

Об освещении исторических архитектурных объектов заливающим светом¹

В. ЖАГАНЬ, Р. КРУПИНСКИЙ

Варшавский технический университет, Варшава, Польша
E-mail: rafal.krupinski@ien.pw.edu.pl

Аннотация

Проектирование освещения исторических зданий заливающим светом представляет собой очень сложную задачу. Помимо чисто технических проблем реализации освещения заливающим светом (ОЗС), при этом следует учитывать и эстетическую составляющую, в то время как спрогнозировать конечный результат далеко не просто. Часто оказывается невозможным определить на основе размеров освещаемого объекта ни требуемое количество осветительных приборов, ни их работу в составе осветительной установки. Здесь на помощь приходит 3-мерная компьютерная графика. В статье описано ОЗС дворца Красинских в Варшаве, Польша. Описаны и проанализированы несколько вариантов освещения этого дворца и представлен вариант, выбранный после обсуждения для реализации. Все проекты ОЗС продемонстрированы посредством визуализации освещения с описанием планировавшихся и достигнутых результатов. Помимо зрительной оценки, осуществлялся тщательный контроль уровня яркости здания.

Ключевые слова: освещение, освещение заливающим светом, осветительная техника, компьютерная графика.

1. Описание здания

Дворец Красинских в Варшаве считается одним из величайших образцов архитектуры барокко в Польше. Он является лучшим в Варшаве примером дворца, построенного во французском стиле *entre cour et jardin*, с главным зданием, расположенном на оси, соединяющий парадный двор с находящимся за дворцом парком. Здание было построено по проекту Тильмана Гамерена в 1677–1695 гг. для воеводы Плоцка Яна Доброгоста Кра-

синского. В основу его конструкции положены три корпуса: центральный корпус и два флигеля. Центральная часть связана с флигелями двумя крытыми переходами с колоннами. Центральная выступающая часть на обоих (фронтальном и парковом) фасадах украшена фронтонами, увенчанными статуями. Дворец имеет следующие основные размеры: 76 м в ширину, 26 м в высоту (3 этажа, крыша и статуи на фронтоне) и 28 м в глубину. За дворцом расположен парк, который при проектировании освещения заливающим светом (ОЗС) следовало «оживить». Главный фасад выходит на площадь Красинских и смотрит на современное стеклянное здание Верховного суда Польши. Сегодня дворец Красинских является частью Отдела специальных коллекций (рукописи и старинные гравюры) Польской национальной библиотеки.

2. Описание проекта

В 2008 г. фасады дворца были отреставрированы, и имевшееся ОЗС было по техническим причинам частично отключено и в настоящее время не работает (рис. 1). Проект ОЗС был реализован в начале этого века, и поэтому в его основу были заложены светотехнические решения, основанные на экономически неэффективных источ-

никах света. В результате возникла потребность в создании нового проекта, в котором использовались бы современные светотехнические решения, такие как энергоэффективные осветительные приборы как с разрядными лампами, так и со светодиодами (СД). Новый проект должен был обеспечить освещение наружных фасадов дворца Красинских, то есть выделение этих фасадов с помощью света.

Концепция проектирования предусматривала разработку нескольких вариантов освещения здания заливающим светом, выбор, расположение и направленность света осветительных приборов и проведение светотехнических расчётов, включая визуализацию ОЗС. Для каждого из вариантов освещения были разработаны рекомендации и указания в части подключения, контроля и технического обслуживания осветительной установки.

Было решено, что в пространственном отношении ОЗС должно охватывать все четыре фасада дворца: передний и парковый фасады, а также южную и северную торцевые стены. При обсуждении проекта с владельцами здания было решено, что будут освещены и те части крыши переднего фасада, которые видны с площади Красинских.

В процессе проектирования освещения упор делался на анализ ряда факторов, связанных как с самим дворцом, так и с его окрестностями [1–8]. Как основные направления и точки наблюдения, так и окрестности недавно модернизированного здания были оценены упором на их яркость и на возможность установки осветительных приборов. Кроме того, были учтены архитектура здания, его элементы и их функциональное пред-



Рис. 1. Дворец Красинских в Варшаве, Польша, передний фасад

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского



Рис. 2. Трёхмерная модель дворца Красинских в Варшаве

назначение. В результате при помощи компьютерного моделирования освещения были с привлечением всех методов подобного проектирования [8] проанализированы несколько вариантов ОЗС переднего фасада и один вариант ОЗС паркового фасада. Всем этим проектам предшествовали многочисленные изменения типов осветительных приборов и их местоположений и направленности. Все созданные варианты освещения дворца заливающим светом были снабжены полным комплектом проектной документации. Помимо визуализации, все проекты включали в себя рассчитанные распределения яркости по фасадам здания, позволяющие оценить проект с точки зрения удовлетворения рекомендаций МКО в части яркости зданий, освещаемых заливающим светом [9]. Кроме того, проект содержал указания по обеспечению технического обслуживания осветительной установки, в том числе и рекомендации по интервалам между чистками осветительных приборов и заменой источников света.

3. Используемый метод проектирования освещения здания заливающим светом

Из-за значимости здания, его размеров, прогнозируемого количества осветительных приборов и необходимости проведения анализа большого количества вариантов освещения, единственной возможностью проектирования ОЗС было применение трёхмерного моделирования освещения. Существуют многочисленные методы формирования виртуальных 3-мерных моделей, зависящие как от компьютерных программ, так и от квалификации проектировщика в этой области. Од-

нако основы проектирования остаются неизменными. На базе линий и профилей здания и доступных возможностей 3-мерного моделирования, были созданы совокупности общих точек, граней и плоскостей, обеспечивающих виртуальное отображение реального здания. Как принято, авторы назвали эту модель геометрическим представлением здания (рис. 2).

Дворец Красинских, который представляет собой сравнительно большое здание, нелегко отобразить в виртуальном пространстве. Его конструкция содержит большое количество архитектурных элементов и материалов, из которых изготовлены фасады. Однако большая часть фасадов оштукатурена. Что касается созданного трёхмерного представления здания, то следующим шагом было описание характеристик всех материалов, а именно, их цвета, текстуры и отражательных свойств.

При использовании этого метода проектирования освещения самыми трудоёмкими и длительными являются первые два этапа. Однако при наличии подобной виртуальной сцены проектировщик может проанализировать неограниченное количество вариантов ОЗС. При этом имеются в виду варианты, основанные на использовании реальных осветительных приборов. Обычно светильники описываются производителями при помощи распределений силы света, представленных в формате *IES*. Файлы, загружаемые в программы, содержат определённые светотехнические параметры: распределение силы света, максимальную силу света светильника и световой поток источника света. При этом должны быть приведены соответствующие значения коррелирован-

ной цветовой температуры источника света и, в случае световых полос, длина световой полосы. Последним этапом проектирования освещения этим методом является визуализация. Она выполняется при помощи расчётов, в результате которых геометрия здания с приписанными ему значениями коэффициентов отражения и пропускания преобразуется в изображение, после чего в сцену вводятся источники света, представленные при помощи результатов фотометрических и колориметрических расчётов. На этой основе проектировщик может увидеть освещение здания и продемонстрировать своё представление о нём, а также получить технические и светотехнические данные для своего проекта. Наиболее важным следует считать получение распределения яркости в разных плоскостях, которое позволяет оценить проект (рис. 9).

4. Многовариантный проект освещения заливающим светом

В основу варианта 1 был положен метод смешивания общего и акцентирующего освещения с учётом точек и направлений наблюдения здания [6]. 16 заглублённых в землю светильников были установлены на расстоянии 3 м от фасадов, равномерно освещая передний фасад с повышением яркости в его центральной части. Для акцентирующего освещения использовались в общей сложности 107 светильников направленного и заливающего света. Аркады дворца выделяли при помощи прожекторов заливающего света с ассиметричным распределением силы света, которые размещались внутри аркад. Фронтон, три венчающие его статуи, балюстрада



Рис. 3. Проект освещения переднего фасада дворца заливающим светом, вариант 1, визуализация



Рис. 4. Моделирование освещения паркового фасада здания заливающим светом



Рис. 5. Визуализация освещения дворца Красинских заливающим светом с выделением ритма пилястр

ды и пилястры освещались системой световых полос с СД. В остальных осветительных приборах, предназначенных для освещения фасада заливающим светом, использовались металлогалогенные лампы с коррелированной цветовой температурой 3000 К. Поверхность крыши переднего фасада освещалась светильниками направленного света с круглосимметричными отражателями и стёклами, распределя-

ющими световые лучи горизонтально. Из-за патинированной поверхности крыши, были использованы источники света с большей, чем в случае фасада, коррелированной цветовой температурой (4200 К). Этот проект ОЗС продемонстрирован на рис. 3.

У этого варианта имеется несколько модификаций, соответствующих ОЗС при выключенном освещении крыши, балюстрады, пилястр и венчающих

фронтон статуи, что позволяет продемонстрировать влияние освещения этих элементов на ОЗС в целом.

Из-за отличий в условиях наблюдения, парковый фасад и фасады флигелей было решено освещать только при помощи общего освещения [4] (рис. 4). Один из вариантов был создан в результате проведённых на ранней стадии многочисленных изменений типов осветительных приборов и их местоположения и направленности. В этом варианте использовались 37 имеющих ассиметричное распределение силы света осветительных приборов с металлогалогенными лампами, которые были установлены на препятствующих движению автомобилей низких оградительных столбиках на расстоянии 4 м от фасада. Для подчёркивания глубины характерных углублений фасада, над балконом были установлены 3 ассиметричных прожектора заливающего света, обеспечивающих увеличение уровня яркости в этих местах. Кроме того, были использованы 13 линейных светильников с СД, освещающих фронтон, и 7 светильников направленного света с СД, освещающих венчающие фронтон статуи.

Второй вариант появился в результате модификации первого варианта. Он предполагал отказ от использования заглублённых в землю светильников, которые освещали передний фасад, в пользу ассиметричных прожекторов заливающего света, установленных на низких оградительных столбиках перед дворцом. К сожалению, это не было хорошим решением, т.к. осветительные приборы были заметны в дневное время, но, тем не менее, из-за наличия оградительных столбиков, которые использовались в предыдущем варианте, и подведённого к ним электропитания, было принято решение проанализировать и это решение. Количество осветительных приборов оставалось тем же самым. Влияние ОЗС и распределение яркости в этом варианте были такими же, как и в варианте 1.

Фасад дворца отличается ритмом чередования пилястр на всей его длине. Так что третья важная модификация проекта освещения предполагала подчёркивание светом как ритма наиболее удалённых от центра выступов, так и балюстрад балконов в аркадной части, при одновременном уменьшении уровня яркости верхней части зда-

ния (рис. 5). Результат был достигнут благодаря световым полосам с СД. Количество использовавшихся светотехнических изделий возросло до 160 штук.

Следующий анализ был проведён применительно к выключению освещения аркад первого этажа и выделению ритма пилястр всего фасада. При этом были сохранены светильники, освещавшие балюстрады балконов в аркадной части (рис. 6). Общее количество установленных осветительных приборов увеличилось ещё на семь штук.

Последняя попытка виртуального исследования освещения состояла в выделении горизонтального разделения фасада посредством размещения световых полос вдоль всей ширины фасада на высоте первого этажа и в подчёркивании ритма пилястр центрального корпуса и флигелей. В соответствии с рекомендациями по освещению зданий заливающим светом, аркады освещались изнутри светильниками с металлогалогенными лампами с асимметричным распределением силы света. Результат компьютерного моделирования этого проекта представлен на рис. 7. Этот вариант оказался как наиболее зрелищным, так и дорогим, т.к. всего потребовалось установить 201 светильник.

5. Окончательный вариант ОЗС

Вначале все упомянутые выше варианты освещения здания заливающим светом были продемонстрированы только его владельцу, который выбрал вариант для реализации (с изменениями, состоящими в исключении светильников, установленных непосредственно на фасаде дворца на центральных пилястрах выступающего корпуса).

Кроме того, проект подлежал рассмотрению комиссией по охране и реставрации памятников для его оценки с эстетической точки зрения [10, 10а, 11]. К сожалению, после проведения анализа и обсуждения достигнутых результатов и возможности установки осветительного оборудования этот проект был отвергнут. Комиссия порекомендовала использовать для освещения всех фасадов только общее освещение (рис. 8). Было предложено использовать две группы светильников направленного света с узкими пучками лучей, расположенные на рас-



Рис. 6. Визуализация освещения дворца – проверка высвечивания ритма пилястр, расположенных вдоль переднего фасада



Рис. 7. Визуализация освещения дворца Красинских в соответствии с вариантом 5

стоянии 40 м от фасада. Аналогичный способ ОЗС было предложено использовать и применительно к парковому фасаду. Подавляющее большинство новых светильников должны были устанавливаться на оградительных столбиках, которые предназначались для обеспечения освещения парка.

В целом, для реализации этого варианта потребовались бы 34 светильника направленного и заливающего света с суммарной установленной мощностью 4,2 кВт, обеспечивающие равное 6 кд/м^2 среднее значение яркости (рис. 9), которое в сочетании со средней яркостью окрестностей удовлетворяло рекомендациям по освещению зданий заливающим светом [9]. Созданное в результате освещение можно было считать удовлетворительным, т.к. использование принципов общего освещения для освещения зданий заливающим светом отличается тем, что здания воспринимаются так же, как в дневное время. При этом можно считать выполненными все сформулированные в литературе правила ОЗС [5, 6]. Для окончательно-

го варианта были выбраны 12 светильников, установленных на трёх бетонных столбах на относительно небольшой высоте (4 м). На крайний случай имелись 5 осветительных приборов с равной 16° шириной пучка на уровне половины максимума. Батареи светильников из-за своего размера могли оказаться не очень заметными, причём можно было ожидать, что сосредоточение их света в плоскости, перпендикулярной поверхности фасада здания, приведёт к большому проникновению света внутрь здания [12, 13]. Так что существовала опасность ослепления находящихся в здании людей, т.к. эти светильники имеют очень большие значения максимальной силы света (примерно 200 ккд). Кроме того, этот метод освещения дворца заливающим светом неэффективен, и его реализация приведёт к сильному световому загрязнению и появлению возмущающей на наблюдателей блёскости. К сожалению, удостовериться в правильности этих соображений можно только после реализации проекта. В настоящее время методы оценки

возможности возникновения дискомфорта блёскости разработаны только применительно к дорожному освещению, однако можно ожидать, что их удастся приспособить и к освещению зданий заливающим светом [14, 15, 15a].

6. Альтернатива метода моделирования при проектировании ОЗС

Проектирование ОЗС с использованием визуализации представляет собой довольно трудоёмкую задачу. Время, требующееся для получения многовариантного проекта освещения, измеряется десятками рабочих часов. Дополнительной нагрузкой при этом методе проектирования является время, необходимое для формирования виртуальной сцены освещения. Альтернативой служит проведение испытаний с использованием реального оборудования и в реальных условиях [16, 16a]. Причём в случае рассматриваемого здания инвестор, по просьбе охранителей и реставраторов, соответствующие испытания провёл. К сожалению, эта попытка окончилась неудачно. Несмотря на то, что в окончательном варианте использовалось сравнительно небольшое количество осветительных приборов, ни одна из светотехнических компаний не смогла собрать требуемое для реализации проекта количество оборудования. Однако следует отметить, что в общем случае, даже если удастся собрать нужное количество оборудования, оценка проекта за короткий период проведения демонстрации не будет объективной по причине большого количества недостатков, присущих этому методу. Трудно ожидать, что в процессе демонстрации можно будет принять однозначное решение по выбору ОЗС, и кроме того, очень рискованно полагаться на результаты анализа, сделанного на основе фотоматериалов, полученных при испытаниях ОЗС [17].

7. Выводы

В настоящее время известны три способа освещения зданий заливающим светом, а именно, акцентирующее, общее и смешанное освещение. Выбор метода зависит, главным образом, от расстояния до точек наблюдения и от местоположения этих точек.



Рис. 8. Окончательный вариант освещения дворца Красинских – компьютерная модель

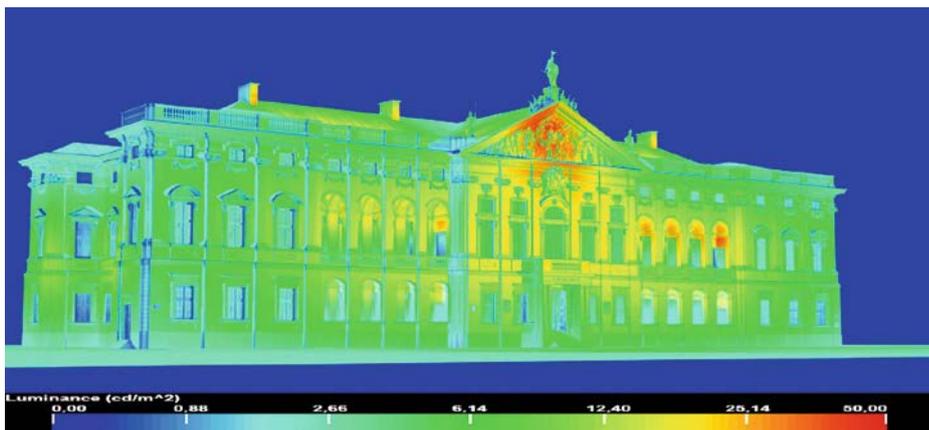


Рис. 9. Прогнозируемое распределение яркости в случае реализации предложенного варианта

Учитывая как местоположение дворца Красинских и точки и направления его наблюдения, так и возможности ОЗС, со светотехнической точки зрения было рекомендовано использование смешанного способа освещения. Все рассмотренные варианты проекта были основаны именно на этом способе. Однако решение по освещению зданий заливающим светом обычно принимает специалист по охране и реставрации зданий. В его или её обязанности входит забота как о самом здании (установка осветительного оборудования на фасаде, просверливание отверстий, подведение кабелей электропитания и т.д.), так и об общем облике здания в вечернее и ночное время, то есть выбор подходящего проекта ОЗС. Помимо эстетических соображений, которые не подлежат обсуждению, выбранный для реализации окончательный проект освещения дворца имеет многочисленные недостатки. В первую очередь, следует учитывать неэффективность окончательного варианта ОЗС. Кроме того, реализация этого проек-

та приведёт к проникновению внутрь здания большого количества света, где собрано много старинных гравюр и рукописей. При этом следует учитывать и существенное световое загрязнение. В настоящее время разрабатывается новый способ освещения здания заливающим светом, который позволил бы свести эти недостатки к минимуму. Пока что имеется возможность проверить и изменить описанный проект, так как на момент написания этой статьи проект всё ещё находился на стадии разработки.

Проектирование освещения зданий заливающим светом всегда требует многостороннего подхода и анализа различных решений применительно как к ожидаемому воздействию освещения, так и к типу используемого оборудования. Подобный анализ трудно провести без 3-мерного компьютерного моделирования освещения. В рассматриваемом случае имеются некоторые соображения и проводятся испытания, направленные на поиски решения возникшей проблемы. Следует ожидать, что в ближайшее

время многовариантное проектирование ОЗС, основанное на реальном осветительном оборудовании, станет менее сложным и не будет требовать так много времени, как сейчас.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dugar, A.M. The role of poetics in architectural lighting design // *Lighting Research & Technology*. – 2016. – No. 0. – P. 1–13. DOI: 10.1177/1477153516664967
2. Wang, L. Exploration of literary and artistic cultural values of large-scale landscape // *Light & Engineering*. – 2016. – Vol. 24, No. 3. – P. 6–9.
3. Silkina, M.A. Light reference points in a night city environment // *Light & Engineering*. – 2015. – Vol. 23, No. 2. – P. 29–33.
- 3а. Силкина М.А. Световые ориентиры в среде ночного города // *Светотехника*. – 2015. – № 2. – С. 21–25.
4. O'Farrell, G. External Lighting for Historic Buildings // *English Heritage*. – 2007. – No. 4.
5. Żagan, W. Object Floodlighting Guidelines. Highlight WP 03/11.
6. Żagan, W., Krupiński R. Teoria i praktyka iluminacji obiektów (Floodlighting, theory and practice). Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2016. ISBN978-83-7814-550-9.
7. Bojda, P., Wachta, H. Usability of luminaires with LED sources to illuminate the window areas of architectural objects // *Selected Issues of Electrical Engineering and Electronics (WZEE)*, 2016 13th, DOI: 10.1109/WZEE.2016.7800250.
8. Krupiński, R. Modelowanie 3D dla potrzeb iluminacji obiektów (3D modeling for floodlighting). Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2011. ISBN9788372079619.
9. Guide for Floodlighting, CIE94–1993, ISBN9783900734312.
10. Revsina, Y. E., Shvidkovsky, D.O. Illumination of classical architecture memorials in search of authenticity // *Light & Engineering*. – 2016. – Vol. 24, No. 1. – P. 24–30.
- 10а. Ревзина Ю.Е., Швидковский Д.О. Освещение памятников классической архитектуры. В поисках аутентичности // *Светотехника*. – 2015. – № 6. – С. 12–16.
11. Malaska, W., Wachta, H. Elements of inferential statistics in a quantitative assessment of illuminations of architectural structures // 7th IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries LUMEN V4, DOI: 10.1109/LUMENV.2016.7745529.
12. European Standard EN12464-2, «Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places».
13. Colchester Borough Council «External Artificial Lighting» Guidance Note: 2012.
14. Słomiński, S. Identifying problems with luminaire luminance measurements for discomfort glare analysis // *Lighting Research & Tech-*

nology. – 2016. – Vol. 48, No. 5. – P. 573–588. DOI: 10.1177/1477153515596374.

15. Słomiński, S. Selected problems in modern methods of luminance measurement of multisource LED luminaires // *Light & Engineering*. – 2016. – Vol. 24, No. 1. – P. 45–50.

15а. Сломинский С. Некоторые аспекты современных методов измерения яркости светильников с большим количеством светодиодов // *Светотехника*. – 2015. – № 1. – С. 21–24.

16. Krupiński, R. Visualization as alternative to tests on lighting under real conditions // *Light & Engineering*. – 2015. – Vol. 23, No. 4. – P. 33–40.

16а. Крупиньски Р. Визуализация как альтернатива испытаниям проектируемого освещения в реальных условиях // *Светотехника*. – 2015. – № 4. – С. 41–46.

17. Słomiński, S. The correct image of illuminated object registration – problems arising from software capabilities and equipment limitation // *Przegląd Elektrotechniczny*. – 2013. – Vol. 89, No. 8. – P. 259–261.



Войцех Жагань (Wojciech Żagan),

Dr. Sc., профессор. Окончил Варшавский технический университет по специальности электротехника (1976 г.). Имеет 40-летний опыт

работы в области светотехники, руководил 15-ю аспирантами (Ph.D.). Декан факультета светотехники Варшавского технического университета (с 1997 г.). Спроектировал более 100 установок освещения заливающим светом в Польше, Украине, Германии и Нидерландах. Автор книг «Освещение объектов заливающим светом» (2003 г.) и «Освещение заливающим светом: теория и практика» (2016 г.).



Рафал Крупиньский (Rafał Krupiński),

Ph.D. Окончил Варшавский технический университет по специальности электротехника (2003 г.). Доцент факультета свето-

техники Варшавского технического университета. Специалист в области проектирования освещения заливающим светом с использованием компьютерной графики. Автор книг «3D моделирование освещения заливающим светом» (2011 г.) и «Освещение заливающим светом: теория и практика» (2016 г.).

Создана камера, «видящая» внутренние органы без помощи рентгена

Исследователи из Эдинбургского университета разработали прототип камеры, способной «видеть насквозь» без применения рентгеновских лучей. Устройство будет использоваться для контроля эндоскопических обследований.



Эндоскопы – оптические приборы, которые вводятся в организм пациента через естественные отверстия. Так проводится, например, гастроскопия: осмотр желудка, двенадцатиперстной кишки и стенок пищевода, при котором гибкий эндоскоп вводится через рот или нос. Такое обследование снижает вероятность осложнений, так как не требует дополнительных разрезов на теле пациента.

Многие осмотры с помощью эндоскопа проводят под рентгеновским контролем. Он позволяет точно определять положение устройства в организме. Однако рентгенография имеет ряд минусов: от воздействия ионизирующего излучения до стоимости работы такого прибора во время осмотра.

Новая разработка, по словам учёных, позволит отказаться от рентгеновского контроля. Современные эндоскопы снабжены источником света для дополнительного освещения во время неинвазивных операций. Фотоны этого источника улавливает камера. Принцип работы её фотонных детекторов основан на фиксации нерассеянных («баллистических») фотонов. Эти частицы движутся по траекториям, близким к прямолинейным, и практически не рассеиваются по сравнению с большинством фотонов, идущих от источника света. «Баллистических» фотонов гораздо меньше, чем рассеянных. Сделать выводы о том, где находится эндоскоп, можно, сопоставив время регистрации «баллистических» и рассеянных фотонов.

Разработчики испытывали прототип, разместив источники света внутри оципанной тушки курицы и лёгкого овцы. Зарегистрировать сигнал удалось при толщине тканей около 20 см.

Статья о разработке опубликована в журнале «*Biomedical Optics Express*».

naked-science.ru
10.09.2017