

УДК 004.421+004.422

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.56338

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ПОИСК И АНАЛИЗ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

© Д. А. Морозов

*Разработан высокоэффективный алгоритм поиска и анализа дорожных знаков. В основу разработки положены обобщенные результаты анализа существующей литературы по тематике рассматриваемой проблемы. Рассмотрены ключевые этапы работы алгоритма. Разработана, реализована и протестирована программа, которая подтвердила высокие технические качества работы алгоритма в заданных режимах эксплуатации. Показана применимость разработки для повышения безопасности движения транспортных средств*

**Ключевые слова:** низкоуровневая обработка изображений, распознавание образов, алгоритмы компьютерного зрения, распознавание дорожных знаков

*It is developed high-efficient algorithm for search and analysis of road signs. The work is based on the results of reviewing existing sources which describe given problem. There are described the most common steps in algorithm logic. There is designed, implemented and tested special program, which works on given algorithm. The results of testing show good recognition quality. Such program can be used as a part of driver assistance systems*

**Keywords:** low-level image processing, pattern identification, algorithm for computer vision, road sign recognition

### 1. Введение

По данным многочисленных статистических исследований, одной из основных причин дорожно-транспортных происшествий является невнимательность водителя. Согласно статистике, около 27 % аварий происходят из-за невнимательности водителя или потери концентрации [1]. В Украине подобные исследования почти не проводятся, но, по словам работников ГАИ, при авариях в городе 50 % водителей называют причиной столкновения утомленность или потерю концентрации.

Соответственно, актуальной задачей для нивелирования вышеописанных факторов, является разработка интерактивных компьютерных систем, позволяющих привлечь внимание водителя к важным элементам дорожной ситуации (наличие пешеходов на проезжей части, динамика встречных и попутных транспортных средств, информация с дорожных знаков, траектория движения собственного транспортного средства).

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Системы помощи водителю (DAS – driver assistance systems) позволяют эффективно экономить время, деньги, сохранять человеческие жизни и сокращать количество дорожно-транспортных происшествий. Отсюда следует их потенциальный коммерческий успех в будущем. Такие системы должны быть тесно связаны с другими технологиями, широко используемые в наши дни: интернет, мобильные сервисы обработки информации, умные сенсоры, искусственный интеллект, системы навигации, а также геоинформационные системы (GIS) [2].

Распознавание дорожных знаков является важной частью системы помощи водителю. Это обусловлено высокой важностью дорожных знаков в нашей повседневной жизни. Дорожные знаки опре-

деляют визуальный язык, который может быть легко интерпретирован водителем. Они отображают текущую ситуацию на дороге, предупреждают об сложных и опасных участках, где необходимо проявить повышенное внимание к управлению транспортным средством, помогают лучше ориентироваться на маршруте, а также повышают комфорт и уверенность при управлении транспортным средством в целом.

Впервые данный вопрос был рассмотрен не так давно: первая работы на эту тематику появилась в Японии в 1984 году. Идея была в том, чтобы испытать различные методы компьютерного зрения для определения разнообразных объектов на дороге. С тех пор огромное количество независимых разработчиков и коммерческих компаний регулярно проводят исследования в данной области. Существует огромное количество работ на эти темы, но их актуальность неизменна. Причиной тому является стремительный рост вычислительных мощностей ЭВМ, уменьшение их размера и энергопотребления. Особенно следует отметить последнее десятилетие, а также облачные технологии, появившиеся в течении последних пяти лет [3].

Распознавание дорожных знаков достигается двумя основными шагами: поиск и анализ [4].

1. На этапе поиска, исходное изображение предварительно обрабатывается, с целью повышения качества для более эффективной работы следующих алгоритмов. Далее используется один или несколько методов поиска зон, потенциально содержащих дорожные знаки. Для этого могут быть использованы различные признаки, но два наиболее распространенных: цветовой и контурный. На выходе обычно получается контейнер, содержащий ни одного, один или много зон интереса (ROI – region of interest), которые мог в себе содержать дорожные знаки. Эффективность и скорость распознавания – основные критерии оценки всего процесса распознавания и системы в целом [5].

2. На этапе анализа, каждый кандидат тестируется по определённым признакам и паттернам, для определения, является ли он дорожным знаком или нет. Впоследствии проводится классификация знаков по типу, для определения принадлежности к той или иной группе. Используемые признаки должны содержать свойства, однозначно определяющие, описывающие и классифицирующие потенциальное изображение как дорожный знак. В тоже время для определения класса самого знака необходим уже другой набор признаков классификаторов. Как упоминалось выше, геометрические формы и цвет являются основными классификаторами в данном случае. Для определения контента знака чаще всего используется метод сравнения с набором оригинальных изображений. После всех вышеописанных операций можно однозначно распознать и классифицировать знак, передать эту информации в дальнейшие модули обработки [6].

На рис. 1 изображён прототип системы поиска и распознавания дорожных знаков. В качестве основного классификатора при поиске дорожных знаков, система может использовать геометрическую, цветовую информацию или обе одновременно. Последний вариант способен предоставить наилучший результат, но является наиболее медленным с точки зрения быстродействия. Как показывают многочисленные исследования, добиться хороших результатов возможно и используя один набор признаков [4].

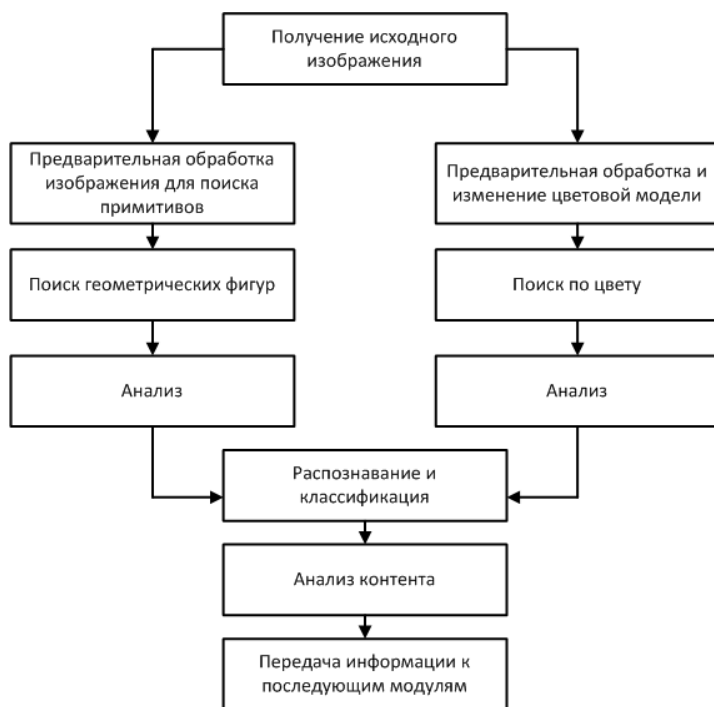


Рис. 1. Прототип системы поиска и распознавания дорожных знаков

### 3. Цель и задачи исследования

Основной целью данного исследования является разработка прототипа высокоэффективной системы поиска и анализа дорожных знаков, как составной части системы помощи водителю транспортного средства. Одним из основных критериев должна

являться низкая стоимость такой системы, что позволит увеличить заинтересованность отечественных производителей транспортных средств во внедрении подобных систем в свою продукцию.

### 4. Детали реализации и выбора оптимальных параметров алгоритма поиска и анализа дорожных знаков

Схема работы разработанного алгоритма изображена на рис. 2. Ниже рассмотрим каждый этап подробно. В программе широко используются методы компьютерного зрения из библиотеки Open CV.

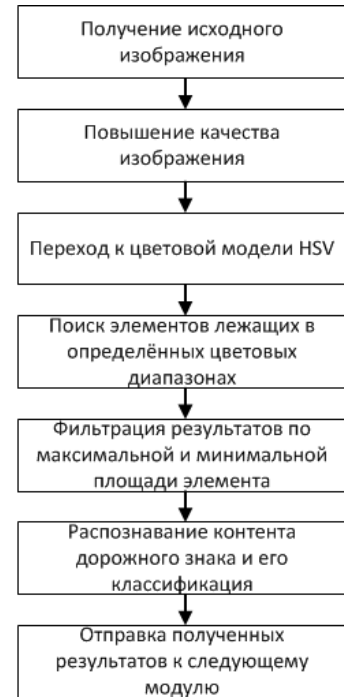


Рис. 2. Схема работы алгоритма поиска и распознавания дорожных знаков

#### 4. 1. Получение исходного изображения

В качестве исходного изображения используется цветное растровое изображение различных разрешений в различных форматах (PNG, BMP, .JPG, AVI, MP4). Цветовая схема может быть представлена Grayscale (8 бит), RGB (24 бита) или sRGB (32 бита). Для видео ряда частота кадров должна находиться в пределах 15–60 кадров в секунду. Таким образом, в качестве входных данных, можно использовать самые распространённые форматы изображений и видео. В реализации используем функцию Open CV(Python):

```
cv2.imread(filename[, flags]) → retval
```

#### 4. 2. Повышение качества изображения

Для многих операций разрешение исходного изображения не является преимуществом. Зачастую, использование таких изображений влечёт за собой неоправданно большое использование вычислительных мощностей ЭВМ. В тоже время на качество конечного результата высокое разрешение влияет мало.

В данном алгоритме, предлагается использовать VGA разрешение т. е. 640×480 пикселей. Это обеспечит высокую скорость обработки без потери качества. Поэтому исходное изображение следует преобразовать к вышеуказанному.

Для уменьшения количества цифровых шумов применим операцию сглаживания. Сглаживание сводится к устранению дефектов изображения, вносимых устройствами. Для сглаживания применяется множество алгоритмов [3]. В рамках данной работы применялся алгоритм **Normalized Box Filter** [3]. Это простой и эффективный фильтр. В реализации используем функцию Open CV(Python):

```
cv2.blur(src, ksize[, dst[, anchor[, borderType]]]) → dst
```

#### 4. 3. Переход к цветовой модели HSV

Изображение в формате RGB можно легко преобразовать в HSV, это значительно подчеркнёт тональную составляющую цвета дорожного знака, а значит его выделение из окружающего фона станет более эффективным. В реализации используем функции Open CV:

```
cv2.resize(src, dsize[, dst[, fx[, fy[, interpolation]]]]) → dst
```

```
cv2.cvtColor(src, code[, dst[, dstCn]]) → dst
```

#### 4. 4. Поиск элементов, лежащих в определённых цветовых диапазонах

На этом этапе необходимо провести поиск элементов, лежащих в цветовых диапазонах искомым дорожных знаков. Эти диапазона вычисляем предварительно. Для сегментации потенциальных зон используем функцию OpenCV(Python):

```
cv2.findContours(image, mode, method[,  
contours[, hierarchy[, offset]]]) →  
→contours, hierarchy
```

#### 4. 5. Фильтрация результатов по максимальной и минимальной площади элемента

На прошлом этапе был получен контейнер, содержащий ни одного, один или много потенциальных зон нахождения дорожного знака. Теперь имеет смысл отфильтровать эти результаты по минимальной и максимальной площади, чтобы отбросить заведомо некорректные варианты. В этом нам поможет функция OpenCV(Python):

```
cv2.minAreaRect(points) → retval
```

#### 4. 6. Распознавание контента дорожного знака и его классификация

На данном этапе у нас уже имеется контейнер, который может содержать дорожные знаки. Стоит задача распознавания контента и его классификация. Чаще всего для этого используют метод сравнения с оригинальным изображением дорожного знака или нейронные сети.

В целом, принципы распознавание контента на дорожном знаке ничем не отличаются от методов

распознавание текстовых символов, потому существует большое количество готовых, качественных, хорошо оптимизированных решений этой задачи.

В данном случае будет использован простой метод сравнения с оригиналом.

#### 4. 7. Отправка полученных результатов к следующему модулю

Получив и распознав все возможные знаки в кадре, модуль не заканчивает свою работу: остаётся передать полученные данные в последующие модули. В этих модулях будут приниматься интеллектуальные решения, которые могут влиять на работу системы помощи водителю. Например, предупреждение о превышении максимально допустимо скорости на данном участке.

#### 5. Тестирование прототипа системы поиска и анализа дорожных знаков

Для проведения тестирования алгоритма была разработана специальная программа на языке Python. Для реализации алгоритма использовались вышеупомянутые функции Open CV.

Разработанная программа показала высокий уровень распознавания на тестовой выборке изображений. Процент правильных ответов колебался в пределах 75–90 % в зависимости от использованного модуля распознавания контента дорожного знака и непосредственно от качества самого исходного изображения.

В качестве примера работы программы рассмотрим два изображения (рис. 3):

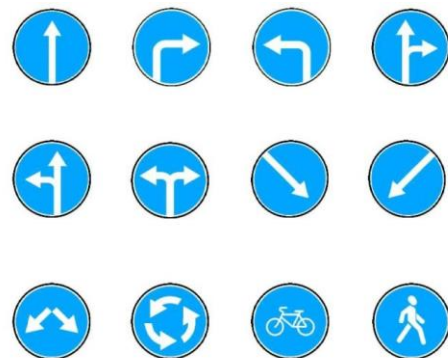


Рис. 3. Исходные изображения

– Преобразование цветовой модели (рис. 4):



Рис. 4. Преобразование цветовой модели

– Выбор оптимальных параметров (рис. 5):

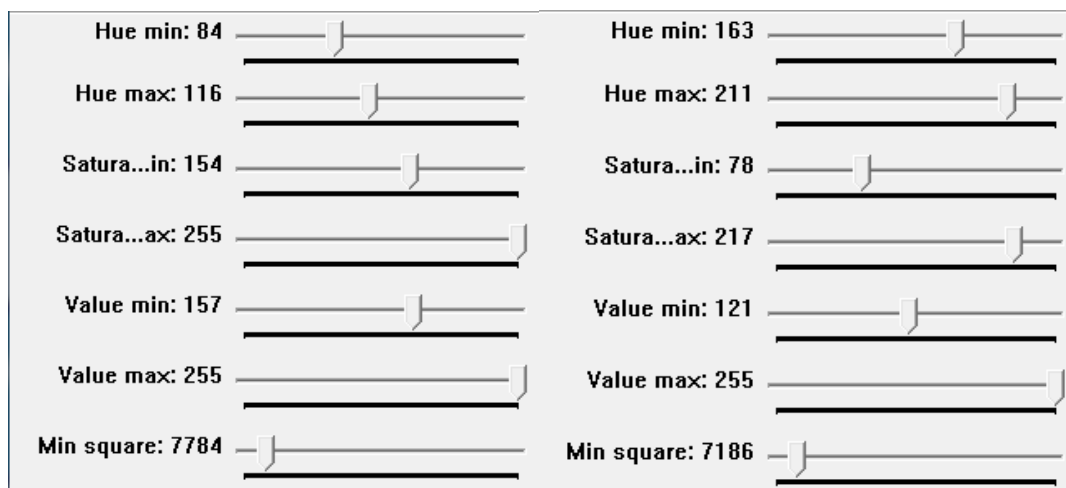


Рис. 5. Выбор оптимальных параметров

– Бинаризованное изображение с выделенными элементами определённого цвета (рис. 6):

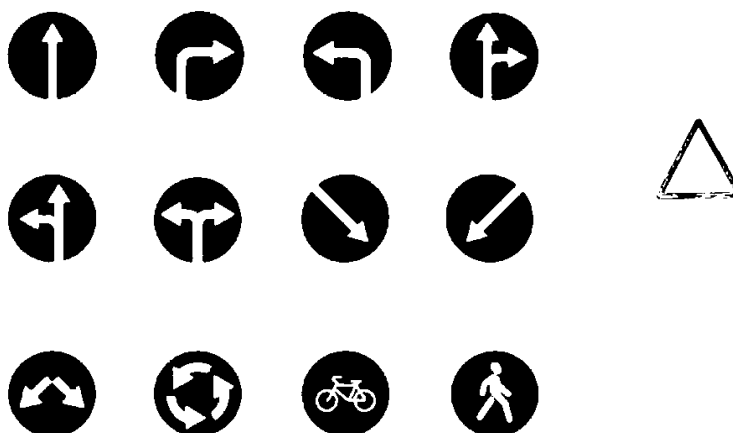


Рис. 6. Бинаризованное изображение, на котором выделены элементы заданного цветового диапазона

– Результат извлечения дорожных знаков из фонового изображения (рис. 7):



Рис. 7. Результат поиска дорожных знаков на исходном изображении

### 6. Выводы

В настоящей работе удалось разработать прототип системы поиска и анализа дорожных знаков. Был разработан, реализован и протестирован высокоэффективный алгоритм, который позволяет, с высокой вероятностью, извлекать и распознавать дорожные знаки из исходного изображения или видеопотока. Разработанная система может являться частью более крупной системы – системы помощи водителю.

### Литература

1. Fang, C.-Y. Road-sign detection and tracking [Text] / C.-Y. Fang, S.-W. Chen, C.-S. Fuh // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 2003. – Vol. 52, Issue 5. – P. 1329–1341. doi: 10.1109/tvt.2003.810999
2. De la Escalera, A. Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles [Text] / A. de la Escalera, J. Ma Armingol, M. Mata // Image and Vision Computing. – 2003. – Vol. 21, Issue 3. – P. 247–258. doi: 10.1016/s0262-8856(02)00156-7
3. Vitabile, S. A neural network based automatic road sign recognizer [Text]: conference / S. Vitabile, A. Gentile, F. Sorbello. – USA, 2002. doi: 10.1109/ijcnn.2002.1007503
4. Miura, J. An active vision system for real-time traffic sign recognition [Text]: conference / J. Miura, T. Kanda, Y. Shirai. – USA, 2000. doi: 10.1109/itsc.2000.881017

5. Vitabile, S. Multi-layer perceptron mapping on a SIMD architecture [Text]: conference / S. Vitabile, A. Gentile, G. B. Dammeone, F. Sorbello. – IEEE, 2002. doi: 10.1109/nnsf.2002.1030078

6. Журавлев, Ю. Распознавание. Классификация. Прогноз. Математические методы и их применение. Вып. 2 [Текст] / Ю. Журавлев. – М.: Наука, 1989. – С. 70–72.

### References

1. Fang C.-Y., Chen S.-W., Fuh C.-S. (2003). Road-sign detection and tracking. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 52 (5), 1329–1341. doi: 10.1109/tvt.2003.810999
2. De la Escalera, A., Armingol, J. M., Mata, M. (2003). Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles. Image and Vision Computing, 21 (3), 247–258. doi: 10.1016/s0262-8856(02)00156-7
3. Vitabile, S., Gentile, A., Sorbello, F. (2002). A neural network based automatic road signs recognizer. USA. doi: 10.1109/ijcnn.2002.1007503
4. Miura, J., Kanda, T., Shirai, Y. (2000). An active vision system for real-time traffic sign recognition. USA. doi: 10.1109/itsc.2000.881017
5. Vitabile, S., Gentile, A., Dammeone, G. B., Sorbello, F. (2002). Multi-layer perceptron mapping on a SIMD architecture. IEEE. doi: 10.1109/nnsf.2002.1030078
6. Zhuravlev, Ju. (1989). Raspoznavanie. Klassifikacija. Prognoz. Matematicheskie metody i ih primenenie. Issue 2. Moscow: Nauka, 70–72.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Максимов М. В.  
Дата надходження рукопису 16.11.2015*

**Морозов Дмитрий Александрович**, кафедра автоматизации тепловых процессов, Институт энергетики и компьютерно-интегрированных систем управления, Одесский национальный политехнический университет, пр. Шевченка, 1, г. Одесса, Украина, 65000  
E-mail: ouroboros993@gmail.com



УДК 666.91

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.56362

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ ФОСФОГИПСА И СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ НА ЕГО ОСНОВЕ

© И. Э. Казимагомедов, О. И. Дехтярюк

*Исследовано влияние примесей в фосфогипсе на процесс гидратации гипсового вяжущего, полученного методом интенсивной дегидратации. Определен фазовый состав фосфогипса до и после обжига с помощью РФА, ИК-спектроскопии и кристаллооптического анализа. Сухая строительная смесь для штукатурки внутренних стен зданий и сооружений на основе  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  полученного из фосфогипса. Приведены ее преимущества и физико-технические характеристики*

**Ключевые слова:** фосфогипс, гипсовое вяжущее, примеси, фтор, фосфор, гидратация, сухая строительная смесь, штукатурка стен

*Gypsum binder was received by the method of intensive dehydration and the influence of admixture in phosphogypsum on the hydration process of gypsum binder was researched. Phase composition of phosphogypsum before and after calcination, using XFA, IR-spectroscopy and crystal optic analysis was defined. Dry mortar for plaster of interior walls of buildings on the basis of  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  obtained from phosphogypsum is investigated. Its advantages and physical and chemical characteristics are shown*

**Keywords:** phosphogypsum, gypsum binder, impurities, fluorine, phosphorus, hydration, dry mortar, plaster of walls

### 1. Введение

Основным сырьем для гипсовых штукатурных смесей является гипсовое вяжущее вещество (полуводный гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ), которое получают различным путем обжига природного гипсового камня (двуводный гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) или гипсосодержащих отходов промышленности. w

В настоящее время на Украине, как и в других странах, остро стоит вопрос переработки техногенных отходов, в частности фосфогипса. Это отход химической промышленности, образующийся при производстве минеральных удобрений (фосфорной кислоты) в результате переработки апатитовых и фосфорных пород и хранящийся в отвалах на открытом воздухе. В своем составе он содержит до 98 % двуводного гипса, в соответствии с ДСТУ данное сырье относится к первому сорту для получения гипсового вяжущего. В своем составе фосфогипс содержит до 98 % двуводного гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), поэтому он может служить сырьем для производства гипсовых материалов и изделий.

### 2. Литературный обзор

Таковыми учеными Болотских Н. С., Бабушкин В. И., Винниченко В. И., Казимагомедов И. Э., Кондрашенко Е. В., Мамедов А. А. в ХНУСА была разработана установка для обжига фосфогипса во взвешенном состоянии [1]. В результате обжига получается гипсовое вяжущее, которое можно использовать для производства сухих строительных смесей. Научный интерес представляет исследования фазового состава полученного вяжущего. А так же исследование физико-механических характеристик сухой строительной смеси, на основе гипсового вяжущего из фосфогипса с применением керамзитовой пыли и полипропиленовой фибры.

### 3. Цель и задачи

Определить какое влияние оказывают примеси фтора и фосфора в фосфогипсе на процесс дегидра-

тации (термообработки при  $t=300$  °С) и свойства полученного гипсового вяжущего. А так же на основе полученного гипсового вяжущего марки Г-4 – Г-5 из фосфогипса методом интенсивной дегидратации, разработать состав сухой строительной смеси для штукатурки стен внутри помещений.

### 4. Исследования

Примеси фтора и фосфора имеют такие особенности [2]:

– фтор не растворим в воде и является самым сильным окислителем  $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2$ ;

– фосфор быстро окисляется на воздухе, а при нагревании воспламеняется и сгорает, выделяя при этом большое количество теплоты, а так же не растворим в воде  $\text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{C} = 2\text{P} + 5\text{CO}$ .

Эти качества отрицательно влияют на процесс дегидратации фосфогипса, поэтому обычные методы его переработки включают в себя промывку водой и нейтрализацию от примесей [3, 4]. Учитывая то, что паспорт качества исследуемого фосфогипса показывает, что содержание в нем этих примесей менее 2 %, а так же то, что он отвальный (т. е. он долгое время находится на воздухе и естественным путем происходила его промывка дождевой водой) дает нам основание считать возможным получение гипсового вяжущего без предварительной подготовки.

С помощью методов ИК-спектроскопии и кристаллооптического анализа исследован фазовый состав:

1) исходного сырья фосфогипса



2) фосфогипса после обжига при  $t=300$  °С;

3) образца после гидратации. Микрофотографии испытуемых образцов представлены на рис. 1–3.

Проведенные исследования подтверждают, что фосфогипс можно использовать для производства сухих строительных смесей. Разработанная ССС со-