



# МАТЕРІАЛИ

II МІЖНАРОДНОЇ  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«Проблеми хімотології»

2—6 червня 2008 р.  
м. Київ



*Редакційна колегія:*

Харченко В. П., Бойченко С. В., Запорожець О. І.,  
Білятинський А. О., Матвєєва О. Л.

**Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції  
«Проблеми хімотології». 2—6 червня, 2008 р. —**

До збірника увійшли матеріали доповідей II Міжнародної  
науково-технічної конференції «Проблеми хімотології».

В збірник вошли матеріали докладів II Международной  
научно-технической конференции «Проблемы химмотологии».

Proceeding included materials of the reports II International scientific  
and technical conference «Chemmotology Problems».

*Остаточне рішення щодо друку поданих матеріалів  
приймає редакційна колегія.*

*Редакційна колегія залишає за собою право  
скорочувати та редагувати подані матеріали.*

*Автор (співавтори) несуть відповідальність за якість матеріалів.*

*Рукописи матеріалів не повертаються.*

Башта Е. Т., Джурик Е. В., Бедный Н. С.  
Національний авіаційний університет, Україна

## ВЛИЯНИЕ КАВИТАЦИИ НА КИСЛОТНОСТЬ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОСИСТЕМ

Проблемы повышения надежности гидравлических систем тесно связаны с проблемой повышения надежности функционирования и долговечности рабочих жидкостей гидросистем, которые являются их рабочим телом. Одним из важнейших вопросов повышения надежности является очистка рабочих жидкостей от загрязнителя.

В настоящее время ведутся поиски новых способов очистки гидрожидкостей с чистой очисткой порядка 2-3мкм. Таким перспективным способом очистки может явиться измельчение частиц загрязнителя в кавитационном поле, при котором частицы загрязнителя могут быть доведены до столь малых размеров, при которых они будут скрыты в толще граничного слоя.

Очевидно, что применение этого способа очистки допустимо лишь в том случае, если это не повлечет за собой нарушение свойств самой жидкости вследствие ее деструкции в кавитационном поле, поэтому вопрос влияния кавитации на рабочие жидкости является актуальным.

Нашими предыдущими исследованиями было установлено, что кавитационное воздействие на жидкость АМГ-10 приводит к снижению ее вязкости и практически не влияет на вязкость жидкости 7-50С-3.

Одним из важных факторов, также определяющих качество рабочей жидкости, является ее кислотное число. Наличие в рабочей жидкости органических кислот разрушительно действует на металлы и прочие материалы деталей гидросистем, а также на свойства самой жидкости. Поэтому содержание органических кислот ограничивается техническими условиями на жидкость.

В настоящей работе рассматривается влияние кавитационного воздействия на кислотность жидкости АМГ-10, представляющей собой нефтяной погон, загущенный высокомолекулярным полимером с добавлением присадок и жидкости 7-50С-3, представляющей собой смесь полисилоксанов и органического диэфира с добавлением противозносной присадки и ингибиторов окисления.

Полисилоксаны имеют в своей основе цепочку чередующихся атомов кремния и кислорода, которая называется силоксановой группировкой. К атомам кремния в виде боковых цепей присоединены углеводородные и некоторые другие органические радикалы различного строения.

При исследовании влияния кавитации на кислотность жидкостей проводились испытания по изменению кислотного числа в зависимости от длительности кавитационного воздействия при различных давлениях на входе в кавитационный насадок.

В качестве генератора кавитации был применен специальный насадок, состоящий из конфузора (сопла) и диффузорной приставки ( $\bar{P}_{кр} = 0,74$ ). Из гидравлики известно, что подробный диффузорный насадок может обеспечить при всех прочих равных условиях значительно больший, чем прочие насадки расход жидкости, в соответствие с чем кавитационный режим достигается при меньших напорах.

Для исключения влияния на жидкость воздействия насоса исследования проводились на безнасосной испытательной установке.

Давление на выходе из кавитационного насадка создавалось бескавитационным дросселем в виде длинной трубки, свернутой в спираль.

Анализируя процессы, происходящие при кавитации, мы предположили, что она является одним из факторов, ускоряющим окисление рабочих жидкостей. При возникновении кавитации в потоке жидкости происходит непрерывный

процесс образования и схлопывания пузырьков, причем эти процессы происходят за ничтожно малые промежутки времени (процесс схлопывания длится от  $6 \cdot 10^{-4}$  с до  $10 \cdot 10^{-4}$  с). При такой длительности схлопывания пузырька частицы жидкости, заполняющие образовавшиеся в процессе конденсации пара пустоты, перемещаются к центру пузырька с большой скоростью. В результате этого кинетическая энергия соударяющихся частиц жидкости вызывает локальные гидравлические микроудары, сопровождающиеся высокими забросами давления и температуры в центре пузырька. При этом происходят процессы, которые обусловлены механическими силами, развивающимися в связи с захлопыванием кавитационных пузырьков, а также электрическими напряжениями и высокими температурами внутри самих пузырьков. В результате этого в контактирующих с кавитационными пузырьками микрообъемах жидкости протекают глубокие структурные превращения и диффузионные процессы. Соответственно, в этих объемах происходит местное окисление.

На рис. 1 представлены результаты опытов по изменению кислотного числа жидкости АМГ-10 от длительности наработки в кавитационном режиме при  $P_{\text{вх}} = 20 \text{ МПа}$ ;  $P_{\text{вых}} = 0,5 \text{ МПа}$ ;  $T = 333^\circ \text{К}$ . Уравнение регрессии зависимости кислотности от длительности наработки имеет вид  $y = 0,923x^{-0,351}$ , коэффициент корреляции  $r = 0,99$ .



Рис. 1.

На этом же рисунке приведена кривая изменения, при тех же условиях, кислотного числа жидкости АМГ-10 от наработки в бескавитационном режиме, которая показывает, что кислотное число жидкости при работе в этом режиме практически не изменилось.

Из результатов экспериментов следует, что кавитация в жидкости АМГ-10 приводит к увеличению кислотного ее числа.

Последнее обосновывается, как уже было указано выше, тем, что при работе жидкости в условиях кавитации разрушаются длинные молекулярные цепочки полимерного загустителя. Это приводит к уменьшению вязкости последней, а также к тому, что в жидкости образуется множество реакционно способных микрорадикалов и углеводородных радикалов, на дезактивацию

которых расходуется внесенная антиокислительная присадка жидкости. В результате жидкость при кавитации интенсивно окисляется.

Из результатов также следует, что кислотность жидкости увеличивается при увеличении длительности кавитационной обработки (количества проходов жидкости через кавитационный насадок), причем повышение кислотного числа происходит более интенсивно в начальный период работы. Это обусловлено тем, что наиболее существенные изменения вязкости жидкости АМГ-10 при кавитационном воздействии (соответственно и увеличение количества реакционных радикалов) происходит, как это было, указано, в начальный период работы, затем интенсивность этого процесса снижается. К этому моменту загущающая присадка жидкости приобретает низкий молекулярный вес, в результате жидкость становится устойчивой как к механической, так и термоокислительной деструкции.

На рис. 2 представлен график зависимости кислотного числа жидкости АМГ-10, от величины давления на входе в кавитационный насадок, определяющей интенсивность кавитационного воздействия на жидкость через насадок. Количество проходов жидкости через насадок для всех случаев кавитационной обработки  $n = 5000$ . Давление на выходе из насадка  $P_{\text{вых}} = 0,5$  МПа.



Рис.2.

Из приведенного графика следует, что с увеличением давления на входе в насадок кислотное число при всех прочих равных условиях также увеличивается, причем это увеличение происходит практически линейно. Это объясняется тем, что увеличение давления на входе  $P_{\text{вх}}$  приводит к увеличению развитости кавитации и, соответственно, к увеличению количества закипающих и схлопывающихся пузырьков.

На рис.3 представлены результаты наших опытов по изменению кислотного числа жидкости 7-50С-3 при кавитационной обработке в функциях времени (от числа проходов жидкости через насадки). Жидкость предварительно обрабатывалась кавитацией при следующих условиях:  $P_{\text{вх}} = 20$  МПа;  $T = 333^{\circ}\text{K}$ .



Рис. 3.

Уравнение регрессии полученной зависимости имеет вид  $y = 0,914x^{-0,362}$ , коэффициент корреляции  $\rho = -0,96$ .

На этом же графике представлено изменение кислотного числа жидкости 7-50С-3 от наработки при тех же условиях в бескавитационном режиме. Из результатов испытаний следует, что кислотное число жидкости за 5000 проходов в бескавитационном режиме не изменилось и равно кислотному числу жидкости, взятому из состояния поставки ( $\lambda = 0$ ). Кавитационное же воздействие на жидкость 7-50С-3 приводит к некоторому увеличению кислотного числа, причем наибольшее интенсивное повышение кислотности происходит в первые часы наработки в кавитационном режиме, затем процесс стремится к стабилизации. Так за первые 2500 проходов жидкости через кавитационный насадок кислотное число увеличилось от 0,12 до 0,23 мг КОН/г, за последующие же 2500 проходов повышение кислотности составило от 0,23 до 0,27 мг КОН/г.

Поскольку полисилоксановая жидкость 7-50С-3 отличается высокой механической прочностью связи кремния с кислородом, она, как показали наши опыты, практически не подвержена механической деструкции при кавитации, ввиду чего увеличение ее кислотности при кавитации может, предположительно, происходить, в основном, вследствие термической деструкции. При схлопывании пузырька, температура его в конце схлопывания может достигать, как это показали теоретические расчеты, значений выше  $2000^{\circ}\text{K}$ , так как процесс схлопывания происходит столь быстро, что между содержимым каверны и окружающей ее жидкостью не успевает установиться теплообмен. Подобные локальные температуры приводят к быстропотекающим химическим реакциям внутри пузырька. Наиболее активное повышение кислотности в первые часы наработки в кавитационном режиме, по видимому, обосновано более интенсивным разрушением при этом длинных углеводородных радикалов, входящих в молекулы полимера, по мере же уменьшения их длины термостабильность полисилоксанов повышается.

На рис. 4 представлена зависимость кислотного числа жидкости 7-50С-3, наработавшей 5000 проходов в кавитационном режиме, от величины давления на входе в кавитационный насадок при постоянном противодавлении. Из последней зависимости следует, что увеличение давления на входе в насадок при постоянном



противодавлению приводит, при прочих равных условиях, к практически линейному увеличению кислотного числа. Это, также как и для жидкости АМГ-10, объясняется увеличением, при увеличении  $P_{вх}$ , количества образующихся и схлопывающихся кавитационных пузырьков.

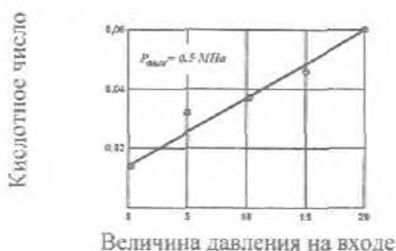


Рис. 4.

Таким образом, кавитация рабочих жидкостей гидросистем сопровождается повышением кислотности обеих испытанных жидкостей – более интенсивным у жидкости АМГ-10 и менее интенсивным у жидкости 7-50С-3.

Причем увеличение давления на входе в насадок при постоянном противодавлении, а следовательно и увеличение развитости кавитации приводит к практическому линейному увеличению кислотного числа обеих жидкостей.