

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД СЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ

Н. И. Бохан

Белорусский государственный аграрный технический университет

Эффективное использование сельскохозяйственной техники зависит не только от организации его эксплуатации, но и его технического состояния, которое находится в прямой зависимости от её технического обслуживания и ремонта. На специализированных ремонтных предприятиях в настоящее время используются прогрессивные технологические процессы упрочнения, восстановления деталей и агрегатов машин. Однако не все эти процессы обеспечены контрольно-измерительным оборудованием, приборами и средствами автоматизации. Это относится, в первую очередь, к процессу очистки и мойки как деталей, агрегатов, так и машин в целом. Известно, что до 40% общего количества дефектов приходится на необеспеченность контрольно-измерительных операций, отсутствие средств автоматизации и приборов.

К важному фактору повышения качества обслуживания и ремонта техники относится автоматизация процессов очистки и мойки машин и их составных частей, в частности автоматизация контроля и регулирования концентрации моющих растворов, поскольку первостепенное влияние на эффективность процесса очистки оказывают их состав. В настоящее время основной объём моющих операций выполняется с применением водных растворов синтетических моющих средств (СМС), состав которых характеризуется двумя основными показателями: концентрацией СМС (допустимая величина не менее 15 г/л) и концентрацией отмытых стабилизированных загрязнений (критическая их концентрация не должна превышать 7-9 г/л). В основном контроль концентрации СМС в растворах в настоящее время осуществляется путём химического анализа их проб. Причём, сами СМС содержат до восьми компонентов различной химической природы, в том числе щелочные и поверхностно-активные вещества. Химический анализ весьма трудоёмкий, требует дорогостоящих реактивов и, самое главное, его результаты из-за продолжительности анализа теряют оперативную информационную ценность.

На протяжении ряда лет в БАТУ проводились исследования и разработки по оперативному приборному контролю СМС. Был разработан ряд устройств и приборов, основанных на трёх информационных параметрах. Одним из таких комплексных информационных параметров является скорость распространения ультразвука в реальных растворах. Были разработаны на основе этого параметра первичные преобразователи и регистрирующие приборы. Контролируемый параметр в данном случае является переменной величиной. При обосновании ультразвукового метода контроля концентрации СМС и загрязнений результаты контроля представлялись в виде дискретных значений выходной величины первичного преобразователя (датчика), дискретность которой определяется разрешающей способностью вторичного прибора, т.е. обозначив через $U_{\text{вых}}$ все

возможные значения выходного сигнала преобразователя от 0 до n , получим, что $Y_{i(вых)} = f(x_{i(вх)})$, где $x_{i(вх)}$ - некоторые значения входного сигнала датчика, которому соответствуют выходные сигналы $Y_{i(вых)}$. На основании этих предложений для целей оптимизации процесса мойки, изготовления экспериментального оборудования и устройств контроля был предложен критерий (К) качества очистки оборудования [Л1] с наложением на растворы ультразвуковых колебаний:

$$K = (M_0 - M) / S_0 = M_k / S_0,$$

где K - остаточная загрязнённость (критерий качества очистки), г/см²;

M_0 - начальная загрязнённость, г;

M - масса отмытых загрязнений, г;

S - площадь очистки, см.

В полном аналитическом выражении критерия K учитываются такие факторы и составляющие, как толщина слоя загрязнений, плотность загрязнений, время очистки, гидростатическое давление раствора, частота ультразвуковых колебаний, амплитуда и скорость ультразвуковых волн, вязкость раствора, температура раствора и концентрация СМС в растворе.

На основе этого критерия разработана аналитическая модель ультразвукового контроля концентрации чистых и загрязнённых растворов СМС по скорости распространения ультразвука, соответственно, в чистом Смс и загрязнённом С_{гр} растворе:

$$C_{гр} = \frac{C_{мс}}{\sqrt{1 + 0,0 K_3 \left[\frac{W_{зм} \rho_{зм} + 1,1 \delta (1 - W_{зм})}{\rho_{с}} \right] \left[1 - 0,0 K_3 \left[1 - \rho_{с} C_{мс}^2 \left[\frac{W_{зм}}{\rho_{зм} C_{мс}} + 2,7 \cdot 10^{-4} (1 - W_{зм}) \right] \right] \right]}}$$

где $C_{гр}$ и $C_{мс}$ в - в м/с;

t - температура раствора;

K_3 - критическая концентрация загрязнений в растворе, кг/м³;

$W_{зм}$ - массовая доля масляной фазы загрязнений;

$\rho_{зм}$, $\rho_{с}$ - плотность соответственно масляной фазы загрязнений и моющей среды (чистого раствора СМС), г/см³;

$C_{зм}$ - скорость ультразвука в масляной фазе загрязнений, м/с;

$A_{сi}$ - концентрационный коэффициент скорости ультразвука в растворе i -го компонента МСС, м с⁻¹/г·л⁻¹;

W_i - массовая доля i -го компонента в растворе СМС.

$$C_{мс} = 1555 \{1 - 1,52 \cdot 10^{-5} \cdot (t - 74)^2 [1 + 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot (t - 74)]\} + \sum W_i A_{сi} K_{мс};$$

Зависимости скорости ультразвука в чистых растворах от концентрации СМС и температуры приведены на рис.1. а,б, а зависимости скорости ультразвука в загрязнённых растворах в зависимости от концентрации загрязнений на рис.1 в,г.

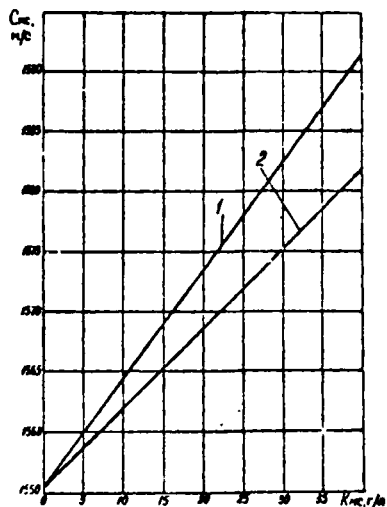


Рис. 1а. Зависимость скорости ультразвука C_{uz} в чистых моющих растворах от концентрации СМС K_{uz} при $t=75^{\circ}\text{C}$; 1 - Лабомид-102, 2 - МС-8

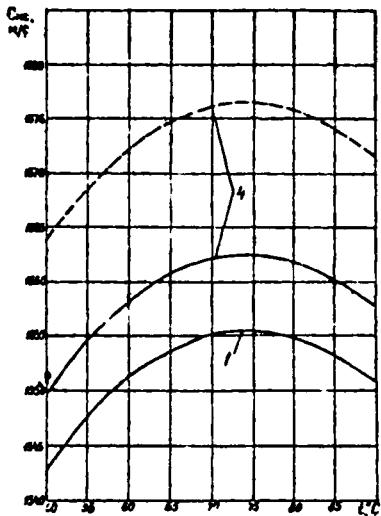


Рис. 1б. Зависимость скорости ультразвука C_{uz} в чистых растворах от температуры t при постоянных значениях концентрации K_{uz} : 10 г/л (—), 30 г/л (---) 1 - вода, 2 - МС-15

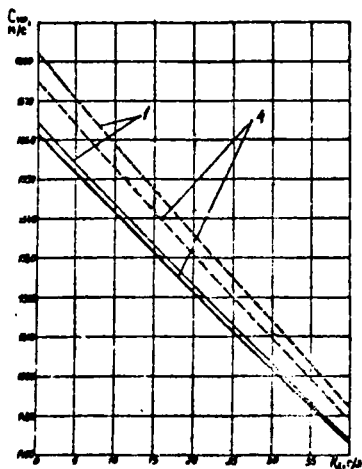


Рис. 1в. Зависимость скорости ультразвука в моющих растворах от концентрации загрязнений; $K_{uz} = 10$ г/л (—), 30 г/л (---) 1 - Лабомид-102, 2 - МС-8

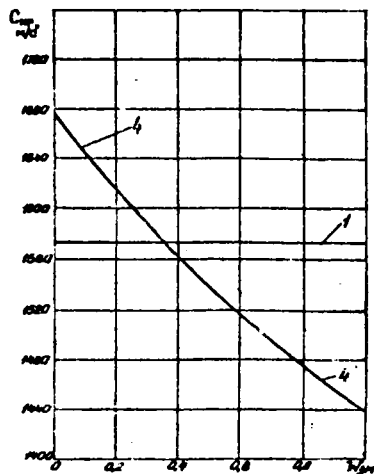


Рис. 1г. Зависимость скорости ультразвука в растворах Лабомид-102 от массовой доли W_{uz} масляных загрязнений; 1 - 0 г/л, 2 - 15 г/л

С учётом полученных экспериментальных данных разработаны теоретические и подтвердившие их экспериментально-статистические методы контроля концентрации растворов СМС по скорости распространения ультразвука. Полученные эмпирические зависимости концентрационных характеристик моющих растворов за время их использования и корреляционные зависимости между основными составляющими этих характеристик показывают, что скорость ультразвука в чистых растворах сильно и сложным образом зависит от концентрации СМС и температуры, а в загрязнённых растворах - также и от концентрации загрязнений. При этом скорость ультразвука сильно зависит от соотношения масляных и твёрдых компонентов загрязнений. Поэтому скорость ультразвука может быть использована как информационный параметр для интегрального контроля концентрации моющих растворов. Очевидно, что для контроля концентрации растворов необходим двухпараметрический способ.

Предпосылкой для двухпараметрического способа контроля или избирательного способа является использование оптической плотности и скорости ультразвука для определения концентрации СМС и загрязнений. Двухпараметрический способ может быть основан также на использовании оптической плотности и электропроводности растворов.

С целью определения области изменения контролируемых параметров в реальных условиях проведены исследования на производственных моющих растворах МС-8, МС-15, Лабомид -102 и других установлено, что при накоплениях загрязнений до 20...22 г/л за цикл использования растворов, равный 80 ч, а СМС в зависимости от этой концентрации загрязнений истощаются с 20 до 5... 8 г/л. Получены корреляционные зависимости между общими концентрациями и их отдельными компонентами, что даёт возможность их раздельного определения. Установлено также, что в диапазоне частот от 2,5 до 25 МГц скорость ультразвука сложным образом зависит от концентрации СМС и загрязнений, и избирательного частотного диапазона не обнаружено.

Литература

Автоматизация процессов очистки молочного оборудования. - Горки : БСХА, 1998.