

Изобретение относится к области оборудования химической технологии, в частности к устройствам для перемешивания, эмульгирования и диспергирования в жидких средах при создании гидродинамической кавитации, усиливающей эти процессы.

Известно множество типов мешалок [1], конструкции которых отличаются друг от друга геометрической формой рабочих органов.

Недостатком всех этих мешалок является недостаточная эффективность перемешивания, обусловленная отсутствием кавитационных, пульсационных, колебательных явлений, усиливающих ударными волнами, возникающими при схлопывании множества кавитационных пузырьков. Именно эти явления способны существенно интенсифицировать процессы перемешивания и гомогенизации.

Наиболее близким к изобретению техническим решением по принципу работы являются пропеллерные мешалки с диффузорами [2], содержащие цилиндрический корпус с патрубками для подачи воды или суспензии, твердых примесей и жидких компонентов, а также перемешивающий активирующий рабочий орган в виде лопастной крыльчатки с диффузором.

Недостатком таких мешалок является недостаточная степень диспергирования компонентов и скорость перемешивания, обусловленная отсутствием кавитационно-кумулятивных эффектов, связанных с относительно плавным обтеканием жидкостью лопастной крыльчатки.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования мешалки путем использования в перемешивающем активирующем рабочем органе - лопастной крыльчатке лопастей с суперкавитирующим профилем, а также путем использования в конструкции мешалки пульсатора жидкости, за счет чего осуществляется гидродинамическая кавитация внутри объема мешалки и создание циклов повышения и понижения давления, способствующих значительному увеличению силы ударных волн и скоростей кумулятивных струй» что ведет к увеличению скорости перемешивания.

Поставленная задача решается посредством того, что мешалка, содержащая цилиндрический корпус с патрубками для подачи воды или суспензии, для подачи частиц твердых компонентов или гомогенизирующихся примесей, а также перемешивающий активирующий орган с рабочим валом и диффузором, размещаемый внутри корпуса, дополнительно снабжается встроенным в днище гидравлическим пульсатором мембранного или поршневого типа и пружинным предохранительным клапаном со сбросом жидкости в корпус мешалки, а рабочий орган мешалки выполнен в виде крыльчатки с лопастями клиновидного сечения с острой передней и тупой задней кромками (СК-крыльчатки).

Использование в крыльчатке лопастей с суперкавитирующим - клиновидным профилем, установленных под углом к оси, ведет к образованию в жидкости каверн, а периодическое повышение и понижение давления вызывает уменьшение размеров пузырьков и увеличение кумулятивного эффекта (при повышении давления), и облегчает зарождение новых каверн и кавитационных пузырьков (при понижении давления), а также дробление каверн струями жидкости, направляемой с пульсатора, что ведет к повышению степени диспергирования и увеличению скорости перемешивания.

На фиг.1 изображена общая схема мешалки,

На фиг.2 изображена мешалка со встроенным в днище пульсатором.

Мешалка имеет герметический цилиндрический корпус с патрубками: для подвода суспензии 2, твердых примесей 3 и жидких компонентов 4, а также для слива готовой диспергированной гомогенизированной среды 5. Для герметизации объема внутри мешалки все патрубки снабжаются задвижками с дистанционными приводами. Внутри корпуса размещен перемешивающий активирующий рабочий орган 6 в виде суперкавитирующей (СК) крыльчатки с лопастями клиновидного сечения с острыми передними и тупыми задними кромками. Вал 7 электродвигателя 8 посредством муфты 9 и колебательного устройства 10 соединен с валом 11, на котором закреплена СК-крыльчатка 6. Соосно с валом крыльчатки 6 внутри корпуса 1 установлен диффузор 12. Между диффузором 12 и корпусом 1 образуется кольцевое пространство для обеспечения внешней циркуляции жидкости и насосного действия крыльчатки. Кавитационная мешалка может изготавливаться в двух вариантах с внешним (фиг.1) и встроенным в днище мембранным или поршневым пульсатором (фиг. 2). На фиг.1 показан первый вариант. Поршневой пульсатор 13 содержит цилиндр 14 с поршнем 15, закрепленном на штоке 16, соединенном с ползуном 17 и кривошипно-шатунным механизмом 18. Корпус пульсатора 14 соединен (в случае внешнего пульсатора) трубопроводом 19 с соплами 20, размещенными внутри диффузора 12 и направленными на крыльчатку 6.

Во втором варианте конструкция мешалки упрощается. Пульсатор монтируется в днище или самднище, будучи мембраной может выполнять роль пульсатора. В этом случае цилиндр пульсатора не имеет днища и близко примыкает к диффузору, отпадает необходимость в соплах 20 и трубопровода 19. Этот вариант конструкции кавитационной мешалки как целостного агрегата предлагается для вновь изготавливаемых аппаратов. Вариант с внешним пульсатором предлагается использовать для модернизации существующих мешалок.

Для создания периодического повышения и понижения давления внутри мешалки на ее верхней крышке или боковой поверхности устанавливается пружинный сбросной предохранительный клапан 21. Он обеспечивает плавное нарастание давления жидкости в объеме мешалки и мгновенный его сброс. Предохранительный клапан 21 состоит из цилиндрического корпуса, внутри которого размещается поршень 23, закрепленный на штоке 24. Соосно со штоком 24 над поршнем 23 внутри корпуса 22 размещена пружина 25, один конец которой упирается в днище корпуса, а другой - в верхнюю поверхность корпуса. В верхней части корпуса 22 имеется отверстие 26, к которому присоединен патрубок 27, подключаемый к верхней крышке корпуса 1 мешалки.

В самой верхней точке трубопровода установлен воздушный кран 28 для выпуска воздуха при полном заполнении объема мешалки - мешалка может работать как в периодическом так и непрерывном режиме. При работе в периодическом режиме перед включением пульсатора все задвижки на мешалке закрываются, весь объем аппарата полностью заполняется жидкостью. Для работы в непрерывном режиме все патрубки КМ снабжаются подпружинными обратными клапанами соответствующей направленности действия с тем, чтобы

при сжатии объема жидкости в мешалке пульсатором обратные клапаны закрывались, удерживая создаваемое внутри давление.

Мешалка работает следующим образом.

Корпус мешалки 1 через патрубки 2, 3 и 4 заполняется жидкостью и смешиваемыми компонентами при положении поршня предохранительного клапана 21 в верхней мертвой точке, а поршня пульсатора 13 - в нижней. Объемы цилиндров предохранительного клапана и пульсатора должны быть одинаковыми. Для выпуска воздуха из объема мешалки при заполнении ее жидкостью открывается воздушный кран 28. После заполнения всего объема мешалки жидкостью воздушный кран 28 закрывается, запускается двигатель мешалки 8 и пульсатор 13. Вращение вала 7 электродвигателя 8 через муфту 9 и колебательное устройство 10 передается валу 11 крыльчатки 6, лопасти которой имеют профиль, обеспечивающий интенсивную кавитацию жидкости и циркуляцию вокруг диффузора 12. При движении поршня 15 пульсатора 13 вверх в объеме создается небольшое разрежение и поршень 23 предохранительного клапана 21 движется вниз под действием пружины 25, при этом пульсатор 13 через сопла 20 отсасывает частично жидкость из диффузора 12, способствуя развитию гидродинамической кавитации. В мешалках со встроенным в днище пульсатором (фиг.2) такой отсос жидкости производится непосредственно через корпус пульсатора, не имеющего верхнего днища.

Когда же поршень 15 пульсатора 13 движется вниз (на фиг.2 - вверх) происходит сжатие объема жидкости в мешалке, вызывающее плавное возрастание давления жидкости внутри мешалки, при этом поршень 23 предохранительного клапана 21 движется вверх, преодолевая сопротивление пружины 25. По мере сжатия пружины 25 давление внутри мешалки возрастает. Рост давления происходит до тех пор, пока поршень 23 не достигнет отверстия 23, через которое осуществляется сброс давления.

В период роста давления внутри объема мешалки созданные до этого кавитационные пузырьки сжимаются в объеме пропорционально росту давления, что вызывает существенные увеличения разрушительной силы кумуляции при схлопывании кавитационных пузырьков.

Увеличение этой силы можно показать следующим расчетом.

Примем увеличение давления в объеме мешалки под действием пульсатора от $P_1=1\text{ атм}$ до $P_2=12\text{ атм}$, т.е. в 12 раз.

Тогда уменьшение объема пузырьков при политропическом их сжатии будет в:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/\gamma} = 12^{1/1,4} = 12^{0,714} = 5,9 \text{ раз}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$$

где γ - показатель политропы. Уменьшение радиуса пузырька будет

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{1/3} = 5,9^{1/3} = 1,81 \text{ раз.}$$

Это уменьшение радиуса кавитационного пузырька вызовет соответствующее уменьшение угла входа кумулятивной струйки внутрь пузырька $\alpha(R)$, определяющего величину коэффициента кумуляции K и скорость кумулятивной струйки V_k , возникающей при схлопывании пузырька, что приводит к увеличению силы разрушающего кумулятивного воздействия.

Как показали эксперименты по измерению углов $\alpha(R)$, они изменяются от 90° до 15° , что вызывает изменение коэффициента кумуляции

$$k = \frac{1 + \cos \alpha(R)}{\sin^2 \alpha(R)}$$

от 1 до 30.

Приняв линейную зависимость $\alpha(R)$ от R , получим при уменьшении R в 1,81 раза угол $\alpha_1(R)$ вместо, например, 90° равным

$$\alpha_2(R) = 90^\circ : 1,81 = 49,7^\circ$$

Соответствующее изменение коэффициента кумуляции будет

$$k_1 = \frac{1 + \cos 90^\circ}{\sin^2 90^\circ} = 1,0 ;$$

$$k_2 = \frac{1 + \cos 49,7^\circ}{\sin^2 49,7^\circ} = 2,84$$

от 1,0 до 2,84.

Скорость кумулятивной струйки определяется выражением:

$$V_k = \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{P}{\rho} \left(\frac{R^3}{R_0^3} - 1 \right) \right]^{1/2} \cdot k$$

т.е. при прочих равных условиях V_k пропорциональна K и, следовательно также увеличится в 2,84 раза.

Энергия диспергирования равна

$$E = 1/2 m V_k^2$$

т.е. возрастает в степени 2.

$$\frac{E_2}{E_1} \sim \bar{V}_k^2 \sim \bar{k}^2 = 2,84^2 = 8,06 \text{ раза}$$

т.е. эффективность диспергирования возрастет в 8,06 раза.

Указанный расчет показывает эффективность предлагаемой кавитационной мешалки.

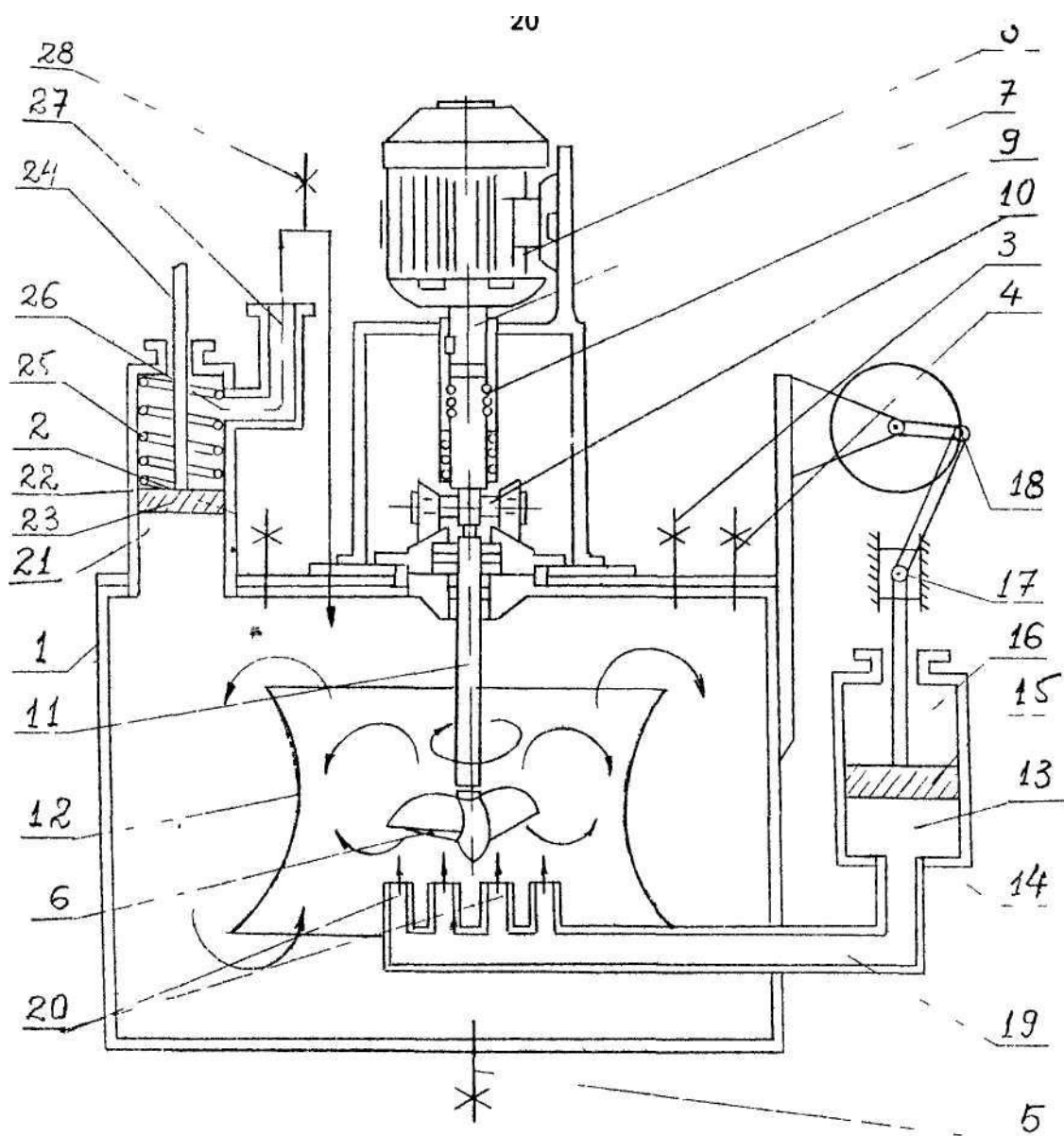
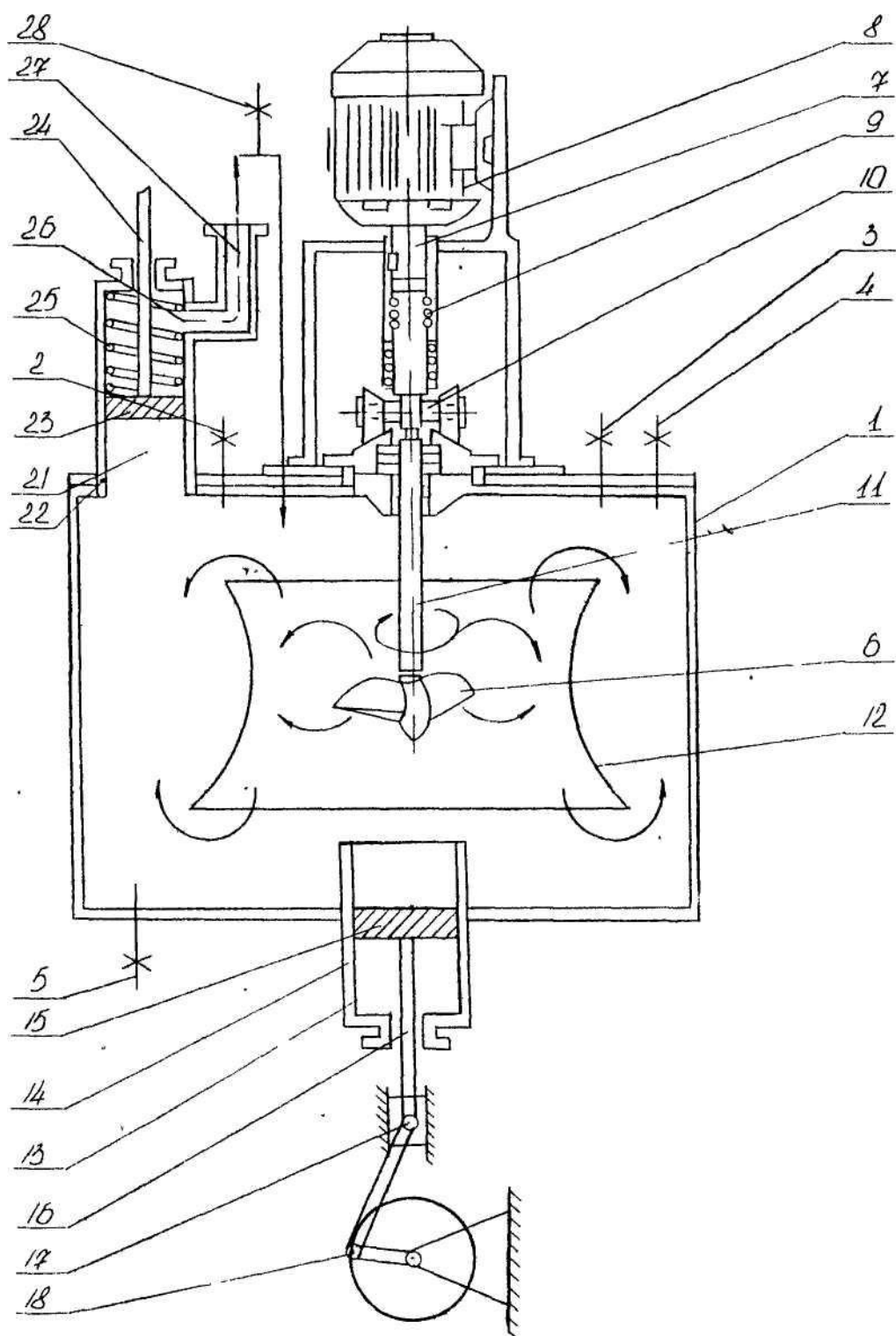


Fig. 1



Фиг. 2