

**Липецкий государственный технический университет**  
Физико-технический факультет  
Кафедра промышленной теплоэнергетики

# **Тепло-и массообменные процессы, протекающие при производстве осушенного воздуха**



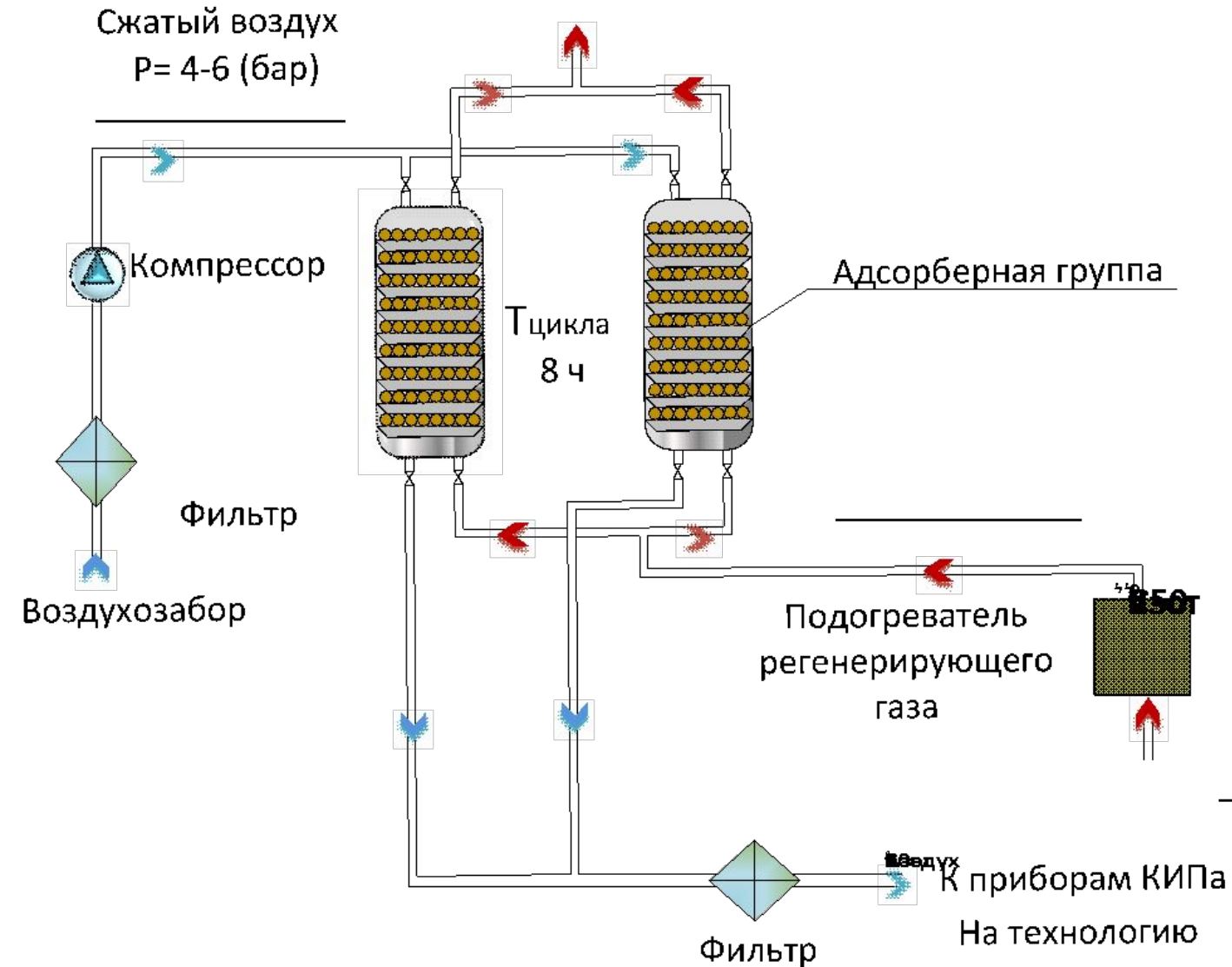
Выполнил: Нитченко К.А.  
Группа: М-ТЭ-18

Липецк, 2019

# Цель работы

- Рассмотреть основные технологические схемы осушки воздуха
- Рассмотреть динамику процесса адсорбции
- Рассмотреть кинетику процесса адсорбции
- Заключение и выводы

# Адсорбционный способ осушки



- При адсорбционной осушке содержание влаги в 1 м<sup>3</sup> воздуха составляет:

силикагель – около 0,03 г/м<sup>3</sup>  
алюмогель – около 0,005 г/м<sup>3</sup>

отвечает «d» в воздухе,  
охлажденном до температур:

силикагель ( $t_{в} = -52^{\circ}\text{C}$ )

алюмогель ( $t_{в} = -64^{\circ}\text{C}$ )

Регенерация начинается после  
проскока молекул воды

Рис.1 Адсорбционная установка осушки

# Динамика процесса адсорбции

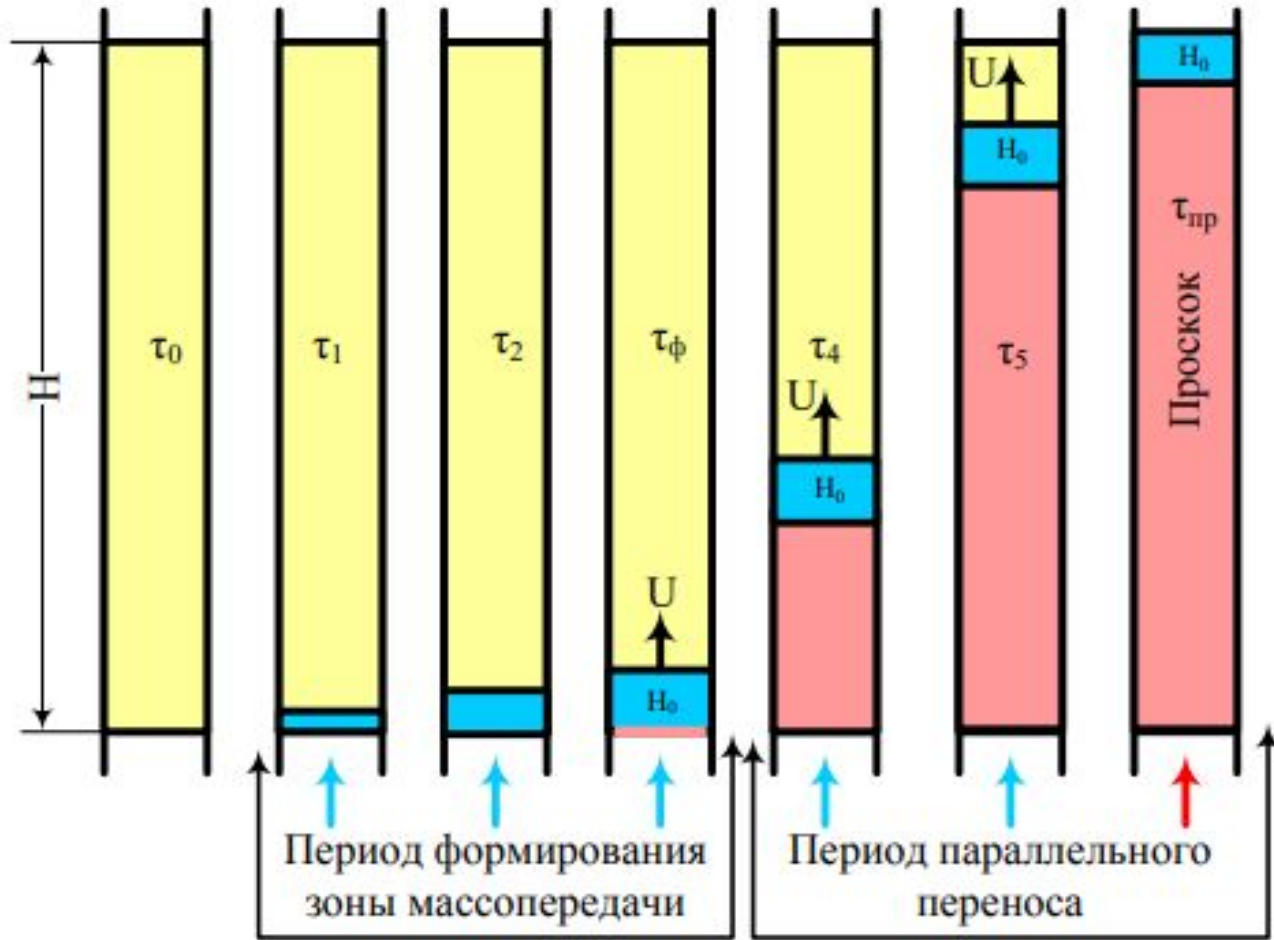


Рис.2 Динамика протекания процесса адсорбции

$$\tau_{\text{пр}} = K \cdot H - \tau_0 = -\tau_0 + \frac{1}{U} \quad (1)$$

$K$ - коэффициент защитного действия слоя (с/м);  
 $\tau_0$ - потеря времени защитного действия(с).

$$K = \frac{1}{U} \quad (2)$$

$U$ - скорость движения зоны массопередачи (м/с)

# Кинетика процесса адсорбции

Скорость адсорбции или количество адсорбируемого из потока вещества в единицу единицей объема слоя адсорбента, определяется обычно из **уравнения адсорбции**:

$$\frac{da}{d\tau} = \beta(c - c^*) \quad , \quad (3)$$

$\beta$  – кинетический коэффициент,  $c^{-1}$ ;  $c$  – текущая концентрация адсорбтива в потоке,  $г/м^3$ ;  $c^*$  – концентрация адсорбтива на поверхности раздела фаз, равновесная текущей величине адсорбции.

**Примечание:** Уравнение кинетики адсорбции – это уравнение массопередачи, а кинетический коэффициент – коэффициент массопередачи.

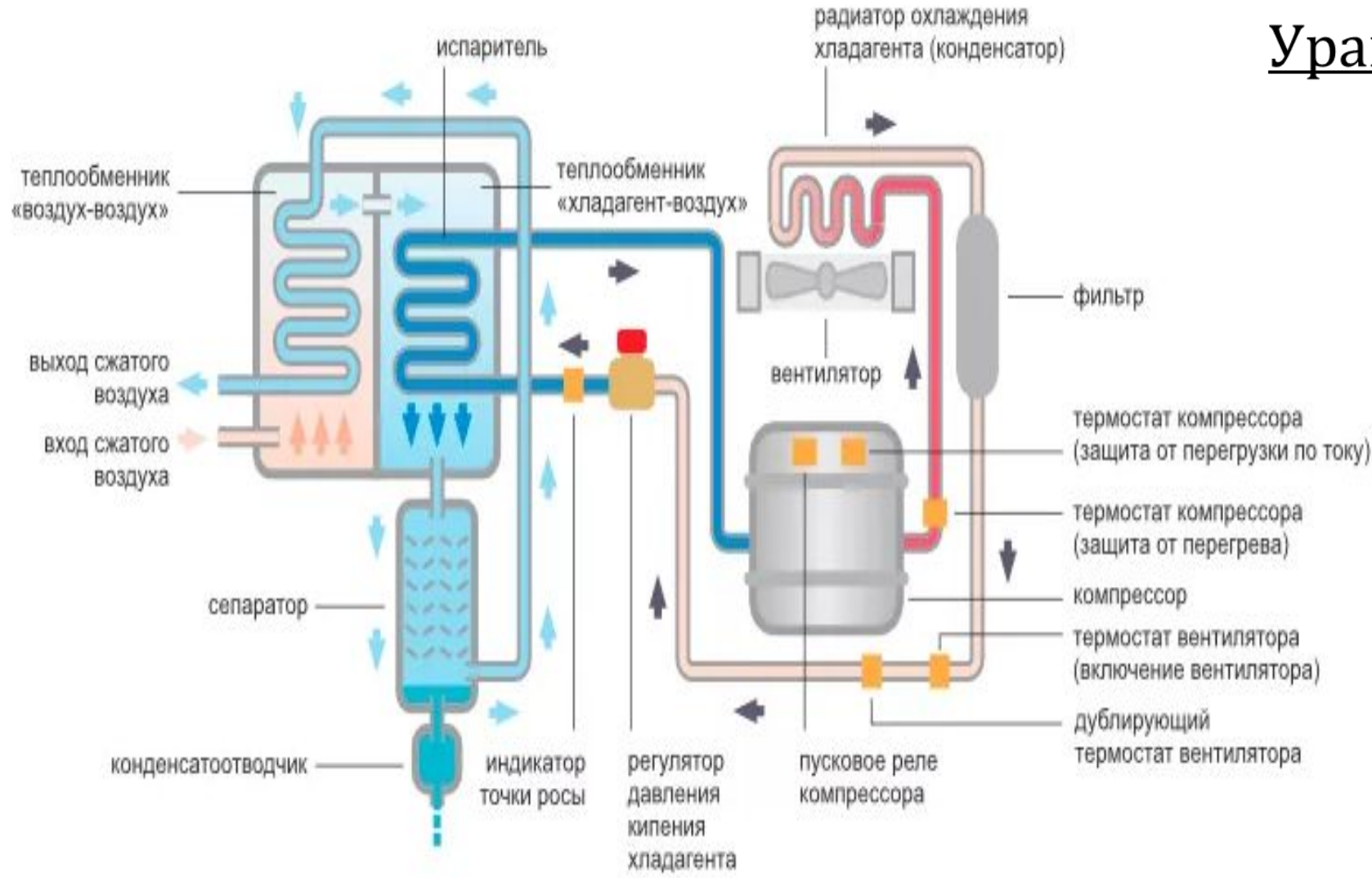
**Таким образом, массопередача в адсорбционных процессах складывается из следующих процессов:**

- 1) Внутренняя диффузия или диффузия молекул сорбируемого вещества вглубь по порам поглотителя к его сорбирующей поверхности;
- 2) Собственно сорбция на внутренней сорбирующей поверхности поглотителя.

**Тепломассообмен** практически полностью определяется теплоотдачей от ядра потока к внешней поверхности частиц твердого тела и описывается следующей формулой

$$h_a \frac{\partial T}{\partial \tau} = K_z (T_z - T_a) + Q \frac{\partial a}{\partial \tau} \quad , \quad (4)$$

# Осушители сжатого воздуха рефрижераторного типа



## Уравнение теплопередачи

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (5)$$

$$k = \frac{1}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{внутри}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}}$$

$$\alpha_{\text{воздух}} = 15 - 100 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

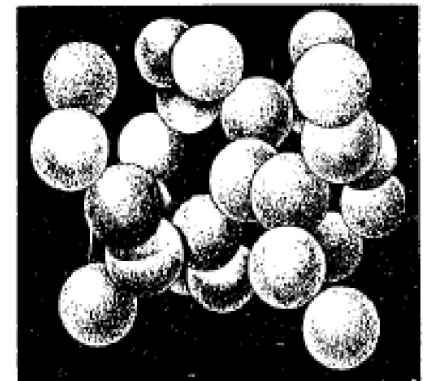
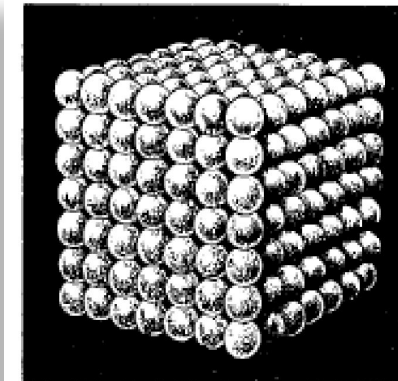
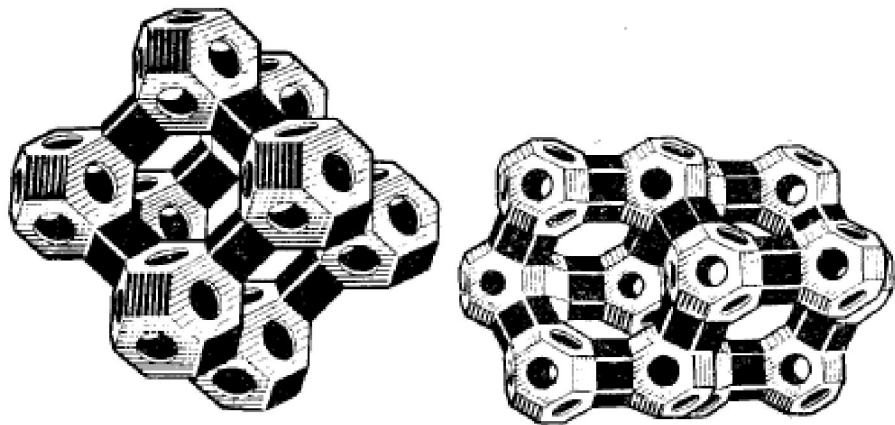
$$\alpha_{\text{фреон}} = 1100 - 1800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Рис.3 Рефрижераторная установка осушки воздуха

# Сравнительная характеристика адсорбентов

Влагосодержание исходного газа по точке росы, °С	Температура осушки, °С	Силикагель				Цеолит			
		$a_{д,}$ г/100 г	$a_{р,}$ г/100 г	$L_0,$ см	$U,$ см/мин	$a_{д,}$ г/100 г	$a_{р,}$ г/100 г	$L_0,$ см	$U,$ см/мин
10	25	8,6	21,1	51,2	0,172	13,6	20,0	5,4	0,128
	50	4,8	15,2	32,8	0,267	12,9	19,8	7,7	0,140
	75	3,6	14,3	51,2	0,400	12,1	19,4	14,6	0,147
-1	25	6,8	13,0	17,5	0,120	13,6	16,5	4,3	0,065
	50	5,1	11,4	24,3	0,155	13,2	16,2	5,8	0,067
	75	1,8	7,2	46,5	0,343	10,6	15,4	10,2	0,082
-10	25	5,9	9,4	10,3	0,055	12,0	14,4	4,2	0,033
	50	4,8	7,5	12,4	0,084	11,7	14,1	4,8	0,035
	75	1,7	4,6	26,7	0,178	8,4	12,3	9,9	0,045

Влажность исходного газа по точке росы, °С	Температура при осушке, °С	Время защитного действия слоя адсорбента, мин			
		цеолит NaA	силикагель КСМ	шихта силикагель—цеолит (3:1)	порода с содержанием клиноптилолита 90%
+10	25	168	102	150	100
	50	160	57	—	82
	75	150	42	63	75
-1	25	353	145	200	190
	50	343	128	—	150
	75	275	45	80	133
-10	25	680	322	450	505
	50	664	263	—	405
	75	480	100	137	305



**Липецкий государственный технический университет**  
Физико-технический факультет  
Кафедра промышленной теплоэнергетики

# **Тепло-и массообменные процессы, протекающие при производстве осушенного воздуха**



Выполнил: Нитченко К.А.  
Группа: М-ТЭ-18

Липецк, 2019