

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ ПО АНАЛИЗУ БИНАРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРОЕКЦИИ КАПЛИ

*Королев Д. В., Наумов В. Н.*

Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет), [pyrotechnics@narod.ru](mailto:pyrotechnics@narod.ru)

Краевой угол смачивания является важнейшей характеристикой влияющей на поверхностное натяжение жидкостей [1]. Определение краевого угла смачивания, как правило, определяется по плоской вертикальной проекции капли. Раньше для этого использовался проекционный микроскоп и транспортир для определения угла [2].

С появлением новой оптической и компьютерной техники, развитием алгоритмов обработки изображений и алгоритмов дискретной математики появилась возможность автоматизированного определения краевого угла смачивания. Поэтому работа посвящена определению краевого угла смачивания по анализу бинарного изображения проекции капли.

Для получения проекции капли, после пробоподготовки, капля исследуется на обычном оптическом микроскопе, в окуляр которого вставляется насадка с видеокамерой, подключенной к компьютеру (рис. 1).

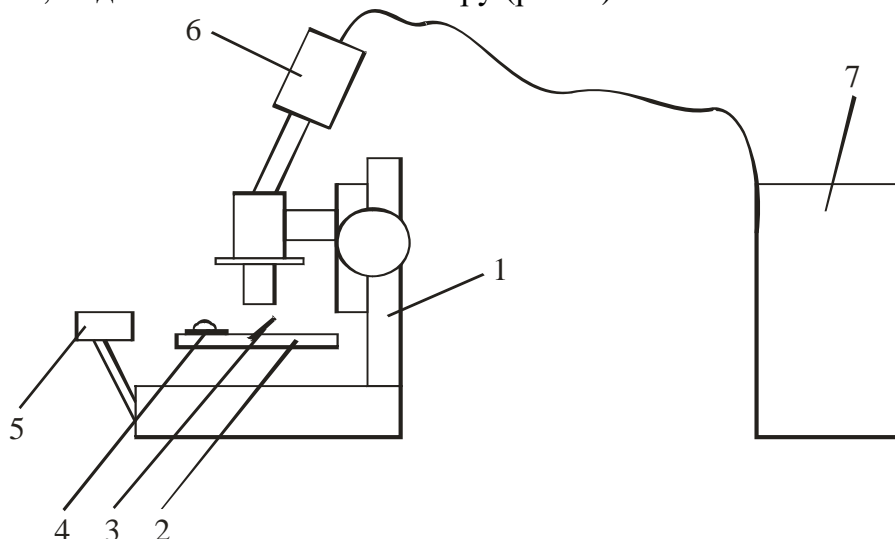


Рисунок 1 — Установка для получения проекции капли: 1 — микроскоп МБС-10; 2 — предметный столик; 3 — поворотное металлическое зеркало; 4 — капля на смачиваемом материале; 5 — осветитель; 6 — видеоокуляр; 7 — персональный компьютер

В качестве видеокамеры был использован видеоокуляр НВ-35 [3].

Полученное таким образом изображение можно подвергнуть анализу на компьютере по следующей технологии.

При решении поставленной задачи необходимо принять следующие допущения:

- проекция капли представляет собой замкнутую темную область, без светлых включений на светлом фоне;
- контур капли от контакта с предметным стеклом слева до крайней левой точки капли можно описать полиномом четвертой степени.

С учетом принятых допущений предлагается использовать следующую последовательность анализа полученного изображения:

Преобразование исходного изображения в бинарное (черно-белое).

Прослеживание контура капли.

Поиск базовой линии (основания капли).

Аппроксимация части контура капли полиномом четвертой степени.

Расчет краевого угла смачивания по первой производной от аппроксимирующего полинома.

Для преобразования изображения в бинарное предлагается использовать следующий алгоритм. Задается определенный пороговый уровень яркости. Изображение сканируется построчно, причем, если значение уровня яркости текущей точки выше порогового уровня, то в формируемое изображение записывается точка черного цвета, в противном случае записывается точка белого цвета.

Для поиска контура капли предлагается воспользоваться алгоритмом прослеживания контуров [4]. Алгоритм работает следующим образом. Исходное изображение просматривается построчно до тех пор, пока не встретится элемент объекта. Затем начинается прослеживание контура (рис. 2). Если текущая точка является элементом объекта, то направление передвижения меняется на  $90^\circ$  влево. Если точка принадлежит фону, то направление меняется на  $90^\circ$  вправо. Прослеживание контура прекращается при попадании в исходную точку. На каждом шаге координаты записываются в массив.

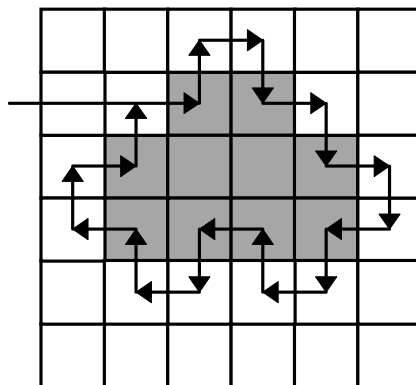


Рисунок 2 — К пояснению алгоритма прослеживания контуров

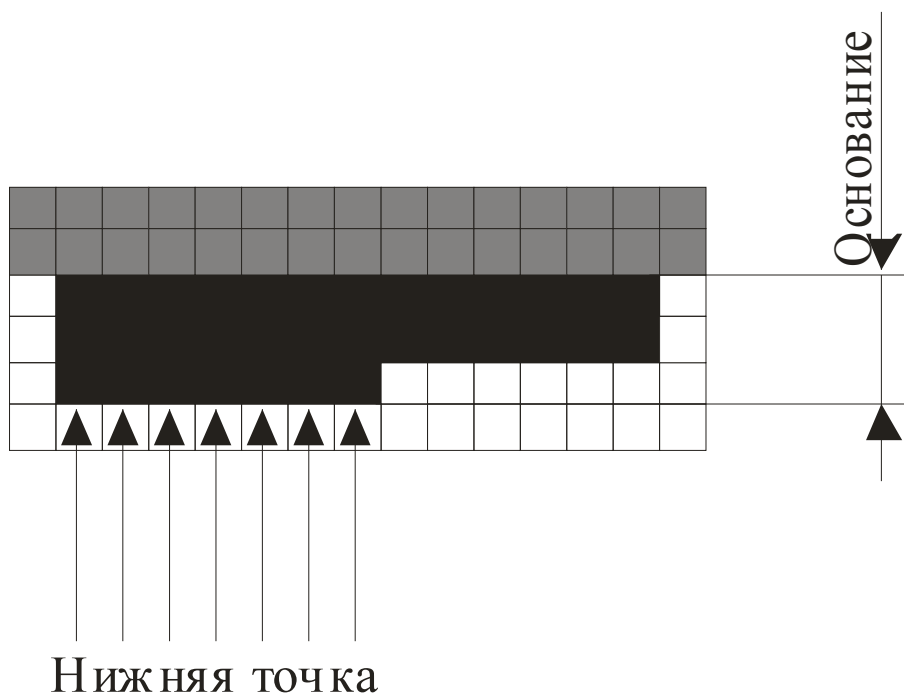


Рисунок 3 — К объяснению алгоритма поиска основания капли

Поиск основания капли осуществляется по следующему алгоритму.

Находится самая нижняя точка контура капли. Затем задается определенный уровень отклонения базовой линии от нижней точки. Это связано с тем, что изображение может иметь «перекос». Экспериментально установлено, что достаточным является отклонение в три точки. Затем из массива всех точек контура выбираются только те, которые попадают в интервал нижняя точка плюс отклонение.

Для аппроксимации из массива контура капли выбираются точки от левой верхней точки основания капли до самой левой точки капли (см. рис. 4)

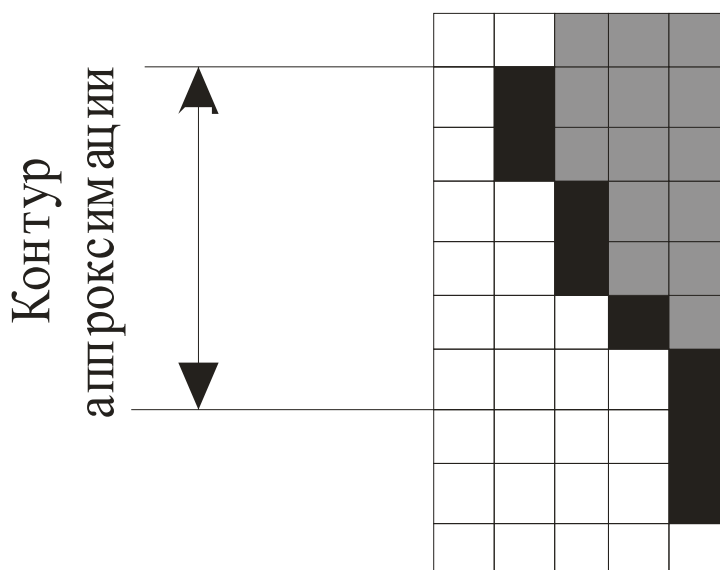


Рисунок 4 — К объяснению алгоритма аппроксимации части контура капли

Выбранные точки аппроксимируются полиномом четвертой степени

$$Y = A_1 + A_2 X + A_2 X^2 + A_4 X^3 + A_5 X^4. \quad (1)$$

Краевой угол смачивания рассчитывается по производной

$$\alpha = \arctg(A_2 + A_2 X + A_4 X^2 + A_5 X^3). \quad (2)$$

Алгоритмы реализованы как библиотека к программе Little 2 [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии.— М.: Химия, 1975.— 513 с.
2. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии.— Л.: Химия, 1984.— 369 с.
3. Цифровой видеоокуляр НВ – 35. Руководство пользователя.— М.: ООО «Дейлис Пром», 2004.— 12 с.
4. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен: Пер. с англ. — М.: Мир, 1976.
5. Королев Д. В., Дудырев А. С., Суворов К. А. «Программа автоматизации микроскопического анализа – Little 2» (Little 2). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 990213// Информационный бюллетень официальной регистрации Рос АПО. 1999.