



УКРАЇНА

(19) UA (11) 9800 (13) C1

(51) F 04 B 51/00; G 01 N 29/00

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИПРОБУВАННЯ КАВІТАЦІЙНОГО АПАРАТУ

1

(20) 94311379, 23.04.93

(21) 4813900/SU

(22) 11.04.90

(46) 30.09.96. Бюл. № 3

(56) 1. Авторское свидетельство СССР  
№ 100226, кл. G 01 N 29/00, 1954.2. Авторское свидетельство СССР  
№ 283823, кл. D 21 D 1/20, 1970.3. Арзуманов Э.С. Кавитация в местных  
гидравлических сопротивлениях. М., "Энер-  
гия", 1978, с. 124, фиг. 4.13. (прототип)(71) Інститут технічної теплофізики Академії  
наук України(72) Барабанов Юрій Михайлович, Гладарев-  
ський Володимир Михайлович, Немчин  
Олександр Федорович, Штангеев Костян-  
тин Остапович(73) Інститут технічної теплофізики Академії  
наук України (UA)(57) 1. Способ испытания кавитационного  
аппарата, содержащего последовательно  
установленные по ходу потока жидкости  
подводящий трубопровод, конфузор, рабо-  
чий участок и диффузор, включающий воз-

2

буждение кавитации в рабочем участке и  
выявление наличия кавитационной каверны  
по результатам измерения статического  
давления  $P_1$  в подводящем трубопроводе в  
зоне ненарушенного течения и статических  
давлений  $P_2$  и  $P_3$  в двух сечениях рабочего  
участка, отличающийся тем, что  
возбуждение кавитации осуществляют пу-  
тем обтекания потоком жидкости кавитато-  
ра, установленного в начале рабочего  
участка, а выявление наличия кавитацион-  
ной каверны производят по соотношению  
величин  $(P_2:P_1)$  и  $(P_3:P_1)$ , причем давления  $P_2$   
и  $P_3$  измеряют в сечениях, отстоящих от  
кавитатора на расстоянии соответственно  
(0,3-0,4) и  $\geq 1,7$  номинальной длины кавер-  
ны.

2. Способ испытания по п.1, отлича-  
ющийся тем, что фактическую длину  
каверны определяют по формуле:

$$l_{\text{к.ф.}} = A \frac{P_3 - P_2}{P_1},$$

где  $A$  - коэффициент пропорционально-  
сти.

Изобретение относится к контрольно-  
измерительной аппаратуре для диагностики  
суперкавитационных технологических ап-  
паратов и позволяет определять возникно-  
вление и степень развития процесса  
суперкавитации.

Известны способы обнаружения явле-  
ния кавитации путем генерирования ультра-  
звуковой волны, которая проходит через  
зону кавитации и затем регистрируется. По  
степени ослабления ультразвуковой волны

судят о наличии или отсутствии кавитации  
[1].

Существенным недостатком этого спо-  
соба диагностики является то, что его ре-  
зультаты сильно зависят от наличия твердой  
фазы в жидкости, ее газосодержания, мно-  
гокомпонентности (многофазности) и т.д. А  
это как раз те условия, которые наиболее  
часто имеют место в различных технологи-  
ческих аппаратах.

Известен также способ измерения ста-  
тического давления в зоне схлопывания ка-

(19) UA (11) 9800 (13) C1

витационных пузырьков [2]. Недостатком этого способа является низкая достоверность. Например, манометр может показать падение давления при наличии сильной турбулентности потока при отсутствии кавитации. Практика показывает, что часто нестабильная работа насосов и различных элементов оборудования приводит к случайным и резким колебаниям давления жидкости в трубопроводах. Эти колебания регистрируются манометром и в результате имеет место ложная информация о кавитационном процессе. Данный способ не позволяет кроме того судить о режиме кавитации (жесткий, мягкий) в аппарате, степени ее развития.

Указанные способы не нашли практического применения в технологических кавитационных аппаратах в связи с тем, что в большинстве случаев в них применяются сложные многокомпонентные (многофазные) среды. Кроме того, аппаратная реализация этих способов достаточно тяжела, сложно обеспечить высокую надежность узлов ввода электродов, волноводов ультразвукового генератора в зону кавитации.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является способ измерения характеристик кавитационного течения в рабочем участке, содержащем последовательно установленные по ходу потока жидкости подводящий трубопровод, конфузор, рабочий участок и диффузор, а о исследуемых характеристиках судят по результатам измерения статического давления  $P_1$  в зоне ненарушенного течения и статических давлений в двух сечениях рабочего участка [3].

Недостатком этого способа является то, что наличие кавитации определяется дополнительно, другим методом - акустическим или иным, кроме того, данный метод не позволяет определить степень развития кавитационного процесса.

В основу изобретения поставлена задача создания способа испытания кавитационного аппарата, в котором повышена точность и достоверность диагностирования с одновременным измерением длины каверны, при обработке многофазных сред.

Поставленная задача решается тем, что в известном способе испытания кавитационного аппарата, содержащем последовательно установленные по ходу потока жидкости подводящий трубопровод, конфузор, рабочий участок и диффузор, включающий возбуждение кавитации в рабочем участке и выявление наличия кавитационной каверны по результатам измерения статического давления в подводящем

трубопроводе в зоне ненарушенного течения и статических давлений  $P_2$  и  $P_3$  в двух сечениях рабочего участка, согласно изобретению, возбуждение кавитации осуществляют путем обтекания потоком жидкости кавитатора, установленного в начале рабочего участка, а выявление наличия кавитационной каверны производят по соотношению величин  $(P_2/P_1)$  и  $(P_3/P_1)$ , причем давления  $P_2$  и  $P_3$  измеряют в сечениях, отстоящих от кавитатора на расстоянии соответственно  $(0,3-0,4)$  и  $> 1,7$  номинальной длины каверны.

Кроме того, задача решается тем, что фактическую длину каверны определяют по формуле:

$$L = A \frac{P_3 - P_2}{P_1},$$

где:  $A$  - коэффициент пропорциональности.

На чертеже (фиг.1) изображена структурная схема технологического аппарата, точки отбора давления для реализации предлагаемого способа диагностирования. На фиг.2 - график распределения статического давления по длине рабочего участка, а на фиг.3 - градуировочная зависимость устройства, реализующего предлагаемый способ диагностики.

Аппарат содержит подводящий 1 и отводящий 2 трубопроводы, которые сопряжены с конфузором 3 и диффузором 4, соответственно. Между конфузором 3 и диффузором 4 установлен рабочий участок 5. Поток 6 формируется конфузором 3 и направляется в рабочий участок 5, в начале которого установлен кавитатор 7. В рабочем участке 5 создается суперкаверна 8 длиной  $L_k$ . Статическое давление измеряют в точках 9, 10, 11.

Сущность предлагаемого способа диагностики заключается в следующем. Теоретический анализ показал, что статическое давление вдоль стенки рабочего участка (РУ) должно иметь три характерных области. Их можно условно разделить на области: I - тело каверны; II - формирование и схлопывание кавитационных пузырьков; III - установившееся течение. Проведенные экспериментальные исследования на гидродинамическом стенде подтвердили особенности этого распределения. В качестве рабочей жидкости использовалась вода. Длина РУ - 500 мм, его внутренний диаметр - 35 мм, максимальный диаметр конусообразного кавитатора - 28 мм. Скорость потока регулировалась до 6 м/с. Для улучшения условия кавитации весь стенд вакуумировался. Вдоль РУ сделано пятнадцать точек

отбора давления, которые по очереди подключались коммутатором к образцовому вакуумметру класса 0,4. Чтобы уменьшить влияние колебаний потока от неравномерной работы насоса и других факторов потока используется не само измеренное значение  $P_1$  в каждой точке, а относительная величина  $(P_1:P_3)$  где  $P_3$  - давление в трубопроводе 1 (фиг.1). Полученное распределение показано на фиг.2. Аналогичные распределения получены при проверке распределения статического давления в РУ при использовании многокомпонентных (многофазных) жидкостей. Например, дизтопливо, мелассы, вода+каолин и т.д. Статическое давление на участке I - практически постоянно. Участок II начинается не с конца каверны, а на расстоянии 4-5 диаметров кавитатора от хвоста каверны (установлено визуально с помощью фотосъемки).

В начале участка II давление начинает резко расти (процесс образования пузырьков) и продолжает возрастать до конца участка (процесс схлопывания). Участок III характеризует установившийся в РУ поток. Уровень статического давления здесь определяется гидродинамическими потерями, но он постоянен на всем участке.

Полученные результаты позволили критически оценить способ диагностики кавитационного аппарата, взятый за прототип [3]. Согласно этому способу отбор и измерение статического давления выполняется на участке II (см. фиг.2), где измеряемое давление изменяется по случайному закону. Следует также учесть, что процесс схлопывания кавитационных пузырьков определяется также вероятностными законами. Анализ показывает, что по результатам измерения статического давления в любой точке РУ на участке II нельзя принять однозначного и достоверного решения: есть ли в аппарате кавитация. В этом случае можно ложную информацию принять за истинную (например, наличие сильной турбулентности, гидравлический удар и т.д.).

Анализ фиг.2 показал, что сравнительно простыми операциями и правильным выбо-

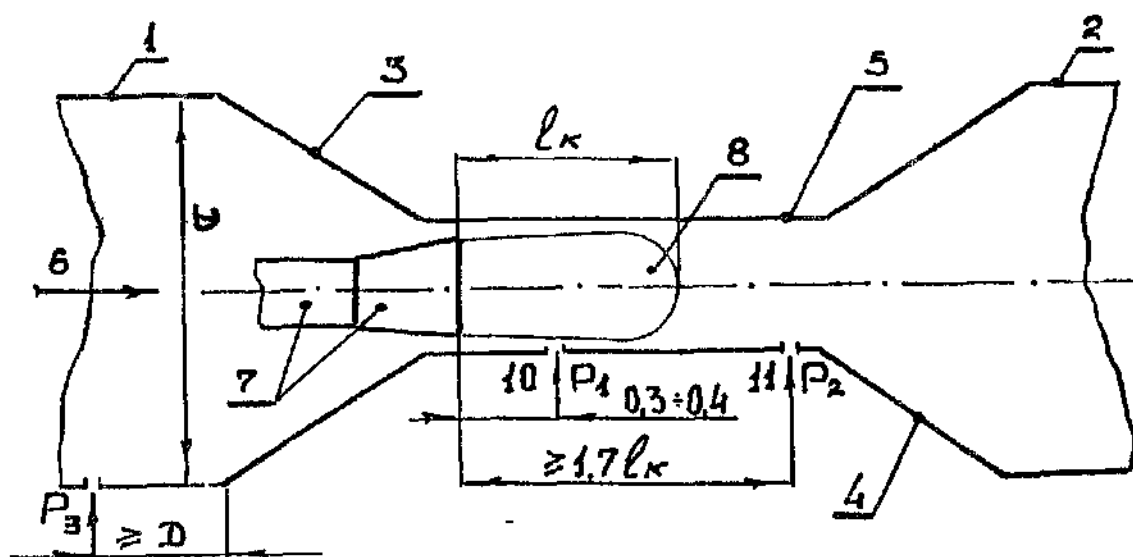
ром точек отбора и измерения давления можно достоверно оценивать наличие каверны в аппарате. Достаточно сравнить соотношения  $(P_1:P_3)$  с  $(P_2:P_3)$ , где  $P_1$  - измеряется на участке I,  $P_2$  - на участке III, а  $P_3$  - на трубопроводе 1 (фиг.1). Таким образом,  $(P_2:P_3)/(P_1:P_3) < B$ . Значение  $B$  для конкретных кавитационных аппаратов и рабочих жидкостей устанавливается экспериментально. Для кавитационного аппарата, на котором проводились исследования с водой,  $B = 0,85$ .

Учитывая, полученные результаты (фиг.2) и основные законы гидродинамики, следует уточнить оптимальные параметры точек отбора и измерения давления:  $P_1$  - на расстоянии от кавитатора в пределах 0,3-0,4  $L_k$ ;  $P_2$  - на расстоянии от кавитатора 1,7  $L_k$ ;  $P_3$  - на расстоянии  $> D$  от точки сопряжения конфузора с трубопроводом 1 (фиг.1). Целесообразно давление  $P_2$  измерять в конце РУ. Тогда длина РУ должна удовлетворять требованию  $> 1,7 L_k$ .

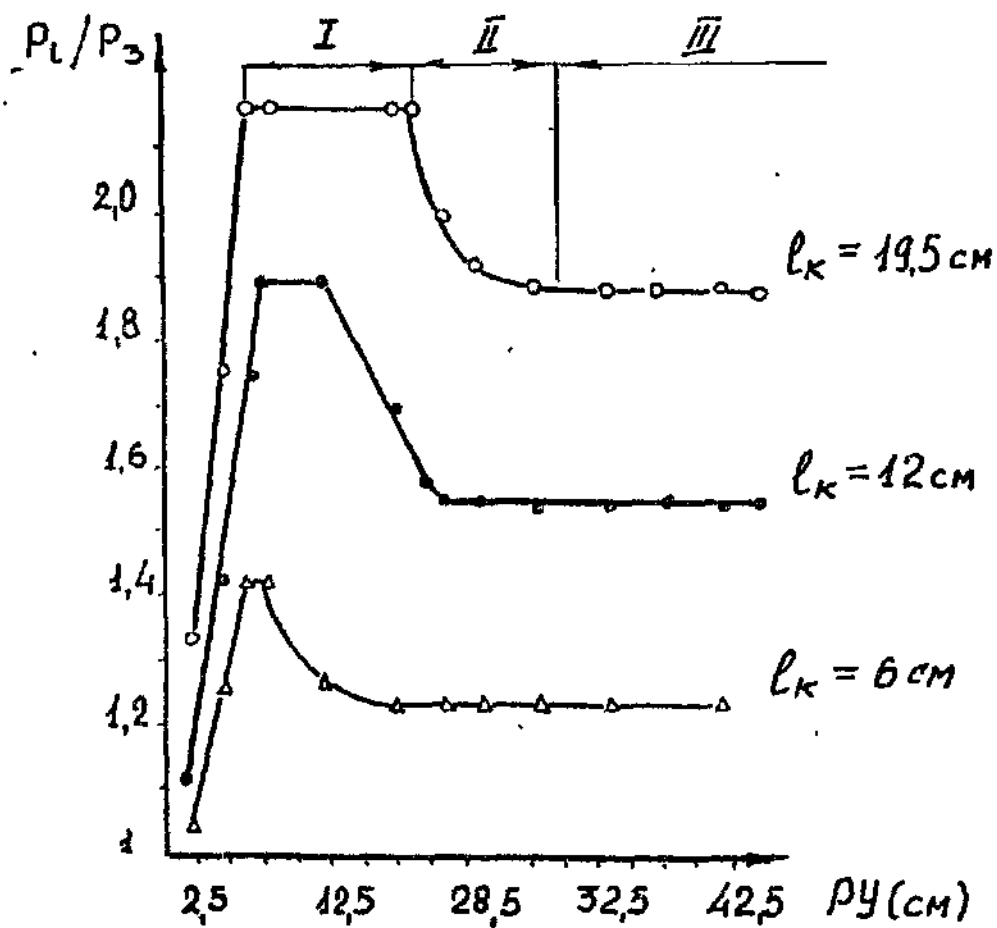
Из полученных результатов также следует, что при вышеуказанном выборе точек отбора и измерения давления кроме диагностики возникновения (наличия) каверны, можно определять степень развития кавитации, например, длину каверны. Для этого результаты измерений  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  обрабатываются с учетом эмпирической зависимости  $L_k = A \times [(P_2 - P_1)/P_3]$ , где  $A$  - коэффициент пропорциональности.

Коэффициент  $A$  определяется эмпирически. Так для конусообразного кавитатора и воды  $A = 1$ ;  $L_k$  - измеренное значение длины каверны  $L_k$  в см. На фиг.3 дан градуировочный график устройства, реализующего предложенный способ.

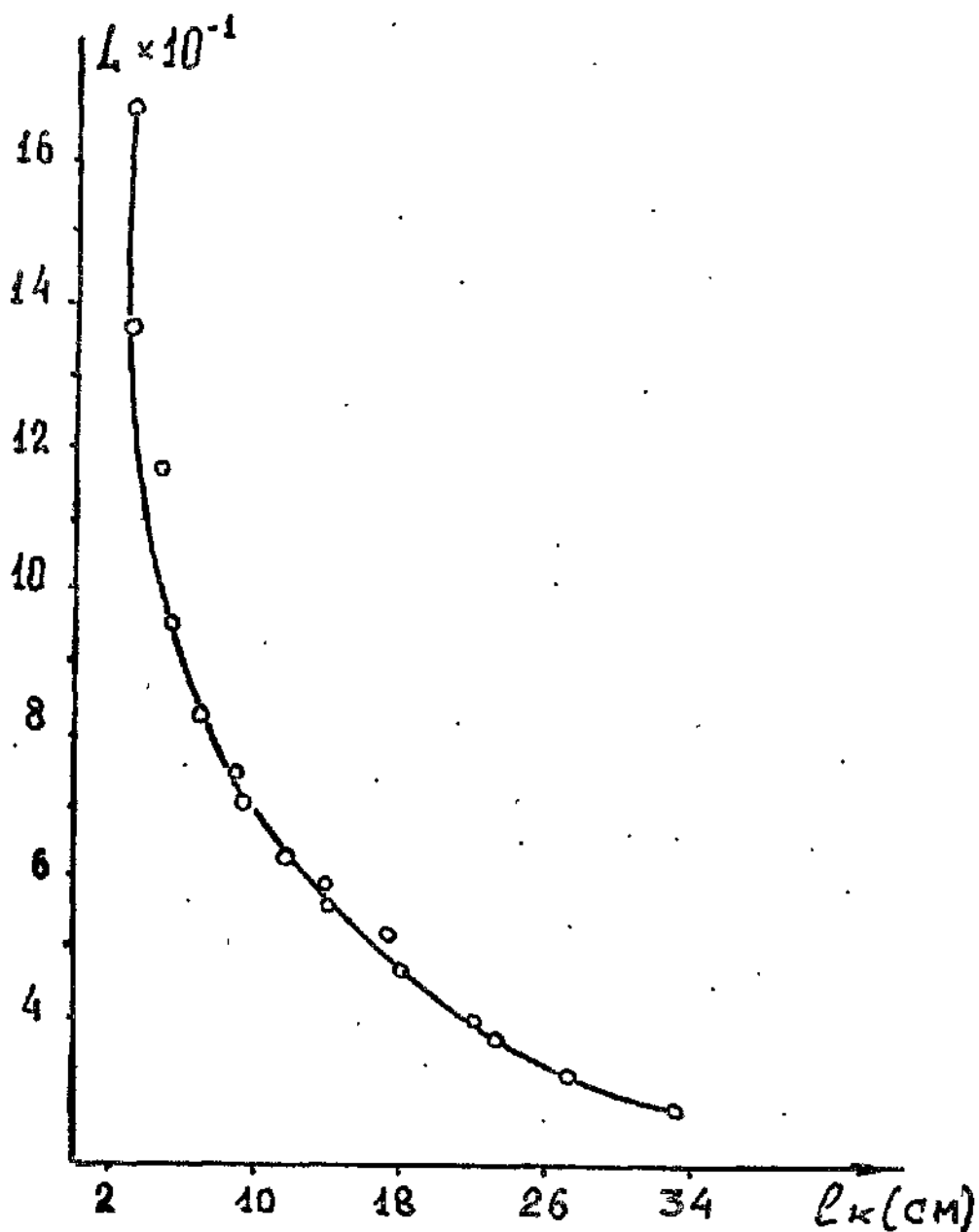
Предлагаемый способ легко реализуется аппаратно. Его применение позволит проводить достоверную диагностику технологических суперкавитационных аппаратов. Аппаратурную реализацию способа можно использовать в системах локальной автоматизации и АСУ ТП.



Фиг. 1.



Фиг. 2



Фиг.3

Упорядник	Техред М.Моргентал	Коректор М. Керецман
-----------	--------------------	----------------------

Замовлення 4552

Тираж  
Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Підписне

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

