

# Химические реактора

**11.1. Требования, предъявляемые к химическим реакторам**

**11.2. Классификация реакторов**

**Химический реактор** - устройство, аппарат для проведения химических превращений (химических реакций) в сочетании с массо- и теплопереносом.

Реакторы должны удовлетворять следующим **ОСНОВНЫМ** **требованиям**:

1. Обеспечивать наибольшую производительность и интенсивность работы по целевому продукту;
2. Давать возможно более высокую степень превращения при максимальной селективности процесса;
3. Иметь малые энергетические затраты на транспортировку и перемешивание реагентов;
4. Максимальная дешевизна и простота конструкции, изготовления, эксплуатации и ремонта;
5. Наиболее полное использование теплоты экзотермических реакций, физических процессов и теплоты, подводимой из вне;
6. Автоматизация, обеспечивающая легкую управляемость, надежность и безопасность работы;
7. Устойчивость и надежность работы при значительных изменениях основных параметров режима ( $c$ ,  $P$ ,  $T$ ,  $w$ )

# Критерии классификации реакционной аппаратуры:

## 1. По *принципу организации процесса* :

- реакторы непрерывного действия;
- реакторы периодического действия;
- реакторы полунепрерывного (полупериодического) действия.

## 2. По *гидродинамическому режиму* :

- реакторы полного вытеснения;
- реакторы полного смешения;
- реакторы промежуточного типа (с промежуточным гидродинамическим режимом).

## 3. По *тепловому режиму* :

- изотермический реактор;
- адиабатический реактор;
- политропический реактор;
- автотермический.

## 4. По *фазовому составу* реакционной смеси

## 5. По *конструктивным характеристикам* реактора

# Классификация по принципу организации процесса

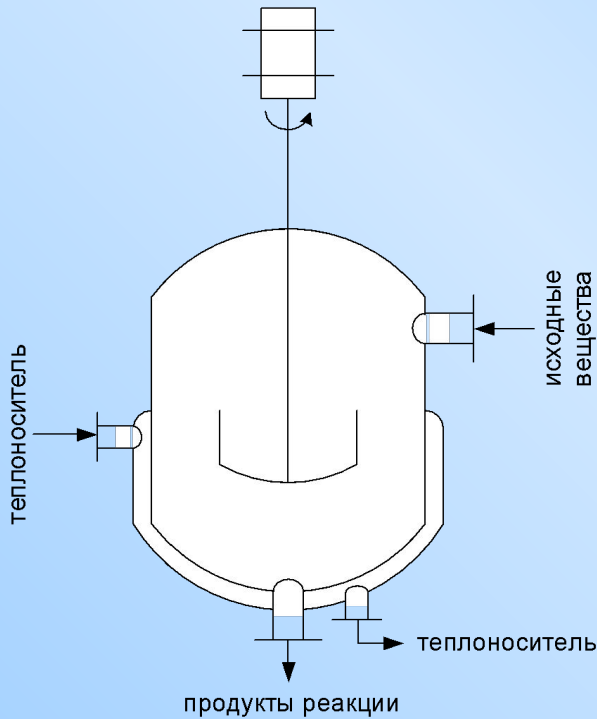


Рис. 11.1 Аппарат для периодического процесса

$$P = \frac{G}{\tau}$$

- где -  $G$  количество продукта реакции, кг (т);  
-  $\tau$  продолжительность работы реактора, ч (сутки);  
-  $P$  производительность реактора, кг/ч (т/сутки).

При этом  $\tau$  складывается из периода химической реакции ( $\tau_1$ ) и периода вспомогательных операций ( $\tau_2$ ).

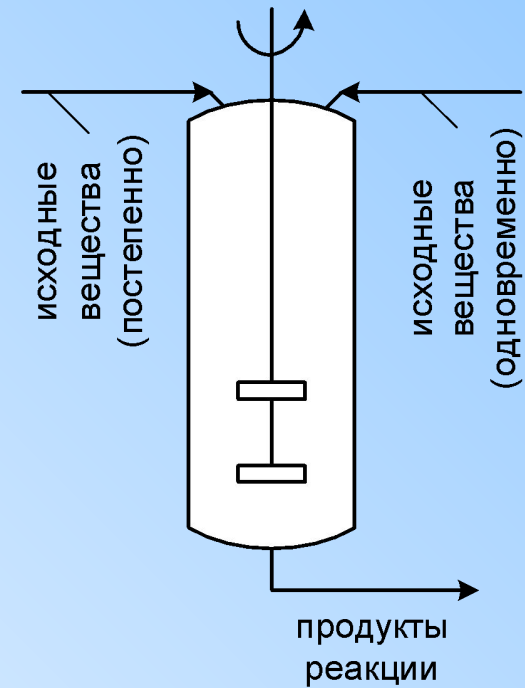


Рис. 11.2 Аппарат промежуточного типа (полунепрерывного действия)

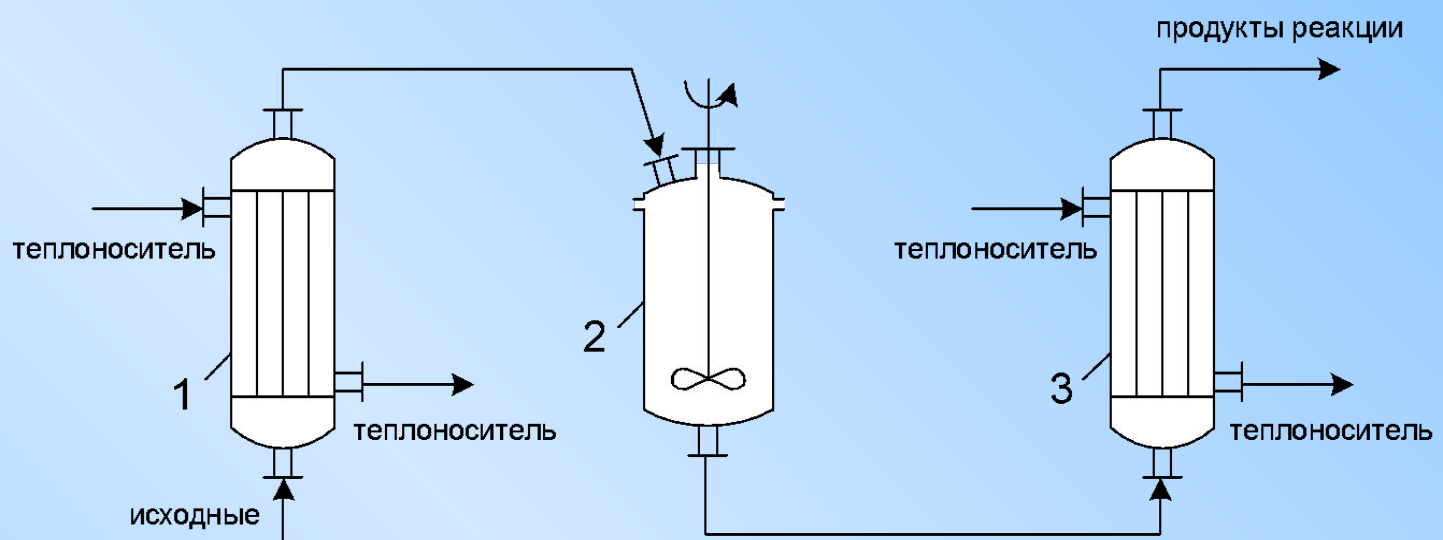


Рис. 11.3 Установка для непрерывного процесса

1, 3 – теплообменные аппараты, 2 – реактор

Величина, обратная времени пребывания (контакта) продуктов реакции в аппарате, называется объемной скоростью ( $W$ ), которую можно использовать в качестве производительности ( $P$ ) непрерывно действующего аппарата.

Время контактирования ( ):  $\tau$

$$\tau = \frac{1}{W} = \frac{V_R}{Q}$$

где  $W$  - объемная скорость сырьевого потока,  $\text{ч}^{-1}$  ( $\text{с}^{-1}$ );

$V_R$  - объем химического реактора,  $\text{м}^3$  (л);

$Q$  - объемный расход,  $\text{м}^3/\text{ч}$  (мл/с).

## Классификация по гидродинамическому режиму

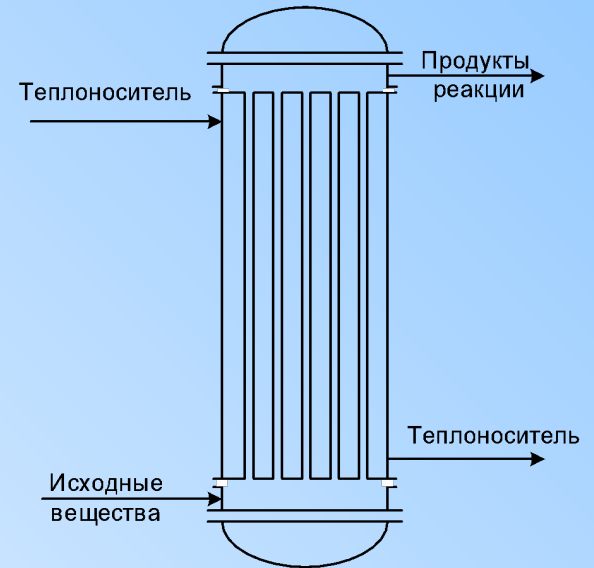
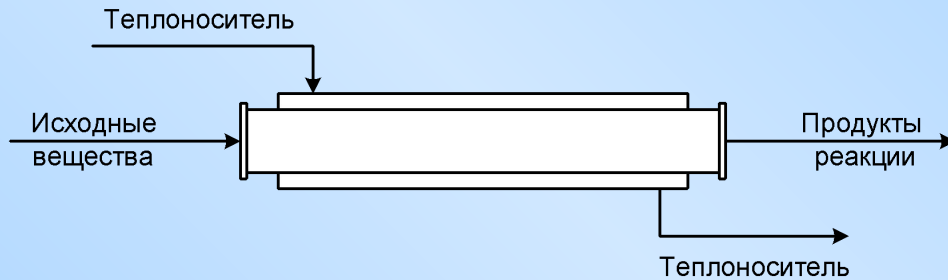


Рис. 11.4. Реакторы вытеснения (РИБ)  
а) однетрубный аппарат,

б) многотрубный аппарат

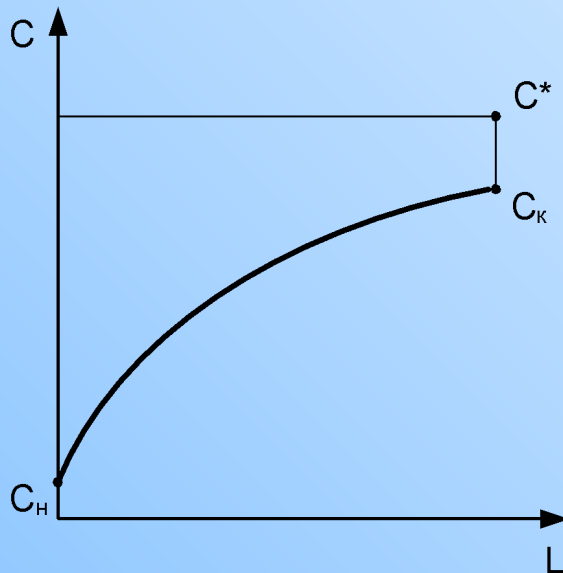
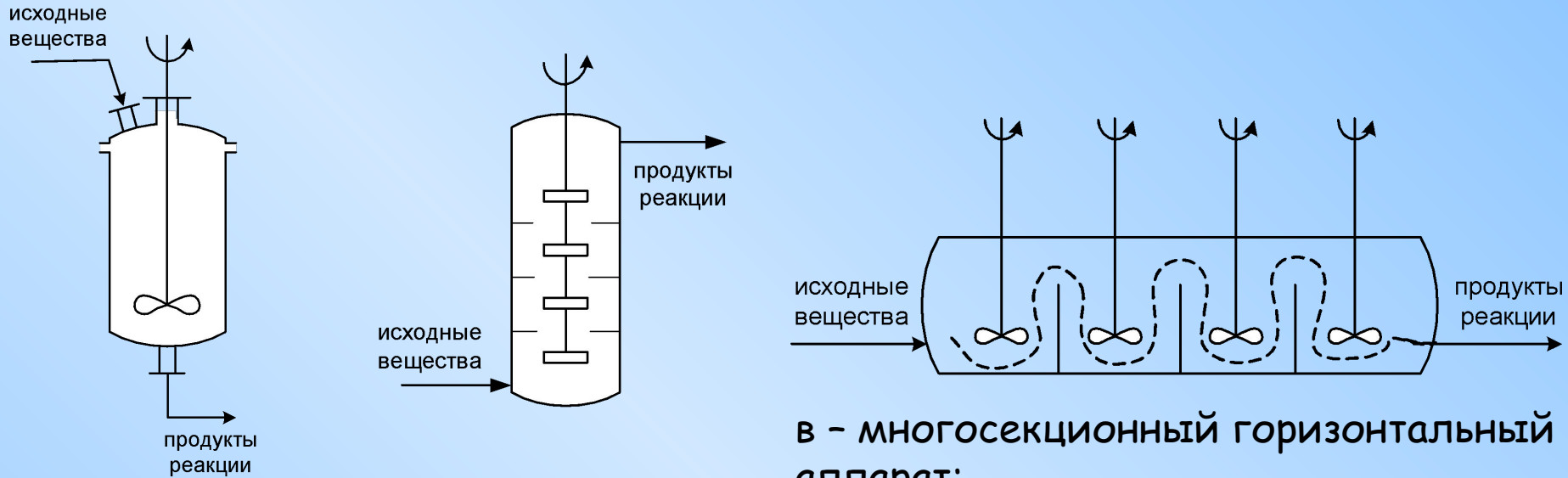


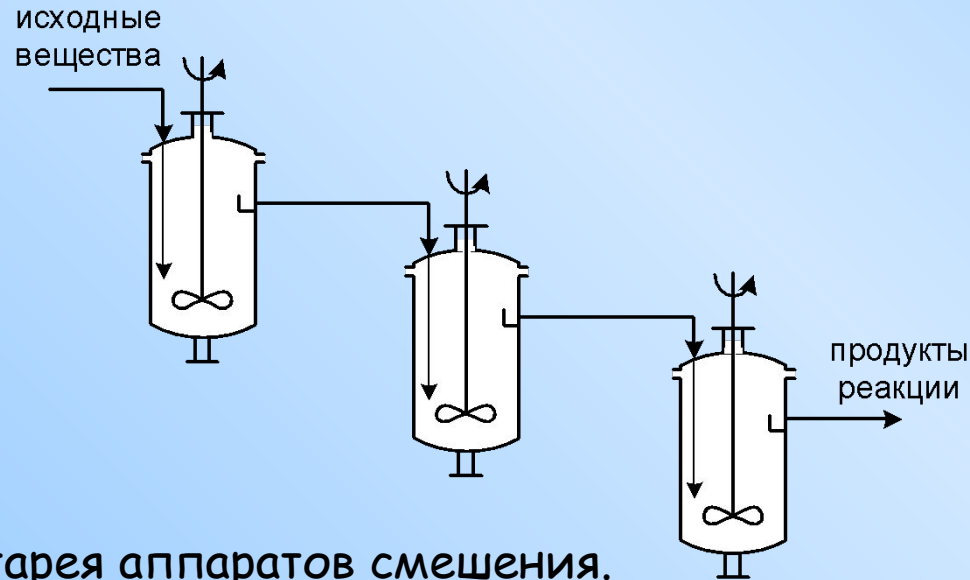
Рис. 11.5. Характер изменения концентрации в аппарате полного вытеснения

Рис. 11.6. Реакторы смешения:



в - многосекционный горизонтальный аппарат;

а - одноступенчатый аппарат;  
б - вертикальный многоступенчатый аппарат;



г - батарея аппаратов смешения.

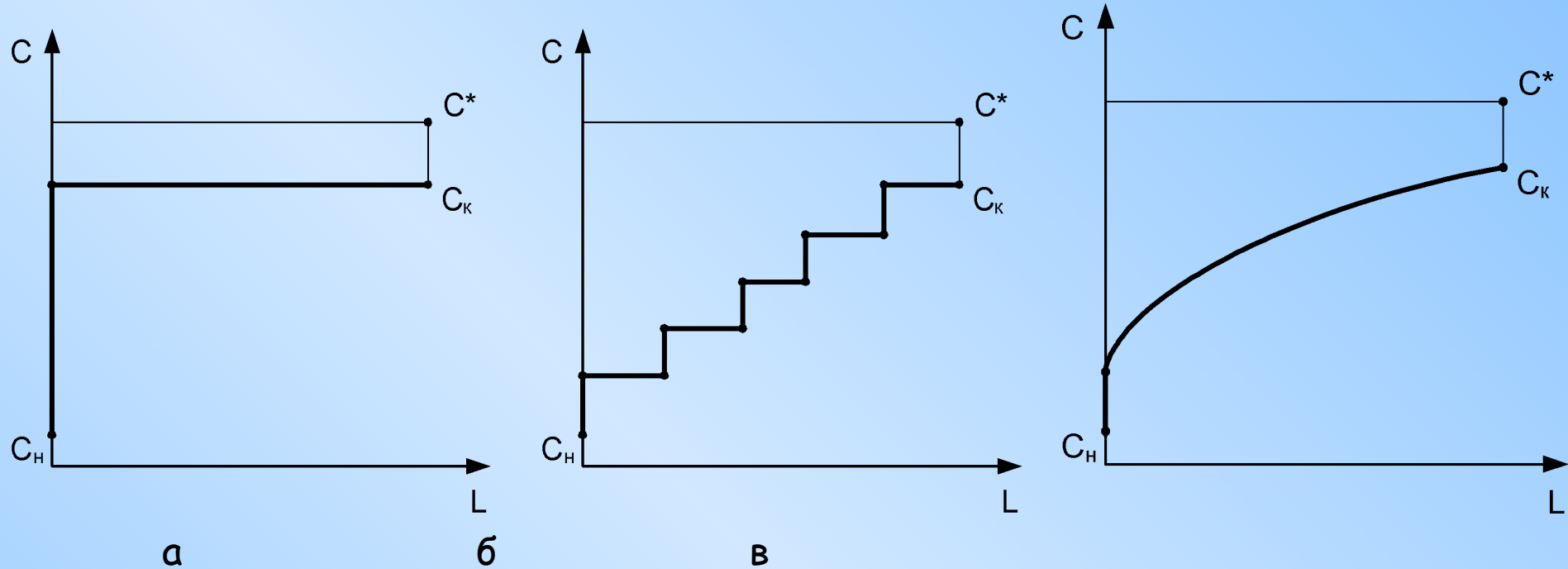


Рис. 11.7. Характер изменения концентрации веществ в реакторах различного типа:  
 а - аппарат смешения;  
 б - многосекционный аппарат смешения;  
 в - аппарат промежуточного типа.



## Классификация по условиям теплообмена

### Адиабатический реактор

Температурный режим процесса в любой точке по высоте реактора описывается уравнением:

$$t_K = t_H \pm \frac{\sum Q_p}{G \cdot \bar{c}} \cdot x = t_H \pm \frac{C_H^0 \cdot q_p \cdot x}{\bar{c}} \longrightarrow t_K = t_H \pm \lambda \cdot x$$

где  $t_H$  начальная и конечная температуры реакционной смеси;

-  $q_p$  тепловой эффект при полном превращении исходного вещества или при полном переходе основного компонента из одной фазы в другую в гетерогенных процессах;

-  $G$  общая масса сырья;

-  $\bar{c}$  средняя удельная теплоемкость в интервале рабочих температур;

-  $C_H^0$  начальная концентрация исходного вещества;

-  $x$  степень превращения;

-  $\lambda$  адиабатический коэффициент процесса.

2. **Изотермический реактор** характеризуется постоянством температуры во всем реакционном объеме.

3. **Автотермический реактор**, в котором поддержание необходимой температуры осуществляется только за счет теплоты химического процесса без использования внешних источников энергии.

4. В **политропическом реакторе** тепловой режим (изменение температуры в реакционном объеме) будет определяться не только тепловым эффектом химического превращения, но и теплотехническими и конструктивными факторами реакционной аппаратуры

## Конструктивные типы реакторов

Конструктивная классификация реакторов объединяет всю реакционную аппаратуру в следующие группы:

Реакторы типа реакционной камеры;

Реакторы типа колонны;

Реакторы типа теплообменника;

Реакторы типа печи.

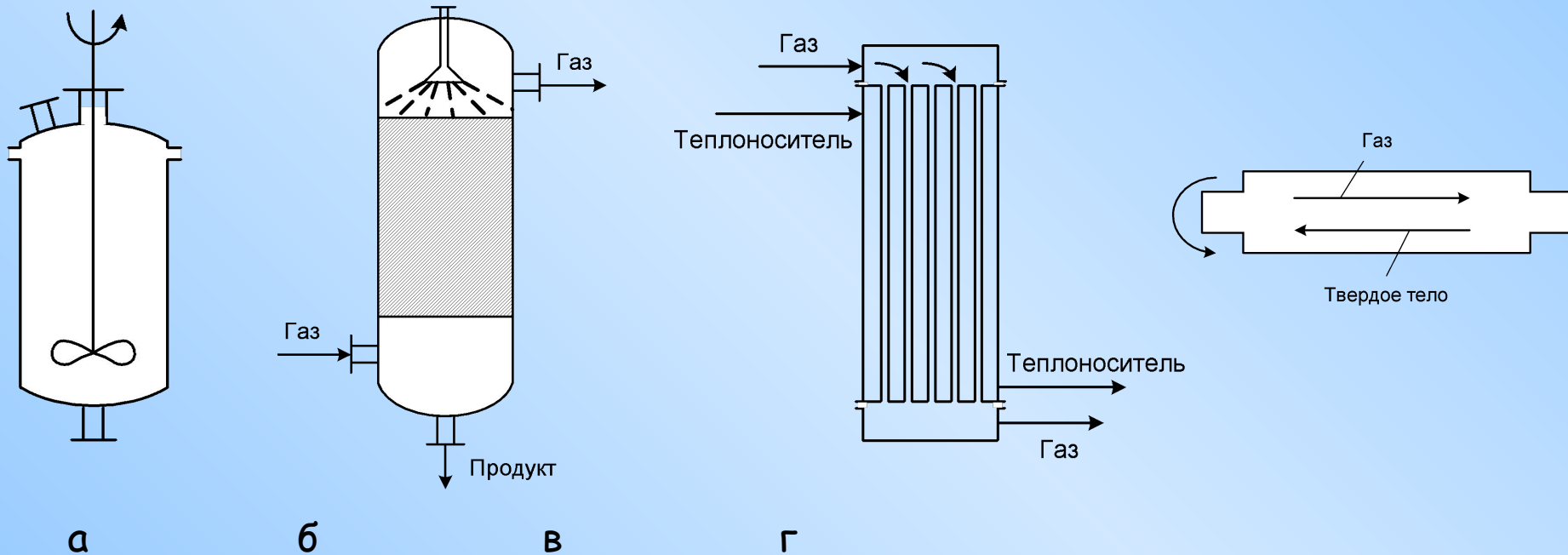


Рис. 11.8. Типы реакторов

а) реакционная камера с перемешиванием; б) колонный реактор; в) реактор теплообменник; г) реактор печь

К важнейшим **факторам**, определяющих устройство реактора, можно отнести следующие:

- **агрегатное состояние** исходных веществ и продуктов реакции, а также их химические свойства;
- **температуру и давление**, при которых протекает процесс;
- **тепловой эффект** процесса и скорость теплообмена;
- **интенсивность перемешивания** реагентов, непрерывность или периодичность процесса;
- **удобство монтажа и ремонта** аппарата, простоту его изготовления;
- **доступность конструкционных материалов** и т.д.