

Abstract. *The work considers the problems to select a mobile mixer-distributor regarding the conditions of a farm. It also determines technical and technological factors which effects on the time for a single feeding procedure with a mobile mixer-distributor are the greatest. The graph of mobile mixer-distributor conditions is examined in the process of making and distributing feed mixtures on a dairy cattle farm. There are the data on computer modeling of the time for a single feeding procedure with a mobile mixer-distributor taking into account the likely character of time balance constituents and different conditions of the distributor performance. The paper estimates the effect of mixer-distributor performance conditions on the time for a single feeding procedure. It is identified that to purchase mixer-distributors with lifting power over 10,000 kg is not reasonable even for high livestock population; to increase the norm of feed mixtures distribution does not result in the same increase in the time for feeding. Every 100 m increase in the average distance between feed storage houses accounts for 10% increase averaged over the time for a single feeding procedure. Such parameters as the time to cope with technical refuse, collecting the data on the technological disturbance and the time to do away with the technological disturbance influence the likely time for a single feeding procedure within the limits from 7 to 10%.*

УДК 620.113.42; 620.1.051

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ БЕЗ УЧЕТА ВРЕМЕННОГО ФАКТОРА

В. Н. Хрянин, кандидат технических наук, доцент

А. А. Железнов, аспирант

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: azec50@mail.ru

Ключевые слова: вязкость, адгезия, вискозиметр, лакокрасочный материал, ньютоновская жидкость, лакокрасочное покрытие, качество

Реферат. *Приведено теоретическое обоснование определения условной вязкости лакокрасочных материалов, а также других ньютоновских жидкостей, без учета временного фактора. Условная вязкость, определяемая предлагаемым способом, зависит от количества жидкости, попавшей в измерительный капилляр вискозиметра. Представлены две конструкции вискозиметров, определяющих условную вязкость предлагаемым способом. Устройство для измерения вязкости позволяет определять условную вязкость жидкой среды за счет того, что исследуемую жидкую среду определенного объема помещают в основной сосуд, соединенный с измерительным сосудом через систему трубок со свободным выходом. По количеству жидкости, вытесненной в измерительный сосуд, и определяется условная вязкость исследуемой жидкой среды. Вискозиметр, имеющий в качестве рабочего элемента пружину и содержащий цилиндрическую ёмкость, измерительный капилляр, клапан и шток с поршнем, имеющим калиброванное отверстие, позволяет определить условную вязкость исследуемой жидкости по её количеству, попавшему в измерительный капилляр за счет вакуума, созданного поршнем при воздействии на него пружины. Разработанные устройства позволяют повысить точность измерения, а также качество подготовки материалов и выполняемых работ.*

Вязкостью жидкости называют свойство жидкости сопротивляться сдвигу ее слоев относительно друг друга, обуславливающее силы внутреннего трения между слоями, имеющими различные скорости движения. Применительно к лакокрасочным материалам вязкость во многом определяет их физико-механические (в большей степени адгезию), малярно-технические и другие свойства [1, 2].

Для получения наиболее качественного лакокрасочного покрытия в зависимости от метода нанесения каждому лакокрасочному материалу должна соответствовать определенная рабочая вязкость. В соответствии с ГОСТ 8420 определяется их условная вязкость. За условную вязкость лакокрасочных материалов, обладающих свободной текучестью, принимают время непрерывного истечения (в секундах) определенного объема испы-

туемого материала через калиброванное сопло вискозиметра типа ВЗ-246 [3]. За условную вязкость лакокрасочных материалов густой консистенции, определяемую шариковым вискозиметром, принимают время прохождения (в секундах) стального шарика между двумя метками вертикально установленной стеклянной трубки вискозиметра, наполненной испытуемым материалом [4].

Таким образом, измерение условной вязкости сводится к определению времени при помощи секундомера. Точность измерений в этом случае зависит от реакции испытателя (времени, которое он тратит на то, чтобы открыть сливное отверстие вискозиметра и включить секундомер), погрешности секундомера, визуальных ошибок, точности проведения эксперимента и установки прибора.

Исследования, проведенные авторами на различных СТО г. Новосибирска, а также ремонтных предприятиях агропромышленного комплекса Новосибирской области, показали, что, относительная погрешность измерений условной вязкости лакокрасочных материалов такими методами может достигать 10–15%. Эта погрешность является значительной, следовательно, технические условия при подготовке и применении лакокрасочных материалов не соблюдаются. Это приводит к низкому качеству полученного лакокрасочного покрытия и, как следствие, снижению долговечности окрашенной техники, дополнительным затратам на повторное окрашивание, а также затратам из-за простоя машин в ремонте. Учитывая стоимость сельскохозяйственной техники, условия ее эксплуатации и хранения, а также стоимость ее ремонта, тема исследования для АПК является особенно актуальной.

Целью исследования является разработка и теоретическое обоснование методики определения вязкости лакокрасочных материалов без учета временного фактора.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является процесс истечения жидких лакокрасочных материалов и в целом ньютоновских жидкостей, к которым они относятся. Для достижения поставленной цели исследования наиболее целесообразным является определение условной вязкости по количеству жидкости, попавшей в измерительный капилляр.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Было разработано устройство для измерения вязкости (пат. № 2184362), которое позволяет определять условную вязкость жидкой среды без учета временного фактора за счет того, что исследуемую жидкую среду определенного объема помещают в основной сосуд, соединенный с измерительным сосудом через систему трубок со свободным выходом. При вытеснении жидкости из основного сосуда под постоянным давлением часть жидкости будет выталкиваться через свободный выход, а часть – в измерительный сосуд. По количеству жидкости, вытесненной в измерительный сосуд, и определяется условная вязкость исследуемой жидкой среды.

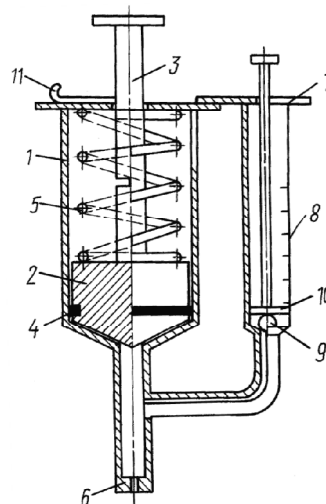


Рис. 1. Схема устройства для измерения вязкости

На рис. 1 приведена схема устройства для измерения вязкости. Устройство включает в себя емкость 1, внутри которой помещен поршень 2 со штоком 3. Поршень 2 имеет уплотнительное резиновое кольцо 4 и в исходном положении под действием пружины 5 находится в нижнем положении.

Емкость 1 через систему трубок соединена с патрубком, имеющим торцевое отверстие 6, и с поплавковой камерой 7, которая состоит из прозрачного цилиндрического корпуса с нанесенной на нем шкалой, поплавок 9, выполненного в форме шара, указателя 10, выполненного в виде узкого поршня со штоком, легко перемещающегося в корпусе 8 и имеющего возможность удерживаться в любом положении (в том числе и вертикальном) за счет сил трения.

Для фиксации поршня 2 в верхнем положении при сжатой пружине 5 служит фиксирующая скоба 11.

Устройство работает следующим образом: в исходном положении поршень 2 под действием пружины 5 находится в нижнем положении, поплавков 9 под действием силы тяжести перекрывает отверстие внизу корпуса 8, указатель 10 устанавливается в крайнее нижнее положение до соприкосновения с поплавком 9.

После погружения патрубка с торцовым отверстием 6 в исследуемую жидкость, поршень 2 за шток 3 усиливом руки поднимается в верхнее положение и, преодолевая усилие пружины 5, фиксируется скобой 11.

Жидкость под действием разрежения, созданного поршнем 2, заполняет емкость 1. При спуске фиксирующей скобы 11 поршень 2, под действием пружины 5, перемещается вниз, выталкивая жидкость. Часть жидкости под давлением проходит через отверстие 6, а часть проходит в измерительный сосуд 7 и поднимает поплавок 9 с указателем 10 на определенную высоту, зависящую от напора, созданного исследуемой жидкостью.

При этом, поскольку поток разделяется на два, будет выполняться условие: потери напора для потока, ушедшего в измерительный сосуд (Δh_1), должны равняться потерям напора потока, проходящего через торцовое отверстие (Δh_2), т.е.

$$\Delta h_1 = \Delta h_2. \quad (1)$$

Распишем уравнение (1) более подробно:

$$\frac{(\xi_{\text{вх1}} + \xi_{\text{пов}} + \xi_{\text{шар}}) \cdot v_1^2}{2g} = \frac{\xi_{\text{вх2}} \cdot v_2^2}{2g}, \quad (2)$$

где $\xi_{\text{вх1}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления бокового входа;

$\xi_{\text{пов}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления поворота;

$\xi_{\text{шар}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления шарнирного клапана;

$\xi_{\text{вх2}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления торцового отверстия;

v_1 – скорость движения бокового потока;

v_2 – скорость движения прямого потока.

$$v_1 = \frac{Q_1}{f_1}, \quad (3)$$

$$v_2 = \frac{Q_2}{f_2}, \quad (4)$$

где Q_1 и Q_2 – расходы рассматриваемых потоков;
 f_1 и f_2 – площади живых сечений этих потоков.

Поскольку время для этой системы – константа, то можно в уравнении (2) заменить скорость

движения потоков v_1 и v_2 объемами W_1 и W_2 , а сумму коэффициентов сопротивлений боковой ветки записать как $\Sigma \xi_1$, тогда получим:

$$\frac{\Sigma \xi_1 \cdot W_1^2}{f_1^2 2g} = \frac{\xi_{\text{вх2}} \cdot W_2^2}{f_2^2 2g}. \quad (5)$$

При этом $\Sigma \xi_1$ и $\xi_{\text{вх2}}$ – величины, зависящие от числа Re , а следовательно, от вязкости, т.е. объем $W_2 = f(v)$.

Шкала, нанесенная на цилиндрическом корпусе 8 поплавковой камеры, предварительно градуируется по показаниям условной вязкости контрольных жидкостей.

Разработанная конструкция прибора, как выяснилось при практическом его применении, оказалась довольно сложна и нетехнологична и была доработана.

Вискозиметр, схема которого представлена на рис. 2, имеющий в качестве рабочего элемента пружину и содержащий цилиндрическую ёмкость, измерительный капилляр, клапан и шток с поршнем, имеющим калиброванное отверстие, позволяет определить условную вязкость исследуемой жидкости по её количеству, попавшему в измерительный капилляр за счет вакуума, созданного поршнем при воздействии на него пружины [5].

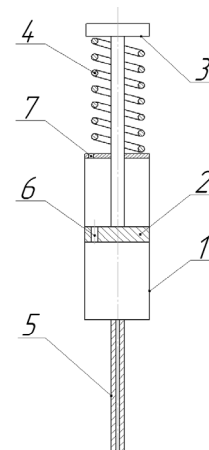


Рис. 2. Вискозиметр

Он включает в себя цилиндрическую ёмкость 1, внутри которой помещен поршень 2 со штоком 3. Цилиндрическая ёмкость 1 соединена с капилляром 5 с нанесённой на нем шкалой, имеющим торцовое отверстие. Поршень 2 имеет калиброванное отверстие 6 и в исходном положении под действием пружины 4 находится в верхнем положении. В верхней части цилиндрической ёмкости напротив калиброванного отверстия 6 выполнен клапан 7.

Вискозиметр работает следующим образом: в исходном положении поршень 2 под действием пружины 4 находится в верхнем положении.

Нажатием руки на шток 3 поршень 2 опускается и удерживается в нижнем положении, при этом пружина 4 максимально сжимается, после чего измерительный капилляр 5 опускается в исследуемую жидкость до нулевого деления, обозначенного на капилляре. Затем шток 3 отпускается. Поршень 2 начинает двигаться вверх под действием силы предварительного сжатия пружины 4.

Калиброванное отверстие 6 в поршне 2 позволяет ему достичь своего крайнего верхнего положения, при этом время движения поршня 2 в цилиндрической ёмкости 1 благодаря исходным условиям будет всегда одинаковым. Кроме того, когда поршень 2 достигнет крайнего верхнего положения, клапан 7 перекроет отверстие 6 в поршне 2, что будет препятствовать в дальнейшем самопроизвольному вытеканию исследуемой жидкости из измерительного капилляра 5.

При движении поршня 2 вверх под ним образуется вакуум, который заставляет двигаться исследуемую жидкость вверх по измерительному капилляру 5.

Подъемная сила будет равна:

$$F_{\text{под}} = P_{\text{вак}} \cdot \omega, \quad (6)$$

где ω – поперечное сечение измерительного капилляра;

$P_{\text{вак}}$ – сила, созданная вакуумом.

Подъемная сила расходуется на преодоление силы трения T исследуемой жидкости о стенки измерительного капилляра 5. Подъем жидкости закончится тогда, когда выравняются эти силы, т.е.

$$F_{\text{под}} = T, \quad (7)$$

при этом

$$F_{\text{под}} = P_{\text{вак}} \frac{\pi d_0^2}{4}, \quad (8)$$

где d_0 – диаметр капилляра.

$$T = \tau \cdot s, \quad (9)$$

где τ – касательные напряжения, возникающие при движении жидкости по капилляру;

s – площадь соприкосновения жидкости с капилляром.

В свою очередь

$$\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}, \quad (10)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости.

При этом

$$\mu = \nu \cdot \rho, \quad (11)$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости;

ρ – плотность жидкости.

$$s = \pi d_0 \cdot h, \quad (12)$$

где h – высота подъема жидкости.

Тогда уравнение (6) примет вид:

$$P_{\text{вак}} \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} = \nu \rho \frac{dv}{dy} \cdot \pi d_0 h, \quad (13)$$

откуда

$$h = \frac{P_{\text{вак}} \cdot d_0 \cdot dy}{4\nu\rho \cdot dv}. \quad (14)$$

Из-за малого диаметра d_0 измерительного капилляра 5 изменением скорости по поперечному сечению можно пренебречь, тогда $dv/dy = 1$ и связь высоты столба жидкости с её вязкостью будет очевидной:

$$h = \frac{P_{\text{вак}} \cdot d_0}{4\nu\rho}. \quad (15)$$

Таким образом, количество жидкости попавшей в измерительный капилляр, зависит от вязкости исследуемой жидкости.

Шкала, нанесенная на измерительном капилляре 5, предварительно градуируется по показаниям условной вязкости контрольных жидкостей.

Результаты измерения принимаются с учетом поправочного коэффициента K по ГОСТ 8240–74 (СТСЭВ 1443–78).

ВЫВОДЫ

1. Представленные расчеты показывают, что измерение условной вязкости лакокрасочных материалов и других ньютоновских жидкостей без учета временного фактора возможно.
2. Условная вязкость, определяемая предлагаемым способом, зависит от количества жидкости, попавшей в измерительный капилляр вискозиметра.
3. Разработанные устройство и вискозиметр позволяют повысить точность измерения, а также значительно уменьшить объем пробы материала и трудозатраты при проведении испытаний.
4. Практическое применение представленных конструкций вискозиметров позволит повысить качество подготовки материалов и выполняемых работ, культуру труда, а также обеспечить требования безопасности при проведении испытаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ливиниц М.Л., Пицьялковский Б.И.* Лакокрасочные материалы: справ. пособие. – М.: Химия, 1982. – 360 с.
2. *Яковлев А.Д.* Химия и технология лакокрасочных покрытий: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. – СПб.: Химиздат, 2008. – 448 с.
3. *ГОСТ 9070-75.* Вискозиметры для определения условий вязкости лакокрасочных материалов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1977.
4. *ГОСТ 8420-74.* Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
5. *Пат. 2248551 RU C2, МПК7 G01N 11/00.* Вискозиметр / В.Н. Хрянин, Ю.И. Рыбаков, А.Г. Гребенщиков; заявитель и патентообладатель В.Н. Хрянин. – № 2002131743/28; заявл. 12.11.2002; опубл. 20.03.2005.

THEORETICAL FOUNDATION FOR THE TECHNIQUES TO DETERMINE VISCOSITY OF PAINT AND VARNISH MATERIALS WITHOUT TIME-FACTOR ACCOUNTED

V.N. Khryanin, A.A. Zheleznov

Key words: viscosity, adhesion, viscometer, paint and varnish material, Newton liquid, paint and varnish coating, quality

Abstract. The work provides theoretical foundation for determining the conditional viscosity of paint and varnish materials as well as other Newton liquids without time-factor accounted. Conditional viscosity determined with the technique proposed depends on the amount of liquid forced out into the measuring capillary of a viscometer. There are two viscometer constructs presented determining conditional viscosity with the technique. The device to measure viscosity allows to determine conditional viscosity of a liquid medium due to the fact that the liquid medium of a certain volume to examine is placed in a principle vessel connected with the measuring vessel through the system of pipes with free outlets. The conditional viscosity of the liquid medium examined is determined by the amount of the liquid forced out into the measuring vessel. The viscometer, that has a spring as a working element, cylinder capacity, measuring capillary, valve, piston rod and the piston, allows to determine conditional viscosity of the liquid examined for its amount forced out into the measuring capillary by the expense of the vacuum created by the piston exposed to the spring. The designed devices shall allow to increase the accuracies of measurements as well as the quality of materials preparation and works performed.