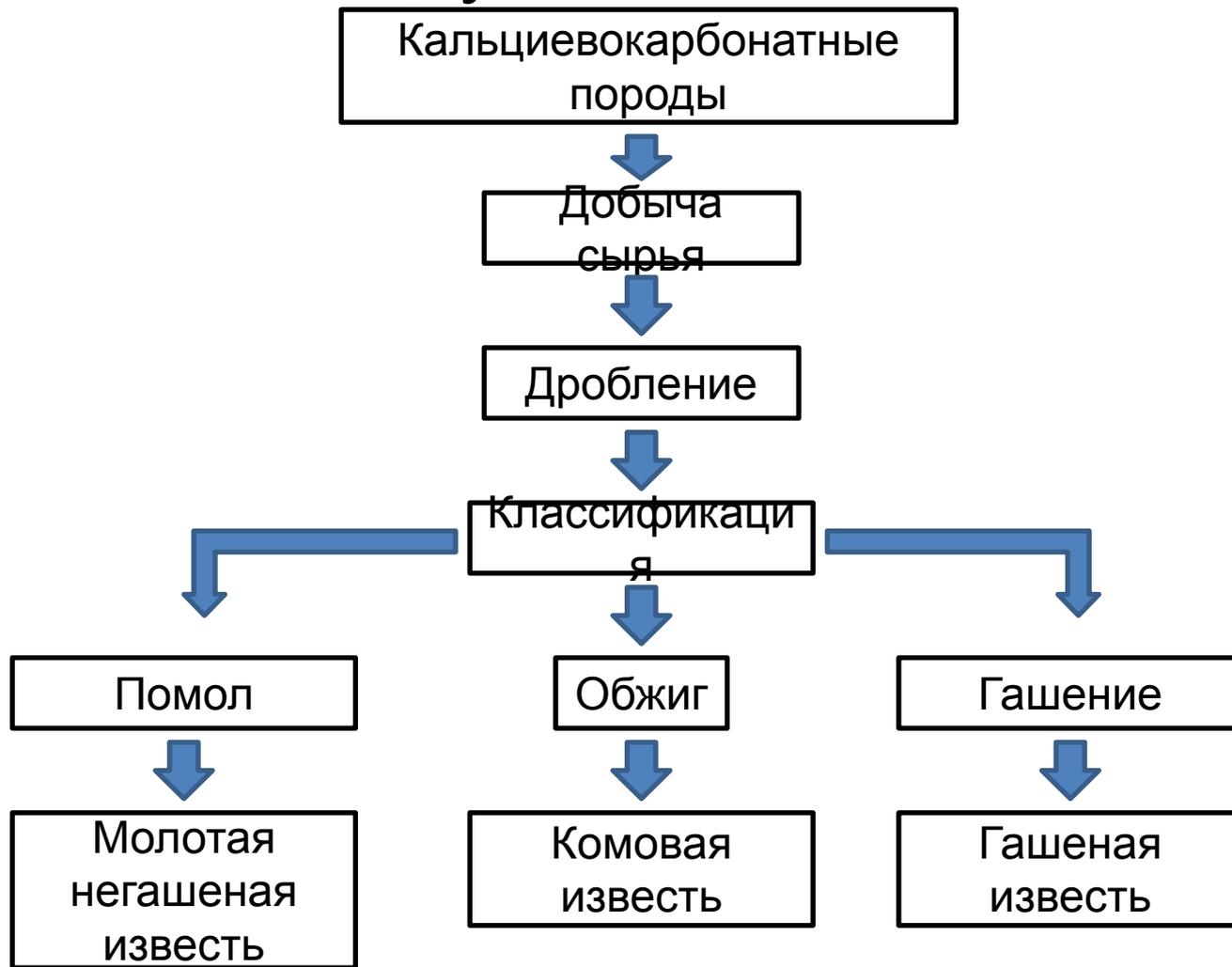


2) Молотая



3) Гашеная
(пушонка)

Схема получения строительной воздушной извести

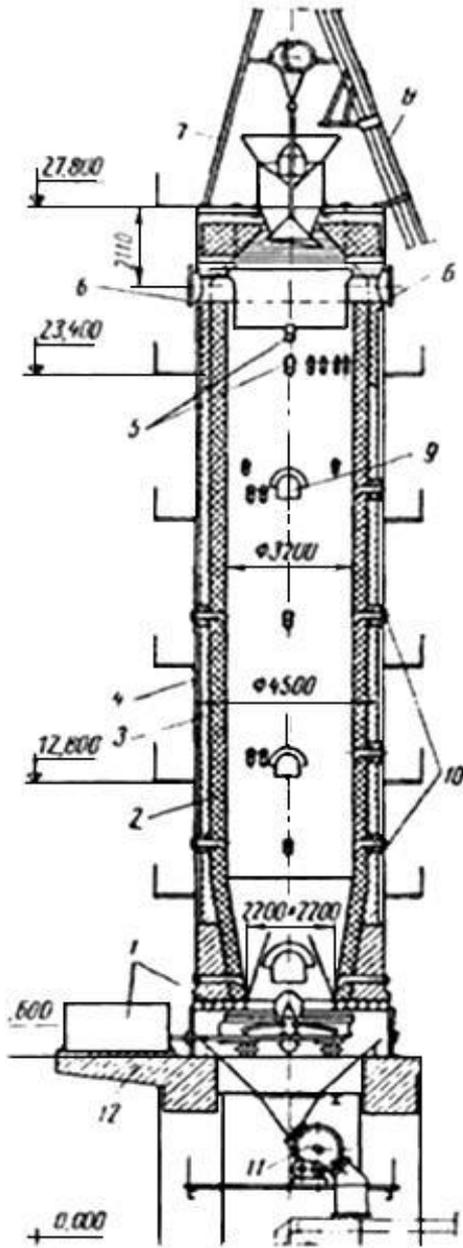


Основным процессом при производстве извести является обжиг, при котором известняк декарбонизируется и превращается в известь. Диссоциация карбонатных пород сопровождается поглощением теплоты. Реакция разложения углекислого кальция обратима и зависит от температуры и парциального давления углекислого газа. Диссоциация углекислого кальция достигает заметной величины при температуре свыше 600°C. Теоретически нормальной температурой диссоциации считают 900°C. В заводских условиях температура обжига известняка зависит от плотности известняка, наличия примесей, типа печи и ряда других факторов и составляет обычно 1100-1200°C. При обжиге из известняка удаляется углекислый газ, составляющий до 44% его массы, объем же продукта уменьшается примерно на 10%, поэтому куски комовой извести имеют пористую структуру.

Реакция обжига обратима и описывается уравнением:



Шахтная пересыпная печь производительностью 100 т извести в сутки

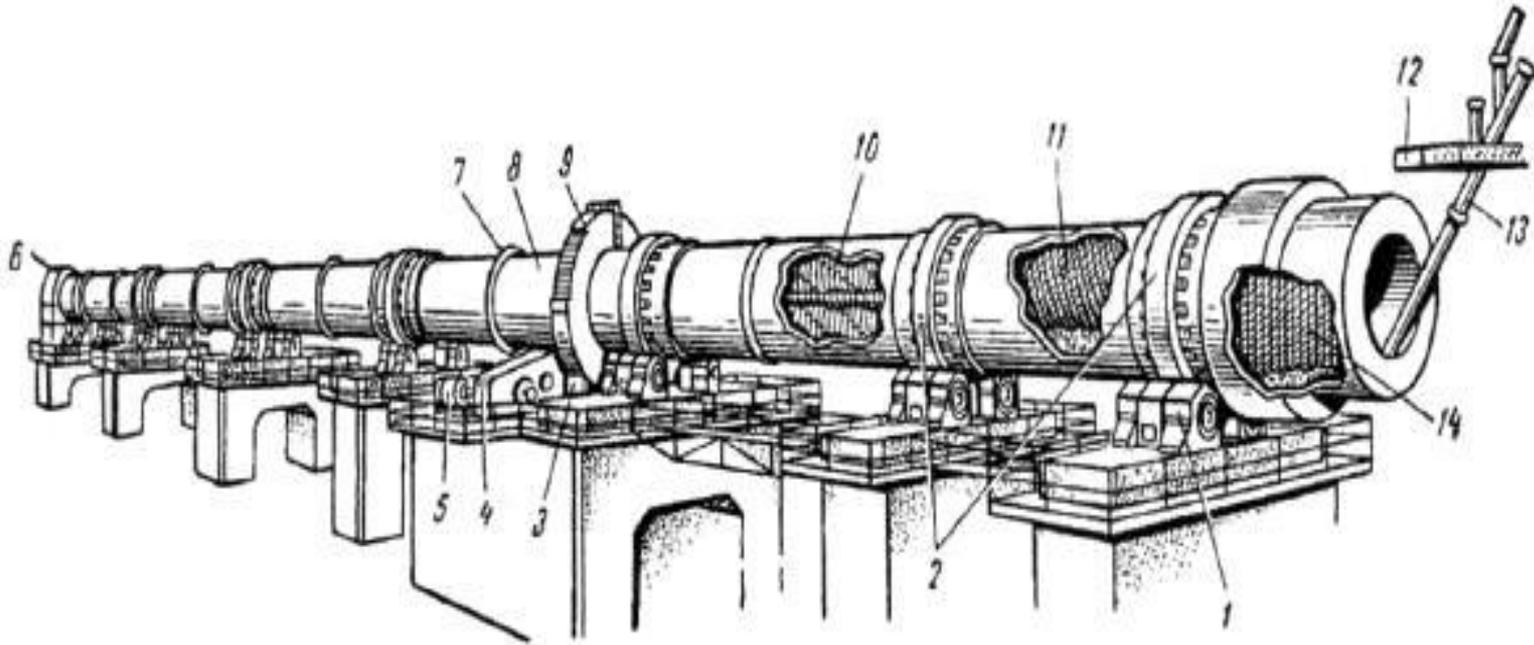


1 - выгрузочный механизм; 2 - футеровка; 3 - слой кладки из легковесного кирпича; 4 - слой теплоизоляционной засыпки; 5 - отверстия для установки датчиков уровнемера шихты; 6 - патрубки для отсоса газов; 7 - загрузочное устройство; 8 - скиповой подъемник; 9 - вспомогательные люки (лазы); 10 - гляделки; 11 -

Показатели	Производительность, т/сут			
	30	50	100	200
Высота печи, м:				
- рабочая	18,0	18,2	18,0	19,0
- строительная	27,2	27,2	27,8	34,6
Внутренний диаметр шахты, м	2,0	2,5	3,2	4,3
Полезный объем шахты, м ³	56,2	89,0	143,0	265,0
Съем извести в сутки:				
- с 1 м ² поперечного сечения, т/м ² сут	9,55	10,2	12,5	13,8
- с 1 м ³ полезного объема, т/м ³ сут	0,53	0,56	0,7	0,75
Расход условного топлива, кг/т	134	133	133	133

Таблица 2: Показатели шахтных пересыпных печей

Длинная вращающаяся печь



1 - роликовые опоры; 2 - бандажи; 3 - подвенцовая шестерня; 4 - редуктор привода; 5 - электродвигатель; 6 - головка печи; 7 - кольца жесткости; 8 - цилиндрический корпус; 9 - венцовая шестерня; 10, 11 и 14 - теплообменные устройства; 12 - пылесадительная камера; 13 - течка сырья

Гашение извести

Процесс **гашения извести** происходит по реакции:



Гашение — специфический технологический процесс, используемый только в производстве извести. Выделяющаяся теплота вызывает кипение воды, поэтому негашеную известь называют «кипелкой». Процесс гашения замедляется вследствие образования на поверхности известковых частиц тестообразного слоя продуктов гидратации, который препятствует доступу воды к внутренним слоям исходного зерна. Для ускорения гашения рекомендуется предварительно измельчать известь, энергично перемешивать гасящуюся массу, а также использовать подогретую воду. При перемешивании с поверхности зерен как бы «сдирается» гидратная пленка и открывается доступ к внутренним непрогасившимся слоям.

Теплопередача в шахтных известково-обжигательных печах

Шахтные печи работают по принципу противотока. Материал проходит последовательно зону подсушки и подогрева (850 °С), зону обжига и зону охлаждения. Зона тепловыделения обычно совпадает с зоной обжига и захватывает часть зоны охлаждения.

Зона обжига - зона с внутренним источником тепла.

Зона подогрева и охлаждения – рекуперативные зоны, утилизирующие тепло выходящих потоков.

Соотношение водяных эквивалентов потоков

Для оценки конечной температуры выходящего из печи газового потока и потока материала необходимо знать их водяные эквиваленты W .

W – расход воды (кг/ч), эквивалентный по теплоемкости данному конкретному потоку.

$$W = Kc / c_v$$

K – расход материала c_v - теплоемкость воды

Если $W_g > W_m$, то температура материала в результате завершеного теплообмена достигнет начальной температуры теплоносителя, а теплоноситель выйдет из теплообмена с избыточной температурой н.э.

В случае, когда $W_m > W_g$, при завершеном теплообмене, газы отдадут свое тепло материалу и охладятся до температуры поступающего материала

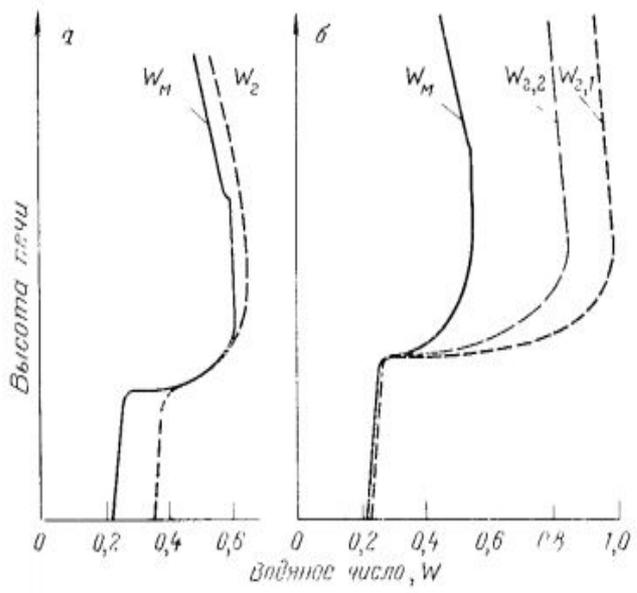
Уравнение для подсчета водяного эквивалента потока материала:

$$W_M \epsilon \frac{c}{c} * K_{каж} \epsilon \frac{p}{T} * \Gamma$$

Кажущаяся теплоемкость потока материала в зоне подогрева:

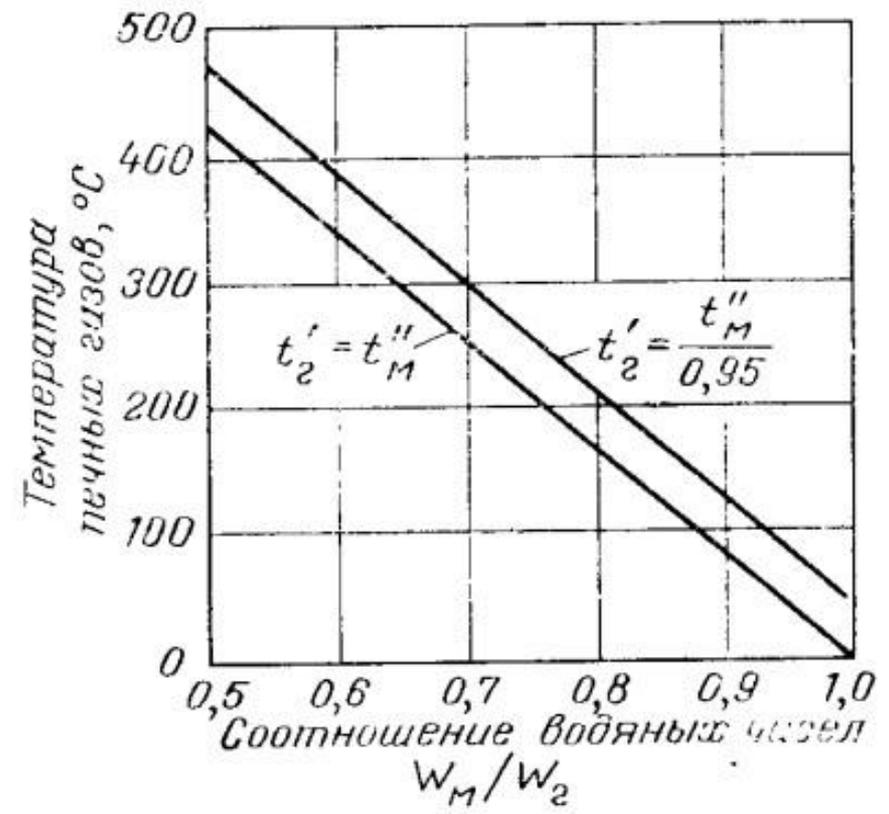
$$C_{каж}^c = \frac{K_c^c * c_c * \Delta t + Q_{H_2O} + Q_{MgCO_3}}{K_c \Delta t}$$

C_c - средняя теплоемкость сырья



Изменение водяных эквивалентов потоков (в относительных единицах) по высоте печи:

a — на твердом топливе; b — на газообразном топливе при использовании различных горелочных устройств.



Зависимость конечной температуры печных газов от соотношения водяных чисел

Теплообмен по зонам

печи

Температура газового потока изменяется по высоте следующим образом: температура поступающего в зону охлаждения воздуха=температуре окр. Среды и за счет теплообмена с обожженным материалом она увеличивается до 650 °С. Последующее нагревание в зоне охлаждения происходит за счет сгорания части топлива, в итоге температура газового потока увеличивается порядка до 1300 °С. В зоне обжига тепло интенсивно расходуется на покрытие эндотермического эффекта реакции диссоциации и температура газов постепенно снижается до 1100 °С. Далее в зоне подогрева тепло передается потоку материала и температура газов снижается до своего конечного значения.

Неодинакова и интенсивность теплопередачи по зонам. Наибольшая интенсивность приходится на зону обжига.

Низкая интенсивность теплообмена в зоне подогрева вызвана малыми перепадами давления.

- Процесс теплопередачи состоит из 2-х стадий:
- 1) Теплообмен между теплоносителем и поверхностью куска (внешняя задача)
 - 2) Теплопередача внутри куска (внутренняя задача)

В области одномерной фильтрации теплообмен в условиях вынужденной конвекции может быть выражен уравнением

$$Nu = f(Re, Pr) \quad \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{ц}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{п}}} = f(Bi)$$

Теплообмен внутри куска может быть охарактеризован уравнением

Где индексы п и ц относятся к поверхности и центру куска, критерий $Bi = \alpha d / 2\lambda$.

Значения коэффициентов теплоотдачи излучением
[ккал/(м²·ч·°С) = 1,163 Вт/(м²·К)]

при $20 < Re < 200$ $Nu = 0,106Re$

при $Re > 200$ $Nu = 0,61Re^{0,67}$

при $Re < 200$ $\alpha = 0,106Re \frac{\lambda_{\text{г}}}{d}$

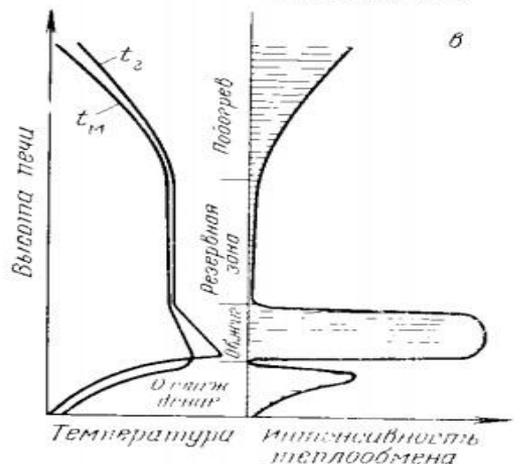
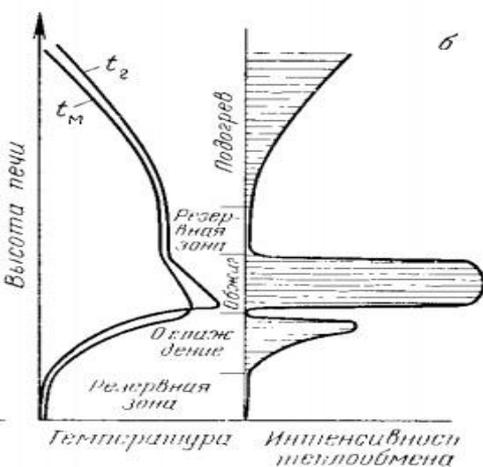
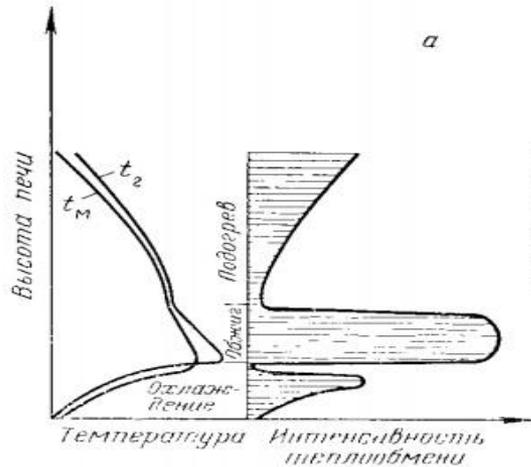
при $Re > 200$ $\alpha = 0,61Re^{0,67} \frac{\lambda_{\text{г}}}{d}$

$$\alpha_{\text{в}} = A_F \frac{V_0^{0,9} T^{0,3}}{d^{0,75}} M'$$

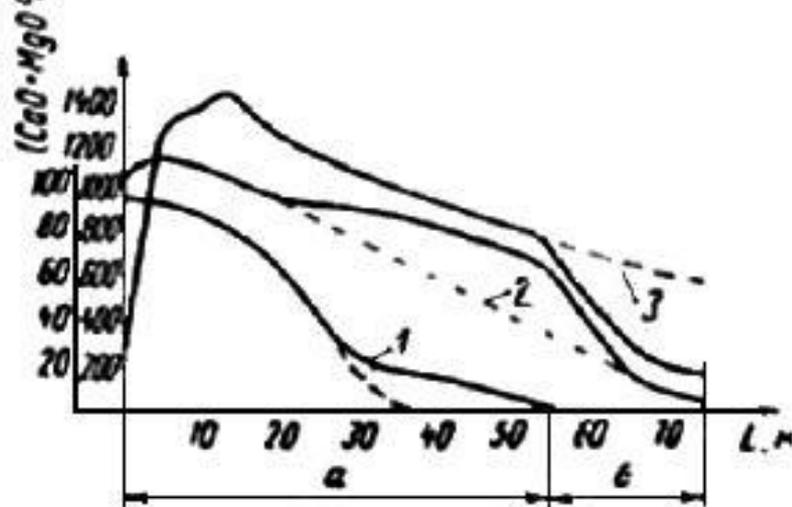
Температура поверхности извести, °С	Температура поверхности кокса, °С				
	1200	1300	1400	1500	1600
900	465	524	589	660	738
1000	516	578	646	720	800
1100	575	633	708	785	868
1200	630	702	775	855	942
1300	—	768	849	932	1022
1400	—	—	924	1016	1103
1500	—	—	—	1100	1203
1600	—	—	—	—	1297

Количество тепла, участвующего в теплообмене, по зонам

Зоны	Сухое сырье		Влажное сырье	
	кДж кг	%	кДж кг	%
Подогрева	483·4,19	34,5	728·4,19	44,3
Обжига	700·4,19	50,1	700·4,19	42,6
Охлаждения	215·4,19	15,4	215·4,19	13,1
Итого	1398·4,19	100,0	1643·4,19	100,0



Распределение температуры газов, материала и активности извести по длине вращающейся печи



Изменение температуры потоков и интенсивности теплообмена по высоте печи: а — высота печи обеспечивает заверченный теплообмен; б, в — высота печи превышает требуемую для заверченного теплообмена.

а - зона обжига и предварительного охлаждения печи; б - зона подогрева теплообменника; 1 - кривая активности извести; 2 - кривая температуры поверхности материала; 3 - кривая температуры газообразных продуктов