

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

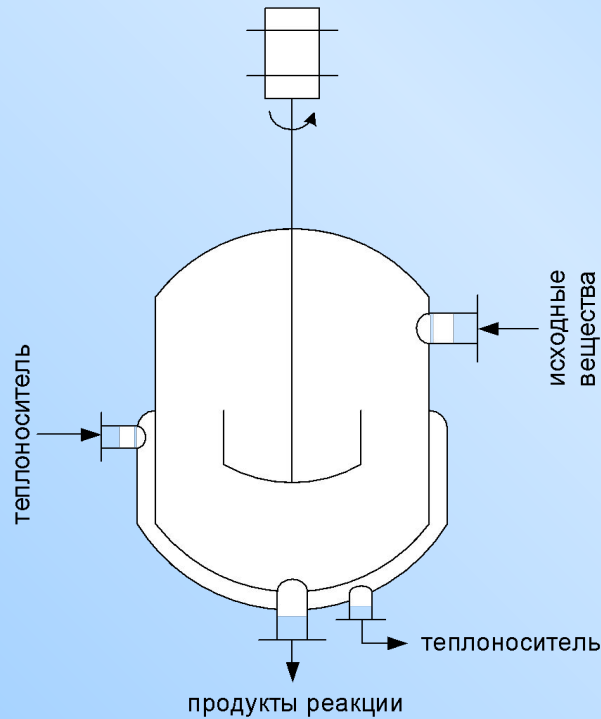


Рис. 11.1 Аппарат для периодического процесса

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

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

При этом τ складывается из периода химической реакции (τ_1) и периода вспомогательных операций (τ_2).

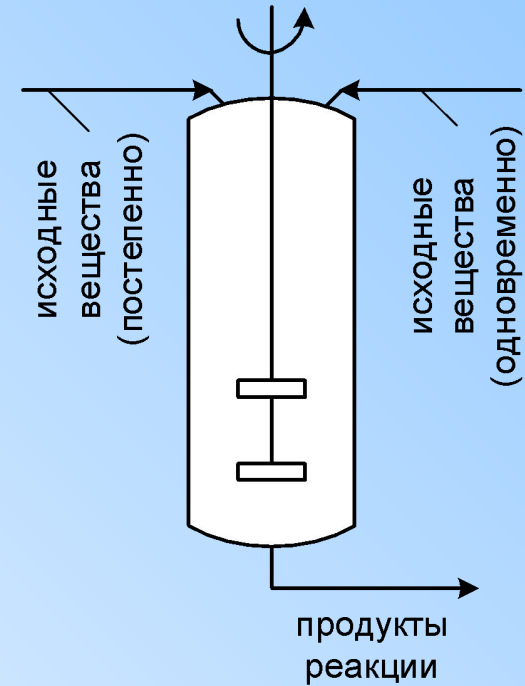


Рис. 11.2 Аппарат промежуточного типа
(полунепрерывного действия)

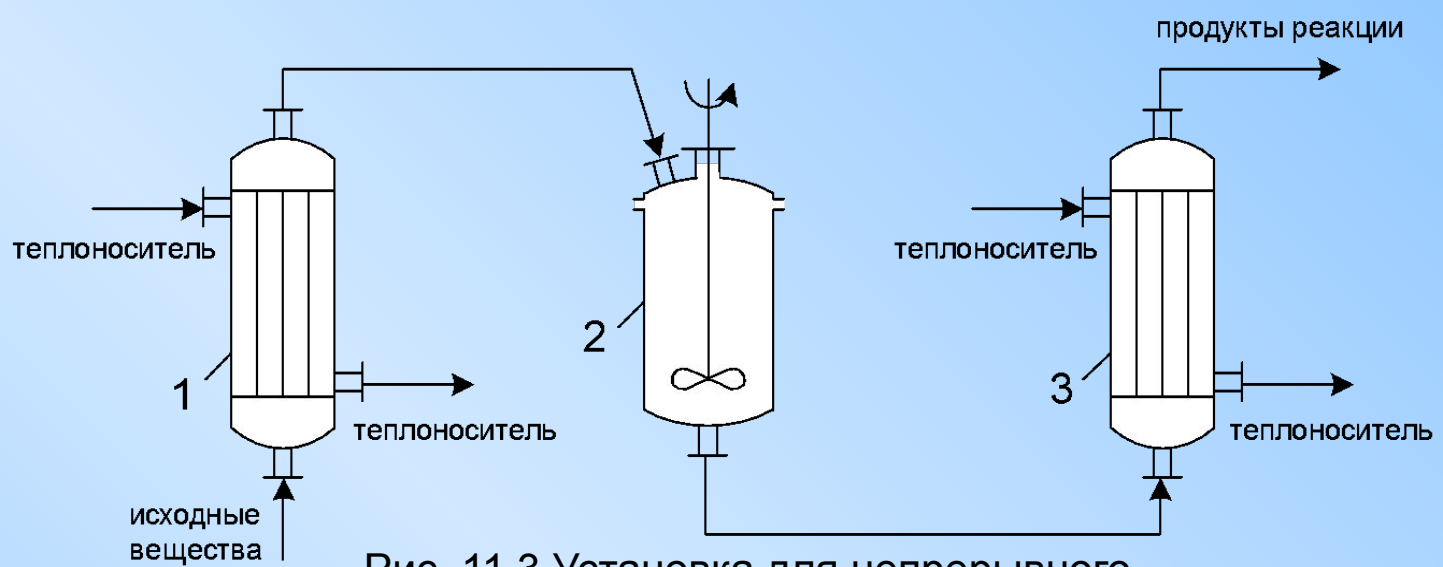


Рис. 11.3 Установка для непрерывного процесса

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 (): τ

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

где W – объемная скорость сырьевого потока, ч⁻¹ (с⁻¹);

V_R – объем химического реактора, м³ (л);

Q – объемный расход, м³/ч (мл/с).

Классификация по гидродинамическому режиму

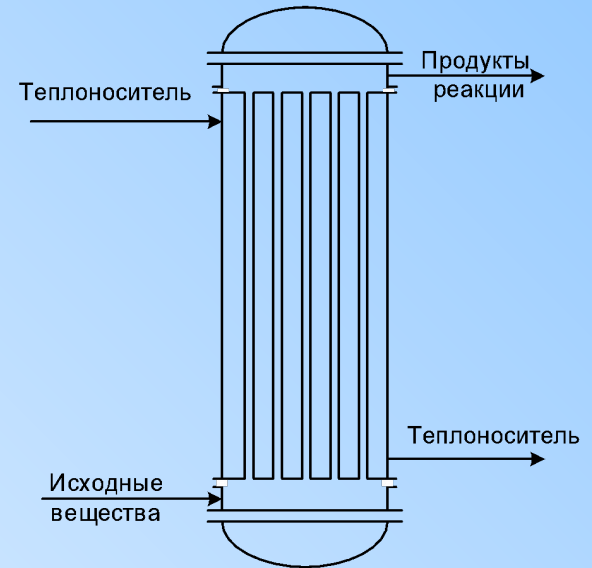
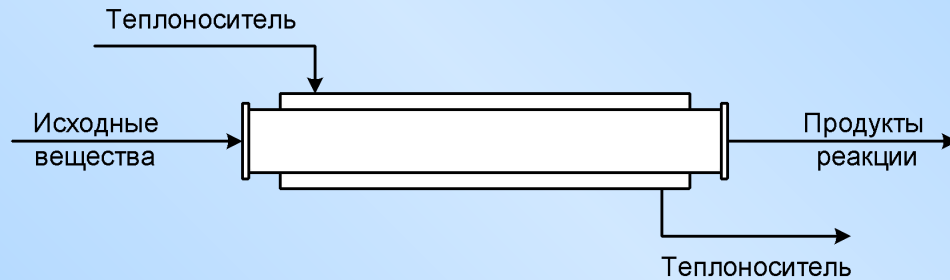


Рис. 11.4. Реакторы вытеснения (РИВ)
а) однетрубный аппарат,

б) многотрубный аппарат

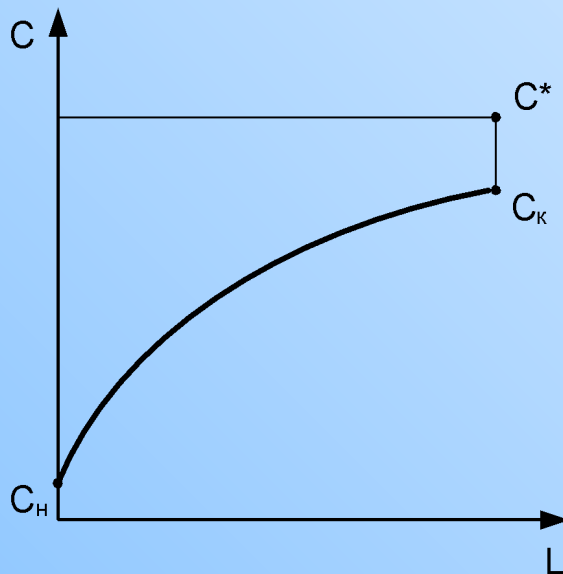
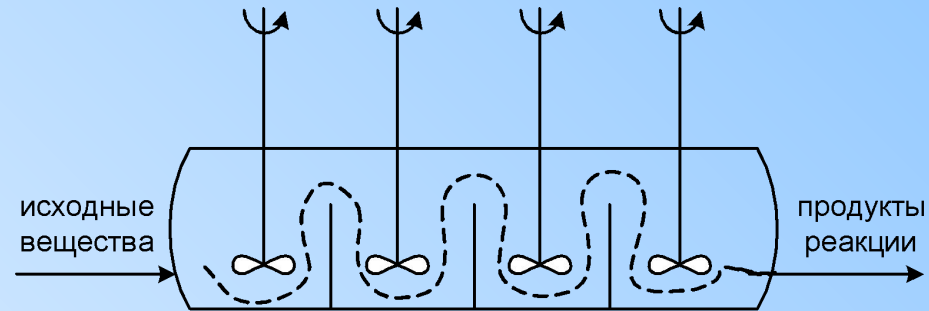
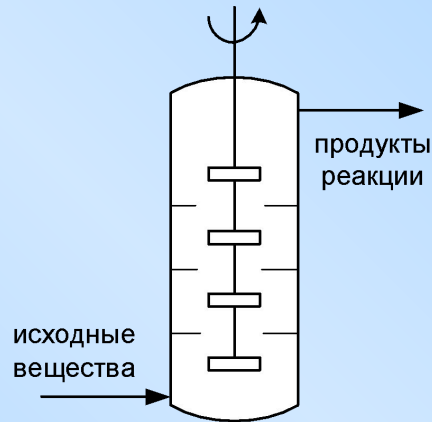
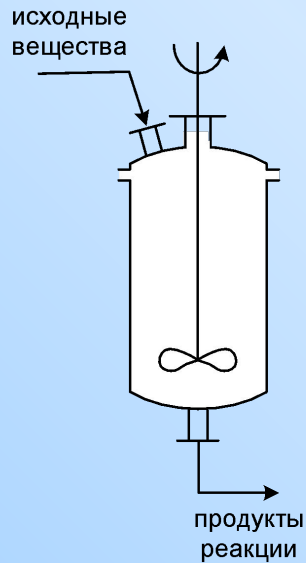


Рис. 11.5. Характер изменения концентрации в аппарате полного вытеснения

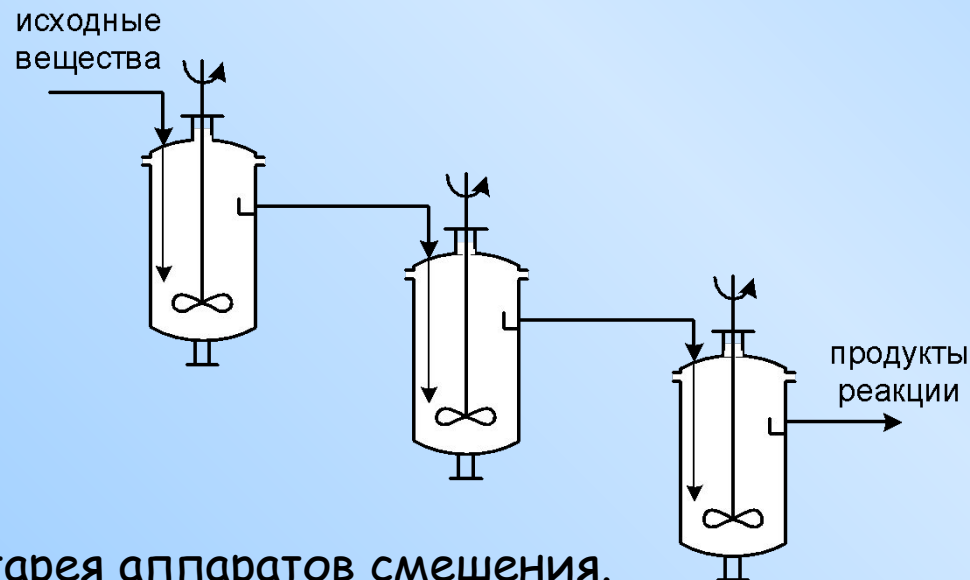
Рис. 11.6. Реакторы смешения:



в - многосекционный горизонтальный аппарат;

а - одноступенчатый аппарат;

б - вертикальный многоступенчатый аппарат;



г - батарея аппаратов смешения.

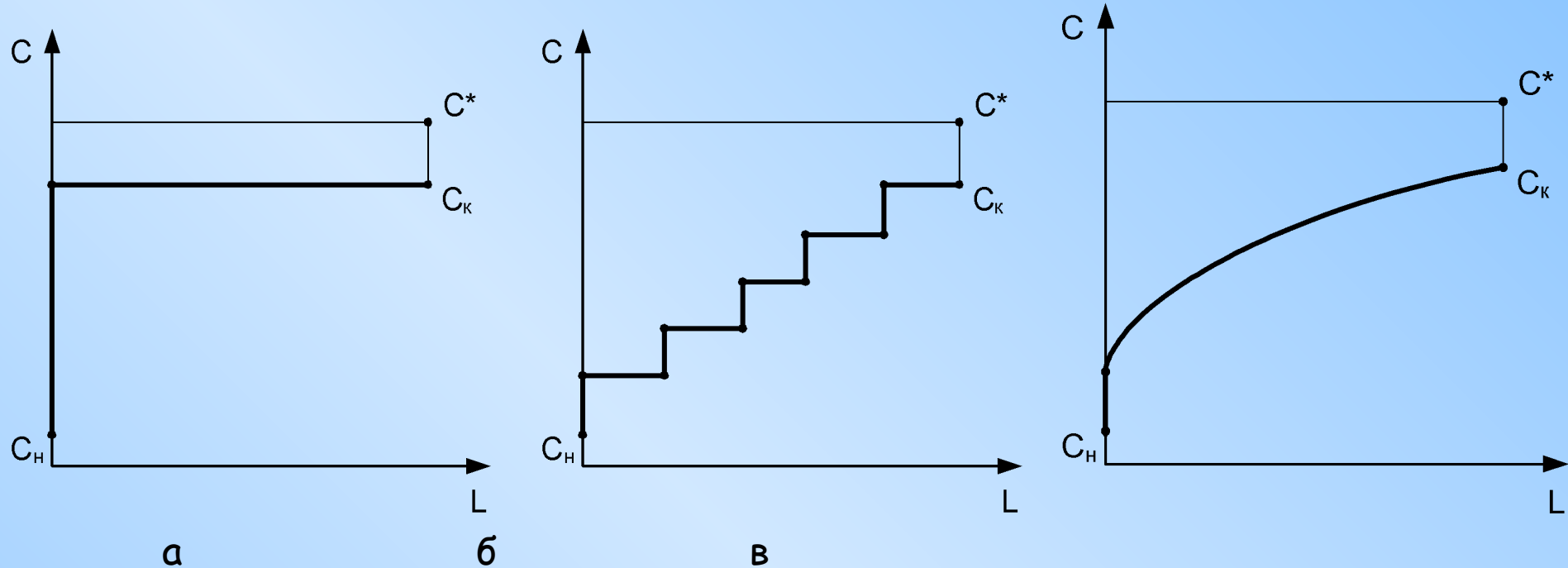


Рис. 11.7. Характер изменения концентрации веществ в реакторах различного типа:
а – аппарат смешения;
б – многосекционный аппарат смешения;
в – аппарат промежуточного типа.

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;

- λ 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.

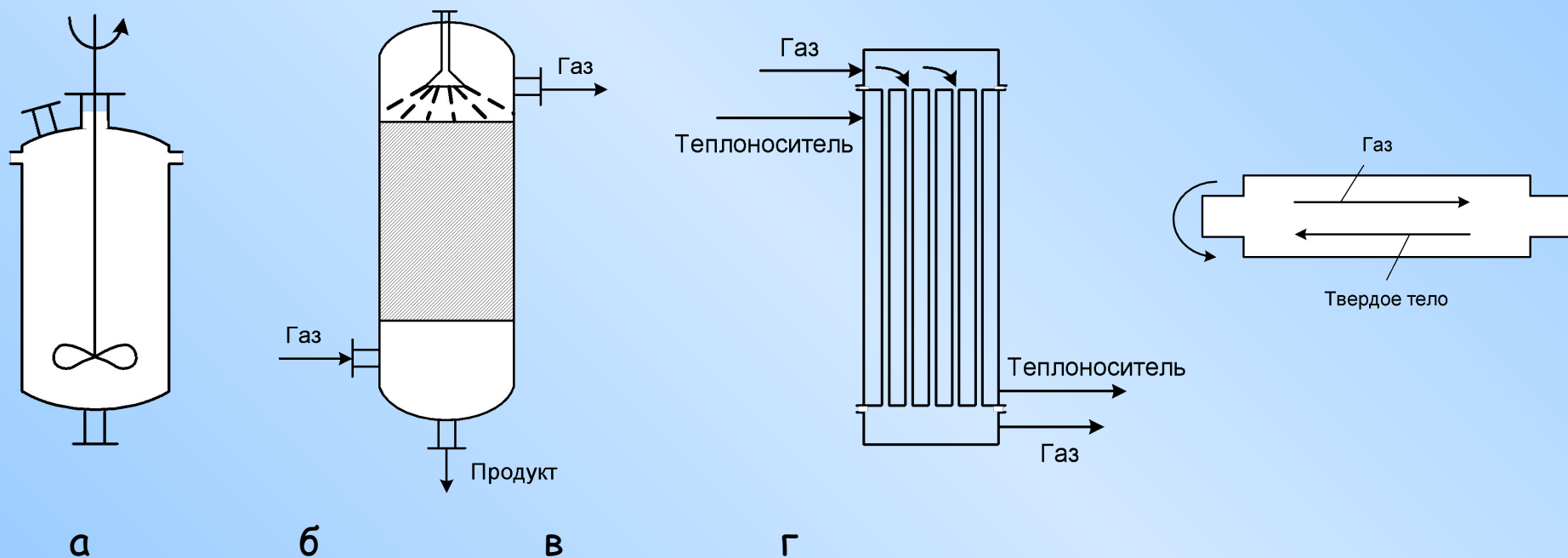


Рис. 11.8. Типы реакторов

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.