

# Вторичные энергетические ресурсы

Сухоцкий Альберт Борисович

**Использование теплоты  
вторичного пара**

**Использование тепла  
технологических продуктов**

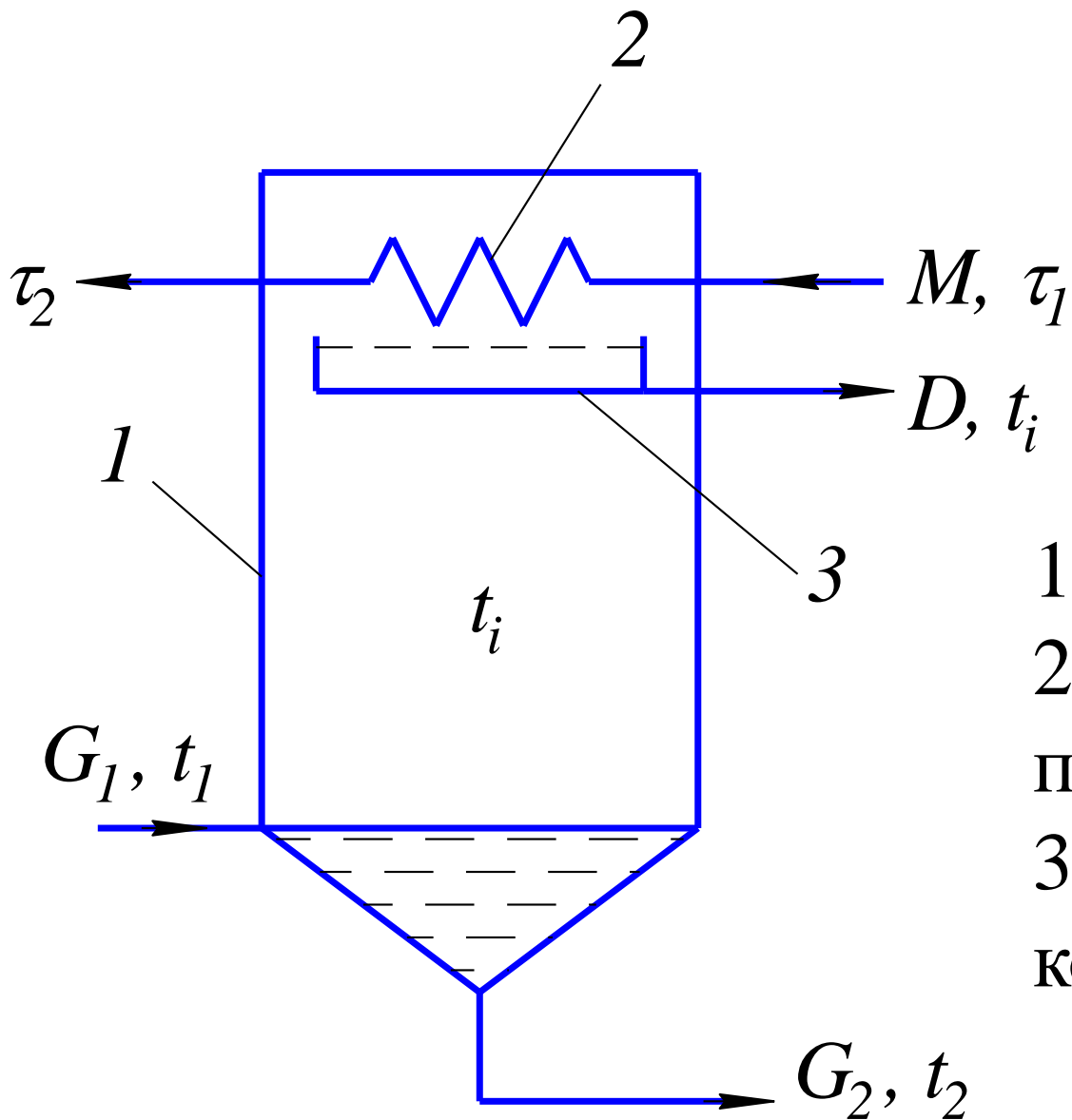
# **Использование теплоты вторичного пара**

Вторичный пар получают либо в установках вторичного вскипания, либо в выпарных установках.

# Утилизация теплоты загрязненных стоков

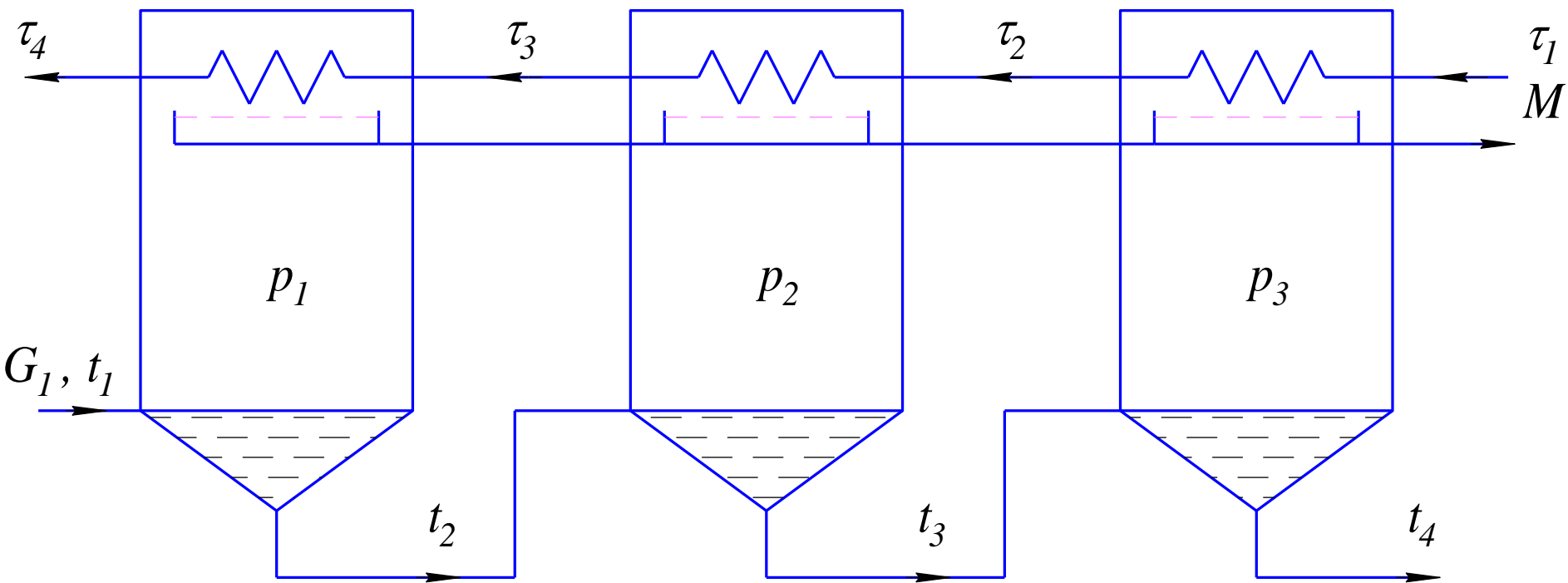
Утилизацию теплоты загрязненных стоков осуществляют в аппаратах мгновенного вскипания. Горячая загрязненная жидкость поступает в камеру (испаритель), где поддерживается вакуум соответствующий температуре насыщения, которая на  $5-10^{\circ}\text{C}$  ниже температуры поступающей жидкости. За счет скрытой теплоты парообразования происходит вскипание поступающей жидкости. Над испарителем располагается конденсатор – охладитель пара, образовавшегося в процессах мгновенного вскипания.

# Аппарат мгновенного вскипания

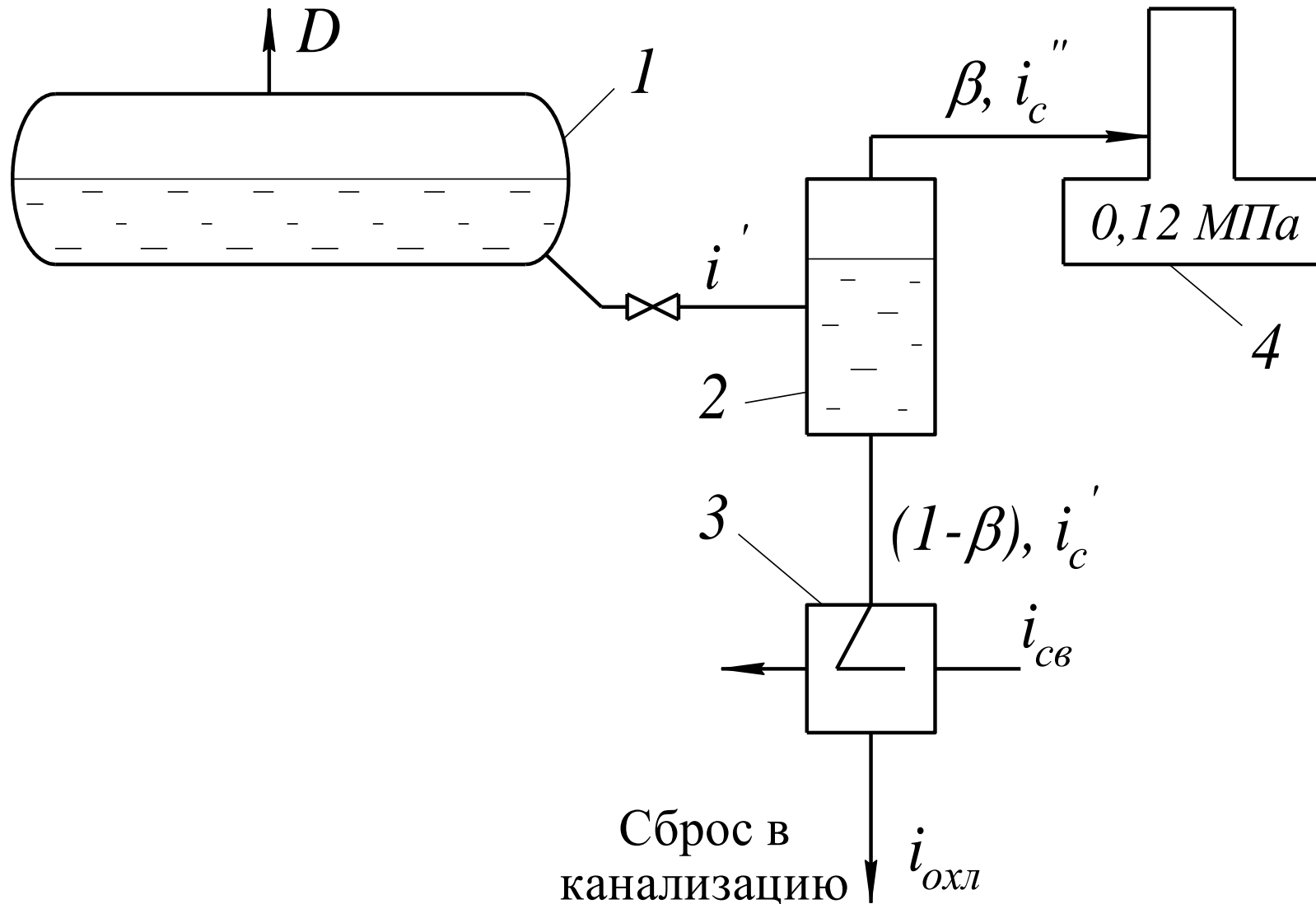


1 – корпус аппарата,  
2 – теплообменные  
поверхности,  
3 – поддон для сбора  
конденсата

# Последовательное включение аппаратов МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ



# Использование тепловой энергии непрерывной продувки котлов



# Коэффициент использования продувочной ВОДЫ

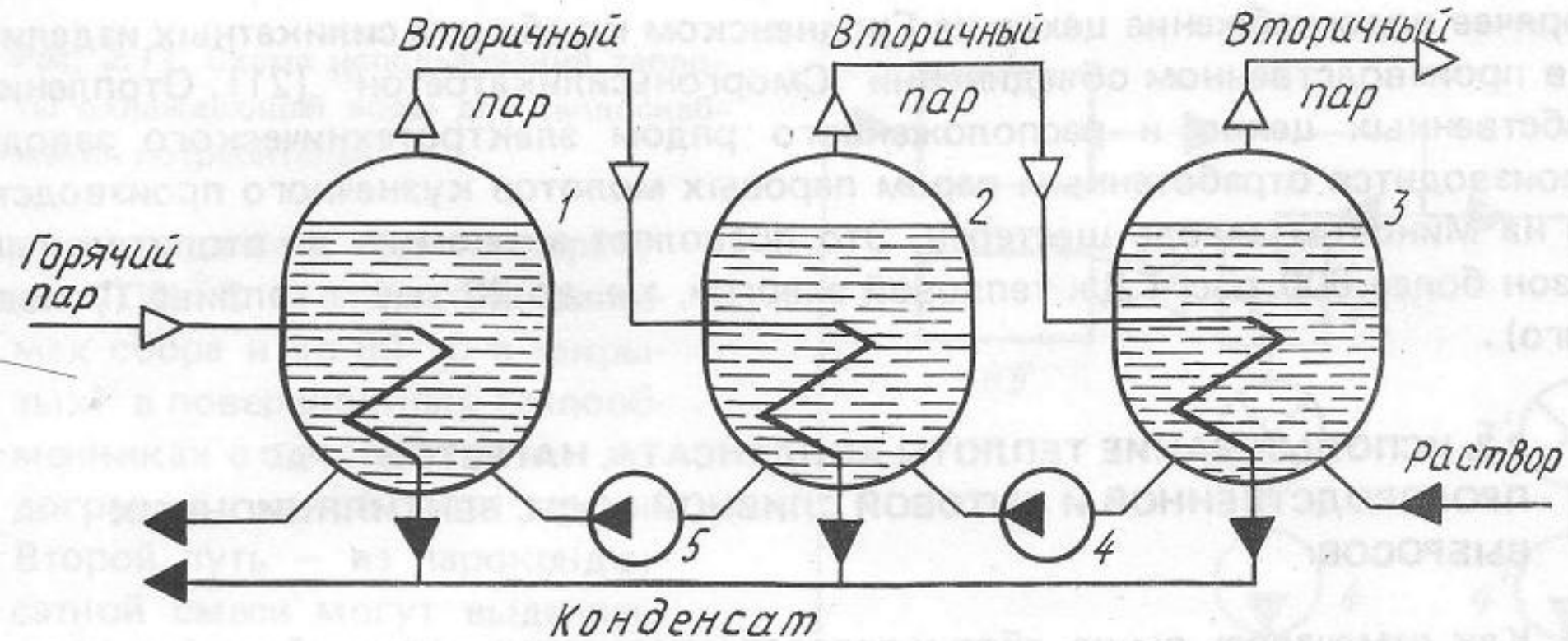
$$\phi = \frac{\beta(i_c'' - i_{CB}) + (1 - \beta)(i_c' - i_{CB})}{i' - i_{CB}}$$

где  $\beta$  – доля сепарированного пара,

$$\beta = \frac{i' - i_c'}{i_c'' - i_c'}$$



# Противоточная 3-х корпусная выпарная установка



1, 2, 3 – выпарные корпуса; 4, 5 – насосы перекачки выпариваемого раствора

Многокорпусные установки позволяют значительно сократить расход первичного пара.

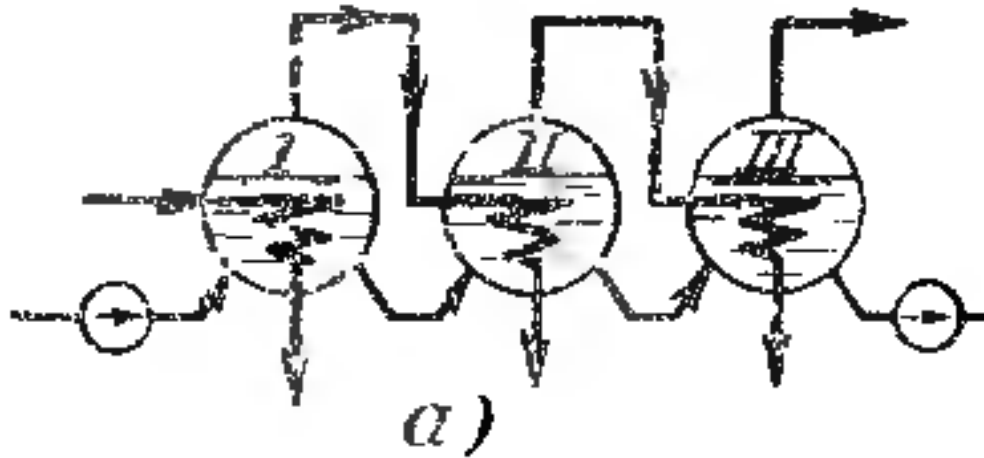
Удельный расход первичного пара в многокорпусной установке составляет

$$G_{\text{п.п.}} = 1/(0,85n) \text{ кг/кг.}$$

# **Схемы многокорпусных выпарных установок:**

- **прямоточные,**
- **противоточные,**
- **с параллельным питанием.**

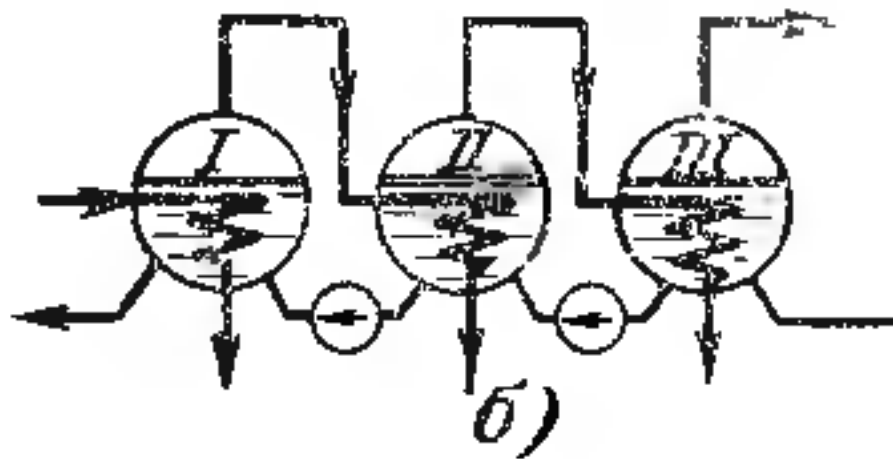
# Прямоточная выпарная установка



Достоинства:

- низкие температуры раствора в последнем корпусе,
- уменьшение расход пара (на 5-10%),
- меньший расход электроэнергии на перекачку раствора.

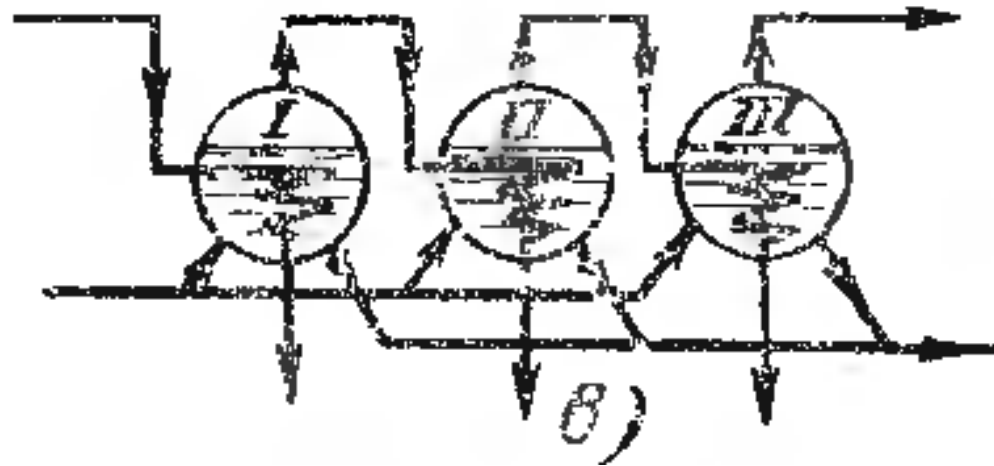
# Противоточная выпарная установка



Достоинства:

- высокий коэффициент теплопередачи,
- позволяют выпаривать вязкие растворы, которые в условиях прямоточного выпаривания в последнем корпусе становятся настолько вязкими (низкая температура), что плохо двигаются по трубопроводу.

# Выпарная установка с параллельным питанием



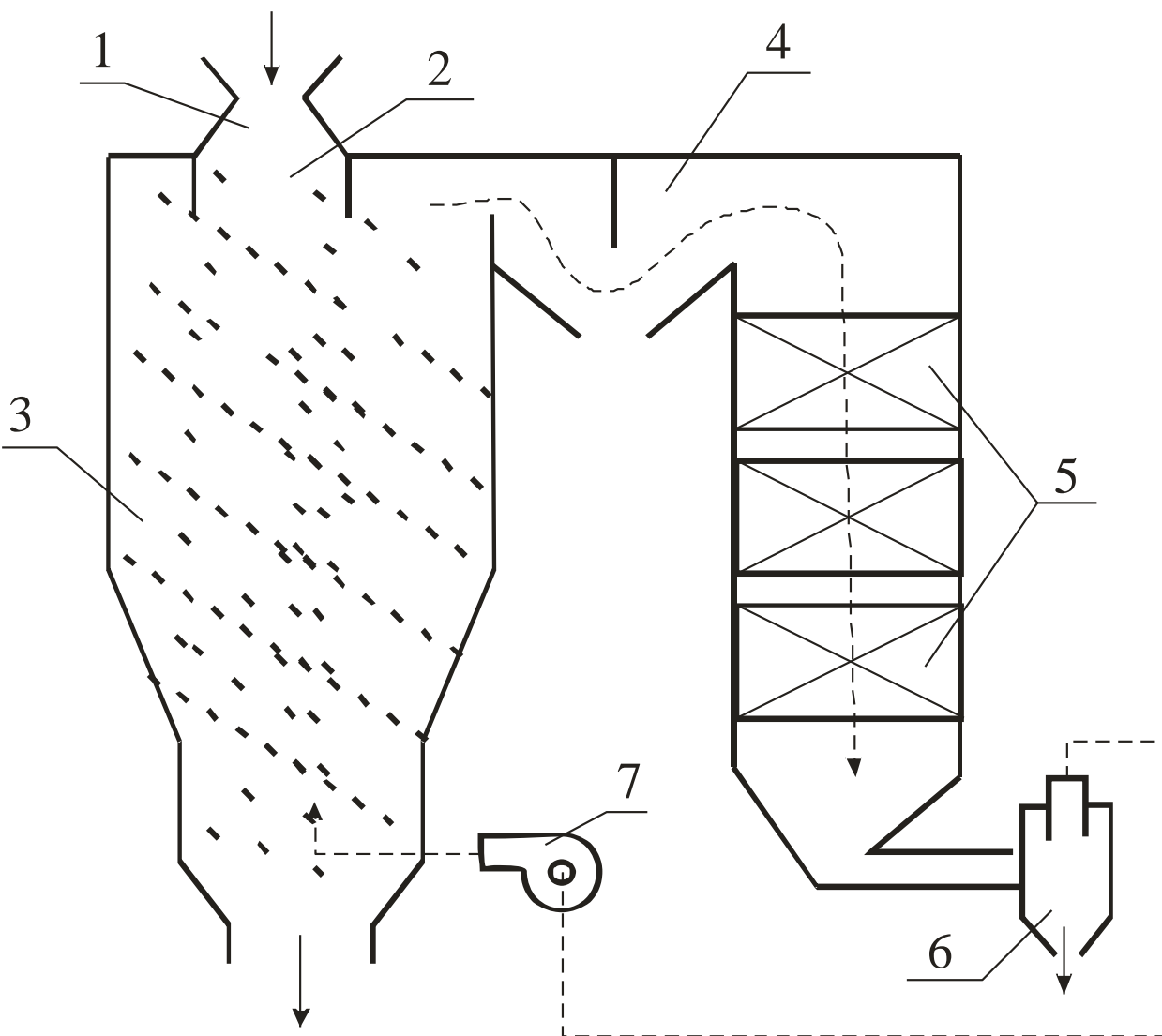
Достоинства:

- позволяет выпаривать кристаллизирующие растворы (не забиваются кристаллами трубопроводы и арматура).

Утилизацию тепла технологического продукта можно производить теплоносителем:

1. газом – воздухом (в случае если воздух может вступать в окислительную реакцию с продуктом, то нейтральным газом, например, азотом);
2. жидкостью – водой (радиационным или конвективным способом).

# Использование теплоты горячего кокса



- 1 – загрузочное устройство,
- 2 – форкамера,
- 3 – тушильная камера,
- 4 – пылеосадительный бункер,
- 5 – котел,
- 6 – пылеулавливающие циклоны,
- 7 – дымососы.



Во избежания износа поверхностей нагрева скорость газов должна быть не более 8-10 м/с. Коэффициент теплоотдачи излучением от кокса к газу равен 2,3 Вт/(м °С).

Коэффициент теплоотдачи конвекцией от кокса к газу

$$\alpha_k = 9,7v_0^{0,5} / d_{cp}^{0,33}$$

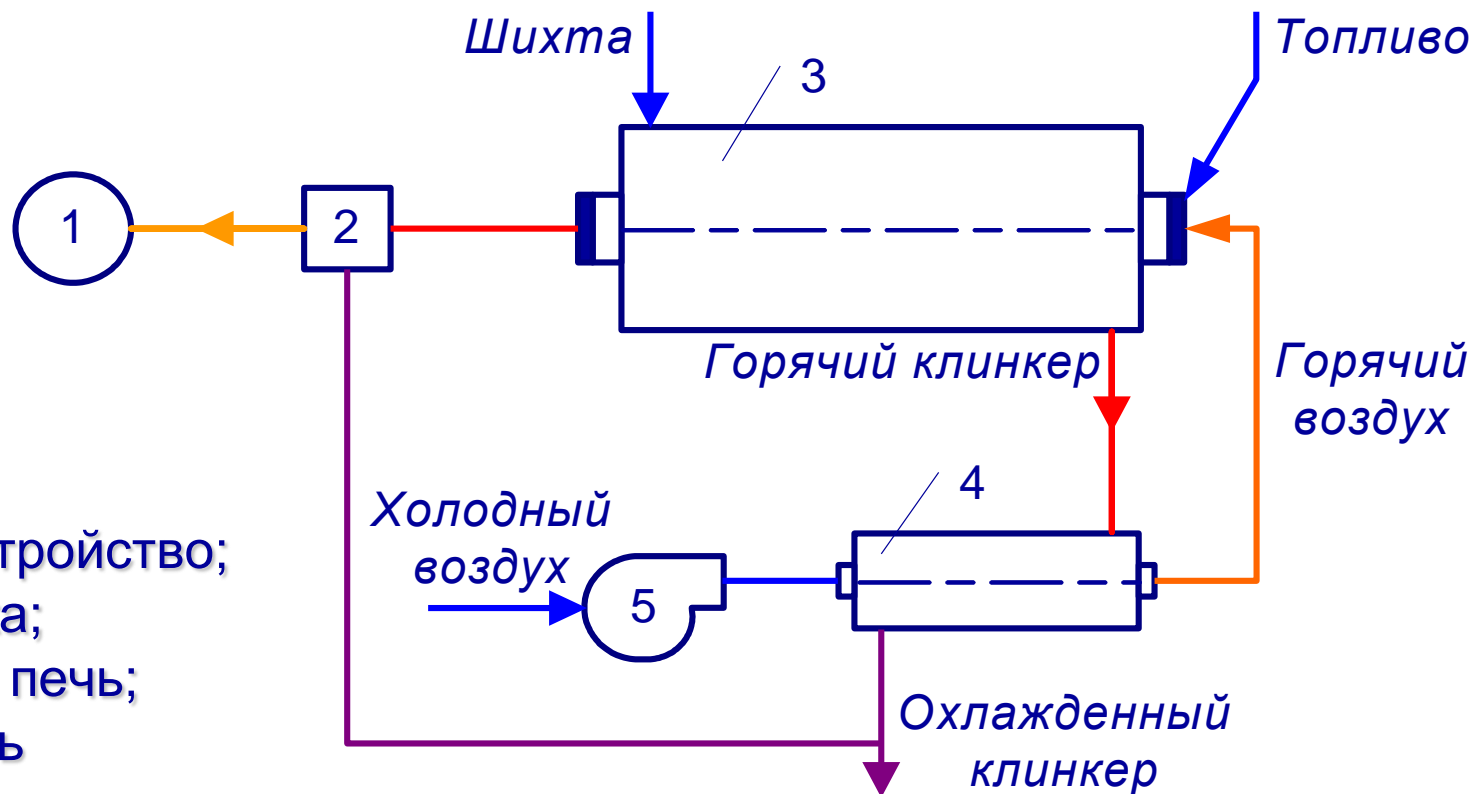
При сухом тушении кокса на 1 т. кокса вырабатывается 0,4-0,45 т пара.

При утилизации теплоты воздухом полученный нагретый воздух можно использовать в:

1. системе воздушного отопления,
2. системе горения топлива.

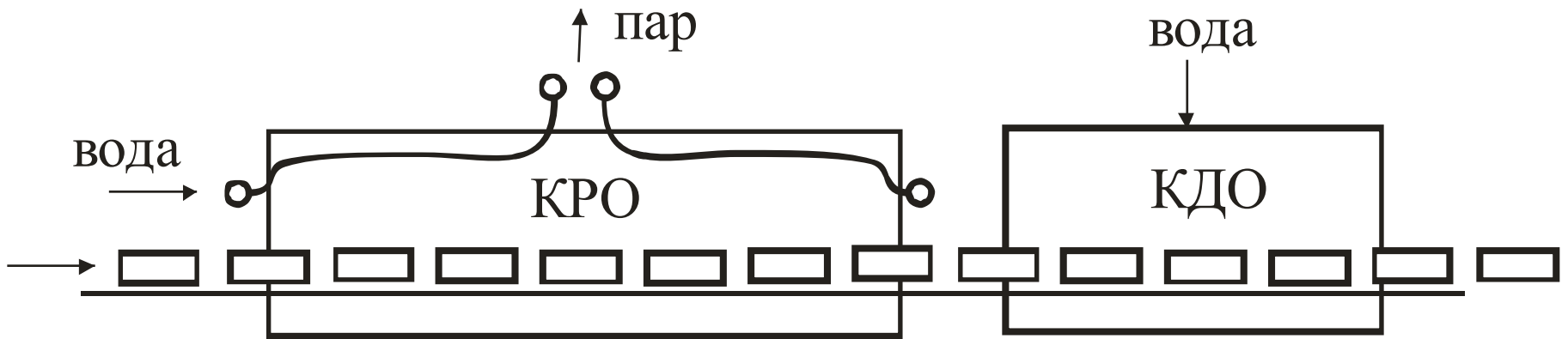
Греть воздухом жидкий теплоноситель не целесообразно.

# Утилизация теплоты технологических продуктов



- 1 – тяговое устройство;
- 2 – газоочистка;
- 3 – обжиговая печь;
- 4 – охладитель клинкера;
- 5 – вентилятор

# Использование теплоты прокатных заготовок на металлургическом заводе



Достоинство радиационного способа – получение чистого теплоносителя; недостаток – низкая эффективность (применяется при температурах технологического продукта выше  $500^{\circ}\text{C}$ ).

Достоинство конвективного способа – высокая эффективность; недостаток – технологические ограничения, получение грязного теплоносителя).