

## 15.11 Конструкции выпарных аппаратов

### 15.11.1 Вертикальные трубчатые аппараты с естественной циркуляцией раствора и кипением в зоне нагрева

Выпарной аппарат с соосной греющей камерой и вынесенной циркуляционной трубой (рис. 15.6). В аппарате используется необогреваемая вынесенная циркуляционная труба 4, в которой раствор не кипит. Это усиливает естественную циркуляцию раствора, повышает коэффициент теплоотдачи со стороны раствора и уменьшает вероятность загрязнения теплопередающих поверхностей аппарата.

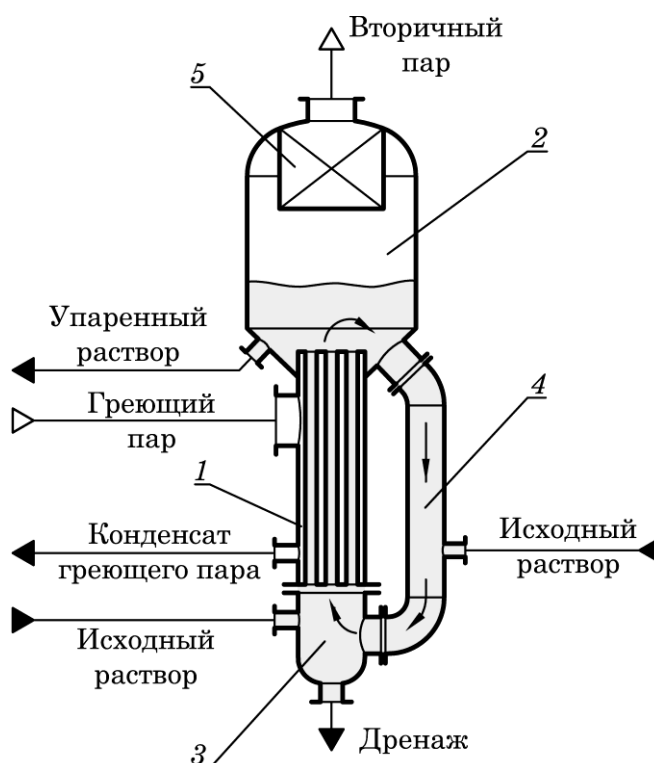


Рис. 15.6 – Вертикальный трубчатый выпарной аппарат с соосной греющей камерой и вынесенной циркуляционной трубой:  
 1 – греющая камера; 2 – сепаратор; 3 – нижняя крышка (днище) греющей камеры; 4 – циркуляционная труба; 5 – каплеотделитель

Исходный раствор подается под нижнюю трубную решетку греющей камеры 1 или в циркуляционную трубу. В верхнюю часть межтрубного пространства греющей камеры подается греющий пар, а из нижней части отводится его конденсат. Раствор в кипятильных трубах греющей камеры нагревается и кипит. Образующаяся при этом парожидкостная смесь выбрасывается в сепаратор 2, в котором происходит ее разделение на отдельные фазы – вторичный пар и раствор. Раствор из нижней части сепаратора стекает в циркуляционную трубу, а также частично в качестве упаренного продукта отводится из аппарата. Вторичный пар проходит через

каплеотделитель 5, очищается от капель раствора, и покидает аппарат через верхний штуцер.

Аппараты данного типа применяют для выпаривания некристаллизующихся непенящихся маловязких термостойких растворов без твердых включений.

**Выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой** (рис. 15.7). Аппарат имеет кипяtilьные трубы высотой до 7 м и работает при более интенсивной естественной циркуляции раствора. Выносная греющая камера 1 легко отделяется от корпуса аппарата, что облегчает и ускоряет ее чистку и ремонт.

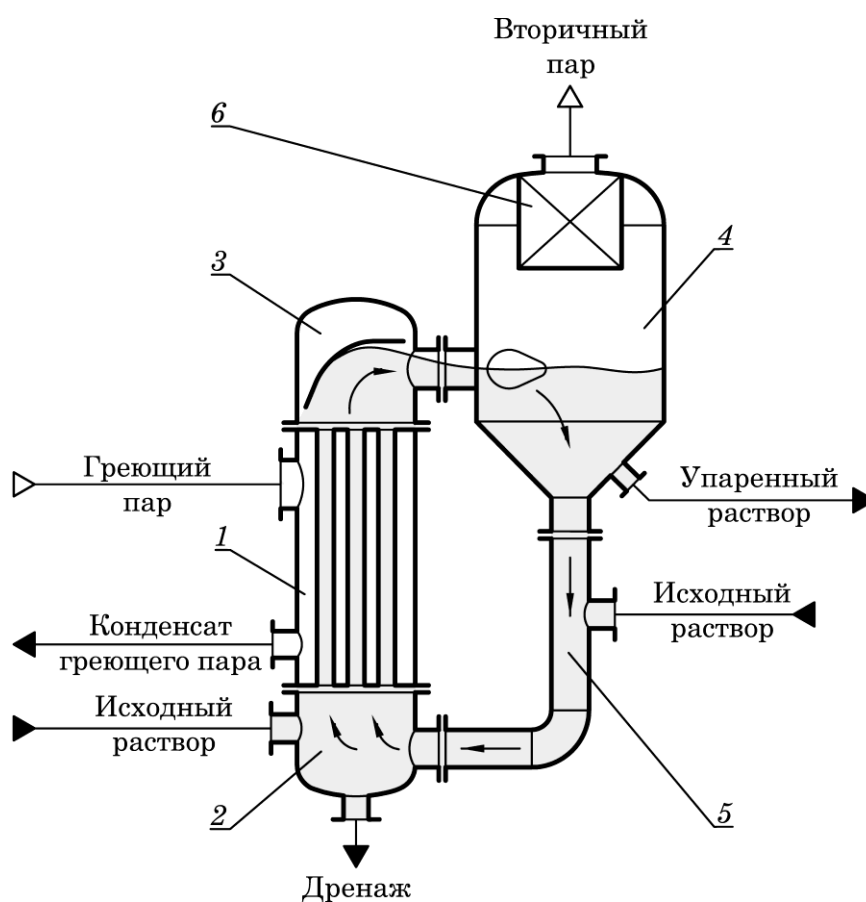


Рис. 15.7 – Выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой:  
 1 – греющая камера; 2 – нижняя крышка (днище) греющей камеры;  
 3 – верхняя крышка греющей камеры; 4 – сепаратор;  
 5 – циркуляционная труба; 6 – каплеотделитель

Скорость циркуляции в таких аппаратах может достигать 1,5 м/с, что позволяет выпаривать в них концентрированные и кристаллизующиеся растворы, не опасаясь слишком быстрого загрязнения поверхностей теплообмена. Благодаря универсальности, удобству эксплуатации и хорошей теплопередаче аппараты такого типа получили широкое распространение.

### 15.11.2 Вертикальные трубчатые аппараты с естественной циркуляцией раствора и вынесенной зоной кипения

К данному типу аппаратов относятся аппараты с соосной греющей камерой (рис. 15.8) и аппараты с вынесенной греющей камерой.

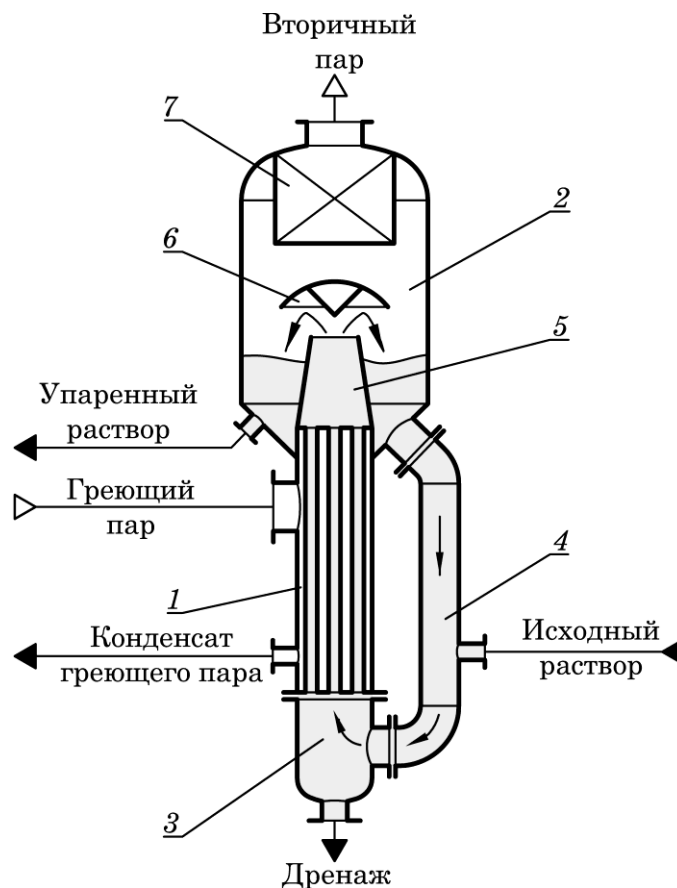


Рис. 15.8 – Вертикальный трубчатый аппарат с соосной греющей камерой, естественной циркуляцией раствора и вынесенной зоной кипения:  
 1 – греющая камера; 2 – сепаратор; 3 – нижняя крышка (днище) греющей камеры; 4 – циркуляционная труба; 5 – труба вскипания; 6 – отбойник; 7 – каплеотделитель

Эти аппараты отличаются от аппаратов с кипением раствора в зоне нагрева наличием трубы вскипания 5 над верхней трубной решеткой греющей камеры 1. Труба вскипания увеличивает высоту столба раствора, повышая в греющих трубах гидростатическое давление. Из-за этого раствор в них не закипает, а нагревается до температуры, превышающей его температуру кипения на свободной поверхности. Кипение перегретого раствора происходит в трубе вскипания при выходе его в сепаратор 2.

В данных аппаратах возникает высокая скорость циркуляции. Их применяют для выпаривания мало- и средневязких термостойких растворов, образующих осадки, удаляемые с поверхности труб механическим способом.

### 15.11.3 Вертикальные трубчатые аппараты с принудительной циркуляцией раствора

К данному типу аппаратов относятся аппараты с соосной греющей камерой и аппараты с вынесенной греющей камерой (рис. 15.9).

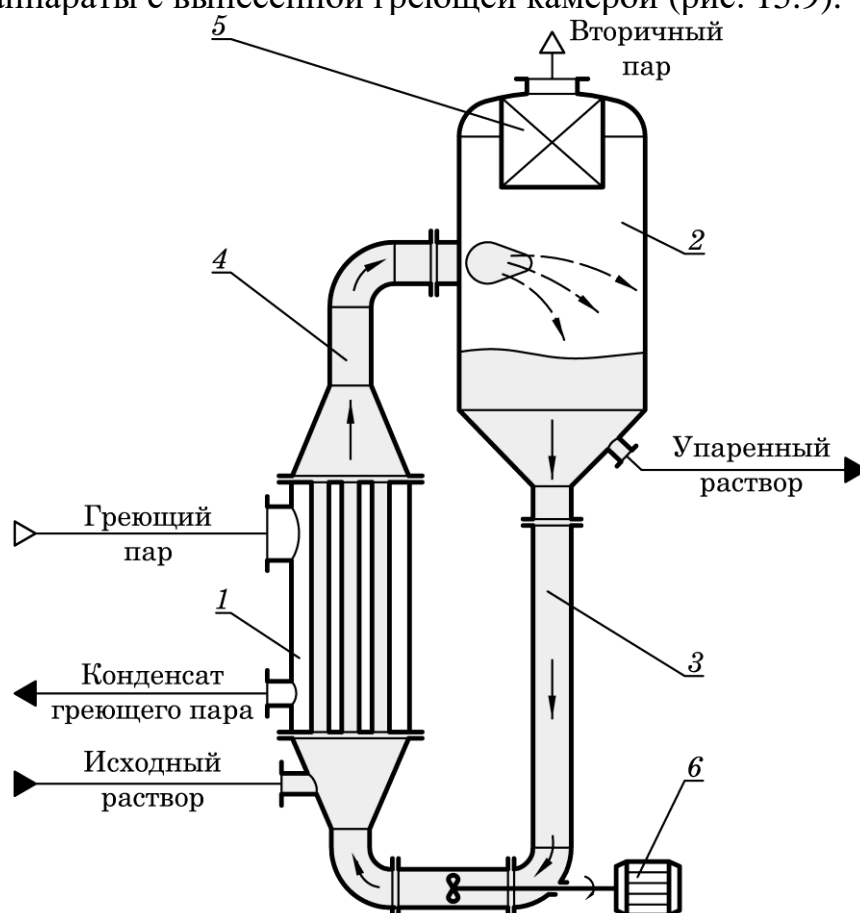


Рис. 15.9 – Вертикальный трубчатый аппарат с вынесенной греющей камерой и принудительной циркуляцией раствора:

1 – греющая камера; 2 – сепаратор; 3 – циркуляционная труба; 4 – труба вскипания; 5 – каплеотделитель; 6 – циркуляционный насос с приводом

Аппараты имеют вынесенную зону кипения и поэтому включают в свой состав трубу вскипания 4. Для организации принудительной циркуляции в нижней части циркуляционной трубы 3 установлен насос 6.

Эти аппараты применяют для выпаривания вязких, кристаллизующихся, загрязненных твердыми примесями растворов. За счет высокой скорости циркуляции достигается интенсификация теплопередачи, уменьшается вероятность загрязнений поверхностей теплообмена.

Недостатки: усложнение конструкции и снижение надежности за счет наличия циркуляционных насосов; расход энергии на организацию циркуляции раствора.

Аппараты с соосными греющими камерами по сравнению с аппаратами с вынесенными греющими камерами занимают меньшие производственные площади. Однако их сложнее обслуживать и ремонтировать.

### 15.11.4 Пленочные выпарные аппараты

Пленочные выпарные аппараты применяют для выпаривания нетермостойких растворов. В них кипение происходит в пленке раствора, которая движется по внутренней поверхности теплообменных труб. Это обеспечивает высокую интенсивность теплообмена и отсутствие гидростатической депрессии. Такие аппараты бывают со стекающей и с восходящей пленкой раствора.

Вертикальный трубчатый аппарат со стекающей пленкой (рис. 15.10) имеет вынесенную греющую камеру 1 с нижней 3 и верхней 4 крышками. Греющая камера выполнена в виде вертикальной трубчатки теплообменника. Сепаратор 2 и греющая камера соединены между собой с помощью нижней крышки и соответствующих патрубков. Верхние концы кипяtilьных труб 6 выступают над верхней трубной решеткой 7 греющей камеры и снабжены распределителями жидкости.

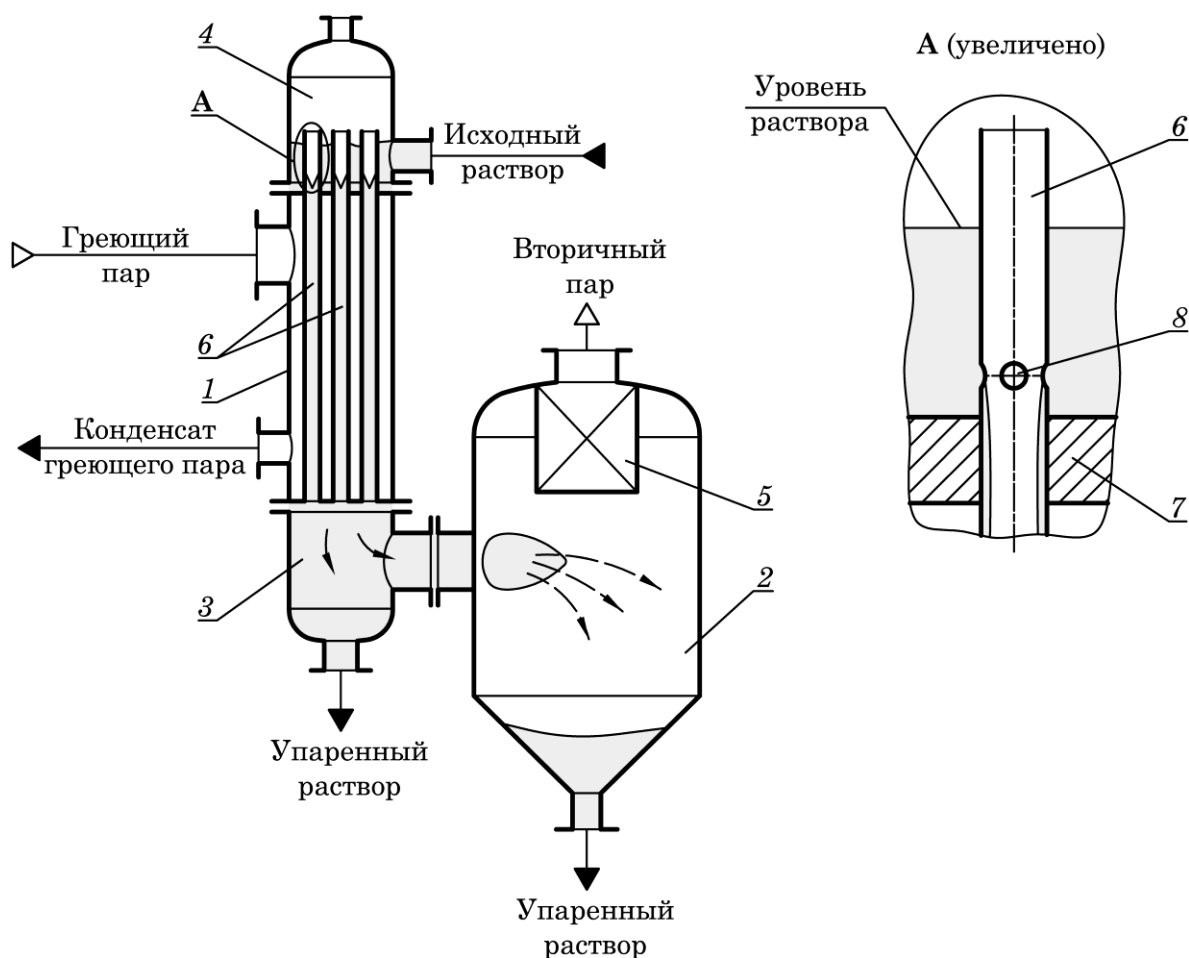


Рис. 15.10 – Вертикальный трубчатый аппарат со стекающей пленкой раствора: 1 – греющая камера; 2 – сепаратор; 3 – нижняя крышка (днище) греющей камеры; 4 – верхняя крышка греющей камеры; 5 – каплеотделитель; 6 – кипяtilьные трубы; 7 – верхняя трубная решетка; 8 – калиброванные отверстия

В верхнюю часть межтрубного пространства греющей камеры подается греющий пар, а из нижней части отводится его конденсат. Исходный раствор подается в верхнюю крышку 4 аппарата и через отверстия 8 поступает внутрь кипяtilьных труб 6. Раствор в виде тонкой пленки движется вниз и кипит. Образующийся вторичный пар также движется по трубам вниз. Упаренный раствор частично отводится из аппарата через штуцер в нижней крышке греющей камеры. Вторичный пар с остатками упаренного раствора направляется в сепаратор, где они разделяются. Отделенный от пара раствор отводится из нижней части сепаратора. Вторичный пар очищается от капель раствора в каплеотделителе 5 и отводится из верхней части сепаратора.

Выпарные аппараты со стекающей пленкой раствора применяют для выпаривания вязких, неагрессивных, не содержащих твердых механических примесей нетермостойких растворов.

Для пенящихся растворов малой и средней вязкости применяют трубчатые выпарные аппараты с восходящей пленкой. Роторные пленочные выпарные аппараты используют для высоковязких, пастообразных растворов.

### 15.11.5 Барботажные выпарные аппараты

Барботажные выпарные аппараты (аппараты смешения) применяют для выпаривания агрессивных растворов. Для термостойких растворов используют аппараты с погружными горелками (рис. 15.11).

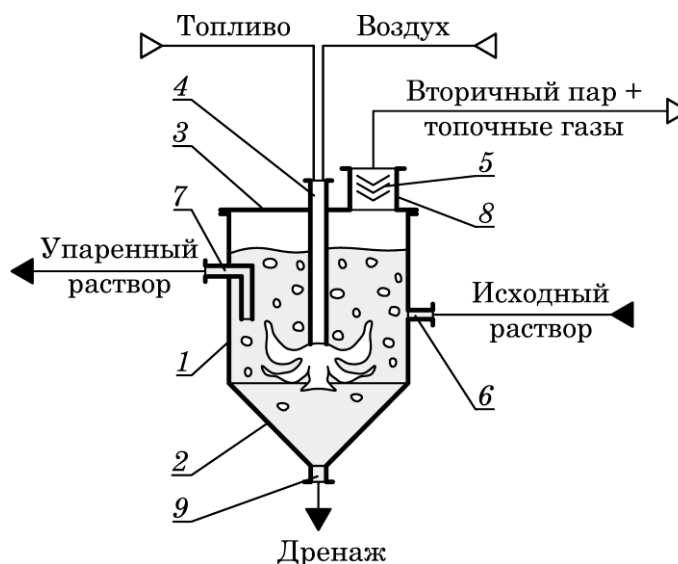


Рис. 15.11 – Выпарной аппарат с погружной горелкой:  
1 – корпус; 2 – днище; 3 – крышка; 4 – погружная горелка;  
5 – каплеотделитель; 6–9 – штуцера

Аппарат имеет вертикальный цилиндрический корпус 1 с коническим днищем 2. Изнутри корпус футерован устойчивым к коррозионному воздействию раствора материалом. В крышку корпуса 3 вмонтирована

погружная горелка 4, основная часть которой при работе аппарата находится внутри раствора. В крышке корпуса также имеется штуцер 8 для отвода смеси вторичного пара и топочных газов. Внутри этого штуцера установлен каплеотделитель 5.

Исходный раствор подается через штуцер 6 внутрь корпуса аппарата. Заданный уровень раствора поддерживается с помощью переливной трубы штуцера 7, через которую удаляется упаренный раствор. В погружную горелку 4 подаются топливо и воздух. В результате горения топлива образуются топочные газы с высокой температурой, которые барботируют через раствор. Между газами и раствором происходит теплообмен, раствор кипит и упаривается. Смесь вторичного пара и топочных газов покидает аппарат через штуцер 8, проходя через каплеотделитель 5.

Достоинства аппарата: простота устройства, высокая коррозионная стойкость, высокая интенсивность теплообмена. Недостатки аппарата: меньшая по сравнению с МВУ тепловая эффективность; загрязнение раствора продуктами сгорания.