

- тування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник. – Київ-Харків, КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. – 540 с.
3. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 760 с.
 4. Гончаренко А.І., Колесніченко О.А., Шаляпін С.М. Застосування УФ випромінювання для знезараження стічних вод // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення» - К.: 2012. - №6 - С.28 – 35.
 5. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.
 6. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. – Донецк: издательство "Ноулидж" (Донецкое отделение), 2009. – 289 с.
 7. Шаляпін С.М, Шаляпіна Т.С., Штонда Ю.І. Порівняння різних методів знезараження стічних вод // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». – К.: 2013. - №3. – С.20 – 25.
 8. Шаляпін С.М, Шаляпіна Т.С. Об особенностях выбора УФ установок, предназначенных для обеззараживания сточных вод и пути снижения их энергоёмкости // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення». - К.: 2014. - №1. – С.20 -24.
 9. Эпоян. С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Шаляпина Т.С., Зубко А.Л. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях при использовании ультрафиолетового излучения // Motrol. Commission of motorization and energttics in agriculture. –Lublin - Rzeszow. – 2013.- Volume 15 №6. – С. 85-92.
 10. Штонда Ю.И., Шаляпин С.Н., Штонда И.Ю., Шаляпина Т.С. Обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: ІХ міжнародна науково-практична конференція, 09-13 вересня 2013 р., м. Алушта: збірник наукових статей. - Харків: «Райдер». - 2013. - Т. 1. - С. 282 – 287.
 11. Шаляпін С.М, Штонда Ю.І., Шаляпіна Т.С. Застосування УФ опромінювання для знезараження стічних вод на малих очистних спорудах // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення» – К.: 2013 - №2. - С.14 – 19.
 12. Кулішенко О.Ю., Кравченко Т.Б., Остапенко В.Т., Остапенко Р.В., Шаляпін С.М., Шаляпіна Т.С. Активований кисень як альтернатива сильним окиснювачам в системах водоочищення // Виробничо-практичний журнал «Водопостачання та водовідведення» - К.: 2013 - №5. – С.16 – 22.
 13. УФ стерилізатори серії ВОДОГРАЙ® <http://www.helco.co.ua>.

УДК 004.932.2

Тесленко М. Г.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛА СМАЧИВАНИЯ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ

Поверхностные свойства материалов влияют на разнообразные процессы. Так, например, смачивание материала влияет на такие процессы, как покраска, пайка, склеивание; смачивание металлов соответствующими жидкостями ускоряет и облегчает их механическую обработку (резку, сверление, шлифование и др.). Поэтому исследование смачивания является важным для многих отраслей промышленности.

Существующие методы исследований достаточно сложны и имеют относительно невысокую точность. В данной работе применяется метод оптического измерения угла смачивания. Измерение смачивания выполняется путем измерения равновесного краевого угла [4] на изображении материала. Предлагается измерять угол путем построения касательной в краевой точке либо путем построения точек на линии трехфазного контакта.

Целью является разработка и усовершенствование программного обеспечения для измерения угла смачивания.

Задачами являются разработка приборов для измерения угла смачивания по изображению путем построения касательной и по точкам на контуре капли, а также исследование их точности.

Определить смачивание материала можно при помощи измерения равновесного краевого угла. Это можно сделать, используя лишь изображение материала. Для выполнения такой задачи была разработана программа на базе среды графического программирования LabVIEW.

На первом этапе исследований была реализована программа, которая позволяет измерить угол смачивания путем построения оператором графических примитивов. Лицевая панель прибора изображена на рис. 1.

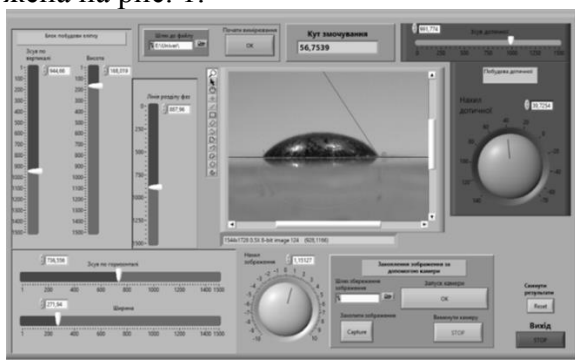


Рис. 1. Лицевая панель прибора, измеряющего угол смачивания в ручном режиме

Изображение может быть получено при помощи камеры. Оператор должен задать координаты прямой таким образом, чтобы она совпала с границей жидкость-поверхность. В случае, когда граница повернута относительно горизонта, предусмотрена возможность коррекции путем поворота изображения. Оператор может измерить угол, сместив вторую прямую к краевой точке и изменив ее угол наклона таким образом, чтобы она стала касательной к контуру капли. Блок-диаграмма основного фрейма программы приведена на рис. 2.

Были проведены исследования точности прибора. Для таких исследований необходимо было использовать изображения

материалов с различными углами смачивания, точные величины которых при этом будут известны. Получить изображения реальных материалов, отвечающих указанным выше требованиям, не представляется возможным, поэтому было проведено имитационное моделирование. При помощи средств MathCAD была построена модель изображения капли на поверхности. При этом необходимо было учесть то, что изображение может не быть идеальным: оно может быть зашумлено, а так же повернуто относительно горизонта.

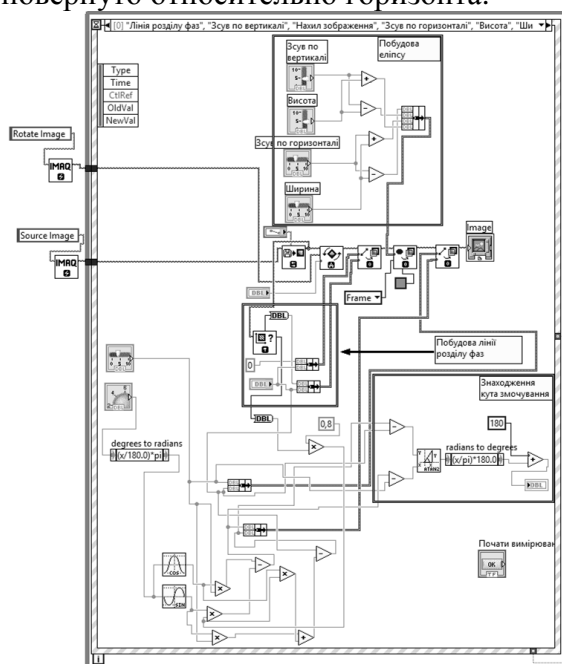


Рис. 2. Блок-диаграмма основного фрейма программы для определения угла смачивания в ручном режиме

В эксперименте принимали участие десять операторов. Всего было проведено 400 измерений. Результаты были обработаны при помощи методов математической статистики (рис. 3).

В ходе исследований выяснилось, что влияние оператора на результат измерений достаточно велико. Для уменьшения этого влияния и повышения точности измерений был разработан алгоритм определения угла смачивания по точкам на линии трехфазного контакта на изображении. На данном этапе предполагается, что точки должен обозначать сам оператор.

Разработка и усовершенствование алгоритма выполнялись в пакете MathCAD. Для этого были использованы результаты

моделирования изображений для исследования точности. Модель изображения была несколько модифицирована. В данной модели на контуре капли были выставлены точки, по которым алгоритм должен вычислять угол смачивания, причем в координатах точек присутствует некоторая регулируемая погрешность.

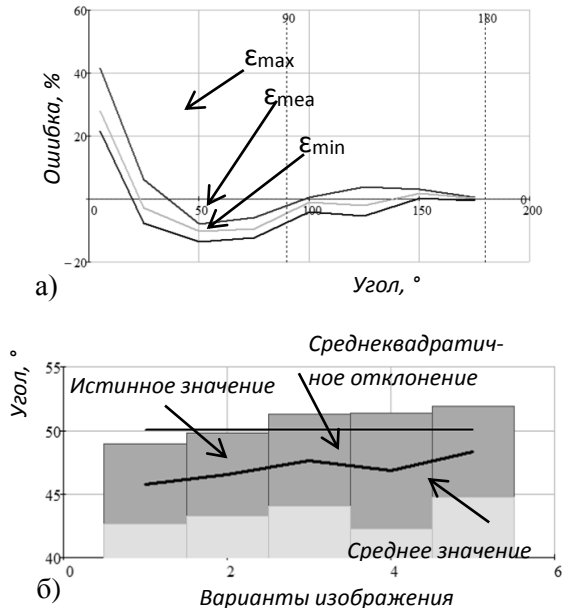


Рис. 3. График максимальной, средней и минимальной (ϵ_{\max} , ϵ_{mean} , ϵ_{min} соответственно) для одного из операторов (а) и гистограмма результатов измерений для угла 50° (б)

Алгоритм нахождения краевого угла, который разрабатывается в данной работе, предполагает аппроксимацию изображения капли на поверхности эллипсом и прямой.

$$y = kx + b; \quad (1)$$

$$a_{11}x^2 + a_{22}y^2 + 2a_{12}xy + 2a_{13}x + 2a_{23}y + a_{33} = 0. \quad (2)$$

Для того чтобы найти коэффициенты, необходимо решить систему уравнений, причем координаты точек должны быть известны. Из-за того, что координаты могут быть заданы с некоторой погрешностью, решается «перегруженная» система уравнений. Метод наименьших квадратов [2] позволяет получить коэффициенты уравнений, при которых эллипс и прямая будут максимально близкими к изначальной контуру:

$$x = A^+b, \quad (3)$$

где A^+ - псевдообратная матрица коэффициентов [1]. Для эллипса эта матрица принимает вид:

$$A = \begin{pmatrix} x_1^2 & y_1^2 & 2x_1y_1 & 2x_1 & 2y_1 \\ x_2^2 & y_2^2 & 2x_2y_2 & 2x_2 & 2y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n^2 & y_n^2 & 2x_ny_n & 2x_n & 2y_n \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где n – количество точек.

После определения коэффициентов уравнений эллипса и прямой, необходимо найти точку их пересечения и построить касательную в этой точке. Угол наклона касательной и будет углом смачивания.

Было определено оптимальное количество точек. Для этого решалась задача обусловленности [3] при различном количестве точек, при чем использовалось семь чисел обусловленности: первое число Тьюринга, второе число Тьюринга, первое число Годда, число в норме L1, число в норме L2, число в евклидовой норме и число в ∞ -норме. Оптимальным оказалось использование шести точек. Также в ходе исследований выяснилось, что худшая обусловленность вне зависимости от количества точек наблюдается при малых углах (около 5°).

Алгоритм был реализован в LabVIEW. Лицевая панель программы изображена на рис. 4.

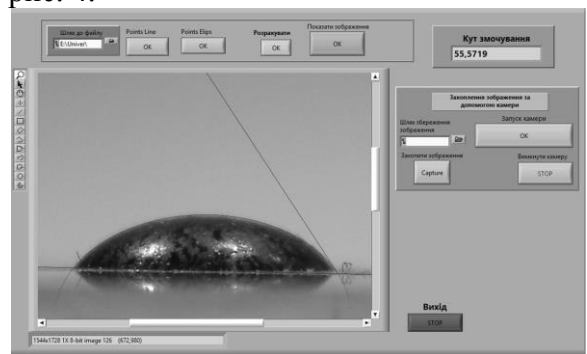


Рис. 4. Лицевая панель программы для измерения угла смачивания по точкам на изображении

Для измерения угла смачивания оператор должен сначала построить три точки на линии соприкосновения жидкости и твердого материала, после чего таким же образом построить шесть точек на линии контакта жидкость-газ. На лицевой панели

оператор может видеть результат аппроксимации и сделать выводы относительно достоверности полученных результатов.

Для этого прибора тоже были проведены исследования точности. Были привлечены операторы, которые участвовали в предыдущем эксперименте, что позволило сравнить результаты для каждого из них. Было установлено, что погрешность измерений значительно уменьшилась, а также уменьшилось и влияние оператора на результат.

Выводы. В ходе работы было реализовано работоспособное программное обеспечение для измерения угла смачивания, которое может быть применено во многих отраслях промышленности, где необходимо измерять угол смачивания. Полуавтоматический режим (измерения по точкам на линии трехфазного контакта) дает большую точность, чем ручной, но требует хорошего качества изображений.

Программа для измерения угла в ручном режиме позволяет получить удовлетворительный результат даже при некачественном изображении.

В перспективе предполагается повышение точности алгоритма при измерении малых углов, а также разработка алгоритма автоматического измерения угла смачивания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Алберт А., пер. с англ. Р. Ш. Липцер - Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание, М: Наука, 1977. - 224с.
2. Линник Ю. В., Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений, М: ФИЗМАТГИЗ, 1958. – 336с.
3. Самарский А. А., Гулин А. В., Численные методы, М.: Наука, 1989. - 432с.
4. Сумм Б.Д. Физико-химические основы смачивания. М.: Химия, 1976.

УДК 624.21:629.33

Бильченко А.В., Кислов А.Г., Лозицкий А.С.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Введение. Процессный подход к мостовым сооружениям при их эксплуатации - это новый прогрессивный подход, требующий моделирования, так как менеджмент происходящих процессов – это планирование, управление и выбор перспективы с временной и логической очередностью для достижения стратегической цели – сохранение мостовых сооружений или их ремонт [1].

Эффективное управление процессами эксплуатации мостовых сооружений практически невозможно без соответствующей информационно-технической поддержки, поэтому этот вопрос является одним из ключевых на каждом этапе сложившихся эксплуатационных состояний (событий). Проведенный анализ литературных источников по информационным системам и системам управления содержанием мостов

позволил сделать вывод об актуальности поставленной задачи [2, 3, 4].

Цель и задачи исследования. В данной работе рассмотрена модель управляемой событиями цепи процессов при эксплуатации мостовых сооружений на основе информационной системы как функции процесса эксплуатации.

Реализация задачи. Система мероприятий и воздействий при сохранении или восстановлении технических свойств элементов мостовых сооружений в процессе их эксплуатации предусматривает разработку «большого количества моделей» с широким спектром целевых назначений, с применением различных методов и средств моделирования. Первоначально, для создания моделей процесса эксплуатации необходимо иметь концепцию разви-