

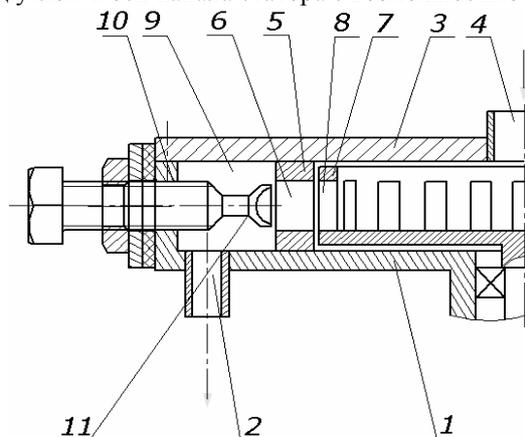
## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАВИТАЦИИ В РОТОРНОМ АППАРАТЕ

Одним из важнейших направлений при создании технологического оборудования является разработка высокоэффективных аппаратов, обладающих минимальными удельными энергозатратами и металлоемкостью, высокой производительностью, которые за счет высокой степени физического воздействия на обрабатываемую среду позволяют повысить выход готовой продукции и ее качество. К этому оборудованию относятся роторные аппараты.

На основании проведенного литературного и патентного поиска [1, 2] была предложена новая конструкция роторного аппарата. Роторный аппарат изображен на рис. 1.

Роторный аппарат содержит корпус 1 с патрубком выхода среды 2, крышку 3 с патрубком входа 4, статор 5 с каналами 6 в боковых стенках, ротор 7 с каналами 8 в боковых стенках, камеру озвучивания 9, образованную корпусом 1, крышкой 3 и статором 5, стержню 10 в камере озвучивания 9 с отражателем 11.

Для оценки величины интенсивности кавитации в рабочей камере аппарата используется гидрофон из титаната бария, установленный под углом к оси канала статора с возможностью регулирования расстояния



**Рис. 1. Принципиальная схема роторного аппарата**

до оси канала. Данный датчик подключен к осциллографу С8-12 и анализатору гармоник С5-3, которые фиксируют характер изменения динамического давления.

Обрабатываемая среда на выходе из канала статора, попадая на отражатель, расположенный на торцевой поверхности стержня, образует кавитационную полость между выходом канала статора и отражателем [2]. Кавитационная полость пульсирует с определенной частотой и интенсивностью. Обрабатываемая среда в камере озвучивания подвергается дополнительному акустическому воздействию при возникновении интенсивной кавитации. Одновременно в роторном аппарате генерируются акустические колебания основного тона. Частота этих колебаний зависит от угловой частоты вращения ротора и числа каналов в роторе и статоре. При совпадении частот колебаний основного тона колебаний кавитационной полости возникает резонанс. При этом возрастает интенсивность кавитации [2].

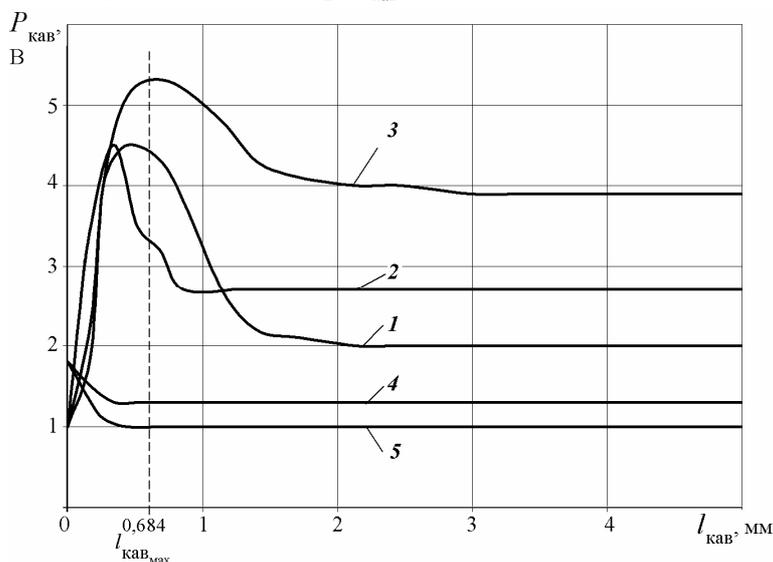
Таким образом, в предлагаемой конструкции осуществляется двухступенчатая обработка жидкой среды. Среда в начале канала статора подвергается интенсивному воздействию акустической кавитации и механическому диспергированию при периодическом перекрытии каналов статора, а затем интенсивному воздействию гидродинамической кавитации, а также ударному и турбулентному воздействию на выходе из канала статора. Все вышеуказанные факторы позволяют значительно интенсифицировать процессы эмульгирования, диспергирования, растворения, экстракции и т.д. К преимуществам предлагаемого конструктивного решения можно отнести то, что его можно использовать практически в любых аналогичных устройствах, с минимальными затратами на модернизацию.

Для подтверждения эффективности предлагаемой конструкции проведены эксперименты по определению интенсивности кавитации в камере озвучивания.

На рисунке 2 интенсивность кавитации характеризовалась величиной кавитационных импульсов давления  $P_{\text{кав}}$ . В качестве обрабатываемой среды использовалось водопроводная вода. На графиках выделяются харак-

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ТГТУ С.И. Дворецкого.

терные максимумы  $P_{\text{кав}}$  при изменении угловой скорости вращения ротора от 50 до 265  $\text{с}^{-1}$ . Наибольшее значение  $P_{\text{кав}}$  зафиксировано при  $\omega \approx 124 \text{ с}^{-1}$ . При этой скорости вращения ротора наблюдается достаточно плавное уменьшение  $P_{\text{кав}}$  от 5,3 до 3,8 В (на расстоянии  $l_{\text{кав}} \approx 3 \text{ мм}$ ). При значениях  $\omega > 150 \text{ с}^{-1}$  графики имеют другой характер, т.е. максимум наблюдается при минимальном значении  $l_{\text{кав}}$ , затем уменьшается до  $l = 0,35 \text{ мм}$  и далее остается постоянным. Следует отметить, что при  $l_{\text{кав}} > 3 \text{ мм}$  величина кавитационных им-



**Рис. 2. Зависимость кавитационных импульсов давления от положения кавитатора:**

1 –  $\omega = 57 \text{ с}^{-1}$ ; 2 –  $\omega = 95 \text{ с}^{-1}$ ; 3 –  $\omega = 124 \text{ с}^{-1}$ ; 4 –  $\omega = 236 \text{ с}^{-1}$ ; 5 –  $\omega = 265 \text{ с}^{-1}$ ,  
при  $\Delta P = 3,12 \cdot 10^5 \text{ Па}$

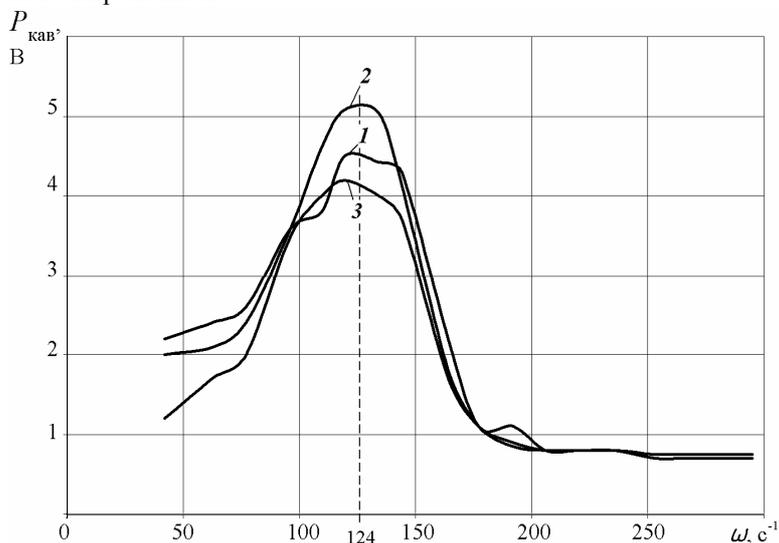
пульсов остается постоянной для любого значения угловой скорости вращения ротора, т.е. при данных расходах, вязкости обрабатываемой среды, диапазоне изменения угловой скорости вращения ротора, температуре и т.п. влияние величины  $l_{\text{кав}}$  на интенсивность кавитации наблюдается при  $l_{\text{кав}} < 1,5 \text{ мм}$  за исключением больших скоростей вращения ротора  $\omega > 150 \text{ с}^{-1}$ .

Из анализа графиков следует, что максимум кавитации наблюдается в узком диапазоне значений  $l_{\text{кав}} = (0,68 \pm 0,08) \text{ мм}$ .

Для выявления вопроса, как влияет угловая скорость вращения ротора на величину  $P_{\text{кав}}$  при различных  $l_{\text{кав}}$  экспериментальные данные были обработаны в виде графиков, изображенных на рис. 3.

Из анализа этих графиков следует, что максимум кавитации наблюдается с допустимой погрешностью на угловой скорости вращения ротора  $\omega \approx 124 \text{ с}^{-1}$ .

Можно сделать определенные выводы по предложенному механизму интенсификации процесса кавитации, заключающемуся в совпадении частоты колебаний кавитационной области с частотой колебания роторного аппарата, определяемого выражением.



**Рис. 3. Зависимость кавитационных импульсов давления  
от угловой скорости вращения ротора:**

1 –  $I_{\text{кав}} = 0,513$  мм; 2 –  $I_{\text{кав}} = 0,684$  мм; 3 –  $I_{\text{кав}} = 2,13$  мм, при  $\Delta P = 3,12 \cdot 10^5$  Па

$$f = \omega Z_p / 2\pi,$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $Z_p$  – число каналов в роторе.

В нашем случае  $Z_p = 76$  и при  $\omega \approx 124 \text{ с}^{-1}$ , т.е. в точке максимального кавитационного давления,  $f_{\text{max}} = 1520$  Гц.

При частоте  $f > 3000$  Гц не наблюдается заявляемого эффекта. При  $\omega > 150 \text{ с}^{-1}$  и минимальном значении  $I_{\text{кав}}$  наблюдается максимум  $P_{\text{кав}}$ . Очевидно, в этом случае стержень работает как обычный источник гидродинамической кавитации.

Выводы.

1. Величина кавитационных импульсов давления при  $I_{\text{кав}} = 0,68$  мм в 1,1 ... 2,2 раза больше, чем в отсутствие кавитатора ( $I_{\text{кав}} > 4$  мм).
2. Конструкция аппарата позволяет легко настроить его работу в оптимальном режиме на обработку жидких сред с различной вязкостью перемещением кавитатора.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Балабышко, А.М. Роторные аппараты с модуляцией потока и их применение в промышленности / А.М. Балабышко, В.Ф. Юдаев. – М. : Недра, 1992. – 176 с.
2. Ультразвук: мален. энцикл. / гл. ред. И.П. Галямина. – М. : Сов. энцикл., 1979. – 400 с.