

Экспериментальные динамические характеристики выпарной установки для глюкозных сиропов

А. П. ЛАДАНЮК, Д. И. СКОБЛО, Е. Н. ПИВЕНЬ, В. И. БЕВЗ
КТИПП

Н. Д. САСИН

Верхнеднепровский крахмало-паточный комбинат

Выпарная установка (ВУ) на заводе патоки и глюкозы Верхнеднепровского крахмало-паточного комбината состоит из трех корпусов с поверхностью нагрева каждого 100 м^2 . Глюкозный сироп, содержащий 21—23% сухих веществ, уваривается до 53—55% сухих веществ.

Работу ВУ характеризуют такие основные параметры: концентрация уваренного сиропа после III корпуса, v_{III} ; температура кипения сиропа по корпусам t_{ki} ($i = 1, 2, 3$); давление пара в греющей камере I корпуса P_{nI} ; разрежение в III корпусе $P_{вIII}$; уровень сиропа по корпусам H_i .

С целью изучения динамических свойств объекта экспериментально получены кривые разгона ВУ при нанесении ступенчатых возмущений по разным входным параметрам. Экспериментальные динамические характеристики определяют переходные процессы в ВУ, учитывая также конструктивные и режимные факторы ВУ (величину поверхности нагрева, физико-химические свойства поступающего сиропа, тепловой режим, основные возмущающие воздействия). На основании динамических характеристик произведен выбор каналов регулирующих воздействий, типов регуляторов системы автоматического регулирования и определение параметров их на-

строек. По динамическим характеристикам составлена математическая модель ВУ и изучены свойства установки как объекта регулирования на электронных вычислительных машинах.

В качестве основных возмущающих воздействий приняты изменение давления пара в греющей камере I корпуса, изменение разрежения в III корпусе, изменение стока (притока) сиропа из корпуса ВУ. По каждому из каналов проводили пять-шесть опытов при различном значении величины возмущающего воздействия (знак возмущения также изменялся). Во время опытов регистрировали значения основных параметров ВУ и принимали меры для устранения возмущающих воздействий по другим каналам. Для этого ВУ была оснащена контрольно-измерительными приборами и автоматическими регуляторами. На рис. 1, 2, 3, 4 и 5 приведены усредненные кривые разгона по ряду каналов.

Обработку кривых разгона и получение уравнения объекта и его передаточной функции $W(p)$ производили последовательным логарифмированием кривой разгона [1 и 2]. Результаты обработки приведены в таблице.

Учитывая, что ВУ можно описать обыкновенным линейным дифферен-

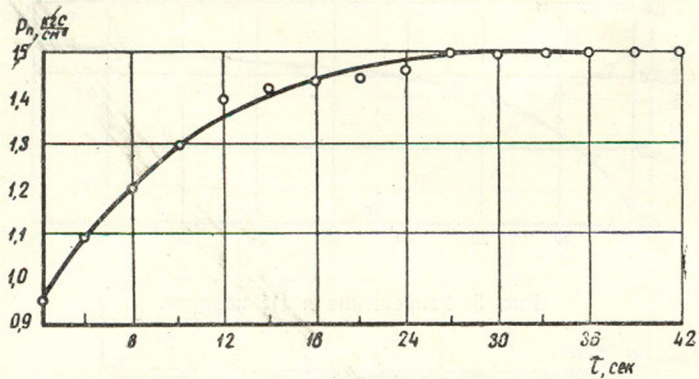


Рис. 1. Давление пара в греющей камере I корпуса.

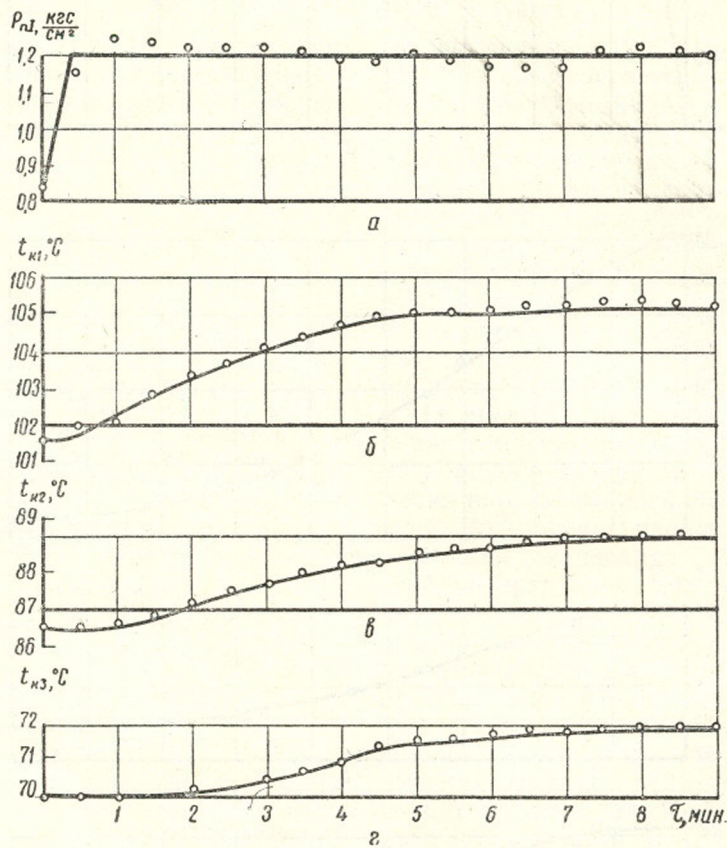


Рис. 2. Температура кипения сиропа по корпусам:
 а — возмущающее воздействие; б, в, г — температура кипения сиропа соответственно в I, II и III корпусах.

циальным уравнением с постоянными коэффициентами при нулевых начальных условиях, аппроксимация экспериментальной переходной функции (кривой разгона) решением такого дифференциального уравнения основывалась на следующих допущениях [2, 3]:

ВУ рассматривается как объект с сосредоточенными параметрами;

ВУ представляет собой линейный объект в малом, т. е. в диапазоне изменения ее параметров от равновесного состояния, вызванного внешними возмущениями;

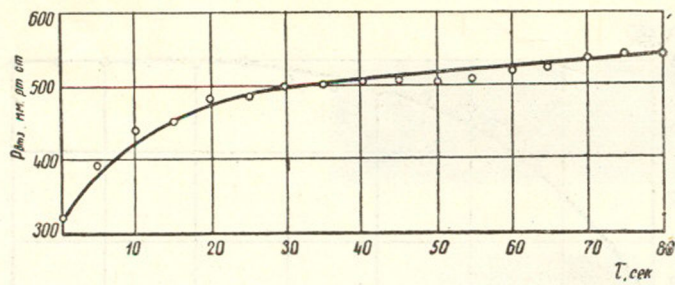
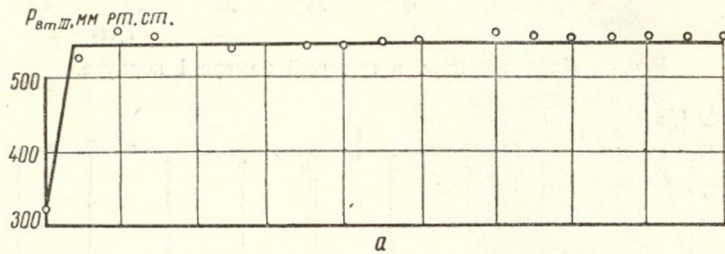
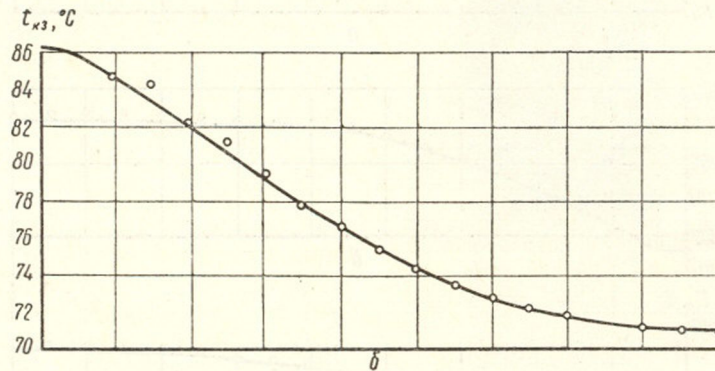


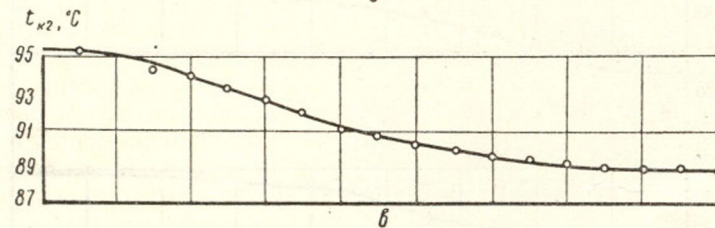
Рис. 3. Разрежение в III корпусе.



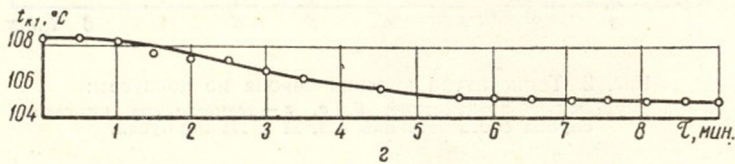
a



б



в



г

Рис. 4. Температура кипения сиропа по корпусам:
а — возмущающее воздействие; б, в, г — температура кипения сиропа соответственно в I, II и III корпусах.

динамические свойства ВУ постоянны во времени, так как длительность переходных процессов при эксперименте намного меньше времени изменения характеристик ВУ.

Учитывая, что ВУ представляет собой устойчивый объект с аperiodическими переходными процессами (за исключением изменения уровня сиропа в корпусах) и описывает-

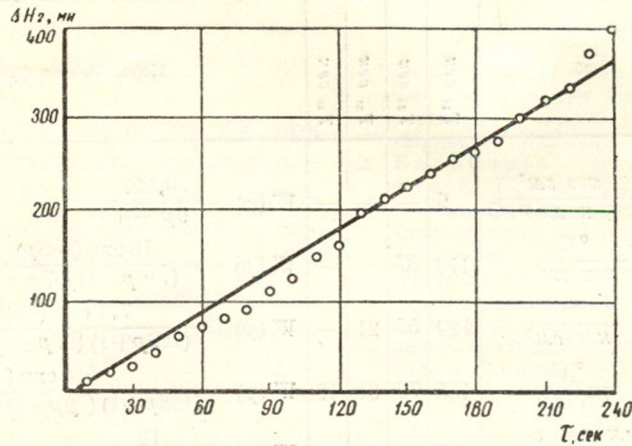


Рис. 5. Уровень сиропа во II корпусе.

ся дифференциальным уравнением с действительными отрицательными простыми корнями, аппроксимирующая передаточная функция имеет вид

$$W(p) = \frac{K_{об} \exp(-p\tau_{зап})}{\prod_{i=1}^n (T_i p + 1)}, \quad (1)$$

где $K_{об}$ — коэффициент передачи объекта ВУ по исследуемому каналу — отношение величины изменения параметра (после окончания переходного процесса) к величине ступенчатого возмущающего воздействия;

$\tau_{зап}$ — время чистого запаздывания, сек;

T — постоянная времени, сек;

n — порядок уравнения, $n = 1, 2, 3, \dots$;

p — оператор Лапласа.

Передаточной функции (1) соответствует переходный процесс

$$x(\tau) = C_0 + \sum_{i=1}^n C_i \exp(-\alpha_i \tau), \quad (2)$$

где $C_0 = x(\infty)$ — установившееся значение параметра после окончания переходного процесса при $\tau \rightarrow \infty$, (τ — текущее значение времени);

$C_i, \alpha_i = \frac{1}{T_i}$ — постоянные коэффициенты.

Все величины в выражениях (1) и (2) определяются из экспериментальных кривых разгона. Переходную функцию, полученную по уравнению (2), сравнивали с экспериментальной кривой разгона для подтверждения возможности аппрокси-

мации свойств ВУ выражениями (1) и (2). Все расчеты производили на ЭЦВМ «Проминь-М».

На рис. 1 представлена кривая разгона по каналу; давление пара в греющей камере I корпуса $P_{нI}$ — перемещение клапана подачи пара. Изменение давления происходит без запаздывания, вид переходной функции характерен для устойчивых одноемкостных объектов, описываемых дифференциальным уравнением первого порядка (см. таблицу).

На рис. 2 б, в, г показано изменение температуры кипения сиропа по корпусам t_{ki} при изменении давления пара в греющей камере I корпуса. Возмущение наносилось перемещением задатчика регулятора, стабилизирующего давление пара. Вид переходных функций характерен для многоемкостных объектов, каким является ВУ по этому каналу. Динамические свойства ВУ по этому каналу описываются дифференциальными уравнениями более высоких порядков (2—4). Передаточная функция соответствует передаточной функции цепочки одноемкостных объектов (звеньев) при последовательном их соединении.

На рис. 3 показано изменение разрежения $P_{втIII}$ в III корпусе. Возмущение наносилось перемещением задвижки на вакуумной линии барометрический конденсатор — III корпус ВУ. В конденсаторе разрежение поддерживалось постоянным. По этому каналу ВУ также представляет собой одноемкостный объект.

Рисунок	$\tau_{\text{зап}}, \text{сек}$	K_{06}	$T_1, \text{сек}$	$T_2, \text{сек}$	$T_3, \text{сек}$	$T_4, \text{сек}$	Передаточная функция
1	0	$0,027 \frac{\text{кгс/см}^2}{\% \text{ хода Р. О}}$	9	—	—	—	$W(p) = \frac{0,027}{9p+1}$
б	5	$10 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{°С}}$	110	37	—	—	$W(p) = \frac{10 \exp(-5p)}{(110p+1)(37p+1)}$
2 в	40	$7,1 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{°С}}$	129	57	21	—	$W(p) = \frac{7,1 \exp(-40p)}{(129p+1)(57p+1)(21p+1)}$
г	70	$5,4 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{°С}}$	155	79	31	18	$W(p) = \frac{5,4 \exp(-70p)}{(155p+1)(79p+1)(31p+1)(18p+1)}$
3	0	$12 \frac{\text{мм рт. ст.}}{\% \text{ хода Р. О}}$	23	—	—	—	$W(p) = \frac{12}{23p+1}$
б	10	$0,07 \frac{\text{мм рт. ст.}}{\text{°С}}$	152	63	—	—	$W(p) = \frac{0,07 \exp(-10p)}{(152p+1)(63p+1)}$
4 в	42	$0,03 \frac{\text{мм рт. ст.}}{\text{°С}}$	138	61	29	—	$W(p) = \frac{0,03 \exp(-42p)}{(138p+1)(61p+1)(29p+1)}$
г	58	$0,016 \frac{\text{мм рт. ст.}}{\text{°С}}$	146	72	31	16	$W(p) = \frac{0,016 \exp(-58p)}{(146p+1)(72p+1)(31p+1)(16+1)}$
5	0	$0,09 \frac{\text{мм/сек}}{\% \text{ хода Р. О}}$	—	—	—	—	$W(p) = \frac{0,09}{p}$

На рис. 4 б, в, г показано изменение температуры кипения сиропа по корпусам при изменении разрежения в III корпусе (рис. 4, а). Вид переходных процессов такой же, как на рис. 2. Однако в этом случае коэффициент передачи наибольший в III корпусе, так как он находится ближе к месту нанесения возмущающего воздействия. Воздействия по изменению давления греющего пара и разрежения в III корпусе распространяются на всю ВУ, изменяя ее режим работы.

На рис. 5 показано изменение уровня сиропа во II корпусе ВУ при нанесении возмущения по подаче сиропа в корпус. По виду переходной функции можно сделать вывод, что ВУ по этому каналу может быть представлена передаточной функцией интегрирующего звена.

$$W(p) = \frac{K_{06}}{p}, \quad (3)$$

где K_{06} — коэффициент передачи объекта, т. е. отношение тангенса угла наклона кривой разгона к амплитуде ступенчатого входного сигнала.

Вообще говоря, по этому каналу имеется самовыравнивание на выходе корпуса, однако величина его незначительна и в пределах допустимого изменения уровня сиропа в корпусе выпарной установки при эксперименте самовыравнивания не наблюдается.

Таким образом, исходя из полученных данных следует, что выпарная установка по параметрам, характеризующим процессы теплообмена, представляет собой устойчивый объект с самовыравниванием. Изменение уровня сиропа в корпусе практически происходит как в интегрирующем элементе без самовыравнивания.

Длительность переходных процессов различна: от 40 до 500 сек и определяется инерционностью ВУ и местом приложения возмущающих воздействий.

Изменение давления пара в греющей камере I корпуса и разрежения в III корпусе приводит к изменению теплового режима выпарной уста-

новки. Эти воздействия могут быть приняты в качестве регулирующих.

Динамические свойства ВУ при принятых допущениях описываются обыкновенными линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. Порядок уравнений и их коэффициенты определялись из экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симою М. П. Определение передаточных функций по временным характеристикам линеаризованных систем. «Приборостроение», 1958, № 3.
 2. Балакирев В. С., Дудников Е. Г., Цирлин А. М. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. М., изд-во «Энергия», 1967.
 3. Анисимов И. В. Основы автоматического управления технологическими процессами нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Л., изд-во «Химия», 1967.
-