

Мониторинг качества работы наружного освещения с использованием технологий Интернета вещей

А. А. Бачурин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет
a.bachurin@pstu.ru

Н. Джамоус

Университет имени Отто-фон-Герике Магдебург
naoum.jamous@ovgu.de

С. А. Игольницин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Группа компаний ПЦБК
stepan.igolnicyn@pcbk.ru

Ю. Н. Леготкин

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, ООО «Пермская
Электроремонтная компания»
lego-yura@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются различные аспекты инструментального контроля качества работы наружного освещения городов на примере центрального планировочного района г. Пермь, такие как: выбор контролируемого параметра и способов его измерения, методика обработки результатов измерений, применимость результатов измерений для решения различных прикладных задач.

Ключевые слова: наружное освещение; качество; освещенность; люксметр; методика контроля; Интернет вещей

I. ВВЕДЕНИЕ

Темное время суток в средней полосе Российской Федерации в среднем составляет около 40% времени суток, причем примерно половина этого времени приходится на вечернее и утреннее время, т.е. время повышенной деловой активности населения.

В настоящее время вопросам контроля качества работы наружного освещения в большинстве городов Российской Федерации уделяется недостаточное внимание. И это не смотря на то, что качество наружного освещения определяет такие важные параметры городской среды в темное время суток, как: безопасность, энергоэффективность, эргономичность и презентабельность.

Для контроля качества наружного освещения в большинстве эксплуатирующих организаций в настоящий момент используются устаревшие методики и приборы.

Настоящая работа ставит своей целью разработку прототипа автоматизированной системы контроля качества работы наружного освещения и оценку возможности замены ручных замеров автоматизированными.

II. РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ

A. Выбор контролируемых параметров

В качестве параметров для измерения и последующего контроля могут быть использованы освещенность и яркость [7].

Оба параметра характеризуют качество работы системы освещения и имеют сопоставимые значения в нормативных документах, для измерения обоих существуют приборы, как для ручного, так и для автоматизированного измерения, но есть и ряд отличий при их использовании с практической точки зрения.

Недостатками измерения яркости являются:

- не распространенность процедуры контроля яркости в большинстве городов РФ;
- высокая стоимость приборов для автоматизированного измерения;
- высокая трудоемкость обработки результатов измерений.

Основным недостатком измерения освещенности является то, что измерение и контроль яркости, а не освещенности, используется в европейских нормах в качестве основного нормируемого параметра.

По совокупности достоинств (недорогие измерительные приборы, простая обработка результатов измерений, наличие норм, точная характеристика состояния светотехнической части осветительной установки, меньшее влияние на точность измерения окружающих транспортных средств) в качестве контролируемого параметра была выбрана освещенность.

Измерение освещенности возможно производить как вручную, так и автоматизировано. Ручные замеры широко

распространены в настоящий момент, однако производятся редко, так как, чтобы измерить освещенность на одном участке в среднем тратится около 3 часов времени глубокой ночью (минимум мешающих работе транспортных средств) и требуют изменения режима работы освещения с ночного на вечерний. Контроль качества освещения территории города с периодичностью хотя бы 1 раз в 12 месяцев ручными приборами не возможен по причине очень большой трудоемкости данного способа.

B. Разработка измерительного прибора

Для автоматизированного контроля освещенности с использованием автомобиля был разработан мобильный датчик освещенности работающий в автоматическом режиме. Прибор, содержит датчик освещенности, GPS-приемник, устройство для хранения показаний датчиков, микропроцессор и модем для передачи показаний на сервер (рис. 1).

Характеристики прибора приведены в табл. 3.

Прибор помещается на крышу или на прицеп к автомобилю, который движется по улицам таким образом, чтобы проехать по всем полосам движения.

Для увеличения точности замеров предусмотрена установка нескольких приборов в разных точках на транспортном средстве [2].

Для осуществления достоверных замеров была произведена калибровка созданных приборов с использованием поверенного люксметра LXP-1 в качестве эталона.

C. Выбор городского участка с наружным освещением

Основные критерии выбора пилотного участка города для апробации приборов: высокая транспортная нагрузка, большое количество ДТП, наличие на участке разнотипных систем наружного освещения в различном состоянии и относительная компактность участка. Под указанные требования хорошо подошел центральный планировочный район г. Пермь (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1 Характеристики пилотного участка

Параметр	Значение
Площадь, кв.км.	5,2
Протяженность улиц, км.	49
Категории улиц, по [7]	Б1,Б2,В1,В2

ТАБЛИЦА 2 Подучастки и цели их исследований

Подучасток	Исследование
ул. Екатерининская 170 – 190	Анализ качества ремонта осветительных установок
ул. Окулова 14 – 75 к3	Сбор данных по участку со старым оборудованием
ул. Ленина 74 – 100	Анализ влияния освещения на ДТП с ТС
ул. Уинская 5 – 13	Анализ предлагаемой методики обработки результатов измерений
ул. Маршала Рыбалко 11 – 111	Анализ влияния освещения на ДТП с пешеходами

ТАБЛИЦА 3 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБОРА

Фиксируемый прибором параметр	Точность измерения или допустимый диапазон
Время	10 мс
Освещенность	0.5 лк
Широта, долгота в системе WGS84	2м
Частота фиксации параметров	8 Гц
Допустимый диапазон скоростей движения несущего транспортного средства	5-60 км/ч
Канал передачи данных на сервер	3G
Протокол передачи данных	MQTT

Также были выбраны несколько меньших участков для более детального исследования по отдельным критериям (табл. 2).

D. Разработка методики расчета средней освещенности участка

Измерения освещенности по [8] выполняются вручную в узлах сетки наносимой на контролируемый участок улицы с равномерным шагом (рис. 2). Далее выполняется расчет средней освещенности по формуле (1) [9].

$$E_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M} \quad (1)$$

При использовании автоматических замеров с транспортного средства в общем случае невозможно обеспечить равномерность распределения замеров по площади контролируемого участка улицы (рис. 3, 4). В данном случае расчет средней величины освещенности на участке по методике [9] и по (1) даст нам неверный результат.

Была разработана новая итеративная методика расчета. На первом шаге анализируемый участок дороги разбивается на большое число одинаковых по размерам прямоугольников. Рекомендуемые размеры прямоугольника – не менее 1х1 м., и не более 3х3 м. (чем меньше размер первоначального прямоугольника – тем выше точность).



Рис. 1. Принцип действия мобильного датчика освещенности [2]

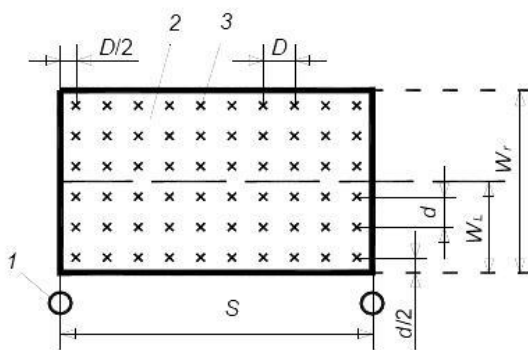


Рис. 2. Сетка для измерения освещенности на участке дороги [8]

Для каждого прямоугольника выполняется расчет средней освещенности по формуле (1) среди всех точек, попавших в данный прямоугольник.

На следующем шаге производится разбивка участка на более крупные прямоугольники, так, чтобы в каждый из них попало не менее четырех прямоугольников с предыдущего шага. Для каждого укрупненного прямоугольника производится расчет средней освещенности по формуле (1).

Далее снова производится разбивка участка на более крупные прямоугольники с соответствующим вычислением, и так повторяется пока не получится один прямоугольник, который включает в себя весь исследуемый участок дороги.

Цифра получаемая из автоматически собранных данных по разработанной методике соответствует цифре рассчитанной по методике [9] по результатам ручных замеров на этом же участке по методике [8].

Е. Разработка программного обеспечения для обработки и визуализации данных

Для автоматизированного сбора, обработки данных и их наглядного визуального представления была разработана прикладная программа на языке C++.

Программа функционирует в режиме 24/7 на сервере, подключенном к сети Интернет, принимает данные с приборов по протоколу MQTT и сохраняет их в базу данных, реализованную в СУБД ORACLE.

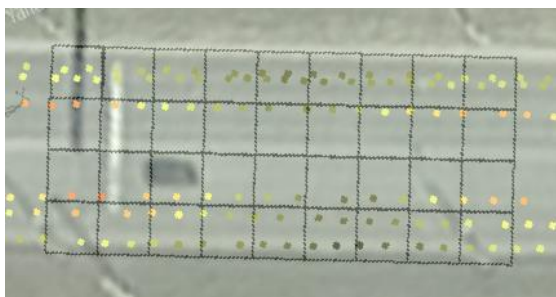


Рис. 3. Фактические замеры на местности (ул.Уинская 5 – 13) в графическом виде

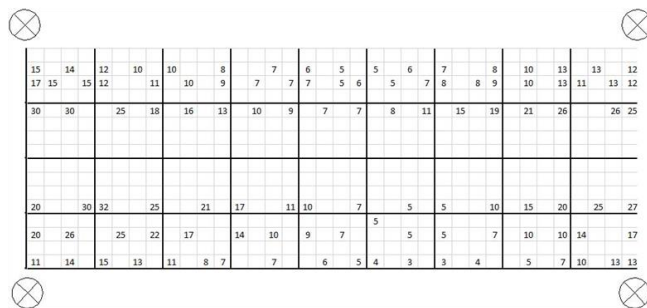


Рис. 4. Фактические замеры на местности (ул.Уинская 5–13) в цифровом виде с нанесенной разбивкой на прямоугольники

Для анализа данных используются SQL запросы и визуальное представление данных в 2D или 3D виде.

Ф. Организация сбора данных

В темное время суток два легковых автомобиля с приборами объезжали улицы исследуемого участка со скоростью 10–40 км/ч, таким образом, чтобы измерить освещенность на каждой полосе движения. Измеряемые данные с приборов через 3G подключение передавались на сервер, где сохранялись в базе данных. В результате за 70 суток было собрано около 0.5 млн измерений освещенности.

Кроме освещенности, для каждого исследуемого участка были собраны дополнительные необходимые показатели: по количеству и видам ДТП [5], нормативам освещенности [7]. Эти данные также были загружены в базу данных.

III. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

По результатам анализа собранных системой данных, на рассматриваемом участке был выявлен весь спектр проблем с системами освещения:

- недостаточная средняя освещенность;
- высокая неравномерность освещенности;
- завышенная средняя освещенность;
- недостаточная освещенность на пешеходных переходах;
- недостаточная освещенность на перекрестках.

Основная причина выявленных отклонений от норм – проектирование по заниженным (завышенным) или не актуальным нормативам. На неисправное оборудование (лампы, ПРА) приходится незначительное число выявленных проблем.

Известно, что увеличение уровня освещенности в 2–5 раз от первоначального уровня, приводит к сокращению количества ДТП в темное время суток примерно на 10%. Когда уровень освещенности увеличился более, чем в 5 раз от первоначального уровня, количество ДТП со смертельным исходом и травматизмом снизилось на 30% [3, 4].



Рис. 5. Участок улицы с недостаточным уровнем освещенности и высокой неравномерностью освещенности

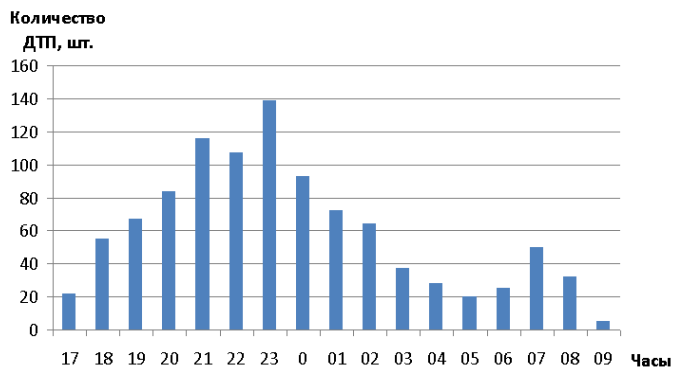


Рис. 6. Распределение ДТП произошедших в темное время суток в г. Пермь в период 2015–2016 гг. по времени суток

В рамках исследования был произведен анализ зависимости количества ДТП от зафиксированной величины освещенности.

За период 2015–2016 гг. официально было зарегистрировано около 4000 ДТП (30% из них в ночное время), из них на рассматриваемом участке произошло около 500 ДТП (12% от общего числа), из которых в темное время суток 250 ДТП (50% от числа ДТП на данном участке). На рассматриваемом участке большая часть ДТП приходится на перекрестки, а с участием пешеходов – на перекрестки и пешеходные переходы [5].

Анализ выявленных проблем с освещением и статистики ДТП в ночное время на рассматриваемом участке, дает основания полагать о зависимости данных фактов.

IV. Выводы

В результате исследования были определены практические задачи, решаемые с помощью инструментального мониторинга освещенности предложенным способом.

Возможна и экономически эффективна замена фактически отсутствующих ручных пеших замеров освещенности автоматизированными с транспортного

средства для экспресс оценки состояния осветительного оборудования.

Такие замеры позволяют быстро (15 минут против 3 часов) выявить проблемы не соответствия реальному освещению улиц действующим нормативам и в случае необходимости произвести трудозатратные ручные юридически значимые замеры уже в четко определенном месте.

Измерение освещенности предложенным способом позволяет контролировать освещенность во всех точках большого города чаще чем 2 раза в год с использованием всего одного автомобиля.

Предложенный инструментальный мониторинг позволяет выявлять ситуации:

- недостаточная средняя освещенность;
- завышенная средняя освещенность;
- недостаточная освещенность на пешеходных переходах и перекрестках;
- высокая неравномерность освещенности;
- факты несвоевременного включения освещения.

Разработанный прототип автоматизированной системы позволяет быстро и эффективно решать поставленные перед ним задачи [1] сбора, хранения, обработки, анализа и визуализации больших объемов сырых исходных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Задавайте правильные вопросы: Разработка требований для выполнения проектов с большими данными / М. Волк, Н. Джамоус, К. Туровски // Американская конференция по информационным системам, Бостон, август 2017, С. 1-10.
- [2] SFLUX-GPS. ILLUMINANCE MEASUREMENT SYSTEM FOR ROADS. Руководство пользователя, 2014.
- [3] Руно Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения / Пер. с норв. под редакцией проф. В.В. Сильянова. М.: МАДИ, 2001. 754 с.
- [4] Влияние освещенности и яркости проезжей части на безопасность дорожного движения в городах в темное время суток. Т.В. Коновалова, О.В. Афанасьев. Кубанский государственный технический университет. г. Краснодар.
- [5] Данные по ДТП на территории г. Пермь за 2015-2016гг. предоставленные ОТДЕЛ ГИБДД УПРАВЛЕНИЯ МВД РОССИИ ПО ГОРОДУ ПЕРМИ.
- [6] Постановление Администрации г. Пермь от 12.12.2014 N 973 О внесении изменений в график работы сетей наружного освещения территории города Перми, утвержденный Постановлением администрации города Перми от 07.05.2004 N 1290.
- [7] ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы.
- [8] ГОСТ Р 55707-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров.
- [9] ГОСТ Р 55708-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров.