

УДК 528.8

ВИЗУАЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ДЫМОВЫХ ТРУБ С ПОМОЩЬЮ КВАДРОКОПТЕРОВ

П.М. Гламаздин, А.Д. Черненко

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина

e-mail: sib.kiev@gmail.com, inman.ant@gmail.com

Традиционно визуальное обследование дымовых труб производится альпинистами, специализирующимися на обследованиях и мелких ремонтах промышленных объектов. Однако эта практика имеет ряд недостатков, таких как высокая стоимость работ, большая длительность процесса, недостаточная конкретизация координат местонахождения повреждений и недостаточная точность определения геометрических характеристик повреждений. Предложен метод визуального обследования дымовых труб при помощи квадрокоптеров, позволяющий удешевить и ускорить процесс, а также впервые предложено применить разработанный метод «determination of color density» для обработки результатов фотосъемки поверхности стены трубы, производимой с помощью квадрокоптера.

Ключевые слова: дымовые трубы, визуальное обследование, квадрокоптер, методы «graiscaile color model» и «determination of color density».

VISUAL INSPECTION OF CHIMNEY PIPES USING QUADRO-COPTERS

P. Glamazdin, A. Chernenko

Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine

e-mail: sib.kiev@gmail.com, inman.ant@gmail.com

Traditionally, visual inspection of chimneys is carried out by alpinists who specialize in surveys and minor repairs of industrial facilities. However, this practice has a number of disadvantages, such as the high cost of work, the long duration of the process, insufficient specification of the coordinates of the location of damage, and insufficient accuracy in determining the geometric characteristics of damage. A method of visual inspection of chimneys using quadrocopters is proposed, which makes it possible to reduce the cost and speed up the process, and for the first time it is proposed to apply the "graiscaile color model" method for processing the results of photographing the surface of the chimney wall produced by a quadrocopter.

Keywords: chimneys, visual inspection, quadrocopter, graiscaile color model method.

Введение. В котельных установках большой мощности, а также ТЭЦ и ТЭС, используются железобетонные дымовые трубы высотой до 200 метров для удаления продуктов сгорания топлива из котлов и их рассеивания в атмосферном воздухе. Для долговременной безопасной эксплуатации железобетонных дымовых труб большой высоты необходимо периодически производить их тщательное обследование, которое производится обычно в два этапа. На первом этапе производится визуальное обследование трубы, которое должно выявить имеющиеся повреждения конструкции трубы, их размеры и особенности. Определив на этом этапе места повреждений, их особенности и геометрические характеристики, можно принимать решение о необходимости использования приборных методов для определения прочностных характеристик бетона в области найденных повреждений в случае появления подозрений, что именно потеря прочностных характеристик бетона привела к появлению выявленных повреждений конструкции трубы.

Основная часть. Устоявшаяся практика предполагала использование альпинистов, специализирующихся на обследовании и мелком ремонте высотных промышленных объектов. Этот метод имеет ряд недостатков, которые заставляют искать ему альтернативы. К недостаткам этого метода необходимо отнести высокую стоимость обследования и достаточно большую длительность процесса. Кроме того, для этого метода характерна довольно низкая точность определения координат выявленных повреждений. И, наконец, сложность определения точности геометрических размеров повреждений, особенно глубины повреждений.

В качестве альтернативы этому традиционному методу обследования строительных объектов сегодня уже предлагаются новые современных методы. Например, наземное лазерное сканирование [1]. Этот метод исключает необходимость использования персонала для выполнения опасных работ на большой высоте. Он позволяет получить довольно точные координаты наружных повреждений строительных конструкций и построить 3Д модель объекта обследования, в том числе дымовой трубы. Однако и этот метод имеет недостатки, заключающиеся, во-первых, в его высокой стоимости, поскольку его реализация требует специалистов по использованию лазерных сканеров и компьютерного 3Д моделирования. Бригада для обследования обычно состоит из четырех специалистов. Во-вторых, этим методом практически невозможно получить все интересующие геометрические характеристики повреждений конструкции трубы, особенно глубины несквозных выбоин. Есть наработки по использованию тепловизоров для обследования строительных конструкций с целью выявления в них повреждений [2]. Для обследования дымовых труб этот метод особенно привлекателен, поскольку дает возможность по тепловому пятну на наружной стенке трубы определить наличие повреждений на внутренней стенке трубы. Однако этот метод требует перемещения тепловизора вдоль используемой поверхности и, кроме того, с его помощью также сложно определить глубину не сквозного повреждения. Таким образом выявляются два требования к методу обследования железобетонных дымовых труб большой высоты:

- возможность перемещаться вдоль поверхности трубы для фиксации координат повреждений;
- возможности точно определять геометрические характеристики повреждений, особенно их глубину.

Сегодняшний уровень развития техники дает возможность решить обе проблемы техническими средствами. Для перемещения приборов вдоль поверхностей трубы можно использовать квадрокоптеры. При этом можно варьировать скорость перемещения квадрокоптера и направления его движения, а также приближать его к обследуемой поверхности при необходимости. Для решения второй проблемы предлагается использовать кино и фотокамеры, а результаты фотофиксации обрабатывать специально разработанным методом «determination of color density», базирующийся на методе «graiscaile color model». Вообще метод «graiscaile color model» используется в полиграфии и в телевидении для улучшения качества изображения картинки, например, повышения яркости или четкости изображения [3].

Мы предлагаем использовать этот метод, доработанный до уровня «determination of color density», для повышения точности фиксации геометрических характеристик повреждений, особенно определения глубины повреждений. Практическая реализация этого метода предполагает наличие камеры высокого разрешения со шкалой плотности модели оттенков серого цвета (рисунок 1).

Плотность черного цвета показывает глубину повреждения (рисунок 2).

При использовании этого метода последовательность операции должна быть следующей:

1. Производится калибровка плотности шкалы оттенков серого к метрической линейке в зависимости от предполагаемой глубины дефектов и требуемой точности измерения. Пример калибровочной шкалы показан на рисунок 3.

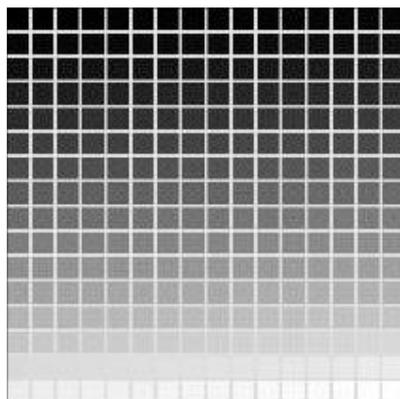


Рисунок 1. – Модель градаций серого цвета

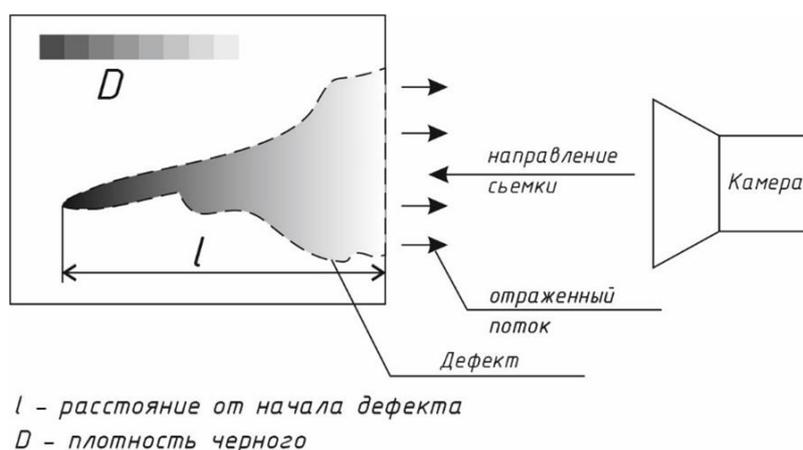


Рисунок 2. – Определение глубины повреждения по плотности черного цвета

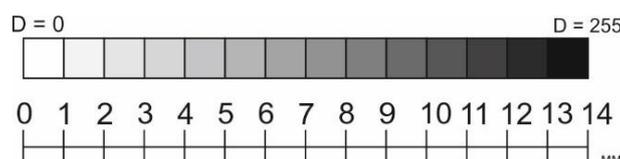


Рисунок 3. – Калибровочная шкала/линейка с шагом плотности цвета $D=20$

2. Производится калибровка расстояния камеры квадрокоптера от объекта для получения габаритных размеров дефекта.
3. Калибруется камера в зависимости от яркости солнечного цвета на момент съемки (white point).
4. Производится съемка с определенной скоростью с так называемым «нахлестом» с четырех направлений СЮЗВ (рисунок 4.).
5. После выполнения съемки производится «сшивка» кадров трубы для получения полной картины поверхности трубы со всеми повреждениями. На рисунке 5 приведен пример такой «сшивки» для трубы высотой 100 м.
6. Производится нумерация повреждений и привязка их к общей картинке трубы (рисунок 6).
7. Производится анализ каждого повреждения и делается вывод о необходимости определения прочности бетона возле выбранных повреждений.

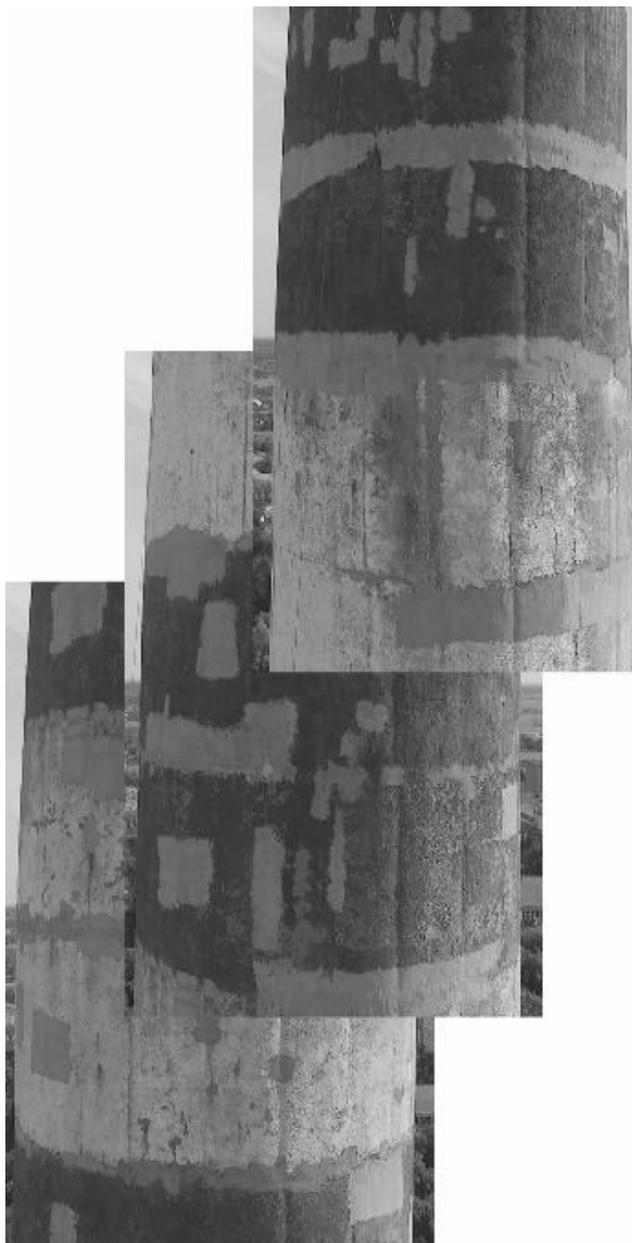


Рисунок 4. – Пример покадровой съемки тела объекта с нахлестами

Заключение. Опыт авторов в проведении обследования железобетонной дымовой трубы высотой 100 метров показал, во-первых, принципиальную возможность использования квадрокоптера для проведения визуального обследования трубы и фотофиксации результатов обследования и, во-вторых, показал возможность получения точных геометрических характеристик повреждений, в том числе их глубины, с помощью метода «determination of color density», что в настоящее время практически невозможно получить другими методами. Общая картинка поверхности трубы, высотой 100 метров, полученная при помощи квадрокоптера, представлена на рисунке 5. На рисунке 6 представлена методика выделения и нумерации каждого выявленного повреждения для дальнейшего анализа. Рисунок 7 иллюстрирует использование метода «determination of color density» при анализе конкретного повреждения, в частности, определения глубины повреждения.

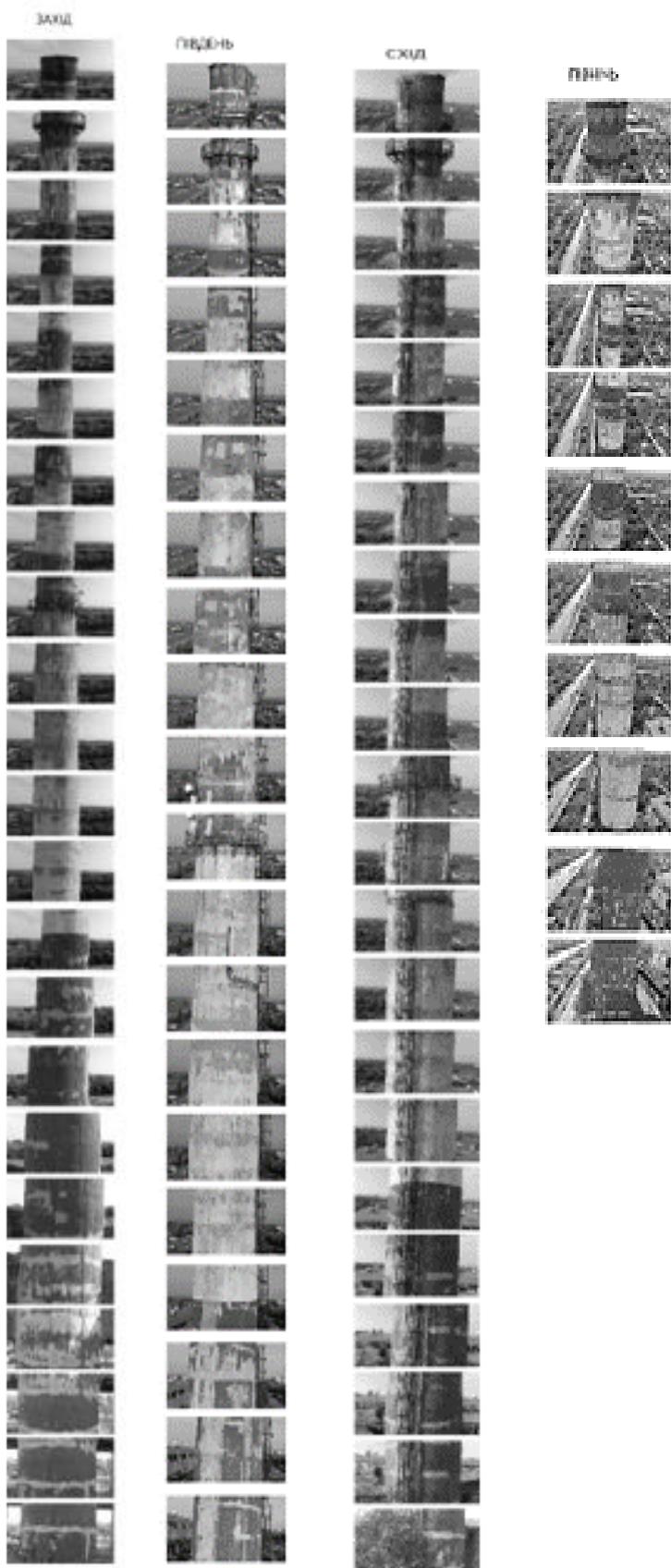


Рисунок 5. – Пример создания карты дефектов объекта

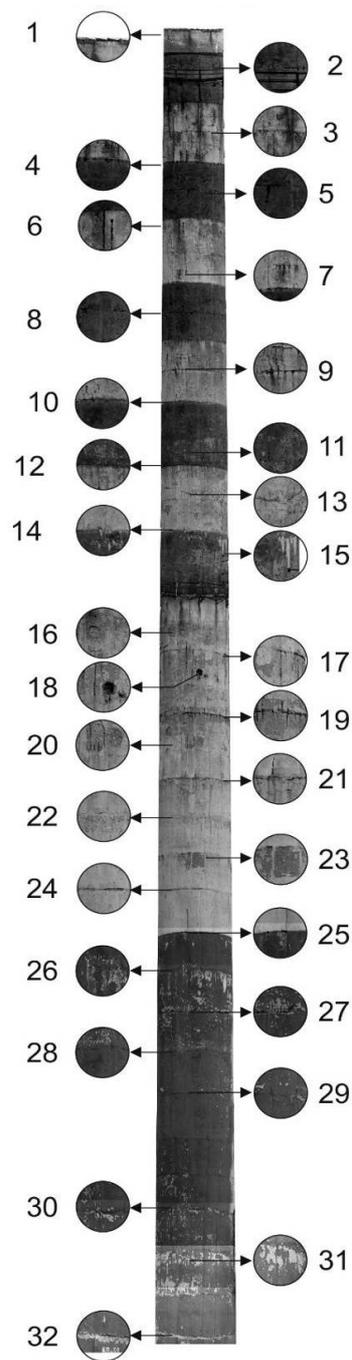


Рисунок 6. – Пример обработки результатов фотофиксации для исследования

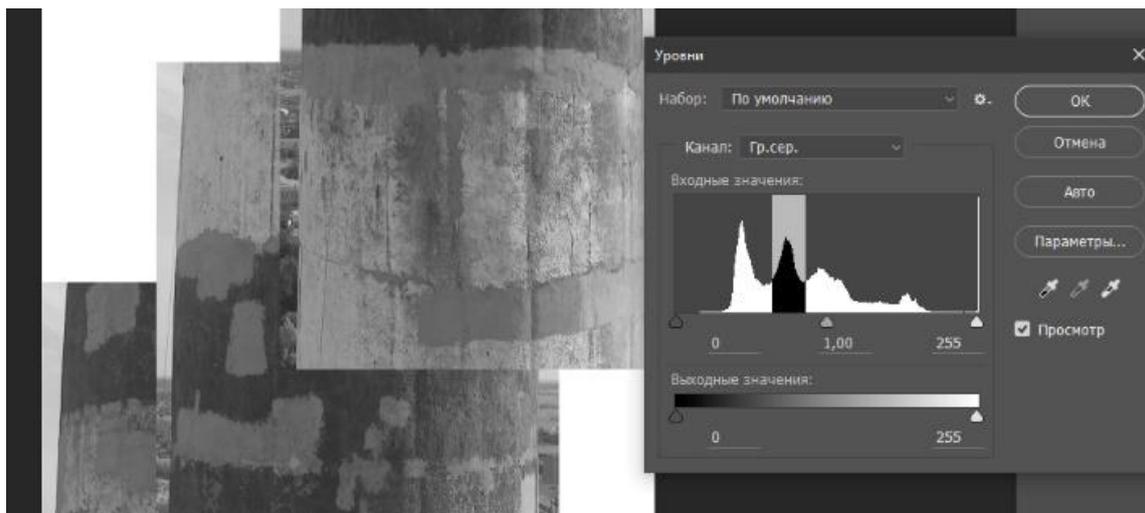


Рисунок 7. – Определение плотности черного с помощью гистограммы в модели «grayscale»

Использование квадрокоптера ограничивается при высоких скоростях ветра, а метод «determination of color density» не работает при снегопадах из-за сложностей с учетом баланса белого цвета при калибровке камеры.

Отмеченные недостатки никак не умаляют достоинства предложенного и опробованного метод визуального обследования дымовых труб, как, впрочем, и других строительных объектов больших размеров. Более того использование квадрокоптера позволяет расширить возможности обследования в область инфракрасного излучения путем использования тепловизора, что дает возможность выявить повреждения на внутренней стене дымовой трубы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бунева И.А., Безверхова Ю.А., Шевченков Г.Г, Гура Д.А. Об использовании наземного лазерного сканирования для получения фасадных чертежей исследуемых зданий и строений. Научные трубы КубГТУ, №11, 2016, с. 89-95.
2. Моргунов К.П., Кардаков А.А. Оценка технического состояния камеры шлюза по тепловому состоянию его элементов. Журнал университета водных коммуникаций. Выпуск 1, с.22-28.
3. Christopher Kanan, Garrison W.Cottrell, Color – to - Grayscale: Does the Method Matter in image Recognition /Plos ONE/ www.plosone.org., January 2012/issue1/e29740, с.1-7.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

Редакционная коллегия:

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, А. М. Хаткевич

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ

[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр. 2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-779-2.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018 г.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379**ISBN 978-985-531-779-2**

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич.*

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С.Е. Рясовой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 09.11.2021.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>