

УДК 621.929 + 664.1.038.3

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА САТУРАЦИИ

*В.Г. Некрутов, А.В. Иршин, А.П. Шмаков*

В статье рассматривается вопрос повышения эффективности смесительного сатуратора, реализующего новый способ перемешивания жидких сред с газом, заключающийся в углублении турбулизации увеличением циркуляции потоков и исключения застойных зон, путем сообщения рабочей среде совместного вращения и радиально-осевых колебаний.

Ключевые слова: смесительный сатуратор, ротор с перфорированными дисками, закрученные встречные затопленные струи.

Сатурация производится при помощи сатураторных установок (рис. 1, 2) и применяется как в пищевой промышленности (для производства газированных напитков, газированных вин и т.д.), так и в других областях. То есть там, где необходимо искусственно (и, следовательно, быстро) насытить жидкость газом. (Например, искусственная сатурация применяется в медицине, где некоторые виды сатураторов используются для проведения кислородной терапии). Сатурация может быть природной (например, природная минеральная вода), а может происходить путем естественного брожения. Так создается шампанское, так готовят хорошее пиво и хороший натуральный квас.



Рис. 1. Сатуратор (карбонизатор)



Рис. 2. Сатуратор  
(сироповарочная установка)

В сатураторе для взаимодействия газа с жидкостью применяют один из нескольких способов: механическое перемешивание, барботирование газа через слой жидкости, разбрызгиванием жидкости в газе.

В зависимости от используемых способов сатурации различают сатураторы смесительные, распылительные, комбинированные. Сатураторы, в которых насыщение воды производится смешиванием ее с поступающим через барботер газом, называются смесительными.

В смесительных сатураторах используются вращающиеся перемешивающие устройства различных типов.

Существующие конструкции смесительных сатураторов обладают рядом недостатков, основные из которых: слабая интенсивность перемешивания, образование застойных зон, высокая потребляемая мощность, низкая производительность [1].

Поэтому несмотря на их многообразие продолжают поиски новых, более совершенных конструкций, обеспечивающих при сравнительно малых затратах энергии наибольшую производительность процесса и высокое качество готового продукта.

Таковыми могут являться смесительные сатураторы [1], основанные на вибрационном воздействии, позволяющие увеличить турбулизацию и циркуляцию потоков жидкой среды с газом, но при их использовании образуются застойные зоны, которые не позволяют достигнуть максимальной турбулизации.

Предлагается в смесительном сатураторе реализовать новый способ перемешивания жидких сред с газом [2], при котором смеси принудительно, посредством ротора с перфорированными дисками (рис. 3), выполняющими роль барботера, одновременно задают вращение  $\omega_{ВР}$  с пульсациями скорости  $\pm \varepsilon$  и радиально-осевые колебания, вместе с тем, формируют закрученные встречные затопленные струи и увеличивают длину их пути перемешивания при объемной циркуляции этих струй (рис. 4), при этом будут доминировать такие факторы, как управляемая частота и амплитуда колебаний, оказывающие воздействия на составляющие скорости движения жидкой среды с газом  $V_r, V_z, V_t$  [3]. Причем, изменяя параметры этих движений, управляют шагом спиральных траекторий закрученных встречных затопленных струй (рис. 4), а значит, и интенсивностью их взаимодействия.

Для исследования траекторий движения затопленных струй используется программа «Flow Vision», основанная на консервативных схемах расчета нестационарных уравнений в частных производных, которые по сравнению с неконсервативными схемами дают решения, точно удовлетворяющие законам сохранения (в частности, уравнению неразрывности).

Результаты компьютерных исследований показали, что использование данного вибрационного смесительного сатуратора позволяет одновременно реализовать несколько вибромеханических эффектов [4, 5]: повышение турбулизации жидкой среды, активного перемешивания жидкости (вибродструйный эффект), эффект вибрационного поддержания вращения ротора.

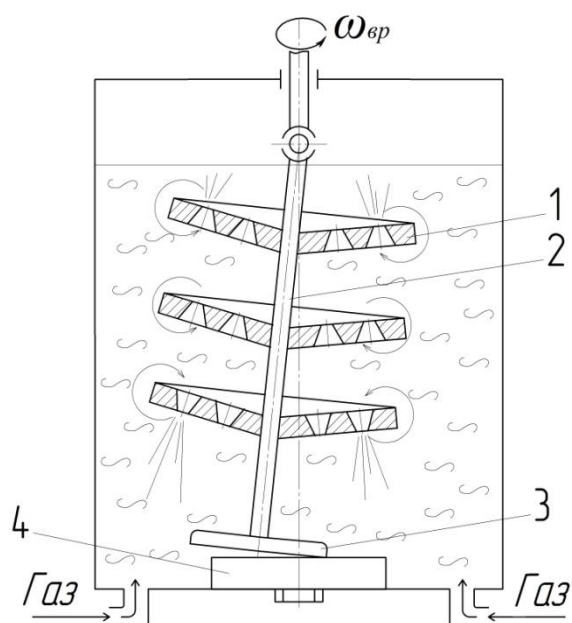
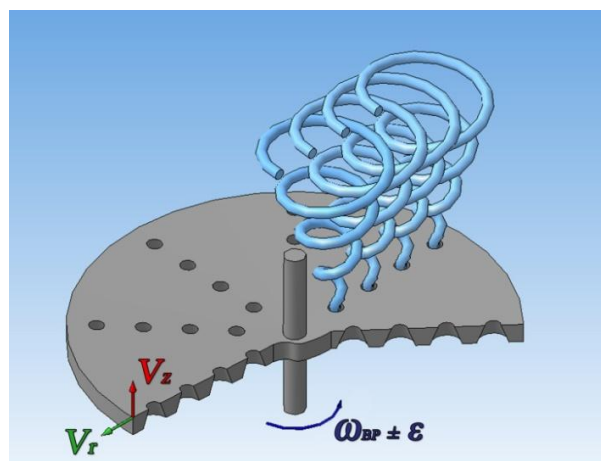
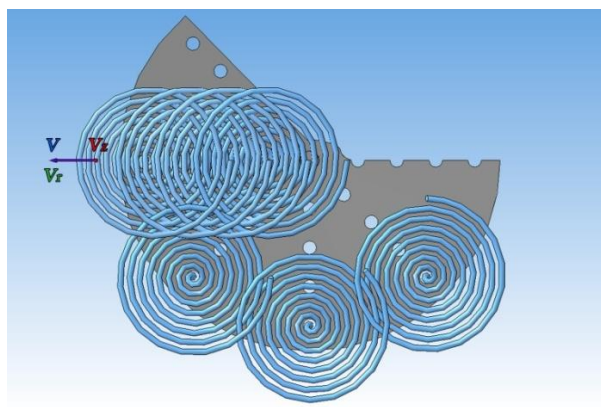


Рис. 3. Схема смесительного сатуратора (1– диски ротора; 2 – ротор; 3– тарелка ротора; 4 – контртело)



а)



б)

Рис. 4. Формирование турбулентных затопленных струй:  
а), б) схемы взаимодействия струй

Поэтому при замене известных конструкций сатураторов на данный вибрационный смесительный сатуратор, который будет основан на предлагаемом способе перемешивания, за счет повышения эффективности его работы существенно увеличится качество продукта.

Данный способ процесса сатурации может быть использован в химической, пищевой, биологической и других отраслях промышленности.

#### Библиографический список

1. Васильцев, З.А. Аппараты для перемешивания жидких сред: справочное пособие / З.А. Васильцев, В.Г. Ушаков. – Л.: Машиностроение, 1989. – 271 с.; Блехман, И.И. Вибрационная механика / И.И. Блехман. – М.: Физматлит, 1994. – 400 с.
2. Пат. 2543204 Российская Федерация, МПК В 01F 11/00. Способ перемешивания жидкости / С.В. Сергеев, В.Г. Некрутов и др. – №2013121302/05; заявл. 07.05.2013; опубл. 27.02.15, Бюл. № 6.
3. Сергеев, С.В. Применение вибромеханических эффектов при приготовлении и регенерации смазочно-охлаждающих жидкостей / С.В. Сергеев, В.Г. Некрутов // СТИН. – 2012. – № 5. – С. 33–37.

4. Vibromechanical methods in the preparation and regeneration of lubricant and coolant fluids / S.V. Sergeev and V.G. Nekrutov // Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, No. 11–12, pp. 754–757.

5. Некрутов, В.Г. Компьютерное моделирование процесса перемешивания технологических сред в пищевой промышленности / В.Г. Некрутов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – № 2–3. – С. 71–73.

[К содержанию](#)