

УДК 676.012:004.051

**Н.И. Хорошев, Н.Р. Мубаракзянов**Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СОРНОСТИ  
ГАЗЕТНОЙ БУМАГИ**

Рассмотрены вопросы автоматизации процесса определения сорности бумаги как одного из ключевых показателей качества продукции целлюлозно-бумажной отрасли. Предлагаемые решения направлены на облегчение, повышение оперативности и эффективности работы персонала лаборатории, обеспечивающей контроль качества продукции и производственных процессов. Описаны аппаратная и программная реализации предлагаемой автоматизированной системы. При этом разработан обобщенный алгоритм процедуры определения сорности газетной бумаги. Формализован каждый из этапов данного алгоритма: вычисление плотности пикселей, выделение области образца бумаги для ее анализа, процедура обрезки бумаги, процедура сортировки соринок по изменяемому параметру площади. Были проведены эксперименты с различными образцами бумаги, которые позволили установить, что при высоком качестве бумаги распознавание сорности происходит быстрее и точнее, чем при низком качестве образца (с изгибами, неровностью краев и другими возмущающими факторами), а также выявить перспективные направления для совершенствования процедуры распознавания образов.

**Ключевые слова:** сорность, распознавание образов, программное обеспечение, газетная бумага, автоматизированная система, качество.

**N.I. Khoroshev, N.R. Mubarakzyanov**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**AUTOMATION OF NEWSPRINT FLAW RECOGNITION**

In the article the automated indicator definition procedure of the paper flaw, as one of the key indicators of pulp-and-paper branch production quality is considered.

The proposed solutions are directed on facilitation, increase of efficiency and overall performance of the laboratory staff, providing quality control of production and productions. Hardware and software implementation of the proposed automated system has been described. Thus the generalized algorithm of newsprint flaw determination procedure is developed. Its main stages have been formalized: computation of pixels density, area separation of a paper sample for its analysis, paper cropping procedure, sorting procedure of motes for the changeable parameter of the area. Experiments with different samples of paper were made. It allowed to set that in case of high paper quality the flaw recognition happens quicker and more precisely, than in case of poor sample quality (with bends, roughness of edges and other perturbing factors), and also to reveal the perspective directions for image identification procedure enhancement.

**Keywords:** flaw; pattern recognition; software; newsprint; automated system; quality.

**Введение.** В отечественной целлюлозно-бумажной отрасли важной составляющей конкурентоспособности предприятий является процесс контроля качества производимой продукции. Данный этап производственной деятельности является одним из ключевых, что обуславливает необходимость соблюдения всех требований к реализации качественного построения технологических процессов и их автоматизации. Основными показателями качества являются: масса, плотность, гладкость, белизна, непрозрачность, сорность и пластичность [1].

Практика показывает, что чаще всего контроль качества по данным показателям осуществляется лаборантами с использованием локальных средств автоматизации или полностью вручную, тем самым делая процесс изготовления бумаги долговременным и достаточно трудоемким, снижая оперативность принимаемых решений. Несвоевременное выявление брака (после выпуска готовой продукции) связано с появлением дополнительных затрат на его устранение и снижением эффективности производства бумаги в целом. Для того чтобы устранить эти недостатки, предлагается разработать и внедрить на предприятии автоматизированную систему контроля качества, которая позволит оперативно вычислять ряд показателей, сравнивать их с нормативными значениями (ГОСТ и др.) и выдавать готовые рекомендации по выработке управляющих воздействий (организационных, технических), оказывающих непосредственное влияние на качество газетной бумаги.

**Автоматизированный контроль сорности бумаги.** В контексте построения автоматизированной системы контроля качества продукции целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) рассмотрим более подробно такой показатель, как сорность. Он показывает количество соринок в различных диапазонах площади (на 1 м<sup>2</sup> газетной бумаги).

Согласно [2] соринка – это постороннее включение, заметно отличающееся контрастирующей светонепроницаемостью или цветом от фона и имеющее площадь не менее 0,06 мм, например, соринка волокнистого происхождения (частицы лубяного слоя, коры, сучка, костры, шерстяное и синтетическое волокно), металлическое, минеральное постороннее включение (уголь, песчинка и др.), органическое постороннее включение (смола, парафин, резина и др.).

В стандартном методе, нашедшем достаточно широкое применение в ЦБП, сорность определяют вручную, подсчитывая количество

соринки в образце рулона газетной бумаги. Накладывая на анализируемый образец бумаги шаблон, представляющий собой лист из прозрачного материала с фигурами различных площадей и конфигураций, определяют площадь каждой соринки. Для данного метода характерны высокая трудоемкость, большая продолжительность и заметная погрешность [2].

Автоматизированная система контроля качества представляет собой программно-аппаратный комплекс, позволяющий реализовать процедуру распознавания соринки с высокой скоростью обработки поступающей информации с бумагоделательной машины (БДМ), т.е. в оперативном режиме. Для этого предлагается использовать персональный компьютер и сканер высокой точности, размещенный непосредственно вблизи тамбура БДМ [3], где он сможет сканировать локальные места полотна бумаги с определенными интервалами времени, ввиду отсутствия необходимости непрерывного сканирования всего рулона газетной бумаги. При этом важными аспектами являются разработка методов распознавания признаков, характеризующих качество продукции, и их программная реализация. Опустим формализацию аппаратной части, связанной в большей степени с решением технической задачи выбора комплекса технических средств, и рассмотрим программную реализацию распознавания образов (на примере показателя сорности газетной бумаги).

**Алгоритмическое и программное обеспечение контроля качества.** В ходе анализа существующих программных сред для реализации процедуры распознавания образов была выбрана среда разработки LabVIEW [4], использующая графический язык программирования. Для автоматизации распознавания сорности продукции ЦБП использована библиотека MAQ Vision программы LabVIEW.

Ниже на рис. 1 приведен разработанный в среде LabVIEW интерфейс программы, реализующей распознавание сорности бумаги.

Как было отмечено ранее, в предлагаемой автоматизированной системе сканируется проба (образец) бумаги, отобранная с тамбура БДМ. При этом отбор проб проводится согласно [5]. Далее изображение образца бумаги, полученное со сканера, загружается в программу и анализируется: определяется общее количество соринки и количество соринки определенной площади.

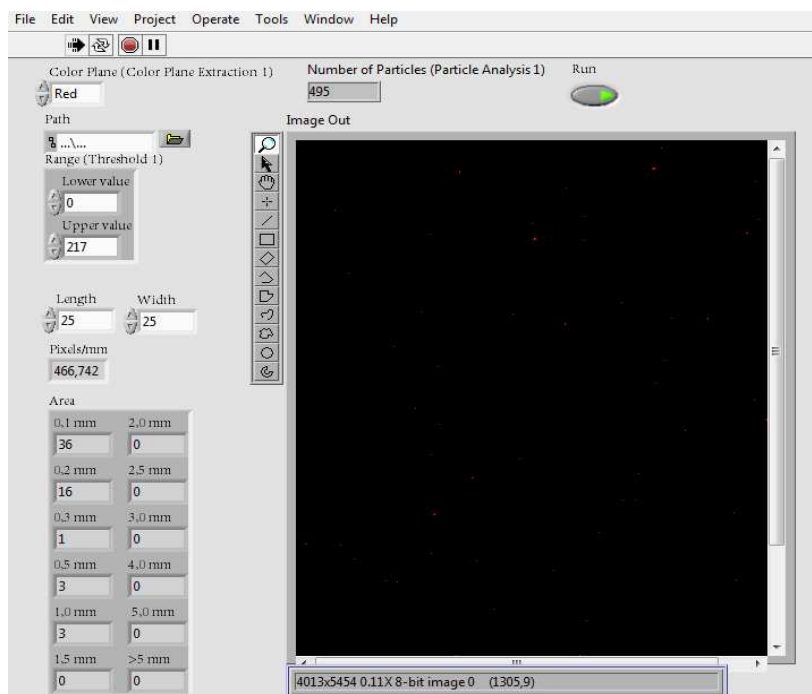


Рис. 1. Интерфейс программы распознавания сорности бумаги

На рис. 2 приведено графическое представление программы распознавания сорности, написанной в среде разработки LabVIEW.

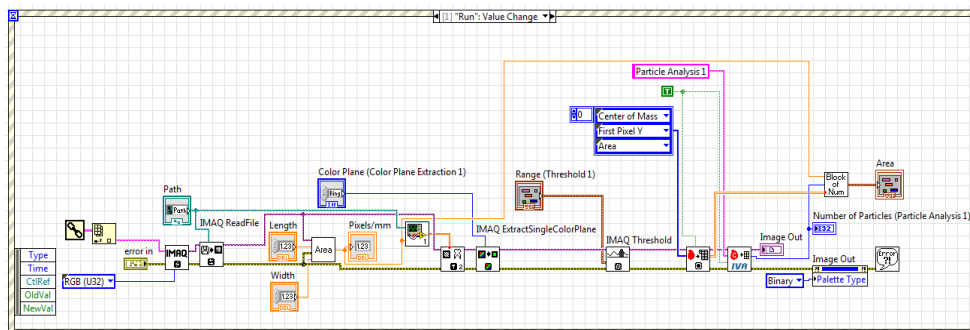


Рис. 2. Графическое представление программы

Таким образом, полученный файл с изображением образца газетной бумаги в формате «*jpeg*» загружается в программу, которая состоит из нескольких элементарных основополагающих блоков. В данном алгоритме система работает с файлами картинок, а не напрямую со сканером, что представляет собой некоторое ограничение, в перспек-

тиве требующее устранения для расширения функциональных возможностей предлагаемого программно-аппаратного решения [6–8].

Основные этапы распознавания сорности газетной бумаги представлены в виде обобщенного алгоритма (рис. 3).

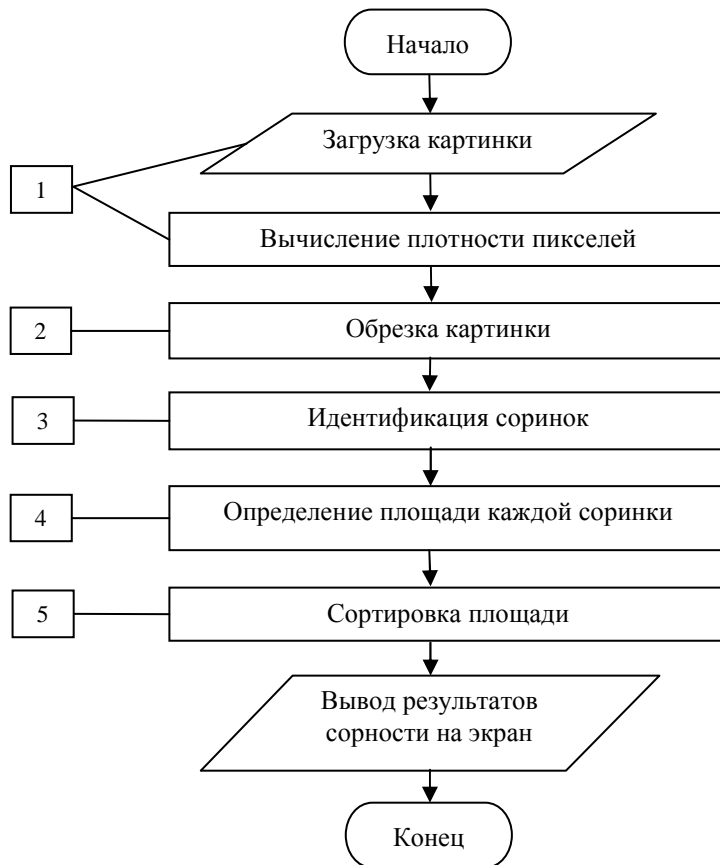


Рис. 3. Обобщенный алгоритм процедуры определения сорности газетной бумаги

Далее более подробно опишем содержание каждого из этапов представленного выше алгоритма.

На первом этапе указывается адрес картинки, программа загружает и выводит ее на экран монитора персонального компьютера. Далее задаются вручную линейные размеры изображения в сантиметрах, и программа автоматически высчитывает плотность пикселей (рис. 4). В перспективе загрузка изображения и задание линейных размеров будут выполняться автоматически.

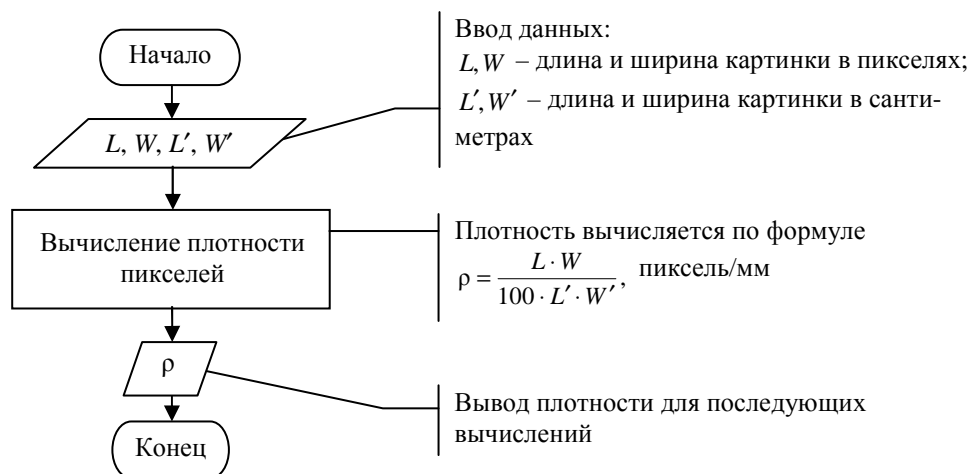


Рис. 4. Алгоритм вычисления плотности пикселей

На втором этапе программа выделяет непосредственно область загруженного изображения образца газетной бумаги и обрезает оставшуюся часть, которая потенциально может содержать неровности краев бумаги и другие дефекты, вносящие шумы в процесс распознавания соринки (рис. 5).

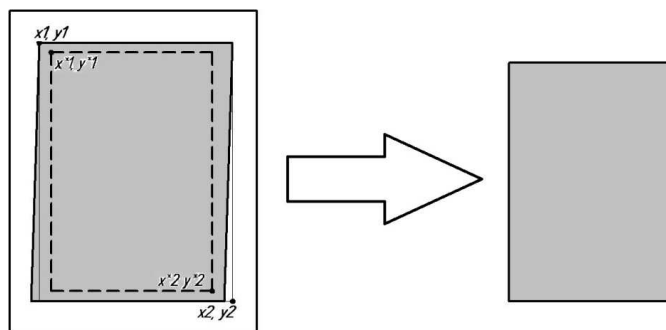


Рис. 5. Выделение области образца бумаги для ее анализа

Также поскольку существует вероятность того, что при ручном сканировании образец бумаги был размещен неровно, необходимо осуществлять обрезку изображения номинально на величину 0,5 мм от его краев. Алгоритм, реализующий данную процедуру, представлен на (рис. 6).

Для более четкой контрастности между бумагой и соринкой на третьем этапе идентифицируются соринки путем наложения нескольких цветокорректирующих фильтров.

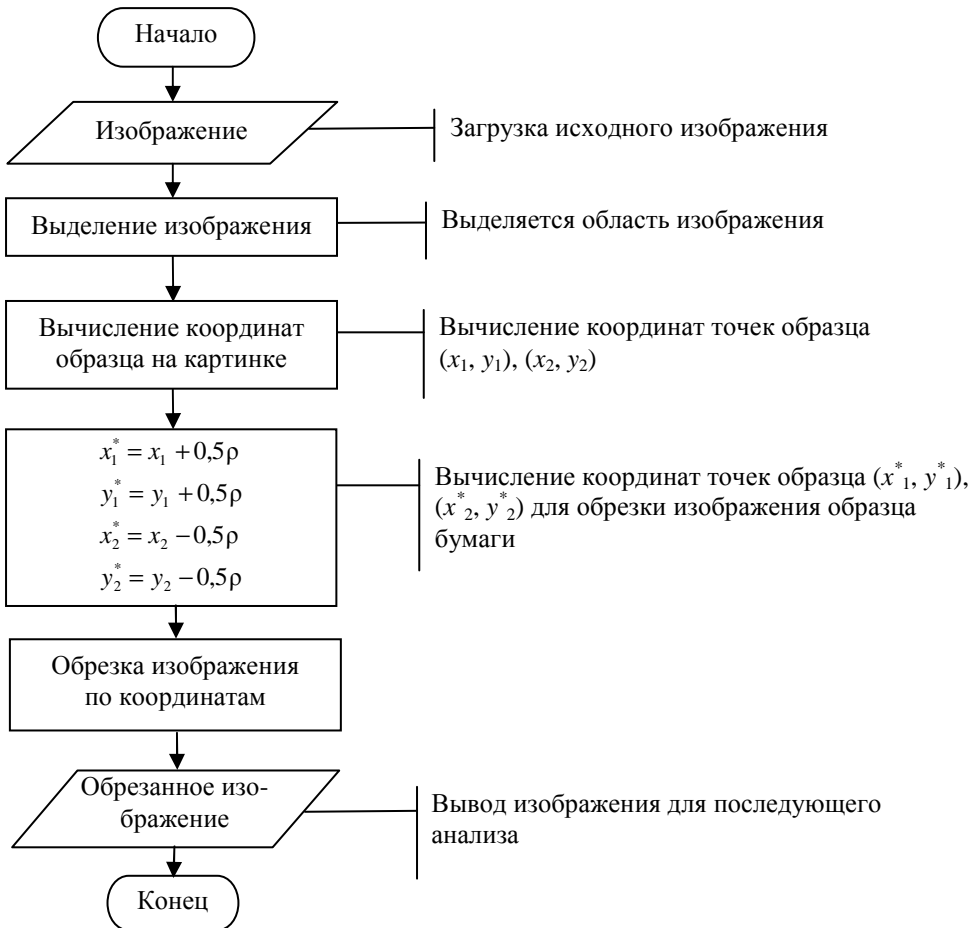


Рис. 6. Алгоритм обрезки картинки

На четвертом и конечном этапе каждой соринке присваивается свой порядковый номер и определяется ее площадь. Для идентификации соринок используется инструмент IMAQ Particle Analysis [9]. Далее происходят сортировка соринок по площади [2] и вывод полученных результатов программного анализа на экран (см. рис. 1).

Ниже представлен алгоритм сортировки соринок по изменяемому параметру площади (рис. 7). Например, если нужно найти количество соринок площадью 0,3 мм, то согласно [2] параметр  $Low = 0,2$ , а  $Hi = 0,3$ .

Согласно решаемой задаче распознавания образов был осуществлен патентный поиск, в результате которого обнаружен патент советских времен [10]. В нем приводится устройство для определения

сорности белых и слабоокрашенных листов материалов. Отметим, что данное решение не прижилось на целлюлозно-бумажных предприятиях из-за своей сложности и неэффективности [2].

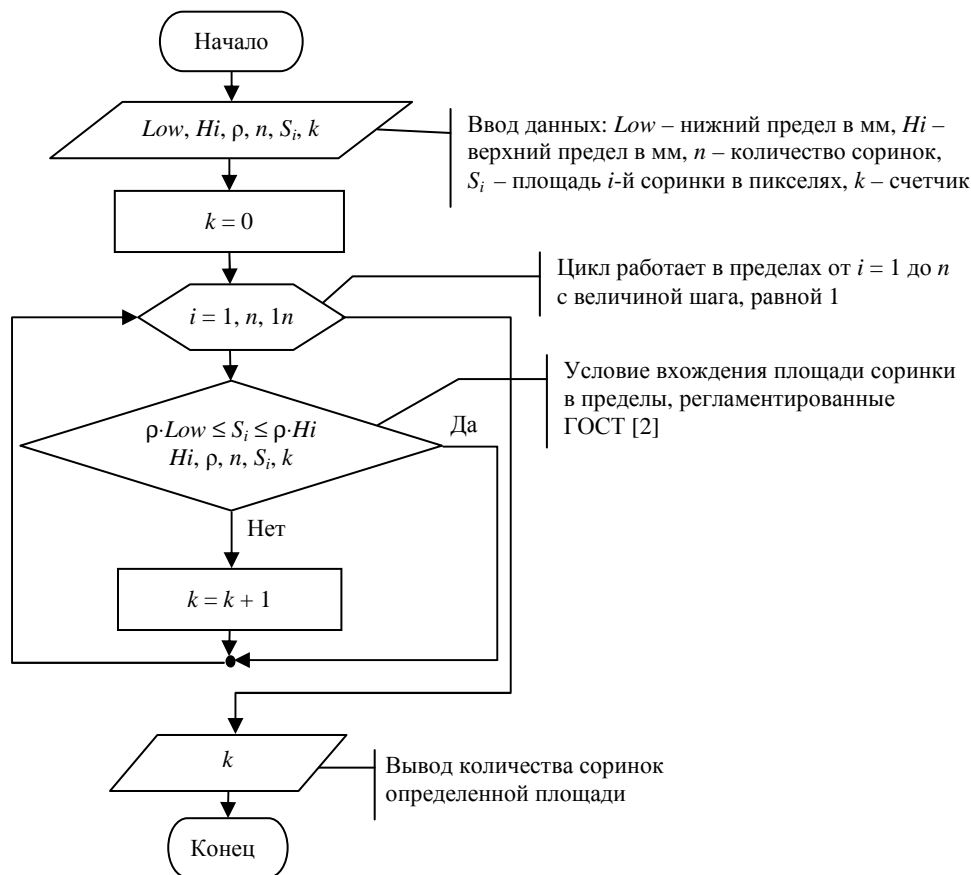


Рис. 7. Алгоритм сортировки соринки по изменяемому параметру площади

Поскольку свойства бумаги непосредственно влияют на качество печати, процесс определения ее сорности является важным элементом контроля качества продукции ЦБП. Шероховатость (гладкость) – также весьма важный фактор, от которого зависят печатные свойства бумаги. Чем больше сорность бумаги, тем больше шероховатость. В основном эффективная гладкость бумаги обуславливается ее микрорельефом, так как микронеровности подавляются в процессе печатания. Это, разумеется, не относится к грубым механическим включениям, которые не сглаживаются при печатании даже в случае очень сильного



давления печати. Поэтому повышенная сорность бумаги не допускается. Если величина сорности выходит за пределы норм, предусмотренных техническими требованиями для соответствующего вида бумаги, то употребление ее по целевому назначению становится невозможным, т.е. продукцию бракуют, а ее отрицательные свойства именуют дефектами.

**Заключение.** На основе разработанного алгоритмического и программного обеспечения контроля сорности продукции ЦБП был проведен эксперимент с несколькими образцами бумаги. Первый образец бумаги формата А4 (без видимых изгибов, неровных краев, повреждений и других возмущающих факторов) был просканирован и обработан программой, разработанной в среде LabVIEW (см. рис. 1, 2). В результате при значении порога чувствительности фильтра, лежащего в интервале 215–225, программа определяла такой же показатель сорности бумаги, что и персонал производственной лаборатории. Вторым образцом бумаги формата А4 с видимыми изгибами (шумами) прошел аналогичные стадии анализа, в результате которого было выявлено, что при аналогичной настройке порога чувствительности фильтра программа подсчитывает большее количество соринок, чем лаборант.

Таким образом, полученные в ходе эксперимента эмпирические данные позволили установить, что при высоком качестве бумаги распознавание сорности происходит быстрее и точнее, чем при низком качестве образца (с изгибами, неровностью краев и другими возмущающими факторами), а также выявить перспективные направления для совершенствования процедуры распознавания образов и программного обеспечения в целом. Данные направления заключаются в необходимости распознавания сорности не только по количественному признаку, но и по форме и цветности наблюдаемых в бумаге нежелательных включений. Кроме того, планируется автоматизировать функцию настройки параметров фильтра в зависимости от конкретного образца бумаги, что позволит повысить точность предлагаемого метода, реализованного в среде визуального программирования LabVIEW.

Отметим, что в перспективе автоматизированная система контроля качества продукции ЦБП должна решать не только проблему определения сорности, но и выявления других показателей качества, например, белизну, непрозрачность и другие.

### **Библиографический список**

1. Фляте Д.М. Свойства бумаги.– М.: Лесная промышленность, 1986. – 680 с.
2. Оборудование целлюлозно-бумажного производства: в 2 т. Т. 2: Бумагоделательные машины / В.А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А. Екимова [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 241 с.
3. Магда Ю.С. LabVIEW: практический курс для инженеров и разработчиков. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 208 с.
4. Буйлов Г.П., Доронин В.А., Серебряков Н.П. Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажных производств: учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1995. – 320 с.
5. Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во Южного федерал. ун-та, 2007. – 84 с.
6. Вьюков И.Е. Автоматизация технологических процессов целлюлозно-бумажной промышленности: учебное пособие для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 384 с.
7. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов, В.А. Князь, А.Н. Ходарев, А.В. Моржин. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.

### **References**

1. Fliate D.M. Svoistva bumagi [Properties of paper]. Moscow: Lesnaia promyshlennost', 1986. 680 p.
2. Chichaev V.A., Glezin M.L., Ekimova V.A. [et al.] [Equipment of pulp-and-paper production: Papermaking machines]. Moscow: Lesnaia promyshlennost', 1981. 241 p.
3. Magda Iu.S. LabVIEW: prakticheskii kurs dlia inzhenerov i razrabotchikov [LabVIEW: a practical course for engineers and developers]. Moscow: DMK Press, 2012. 208 p.
4. Builov G.P., Doronin V.A., Serebriakov N.P. Avtomatika i avtomatizatsiia proizvodstvennykh protsessov tselliulozno-bumazhnykh proizvodstv: uchebnoe posobie dlia vuzov [Automatic equipment and automation of productions of pulp-and-paper productions: manual for higher education institutions]. Moscow: Ekologiya, 1995. 320 p.
5. P'iyavchenko T.A. Proektirovanie avtomatizirovannykh sistem upravleniia tekhnologicheskimi protsessami v SCADA-sisteme: uchebnoe posobie [Design of automated control systems for technological process in

SCADA system: manual]. Taganrog: Iuzhnoyi federal'noyi universitet, 2007. 84 p.

6. V'iukov I.E. Avtomatizatsiia tekhnologicheskikh protsessov tselliulozno-bumazhnoi promyshlennosti: uchebnoe posobie dlia vuzov [Automation of technological processes of pulp and paper industry: manual for higher education institutions]. Moscow: Lesnaia promyshlennost', 1983. 384 p.

7. Vizil'ter Yu.V., Zheltov S.Iu., Kniaz' V.A., Khodarev A.N., Morzhin A.V. Obrabotka i analiz tsifrovykh izobrazhenii s primerami na LabVIEW IMAQ Vision [Processing and the analysis of digital images with examples on LabVIEW IMAQ Vision] – Moscow: DMK Press, 2007. 464 p.

### **Сведения об авторах**

**Хорошев Николай Иванович** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: horoshevni@mail.ru).

**Мубаракзянов Наиль Рамилевич** (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: nail-93@mail.ru).

### **About the authors**

**Khoroshev Nikolai Ivanovich** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. Associate Prof. of the Department of Microprocessors Automation Means Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr., e-mail: horoshevni@mail.ru).

**Mubarakzyanov Nail Ramilevich** – student Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr., e-mail: nail-93@mail.ru).

Получено 12.12.2014