

САХАРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

27

2

1971

Исследование динамических характеристик пневмогазовой сушилки с ротором-рыхлителем

Н. Д. САСИН

Верхнеднепровский крахмало-паточный комбинат

**Е. Н. ПИВЕНЬ, А. П. ЛАДАНИЮК,
Д. И. СКОБЛО**
КТИПП

На Верхнеднепровском крахмало-паточном комбинате в цехе производства кукурузных кормов ус-

тановлена пневмогазовая сушилка с ротором-рыхлителем, суточная производительность которой по сухому продукту влажностью 13% составляет по паспортным данным 50 т при влажности исходного продукта 60%. В качестве сушильного агента используется смесь воздуха с продуктами горения природного газа. Сушильная установ-

ка работает в режиме высоких температур (400°C) при параллельном токе продукта и сушильного агента. Она является быстродействующим и высокопроизводительным агрегатом и при оснащении ее средствами автоматизации можно достичь высоких экономических показателей. Как объект регулирования сушильная установка является многомерным объектом с распределенными параметрами, обладающими самовыравниванием [1, 2].

Работу сушильной установки характеризуют следующие параметры:

технологические—качественные и количественные показатели влажного и сухого продукта;

режимные — температура среды, относительная влажность среды;

теплотехнические, характеризующие тепловую работу топки и сушильной установки в целом — расход газа, качество сжигания газа, разрежение в топке и сушильной камере.

Основными величинами, определяющими процесс сушки, являются режимные параметры. Выбранные оптимальные температурный и влажностный режимы можно поддерживать постоянными, воздействуя на теплотехнические параметры сушильной установки. Как видно из параметрической схемы (рис. 1), работу пневмогазовой сушильной установки характеризуют свыше десяти различных величин, которые можно подразделить на регулируемые ($\theta_{2п}$, θ_y , $\theta_{см}$, φ , H_T) параметры, возмущающие ($G_{1п}$, $W_{1п}$, $\theta_{1п}$, θ_b , d_b , P_r , φ) воздействия и регулирующие (B_T , L_b , H_d) воздействия.

Для применения современных методов синтеза системы автоматического управления сушильной установки необходимы сведения о статических и динамических характеристиках. Наиболее целесообразно и достаточно точно можно получить указанные характеристики экспериментальным путем по каналам основных возмущений [2, 3]. Анализ параметрической схемы и технологического процесса, протекающего в данной сушильной установке, позво-

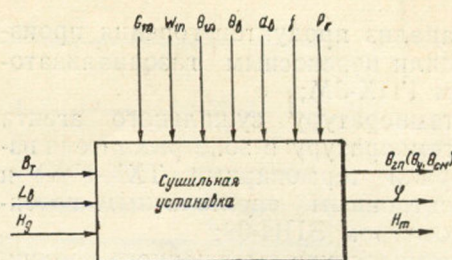


Рис. 1. Параметрическая схема сушильной установки:

B_T , L_b , $G_{1п}$ — расход соответственно топлива, воздуха, влажного продукта;
 $\theta_{1п}$, $\theta_{2п}$, θ_y , $\theta_{см}$, θ_b — температура соответственно влажного и сухого продукта, уходящих газов, среды перед циклоном, атмосферного воздуха;
 d_b — влагосодержание воздуха;
 φ — относительная влажность уходящих газов;
 H_d , H_T — разрежение соответственно перед дымососом и в топке;
 f — прочие возмущающие воздействия;
 P_r — давление газа перед горелками.

лил выбрать основные каналы для получения статических и динамических характеристик, определяющих свойства сушильной установки как объекта автоматизации.

Были исследованы температурные каналы сушилки по производственным возмущениям: расходу топлива на сжигание в топке, расходу влажного продукта (нагрузке) на сушку, разрежению перед дымососом.

Для этой цели данная сушильная установка была оснащена приборами контроля. При этом регистрировали следующие параметры:

расход газа определяли измерением перепада давления газа на измерительной шайбе трубным дифманометром ДТ-50 с последующим расчетом;

расход влажного продукта на сушилку измеряли взвешиванием отобранных порций на весах РН-10Ц13М;

влажность сырого и готового продукта измеряли в лаборатории методом высушивания навесок отобранных проб;

разрежение в топке, перед циклоном и перед дымососом измеряли тягомерами типа ТМ-П1 и У-образными манометрами;

анализ продуктов горения производили переносным газоанализатором ГПХ-3М;

температуру сушильного агента и температуру в зоне рыхлителя измеряли термодарами ТХК-У-ХУ и электронным трехточечным потенциометром ЭПП-09;

температуру высушенного продукта, уходящих газов, смеси сушильного агента с продуктом измеряли термометрами сопротивления типа ТСП-1 и шеститочечным электронным мостом ЭМП-69АМЗ;

расход вторичного воздуха, поступающего в камеру смешения, определяли расчетным путем — при этом скорость воздуха измеряли анемометрами чашечного и крыльчатого типов;

температуру газа измеряли термометром сопротивления ТСМ-Х и логометром ЛПР-53;

давление газа измеряли контрольным манометром типа МТИ-160×1 с классом точности 1.

Для уменьшения инерционности термопары, измеряющей температуру среды в зоне рыхлителя, и термометра сопротивления для измерения температуры готового продукта последние применяли без защитных чехлов.

Для определения динамических характеристик сушильной установки выбран наиболее распространенный метод — снятие кривых разгона

на — путем нанесения скачкообразного возмущения по исследуемому каналу [1, 3, 4] при стабилизации остальных возмущающих воздействий. Предварительная стабилизация нагрузки сушилки составляла от 10 до 15 мин, так как она обладает невысокой инерционностью.

Работа сушильной установки характеризуется довольно большой разбросанностью входных величин, как по времени, так и по величине. Это объясняется наличием оборудования периодического действия и отсутствием автоматизированных процессов, предшествующих процессу сушки. Для получения четких записей переходного процесса, не искаженных случайными флуктуациями, величину возмущающего воздействия принимали в отдельных случаях до 50% от максимальной [5]. В основном такие возмущения наносили при снятии кривой разгона по каналу разрежение перед дымососом — температура в разных точках сушильной установки. По каждому каналу проводили серию опытов при различных знаках и величинах возмущения. Затем кривые разгона усредняли.

На рис. 2, 3 и 4 приведены абсолютные значения отклонений температуры в разных точках сушильной установки от равновесного состояния при нанесении единичных скачкообразных возмущающих воздейст-

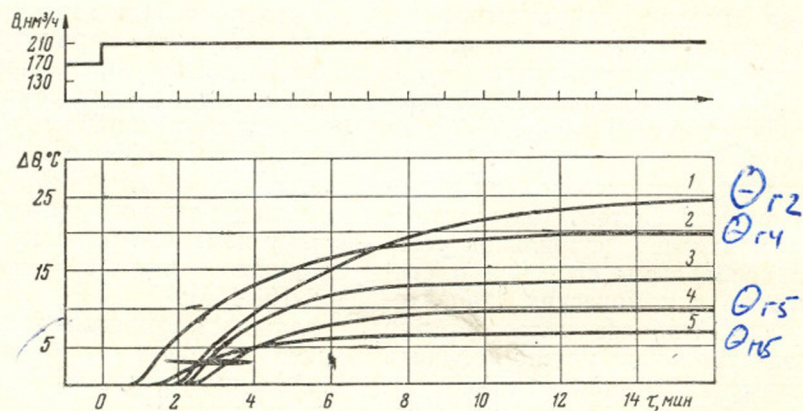


Рис. 2. Кривые разгона при возмущении подачи топлива на сжигание в топку:

1 — температура сушильного агента; 2, 3 — температура смеси сушильного агента с продуктом соответственно в зоне рыхлителя и перед циклоном; 4 — температура уходящих газов; 5 — температура высушенного продукта.

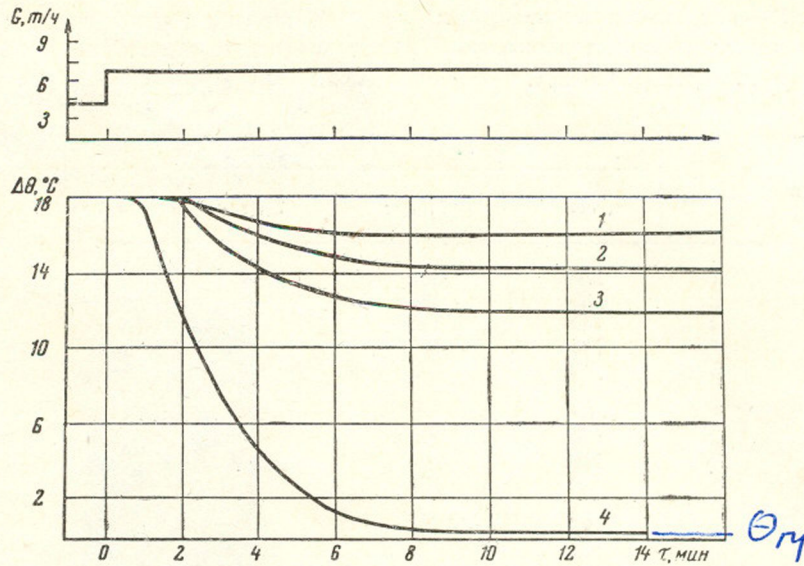


Рис. 3. Кривые разгона при возмущении подачи продукта в сушилку:
 1 — температура высушенного продукта; 2 — температура уходящих газов; 3, 4 — температура смеси сушильного агента с продуктом соответственно перед циклоном и в зоне рыхлителя.

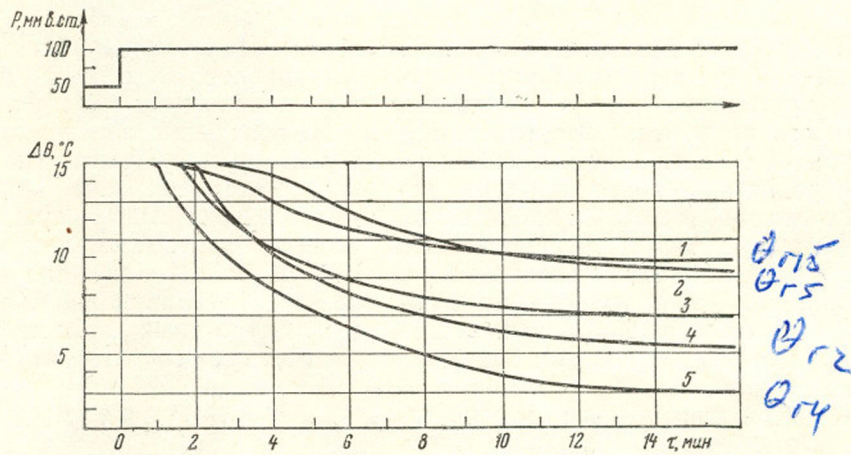


Рис. 4. Кривые разгона при возмущении разрежения перед дымососом:
 1 — температура высушенного продукта; 2 — температура уходящих газов; 3 и 5 — температура смеси сушильного агента с продуктом соответственно перед циклоном и в зоне рыхлителя; 4 — температура сушильного агента.

вий по каналам подачи топлива в топку, подачи продукта в сушилку и разрежения перед дымососом. Полученные кривые разгона могут быть аппроксимированы элементарными статическими звеньями I и II порядка и звеном чистого запаздывания, передаточные функции которых выражаются следующими формулами:

для статического звена I порядка

$$W(p) = \frac{Ke^{-p\tau}}{Tp + 1}$$

и для статического звена II порядка

$$W(p) = \frac{Ke^{-p\tau}}{T_1 T_2 \cdot p^2 + (T_1 + T_2)p + 1},$$

где K — коэффициент передачи объекта;

T_1, T_2, T — постоянные времена, сек;
 τ — время запаздывания, сек;
 p — оператор Лапласа.

Значения параметров, характеризующих динамические свойства установки, приведены в таблице.

Рисунок	Кривая разгона	Параметры				
		τ , сек	T , сек	T_1 , сек	T_2 , сек	K
2	1	120	300	—	—	0,72
	2	50	130	—	—	0,55
	3	130	135	—	—	0,42
	4	135	185	—	—	0,29
	5	80	—	50	85	0,17
3	1	90	—	60	90	1,06
	2	120	175	—	—	1,75
	3	110	120	—	—	3,16
	4	50	150	—	—	9,21
4	1	85	—	90	135	0,09
	2	168	—	102	180	0,14
	3	107	216	—	—	0,11
	4	120	480	—	—	0,21
	5	60	240	—	—	0,24

Примечание. Единицы измерения коэффициента K при расчете кривых, приведенных на рис. 2 приняты $^{\circ}\text{C}/\text{н.м}^3 \cdot \text{ч}$, на рис. 3 — $^{\circ}\text{C}/\text{т}/\text{ч}$ и на рис. 4 — $^{\circ}\text{C}/\text{м.м вод. ст.}$

Важнейшей выходной величиной сушильной установки является производительность ее и влажность готового продукта. Отсутствие надежных средств автоматического измерения влажности продукта делает необходимым принимать за выходную величину функционально или корреляционно связанный с влажностью один из косвенных показателей, который можно надежно измерить существующими средствами контроля.

К таким показателям можно отнести температуру уходящих газов, температуру высушенного продукта и температуру смеси сушильного агента с продуктом. Выбор одного из этих показателей в качестве выходной величины производится путем анализа параметров динамических характеристик установки по исследуемым каналам регулирования, причем необходимо учитывать также степень корреляционной связи косвенного показателя с влажностью готового продукта. Полученные динамические характеристики позволяют утверждать, что сушильная установка является многомер-

статическим объектом с самовывравниванием по всем основным каналам возмущения.

Полученные динамические характеристики могут быть использованы при математическом моделировании пневмогазовых сушилок как объекта автоматизации, а также при разработке системы автоматического регулирования и определения настроечных параметров автоматических регуляторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девятков Б. Н. Теория переходных процессов в технологических аппаратах с точки зрения задач управления. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1964.
2. Копелович А. П. Инженерные методы расчета при выборе автоматических регуляторов. М., Металлургиздат, 1960.
3. Кэмпбелл Д. П. Динамика процессов химической технологии. М., ГНТИХЛ, 1962.
4. Липика О. М. Определение динамических характеристик и параметров тепловых регулируемых объектов. М., АН СССР, 1963.
5. Анисимов И. В. Основы автоматического управления технологическими процессами нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Л., изд-во «Химия», 1967.