



КАФЕДРА ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ

ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

**«Эксергетический КПД сушильной
установки»**

автор
руководитель

студент гр. 6/132 Рыгин М.В.
Шадрина Е.М.

Эксергия - максимальная работа, которую может совершить система при переходе из данного состояния в равновесие с окружающей средой, рассматриваемой как источник и приемник любых потоков энергоносителей (вода, пар, сырье, хим. продукты) и энергии (электрической, тепловая).

Общий эксергетический анализ сушильной установки включает:

- эффективность работы теплообменников;
- эффективность работы топочных устройств;
- эффективность процесса сушки.

Эксергетический КПД

- теплообменников – 50 – 60 %;
- топочных устройств - 30 – 40%;
- сушильных аппаратов – около 50 %.

Эффективность работы сушильных установок оценивают **удельными затратами теплоты** на 1 кг испаренной влаги:

$$q_{уд} = \frac{Q}{W}$$

Эффективность работы сушилок также оценивают **термическим КПД**, который показывает количество теплоты, пошедшее на испарение влаги, к общим затратам теплоты:

$$\eta_t = \frac{\frac{Q_{исп}}{Q'} \cdot r \cdot (x'' - x')}{i' - i_0}$$

Существует несколько подходов к расчету эксергетического КПД:

- метод эксергетический потерь по формуле Гюи-Стодолы;
- метод полного эксергетического баланса сушильной установки (горения, смешения, теплообмена, сушки и т.д.);
- метод оценки по приращению энтропии сушильного агента в сушильной камере, если сушильный агент – атмосферный воздух;
- оценка каждого элемента установки в отдельности с использованием эксергетических балансов.

Технологическая схема сушильной установки



1 – горелка, 2 – БГС, 3 – питатель, 4 – теплообменник, 5 – циклон, 6 - абсорбер

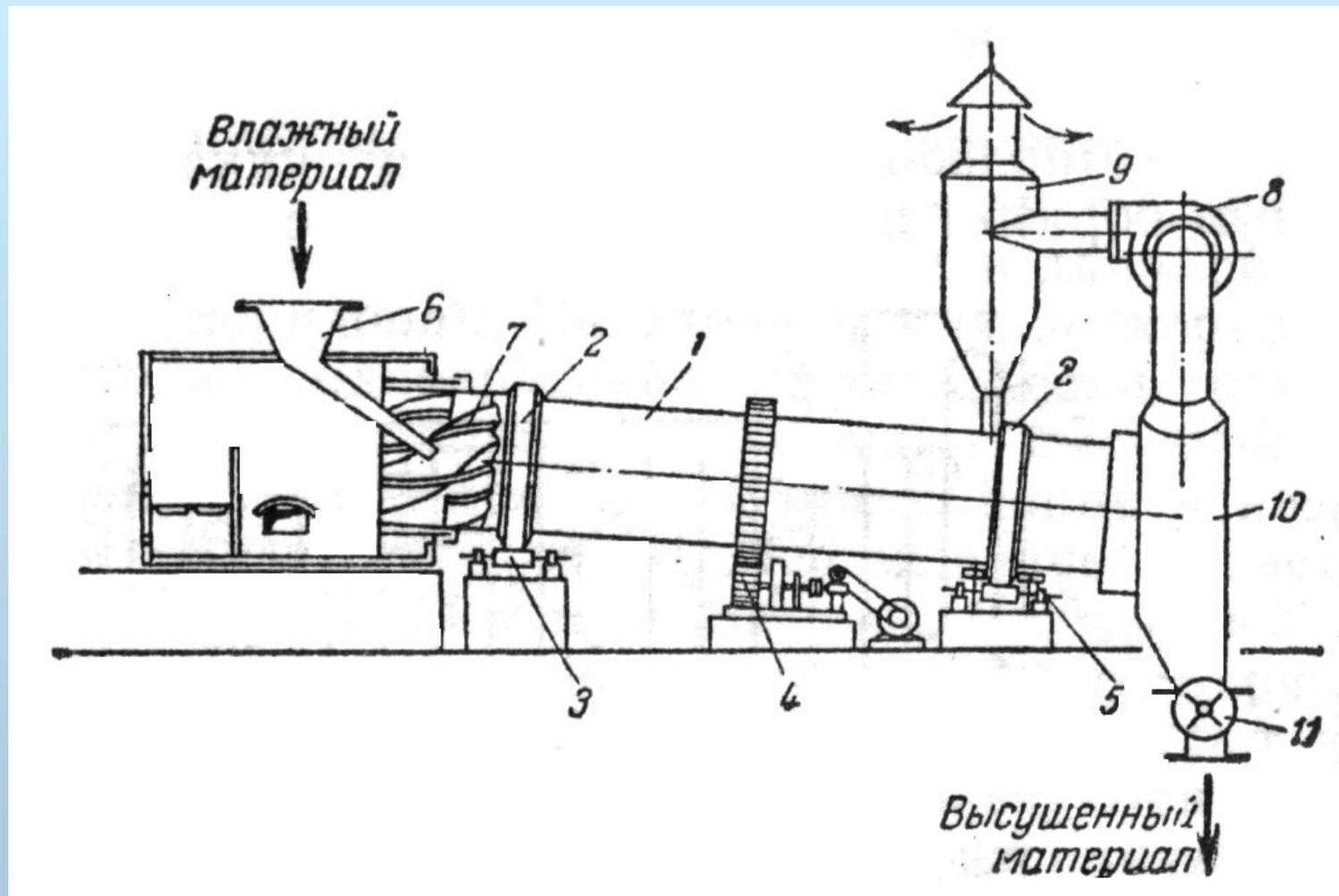
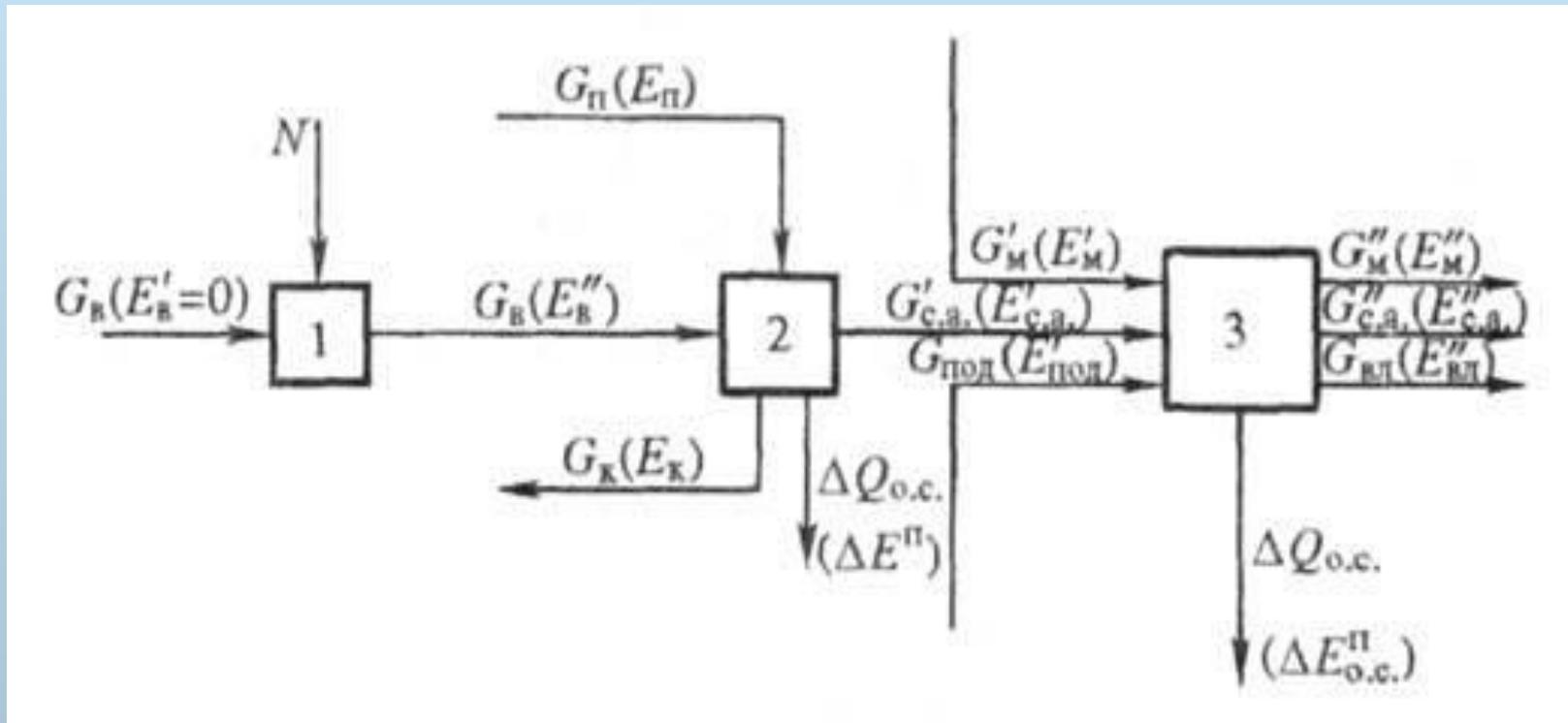


Рис.1. Барабанная сушилка гранулятор:

1-барабан ,2-бандаж, 3-опорные ролики, 4-передача, 5-опорно-упорные ролики, 6-питатель, 7-лопасти, 8-вентитлятор, 9-циклон, 10-разгрузочная камера, 11-загрузочное устройство

Схема потоков в сушильной установке



1 - вентилятор; 2 - калорифер; 3 - сушилка

Входящие потоки	Выходящие потоки
$E^I_{\text{В}}(G_{\text{В}})$ -эксергия воздуха (для смешения с дымовыми газами)	$E^{II}_{\text{В}}(G_{\text{В}})$ -эксергия воздуха
$E^I_{\text{п}}(G_{\text{п}})$ -эксергия влаги материала ()	$E^{II}_{\text{М}}(G_{\text{М}})$ -эксергия высушенного материала
$E^I_{\text{М}}(G_{\text{М}})$ -эксергия материала (без учета влаги)	$E^{II}_{\text{с.а}}(G_{\text{с.а}})$ -эксергия сушильного агента
$E^I_{\text{с.а}}(G_{\text{с.а}})$ -эксергия сушильного агента(дымовых газов)	$E^{II}_{\text{вл}}(G_{\text{вл}})$ -эксергия испаренной влаги
$E^I_{\text{под}}(G_{\text{под}})$ -- эксергия подсасываемого наружного воздуха	
$\Delta E_{\text{п}}(D_{\text{п}})$ -суммарные потери	

Расчетные формулы

Материальный баланс

$$W = G_2 \cdot \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1},$$

Потери эксергии

$$\sum D = T_0 \cdot \sum \Delta S$$

Суммарное изменение энтропии

$$\sum \Delta S = \Delta S_{CA} + \Delta S_{BL} + \Delta S_M$$

$$\Delta S_{CA} = c_P \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} - R \cdot \ln \frac{p_2}{p_1}$$

$$\Delta S = S_{III} - S_{BL}$$

$$\Delta S_M = c_M \cdot \ln \frac{T_M''}{T_M'}$$

Эксергия капельных жидкостей

$$e_i = c_{Pi} \cdot (T_i - T_0) - T_0 \cdot \left(c_{Pi} \cdot \ln \frac{T_i}{T_0} - \beta \cdot \frac{\Delta P}{\rho_i} \right)$$

Эксергия компонентов газовой смеси

$$e_i = c_{Pi} \cdot (T_i - T_0) - T_0 \cdot \left(c_{Pi} \cdot \ln \frac{T_i}{T_0} - R_i \cdot \ln \frac{P_i}{P_0} \right)$$

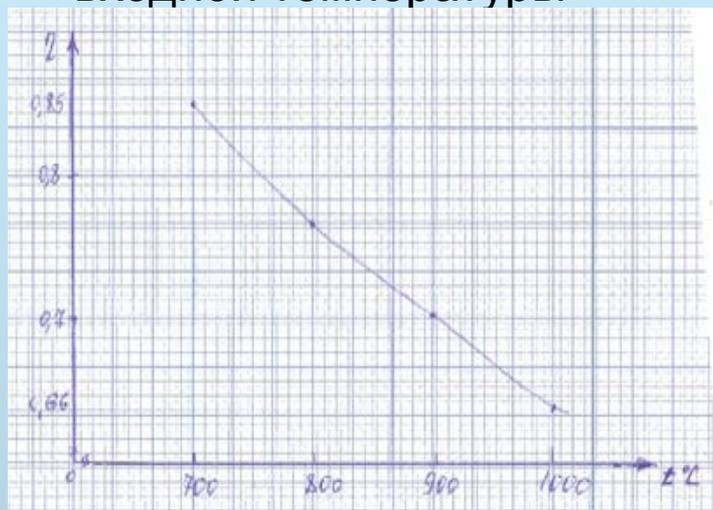
Удельная эксергия теплового потока

$$e_q = q \cdot \left(1 - \frac{T_0}{T_i} \right)$$

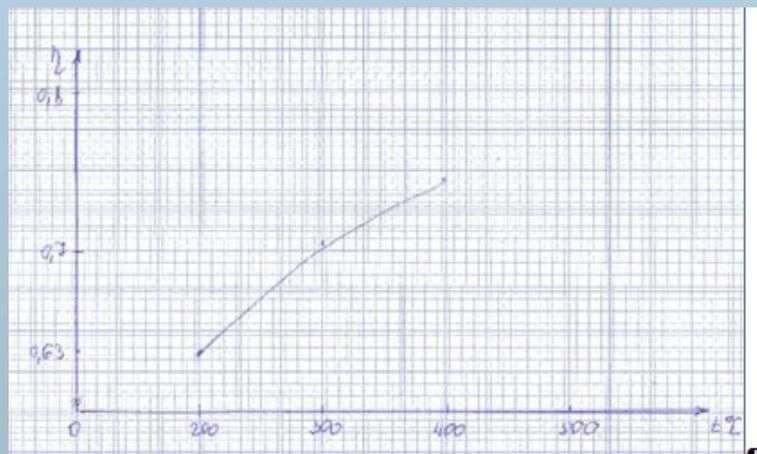
Результаты расчетов

t вх, 0С	t вых, 0С	e0, МДж/кг	Em, МВт	Eq, МВт	Gm/Gв кг/с	E вх, МВт	E вых, МВт	D, МВт	ηe, %
700	300	1,33	0,82	0,16	0,61/ 1,57	0,5691	1,16	0,2013	85,38
800						1,5161		0,3293	78,23
900						1,6477		0,4609	71,00
1000						1,7830		0,5962	66,53
900	200	1,33	0,82	0,13	0,61/ 1,57	1,6477	1,04	0,5909	63,00
	300			0,16			1,16	0,4609	71,00
	400			0,20			1,25	0,4372	74,00
	500			0,21			1,74	-	> 1

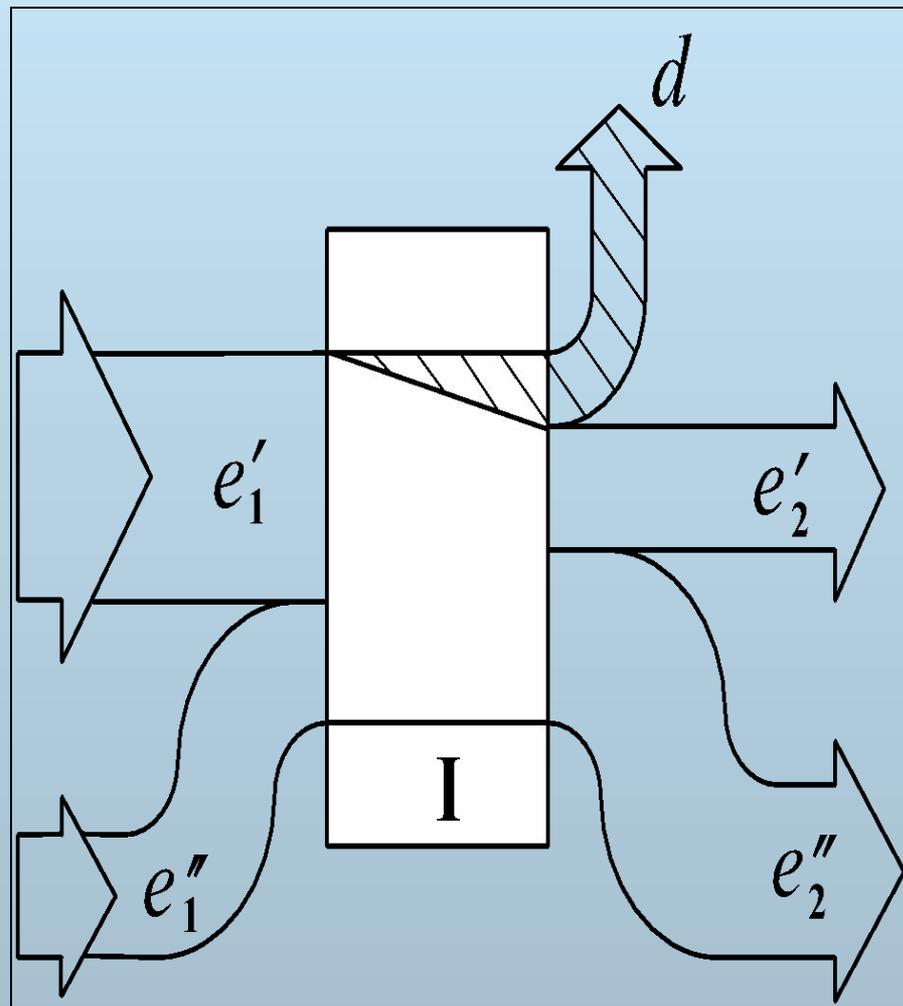
- График зависимости КПД от входной температуры



- График зависимости КПД от выходной температуры



Полосовая диаграмма Грассмана



Увеличению эксергетического КПД способствуют:

1. Снижение температуры сушильного агента на входе в сушильную.
2. Увеличение температуры сушильного агента на выходе из сушилки по возможности.
3. Снижение разности температур на входе и выходе из сушилки приближает процесс сушки к идеальному.
4. Снижение гидравлических потерь и потерь в окружающую среду.

Необходима наряду с термодинамической технико-экономическая оптимизация объекта или системы.

