

4. Левданский Э. И., Левданский А. Э, Гарабажиу А. А. Энергосберегающие роторно-центробежные мельницы для измельчения сыпучих и кусковых материалов // Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности: Материалы междунар. науч.-техн. конф., 27-28 окт. 1998 г. / Минист. образ. Респ. Беларусь. Концерн «БЕЛНЕФТЕХИМ». Белорус. хим. общество. Белорус. гос. технолог. ун-т. — Мн.: БГТУ, 1998. — С. 36 - 38.
5. Волковинский В. А. Системы пылеприготовления с мельницами-вентиляторами. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 384 с.
6. Пискунов А. В., Клочков Н. В., Афонин С. Б. Математическая модель аэродинамики воздушного потока в мельнице // Гидродинамика, тепло- и массообмен в зернистых средах: Межвуз. сб. науч. тр. / Ивановский хим.-технолог. ин-т. — Иваново, 1985. — С. 14 - 18.
7. Штым А. Н. Аэродинамика циклонно-вихревых камер. — Владивосток: Издат. Дальневосточного ун-та, 1985. — 200 с.
8. Труханович В. Б. Закономерности газоцентробежного разделения суспензии в роторных аппаратах: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. — Минск, 1991. — 150 с.
9. Центробежные вентиляторы / Под ред. Т. С. Соломаховой. — М.: Машиностроение, 1975. — 416 с.
10. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 380 с.
11. Соломахова Т. С., Чебышева К. В. Центробежные вентиляторы. — М.: Машиностроение, 1980. — 326 с.

УДК 666.961

И. И. Круглов, аспирант;
П. Е. Вайтехович, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИИ НА ПРОЦЕСС РАСПУШКИ АСБЕСТА

The investigation of cavitation influence on the process of asbestos treatment.

Неспособность выдерживать действие больших растягивающих напряжений, приводящая при значительном понижении давления к кавитации, т.е. к потере сплошности и образованию внутри жидкости паровых или газовых каверн, является фундаментальным свойством

жидкости. Поэтому кавитация столь распространена в сфере практической деятельности человека, сколь многообразны силовые воздействия, которым подвергаются жидкости. Это относится к элементам быстроходных судов и кораблей, а также различных лопастных механизмов: гидротурбин, гребных винтов, насосов и т.д.

Для решения различных технических задач, связанных с явлением кавитации, требуется более глубокое проникновение в сущность физических микропроцессов, протекающих в реальной жидкости или газовой среде, и учёт этих процессов для построения целостной картины явления. Решение этих задач связано с большими трудностями, поскольку кавитация представляет комплекс сложных и, как правило, быстропротекающих гидродинамических явлений, в которых существенную роль играют динамика свободных поверхностей, турбулентность, диффузия, фазовые переходы и т.д. Поэтому до сих пор нет единой теории этого явления и существуют различные точки зрения на физическую природу отдельных стадий процесса кавитации и механизмов её воздействия на элементы конструкций.

В ряде случаев кавитация играет положительную роль, поэтому в настоящее время делаются попытки использовать это явление в некоторых областях техники и химической технологии. Расширяется применение кавитации в процессах очистки поверхностей и для получения эмульсий, а также при поверхностной обработке многих промышленных изделий.

Возможность практического применения суперкавитации в значительной степени обусловлена созданием методов искусственной кавитации, что позволяет во много раз уменьшить скорости, при которых такие режимы возникают. Суперкавитирующие течения, являясь одной из форм кавитационных течений, обладают в то же время некоторыми специфическими чертами и поэтому требуют особых теоретических и экспериментальных методов исследований.

Для исследования влияния гидродинамической кавитации на процесс распушки асбеста нами была создана экспериментальная скоростная гидродинамическая кавитационная установка. Она состоит из центробежного насоса, который нагнетает жидкость по трубопроводу в кавитатор. За кавитатором смонтирована стеклянная трубка, которая позволяет визуально наблюдать за процессом кавитации. Длина стеклянного участка трубопровода составляет 1 м, что вполне достаточно для наблюдения полного цикла кавитации: сплошного течения жидкости при малых скоростях; разрыва сплошности жидкости при повышении скорости и появления первых кавитационных пузырьков; обра-

зования суперкаверны с хвостовой частью заполненной пеной и др. После прохождения кавитатора жидкость по трубопроводу переливается в бак, оснащённый мешалкой. Мешалка служит для поддержания асбеста во взвешенном состоянии. Мешалка имеет привод, состоящий из клиноременной передачи и электродвигателя. Из бака вода (или суспензия) насосом вновь подаётся в кавитатор. Таким образом образуется замкнутый цикл.

Схема кавитатора представлена на рис. 1. При прохождении конфузора 1 скорость рабочей жидкости за счёт уменьшения проходного сечения увеличивается, а давление в ней падает, что создаёт благоприятные условия для возникновения кавитации. Далее при обтекании неподвижного конуса 4 в жидкости образуется суперкаверна с заполненной пеной хвостовой частью. Именно в этой хвостовой части образуются и растут маленькие кавитационные пузырьки, при схлопывании которых создаются высокие давления и образуются куммулятивные струйки. Два этих фактора (давления и куммулятивные струйки) являются основной причиной эрозионного воздействия кавитации на твёрдые материалы. Отличительной чертой такого кавитатора является то, что, регулируя положение конуса 4 в диффузоре 3 с помощью штока 5, легко изменять режим суперкавитационного обтекания конуса с целью получения оптимальной длины каверн, определяющей количество и размеры образующихся кавитационных пузырьков и, соответственно, их разрушающую способность.

В качестве рабочих характеристик кавитатора исследовались гидравлическое сопротивление, эффективность распушки в зависимости от скорости жидкости и от времени обработки.

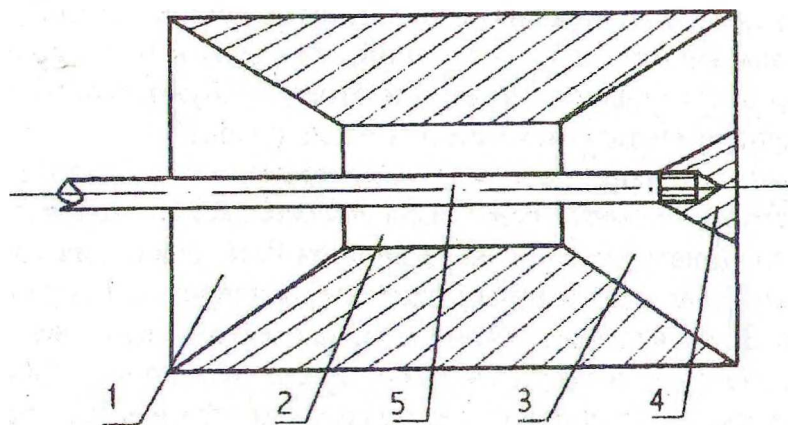


Рис. 1. Схема кавитатора

1-конфузор; 2-цилиндрическая часть; 3-диффузор; 4-конус; 5-шток

Опыты проводились при четырёх положениях конуса ($L=0$ мм, $L=10$ мм, $L=20$ мм, $L=30$ мм) относительно диффузора кавитатора. За $L=0$ принято крайнее правое положение конуса. Перемещение конуса на 10, 20 и 30 мм производилось вглубь кавитатора (влево). На рис. 2 представлен график зависимости гидравлического сопротивления кавитатора от скорости течения жидкости. Необходимо отметить, что скорость жидкости ϑ характеризует режим кавитационного течения, а гидравлическое сопротивление ΔP – энергетические затраты на его создание.

Из графика видно, что наиболее оптимальными являются режимы при относительном положении конуса и диффузора $L=0$ мм, $L=10$ мм и $L=20$ мм (кривые 1, 2 и 3 соответственно), так как при высокой скорости жидкости и малых числах кавитации гидравлическое сопротивление не велико. При $L=30$ мм (кривая 4) создаётся высокое гидравлическое сопротивление и развитого кавитационного течения не наблюдается.

Увеличение гидравлического сопротивления при заглублении конуса (от $L=0$ мм до $L=30$ мм) объясняется уменьшением проходного сечения кавитатора.

Опытные данные по эффективности распушки асбеста в зависимости от скорости жидкости в кавитаторе при однократном его прохождении показаны на рис. 3.

Чем выше скорость жидкости в кавитаторе, тем интенсивнее кавитационное течение, тем больше образуется кавитационных пузырьков и, соответственно, тем интенсивнее их механическое (ударное) воздействие на материал. Это отражено на рис. 3 в увеличении эффективности распушки при увеличении скорости.

Из рис. 3 также видно, что даже при однократном прохождении кавитатора эффективность распушки составляет весьма значительную величину (50–55 %).

В промышленности асбестоцементных изделий эффективность распушки должна составлять не менее 85–90 %. Очевидно, что однократного прохождения через кавитатор для достижения такой эффективности недостаточно. Поэтому большой практический интерес представляет влияние времени обработки на эффективность распушки. Эти экспериментальные зависимости представлены на рис. 4.

Повышение эффективности распушки с течением времени можно объяснить тем, что каждая иголка асбеста многократно проходит через кавитатор и подвергается разрушительному действию кавита-

ции. Чем дольше суспензия циркулирует в замкнутой системе, тем чаще каждая элементарная иголка асбеста проходит зону кавитации.

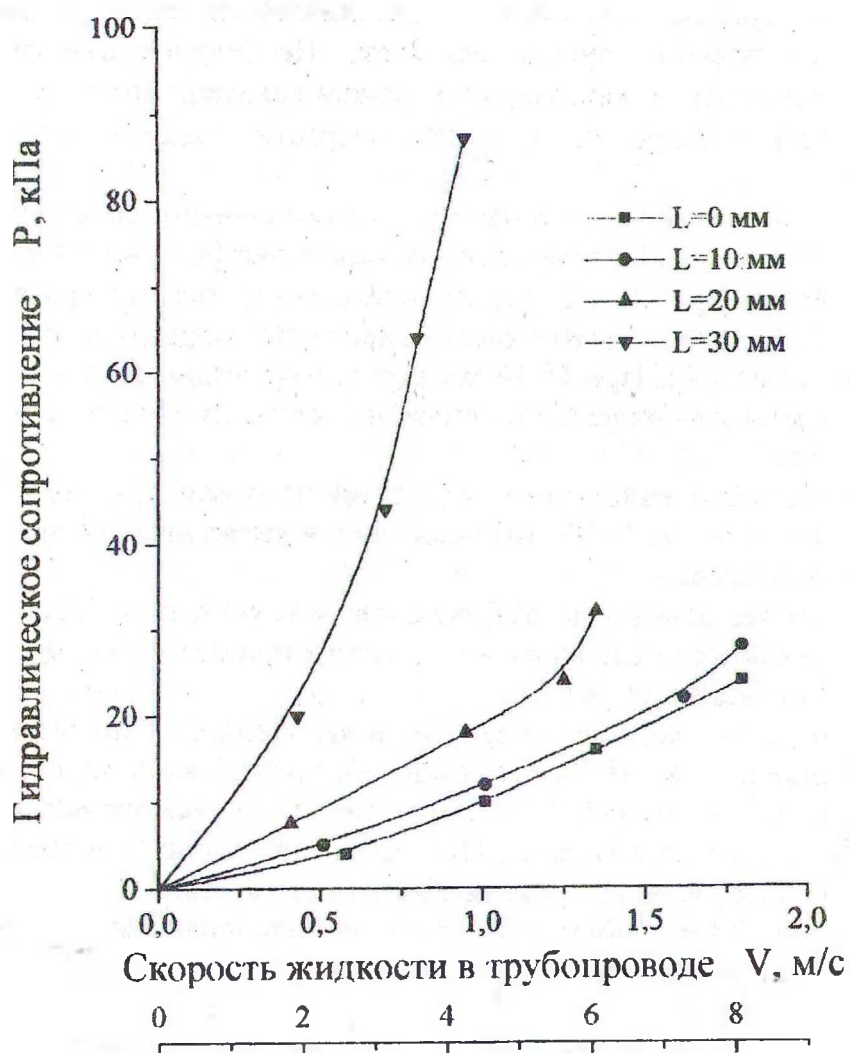


Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления кавитатора от скорости движения жидкости

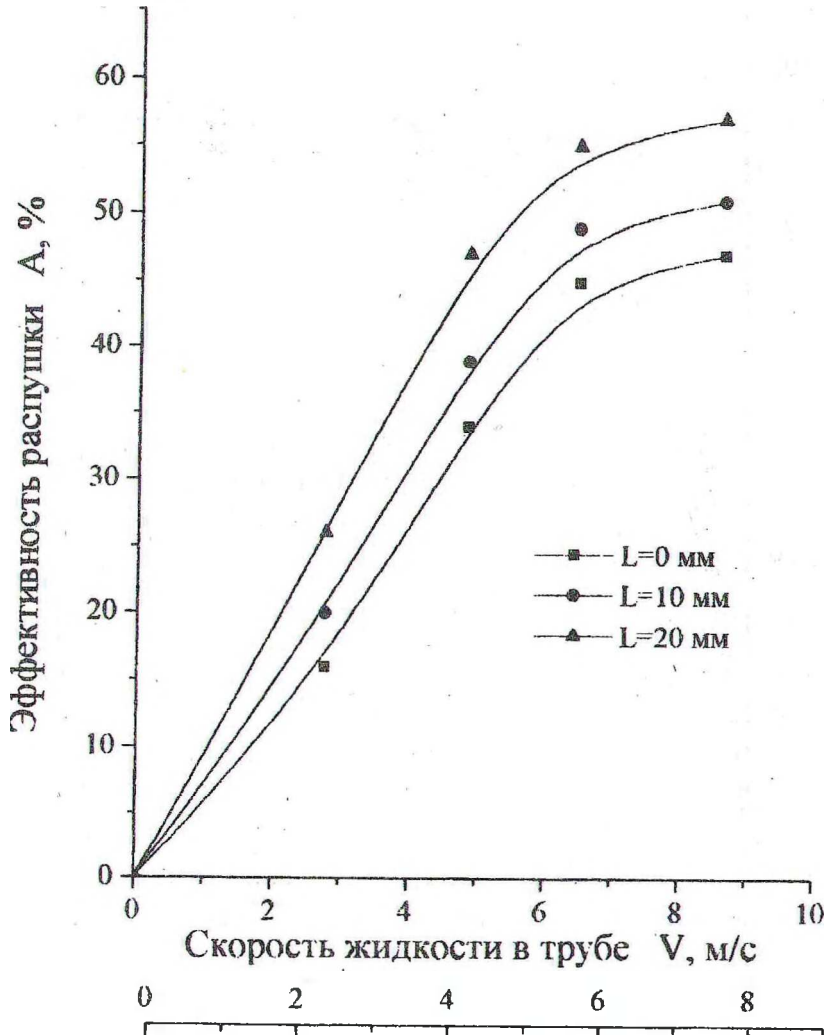


Рис. 3. Зависимость эффективности распушки асбеста от скорости жидкости

В промышленности при использовании существующих методов распушки достигается эффективность $A=85-90\%$ (время обработки при этом составляет 10-15 мин.) при высоких энергозатратах и сложном механическом и гидравлическом оборудовании. При проведении исследований на экспериментальной установке эффективность распушки при обработке суспензии в течение 5 минут составляет $A=75-90\%$. При этом энергозатраты и металлоемкость проектного аппарата значительно меньше, чем у существующих машин для распушки асбеста (бегуны, голлендер, гидропушитель).

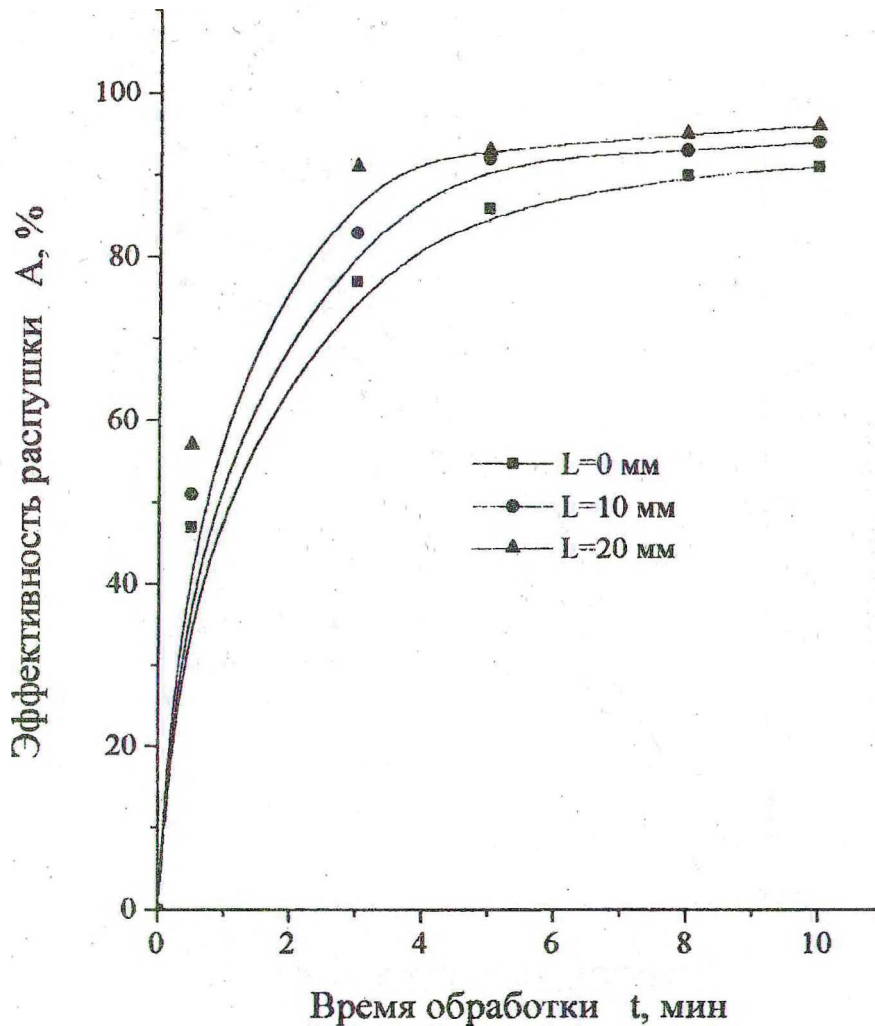


Рис. 4. Зависимость эффективности распушки асбеста от времени обработки

Таким образом, можно сделать вывод, что явление кавитации можно эффективно использовать для интенсификации процесса распушки асбеста, что позволит значительно снизить затраты электроэнергии и металла при сохранении высокого качества продукции.

Гидродинамические кавитаторы можно использовать как самостоятельные технологические аппараты, непрерывно перекачивая обрабатываемую среду в циркуляционном контуре, то есть многократно подвергая среду кавитационной обработке при заданных условиях либо в качестве соединительных перекачивающих ячеек в технологической цепочке из различных аппаратов.