

<https://doi.org/10.3176/phys.math.tech.1964.3.07>

ЕМКОСТНЫЙ ДАТЧИК НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ МНОГОДИСКОВЫМИ ВАЛИКАМИ

Э. КЮННАП,

кандидат технических наук

При регулировании технологического процесса энергоklinkерной установки для изготовления портланд-цемента из сланцевой золы возник вопрос о дозировке сыпучих исходных материалов, от точности которой зависит качество выпускаемой продукции. В этой установке отходы тепла найдут энергетическое использование.

Добываемый из открытых карьеров сланец имеет значительное колебание содержания минеральной части. В цементе количество кальция в виде CaO , не влияя существенным образом на его качество, может колебаться в пределах $\pm 1 \div 3,5\%$ от номинального, равного $59 \div 64\%$ (в среднем 62%). Такие требования предъявляются и к регулятору состава шихты, который должен поддерживать в шихте такое количество CaCO_3 , чтобы в клинкере, после разложения шихты в топке, CaO осталось в пределах указанного количества.

В настоящее время наиболее распространены два вида анализа качества цемента: 1) определение содержания свободной извести в клинкере при помощи петрографического анализа в цеховых и заводских лабораториях и 2) определение веса клинкера. Первый способ очень длительный, а второй неточный, так как хотя между весом литра клинкера и содержанием свободной извести в клинкере существует зависимость, но объемный вес клинкера может изменяться в большом диапазоне и не содержать свободной извести. Однако на заводах периодически производится определение веса просеянного клинкера для установления настроечных параметров регуляторов и для получения некоторой качественной оценки работы печи с точки зрения ровности ведения процесса. Величину отклонения веса литра клинкера характеризуют изменения в режиме обжига, независимо от среднего веса литра клинкера.

В западных государствах широко применяется способ сухого производства цемента. Полной автоматизации производства, как и многих других непрерывных технологических процессов, еще нет. Автоматизированы лишь отдельные узлы, а ряд важных операций управляется еще вручную. В ФРГ разработана схема регулирования качества клинкера при помощи рентгенофлуоресценанализа. Для получения достоверных данных, хорошо совпадающих с данными химического анализа, время вышеуказанного анализа составляло $8 \div 16$ мин.

При анализе состава цемента вместо рентгеновских лучей используются лучи радиоактивных изотопов. На некоторых заводах США для этого применяется изотоп Am^{241} . Погрешность этих методов составляет $1 \div 5\%$ при времени измерения порядка нескольких секунд. Однако все эти установки измерения весьма громоздки.

Таким образом, технологические процессы изготовления высококачественного цемента практически не регулируются.

Качество клинкера считают удовлетворительным, если процесс обжига происходит при соответствующей температуре. Приведенные методы определения качества клинкера являются только контрольными и применяются лишь периодически. Применение этих методов в системах управления связано с большими трудностями из-за сложности установок и длительности получения результатов измерения. Это касается и опытов по применению оптического спектрального анализа.

В энергоklinkерной установке используется сухой способ изготовления материала для обжига. Исходя из условий прохождения технологического процесса, метод определения веса литра клинкера в данном случае трудно применять в качестве регулятора

состава шихты. Кроме того, как уже указывалось, в случае обжига клинкера до отсутствия свободной СаО в нем, вес литра клинкера не определяет его качества.

В установке, строящейся в ТЭЦ Кохтла-Ярве, исходный материал подается в топку для обжига в виде смеси пылевидного сланца и известняка, при этом кероген сланцевых частиц сгорает, а минеральные части сланца и известняка образуют химическое соединение клинкера. Если поддерживать температурный режим в топке в нужных пределах ($2000 \pm 25^\circ \text{C}$), то качество соединения SiO_2 с СаО зависит главным образом от процентного содержания CaCO_3 в смеси сланца и известняка.

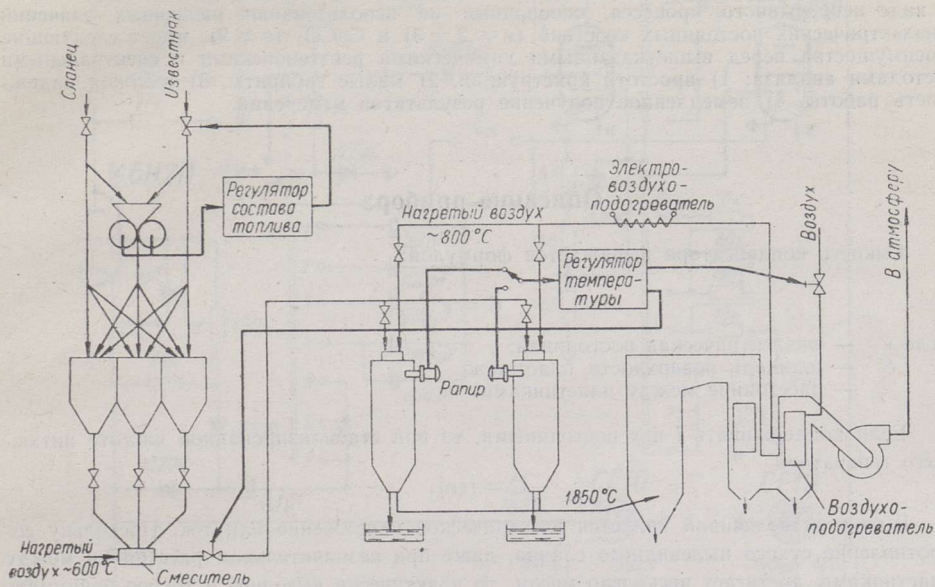


Рис. 1.

Упрощенная схема технологического процесса опытной промышленной установки для получения клинкера приведена на рис. 1. Топливо — сланец III сорта — подается ленточным транспортером в дробилку и оттуда в молотковую мельницу. Транспорт сланцевой и известняковой пыли в циклоны и их сушка производится дымовыми газами. Сланец и известняк подаются в промежуточные бункера, а оттуда через дозатор в циклонную топку. Клинкер, выходящий из топки, подвергается быстрому охлаждению водой. Часть дымовых газов используется также для нагрева воздуха, остальная часть тепла для энергетической цели.

Количество свободной окиси кальция в расплавленном клинкере, величина которого определяет качество клинкера, зависит от общего содержания СаО в нем, температурного уровня сгорания и режима охлаждения расплава. Количество свободной окиси кальция в охлажденном клинкере тем меньше, чем меньше в нем общее содержание СаО и чем больше температура расплава превышает температуру начала кристаллизации его. Номинальной температурой процесса горения в данной установке принята 2000° , т. е. на 150° выше уровня температуры кристаллизации трехкальциевого силиката (1850°). В данной установке применяют метод быстрого охлаждения расплавленного клинкера в воде.

В исходных материалах (сланец, известняк), кроме других компонентов (Al_2O_3 , Fe_2O_3 и др.) содержится еще MgO. В пределах одного карьера оно, как и другие компоненты, кроме CaCO_3 , почти постоянно, а по местонахождениям карьеров изменяется в пределах $2 \div 5\%$, (табл. 1).

Таблица 1

Компоненты	Раквере (5 скважин)		Вийвиконна (5 скважин)	
	от слоя А до F, %	от слоя А до Н, %	от слоя А до F, %	от слоя А до Н, %
SiO_2	21	20	21	20
Al_2O_3	5	5	6	6
Fe_2O_3	3	3	4	4
СаО	69	70	66	65
MgO	2	2	3	5

Таким образом, если стабилизировать в шихте количество CaCO_3 в допустимых пределах (CaO в клинкере $59 \div 65\%$), поддерживать температуру горения в топке в пределах $2000 \pm 25^\circ \text{C}$ и провести быстрое охлаждение клинкерного расплава (это предусмотрено по проекту), то заданное качество клинкера должно быть обеспечено.

По содержанию CaCO_3 состав сланца не постоянная и зависит главным образом от точности работы обогатительного узла топливоприготовительного цеха. Для обеспечения номинального содержания CaCO_3 в шихте необходимо осуществлять его постоянный контроль.

Предлагаемый способ определения относительного количества CaCO_3 в шихте в виде непрерывного процесса, основанный на использовании различных значений диэлектрических постоянных керогена ($\epsilon = 2 \div 3$) и CaCO_3 ($\epsilon \approx 9$), имеет следующие преимущества перед вышеуказанными химическими рентгеновскими и спектральными методами анализа: 1) простота конструкции, 2) малые габариты, 3) высокая надежность работы, 4) немедленное получение результатов измерения.

Описание прибора

Емкость конденсатора выражается формулой:

$$C = \epsilon \frac{S}{l},$$

где ϵ — диэлектрическая постоянная;
 S — площадь поверхности пластинок;
 l — расстояние между пластинками.

Если поддерживать l и s постоянными, то при стабилизированной частоте питающего генератора

$$C = f(\epsilon).$$

Выходной величиной является электрическое напряжение или ток. Поскольку сопротивление сухого пылевидного сланца, даже при незначительном расстоянии между пластинками, достигает несколько мегом, то практически выгоднее и точнее принимать в качестве выходной величины напряжение.

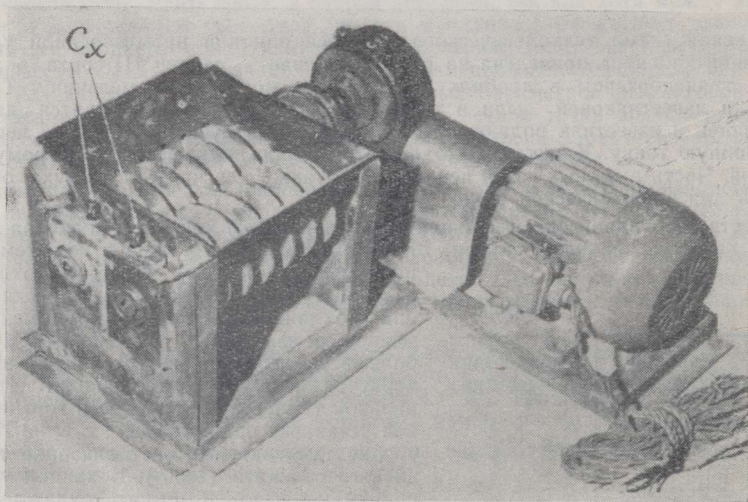


Рис. 2.

На рис. 2 показана фотография механической части прибора. Он состоит из измерительных вращающихся пластинок, диаметром $11,5 \text{ см}$ и рабочей поверхностью 190 см^2 , редуктора ($i = 40$) и электромотора, мощностью $0,6 \text{ кВт}$. На рис. 3 приведена схема его электронной части. Предусмотрено использовать два варианта — прямое измере-

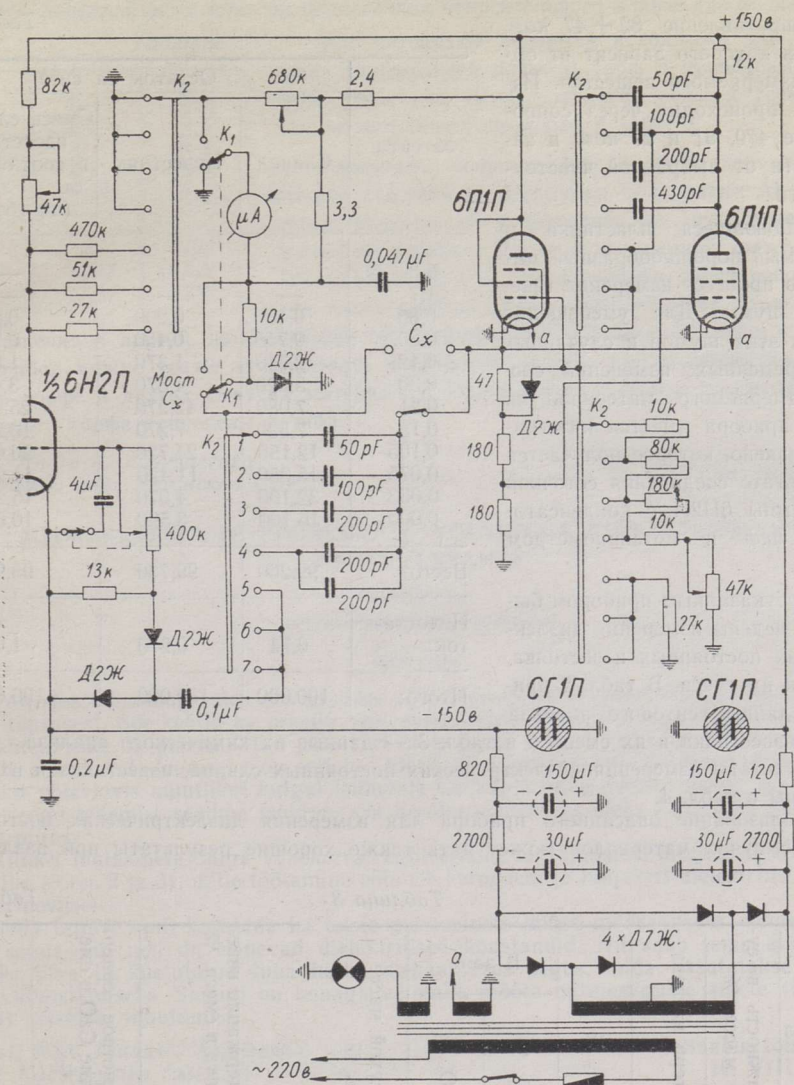


Рис. 3.

ние и измерение по мостовой схеме. Частоту мультивибратора можно выбирать 30, 60, 120 и 250 кГц. Результаты измерения, полученные при частоте мультивибратора 250 кГц, приведены ниже. Выходное напряжение взято от нагрузочного сопротивления катода. При прямом измерении выключатель K_1 находится в положении C_x , а выключатель K_2 , в зависимости от выбранной области измерения, в положении 1, 2, 3 или 4. Измеренный конденсатор C_x (или эталон 50, 100, 200 или 400 пФ) заряжается мультивибратором во время импульса через диод и разряжается во время отсутствия импульса через сопротивление 10 ком и амперметр 100 мкА. Между током и емкостью конденсатора имеется линейная зависимость. При измерении по мостовой схеме в качестве генератора переменного тока используется мультивибратор. Выключатель K_1 находится в положении «мост» и выключатель K_2 — в положении 5, 6 или 7. Переменный ток проходит конденсаторы C_x и 0,1 мкФ и выпрямляется двумя диодами. Отрицательное постоянное напряжение, которое возникает на сопротивлении 13 ком и зависит от величины C_x , управляет лампой 6Н2П, изменяя ее внутреннее сопротивление. Таким образом, лампа 6Н2П является одним плечом мостовой схемы, ее вторым плечом слу-

Таблица 2

жит сопротивление 82 + 47 ком, величина которого зависит от емкости измеряемого вещества. Измерение происходит через сопротивление 470, 51 и 27 ком, в зависимости от выбранной чувствительности.

Вращающиеся пластинки и измеряемый порошкообразный материал в процессе измерения генерируют шумы. Для уменьшения влияния этих шумов и случайных кратковременных изменений состава измеряемого материала на выходе прибора имеется интегрирующее звено, которое получается в результате соединения сеточной цепи лампы 6Н2П с конденсатором 4 мкф и потенциометром 400 ком.

Вышеуказанным прибором были произведены измерения диэлектрических постоянных известняка, сланца и их смеси. В табл. 2 приведены данные ситового анализа сланца известняка и их смеси и в табл. 3 — данные их химического анализа.

Результаты измерения диэлектрических постоянных сланца, известняка и их смеси приведены в табл. 4.

Использование описанного прибора для измерения диэлектрических постоянных разных сыпучих материалов может дать также хорошие результаты при различении

№ сита	Остаток на сите		
	Сланец	Известняк	Смесь сланца и известняка в соотношении 1:1 (по объему)
3,3	—	—	—
1,7	—	—	—
0,85	0,100	0,200	0,200
0,60	0,750	0,450	0,700
0,42	2,780	1,370	1,800
0,30	5,320	4,370	3,400
0,21	7,080	42,270	25,020
0,15	7,530	7,270	10,200
0,105	12,150	24,720	20,600
0,075	15,350	11,420	11,250
0,053	32,100	4,070	15,200
0,000	16,100	3,590	10,600
Всего:	99,260	99,730	98,970
Недостаток:	0,74	0,270	1,030
Итого:	100,000	100,000	100,000

Таблица 3

Материал	Влажность в сухой массе, %	Потери нагрева, %	Зола, %	В золе		В сухой массе CO ₂ , %
				CaO, %	MgO, %	
Известняк	0,15	41,20	58,80	47,34	3,6	40,86
Сланец	0,90	55,35	44,65	18,15	3,4	18,53

Таблица 4

Содержание известняка в смеси, %	Расчетное содержание CaO в смеси, %	Показания прибора, пф
0	18,53	260
20	23,00	290
40	27,47	320
60	31,93	340
80	36,40	360
100	40,86	380

Таблица 5

	Химический состав, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	SO ₃	CO ₂
Зола А-5	25,4	5,9	6,9	1,9	4,1	50,8	2,0	1,7
Песок	95,4	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 6

Содержание золы в смеси, %	Показания прибора, пф
0	10
25	60
50	120
75	190
100	260

песка от сланцевой золы или при определении относительного количества песка в золе.

Таблица 7

№ пробы	Влажность, %	Показания прибора, пф
1	0	192
2	14,17	312
3	17,87	352

Эти материалы являются исходными для изготовления минеральной ваты. В табл. 6 приведены результаты измерения смеси сланцевой золы и песка, а их химический состав приведен в табл. 5.

Емкостное сопротивление золы зависит также от степени гашения ее. Например, золе марки AI-4 со степенью гашения ее в автоклаве до 10% соответствует показание прибора 78 пф, а негашенной золе — 102 пф. Таким образом, при регулировании смеси используется два таких прибора: один для получения данных о степе-

ни гашения и другой, принимающий эту информацию для регулирования смеси.

Прибор можно также использовать в качестве датчика влагосодержания во фрезерном торфе и других сыпучих материалах. Результаты измерения влагосодержания фрезерного торфа приведены в табл. 7.

Институт кибернетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
16. VIII 1963

MITMEKETTALISTE PÖORLEVA TE VÖLLIDEGA PIDEVATOIMELINE MAHTUVUSTAJUR

E. Künnap,
tehnikateaduste kandidaat

Resümee

Paljudes tehnoloogilistes protsessides sõltub produkti kvaliteet lähteainete hulga vahekorra täpsusest. See kehtib ka praegu veel uurimisejärgus oleva energoklinkriseadme kohta, kus lähteaineiks on peenendatud põlevkivi ning paekivi, produktiks aga klinker ja soojusenergia auru kujul. Joonisel 1 on esitatud tööstusliku katseseadme lihtsustatud skeem, mille kohaselt põlevkivis muutlikul hulgal leiduvale CaCO₃-le tuleb paekivi lisada sel määral, et pärast segu põlemist seadme tsüklon- või aerofontaankoldes oleks CaO hulk klinkris nõutavas piires.

Klinkri lähteainete hulga vahekorra reguleerimiseks valmistati pidevatoimeline mahtuvustajur (joon. 2 ja 3), mille töötamine põhineb kerogeeni ja lubjakivi dielektriliste konstantide erinevusel.

Seda tajurit saab kasutada ka teiste puisteainete hulga määramiseks nende mehaaniliselt segus, kui neil on erinevad dielektrilised konstandid. Nii saab tema abil määrata näiteks liiva ja kustutatud tuha hulka mehaaniliselt segus, mida kasutatakse mineraalvatil valmistamiseks. Samuti on temaga võimalik mõõta mitmesuguste ainete (näit. freesturba) niiskuse muutumist.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Küberneetika Instituut

Saabus toimetusse
16. VIII 1963

CONTINUOUSLY ACTING CAPACITOR TRANSDUCER WITH MULTIDISK ROTATING SHAFTS

E. Künnap

Summary

In several technological processes the quality of the output depends on the accuracy of the dose of the initial strew material.

In this particular case this problem concerns the regulation of the technological process of the energy-clinker equipment where the initial materials are oil shale and limestone, and the output is clinker and steam as thermal energy carriers.

In the initial material the amount of calcium carbonate must be regulated in the way that after combustion in fountain or cyclone furnaces the amount of calcium oxygen is within a fixed limit.

For this purpose a continuously acting capacitor transducer has been made, based on the difference of the dielectric constant of organic substance in oil shale and limestone.

The apparatus may also be used to measure the water content in strew materials.

Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Cybernetics

Received
Aug. 16th, 1963