

Измерение цвета бриллиантов

Т.В. ШИРОКИХ, В.Е. ИВАНОВ¹

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск

¹ E-mail: phizika@sbmpei.ru

Аннотация

Как правило, оценка цвета бриллиантов производится визуально из-за сложности создания приборов для проведения объективной оценки, позволяющих исключить влияние дефектов в бриллиантах (неравномерность окраски, трещины, графитовые включения) на измерение цвета. В данной работе проводится анализ методов визуальной оценки цвета бриллиантов и известных приборов для объективной оценки цвета бриллиантов и предлагается установка для измерения цвета бриллиантов, максимально удовлетворяющая условиям визуальной оценки

Ключевые слова: бриллиант, цвет, оценка цвета, колориметрия, приборы для измерения цвета бриллиантов

1. Введение

Визуальная оценка цвета бриллианта производится на закладке из белой бумаги, на которую бриллиант укладывается площадкой вниз, а наблюдение осуществляется перпендикулярно поверхности шипа (рис. 1). Традиционно цвет оценивается при освещении светом северной части неба, не содержащим прямые солнечные лучи, поэтому помещение для оценки цвета бриллиантов располагается в северной части здания. Спектр такого естественного света характеризуется цвето-

вой температурой и может быть отнесён к источникам типа *D*. МКО [1] рекомендует в большинстве случаев использовать источник *D*₆₅.

Существует несколько систем оценки цвета бриллиантов, из которых наиболее распространена предложенная Геммологическим институтом Америки система *GIA*. В этой системе каждый цвет бриллианта обозначается буквой латинского алфавита от *D* (полностью бесцветные бриллианты) до *Z* (бриллианты с бледным жёлтым или коричневым оттенком). Каждая буква сопровождается описанием цвета.

В России цвет бриллианта обозначается цифрой от 1 (бесцветные высшие бриллианты) до 9 (тёмно-коричневые и чёрные бриллианты). Каждая цифра сопровождается описанием цвета [2].

Мелкие бриллианты подразделяются по группам цвета в соответствии с табл. 1, а средние и крупные бриллианты – в соответствии с табл. 2. Сравнительный анализ групп цвета бриллиантов представлен в табл. 3.

В настоящее время цвет бриллиантов оценивается при искусственном освещении с применением стандартных источников света *D*₆₅ на фоне белой бумаги (фотооснова-подложка по ГОСТ 30113) [2]. Для этого рабочее помещение должно иметь общее освещение, создающее освещённость 200 лк, и местное освещение, повыша-

ющее освещённость до 1000–1200 лк [3]. Чтобы исключить влияние на результаты оценки посторонних цветных бликов, помещение должно быть окрашено ахроматической светлой краской, а оценщики должны работать в белых халатах.

2. Приборы для измерения цвета бриллиантов

Для объективной оценки цвета бриллиантов применяются, в основном, приборы, измеряющие не колориметрические параметры (координаты цвета, чистоту цвета и т.п.), а коррелированную (статистические связанную с цветом) величину. Большинство таких приборов измеряют отношение коэффициентов направленного пропускания в синей и жёлто-зелёной частях спектра, которое статистически связывается с цветовыми градациями, характеризующими насыщенность цвета жёлтой тональности. Коэффициенты пропускания обычно измеряют при освещении через площадку с последующим интегрированием лучей, выходящих через грани верха, в фотометрическом шаре. Иногда при освещении через площадку фотометрический шар не применяют – в этом случае измеряют рассеянное излучение, выходящее через грани низа. Основанием для такого метода измерений –

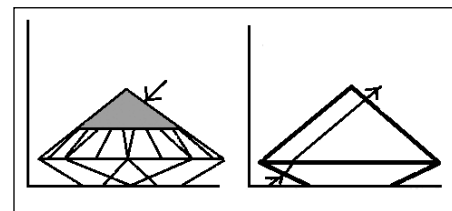


Рис. 1. Схема прохождения излучения через бриллиант при визуальной оценке цвета

Таблица 1

Группы цвета мелких бриллиантов (до 0,29 карат)

Характеристика	Группа цвета
Бесцветные высшие, бесцветные	1
С незначительным оттенком	2
С небольшим желтоватым, сиреневым, серым или едва уловимым коричневым оттенком	3
С явно видимым жёлтым, лимонным, серым или слабо уловимым коричневым оттенком	4
Жёлтые с жёлтым или лимонным цветом во всём бриллианте, а также жёлтые с незначительным коричневым оттенком	5
С видимым коричневым оттенком и серые	6
Коричневые и жёлто-коричневые, чёрные	7

Таблица 2

Группы цвета средних и крупных бриллиантов (от 0,30 карат)

Характеристика	Группа цвета
Бесцветные высшие, а также с голубоватым оттенком	1
Бесцветные	2
С едва уловимым оттенком	3
С незначительным оттенком	4
С небольшим желтоватым, сиреневым или серым оттенком, а также с незначительным коричневым оттенком	5
С видимым жёлтым или серым оттенком	6
С видимым коричневым оттенком	6-1
С ясно видимым жёлтым, лимонным или серым оттенком	7
Очень слабо окрашенные жёлтые	8-1
Слабо окрашенные жёлтые	8-2
Легко окрашенные жёлтые	8-3
Светло-жёлтые	8-4
Жёлтые	8-5
Слабо окрашенные коричневые	9-1
Легко окрашенные коричневые	9-2
Коричневые	9-3
Тёмно-коричневые, чёрные	9-4

по отношению коэффициентов пропускания – служит специфический характер спектрального распределения коэффициента пропускания алмазов.

Среди зарубежных приборов, работающих по принципу измерения

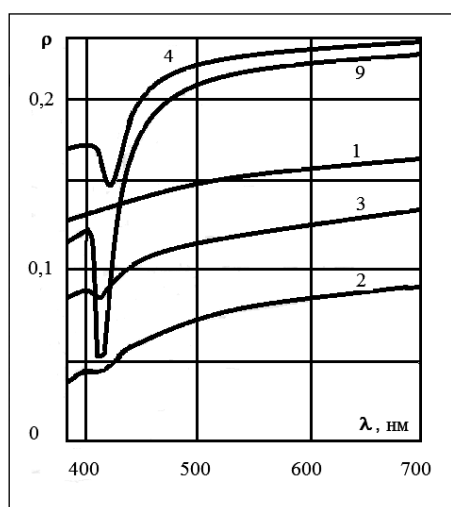


Рис. 2. Спектральные коэффициенты отражения бриллиантов (цифры у кривых обозначают цветовую группу бриллианта по российской классификации)

коррелированной с цветом величины, можно указать *Electronic Colorimeter* [5], в котором спектральные участки выделяются фильтрами, а отношения вычисляются встроенной в прибор вычислительной машиной. Другой прибор, использующий интерференционные фильтры, который получил название *Diamond Photometer*, имеет индикатор, по показаниям которого вычисляются коэффициенты пропускания («показатели трансмиссии»), а по их отношению – «коэффициент трансмиссии».

В России на основании такого метода был разработан прибор «Бриллиант-1», схема которого приведена на рис. 3 [6]. Основу прибора составляет фотометрический шар 6, в котором на подставку 10 устанавливается бриллиант 8 площадкой вверх. На площадку направляется световой пучок, фокусируемый микрообъективом 7. Микрообъектив закреплён в тубусе и работает в схеме осветителя с лампой накаливания 1, расположенной в фокусе конденсора 2, диафрагмой 4 и зеркалом 5. Излучение, вышедшее

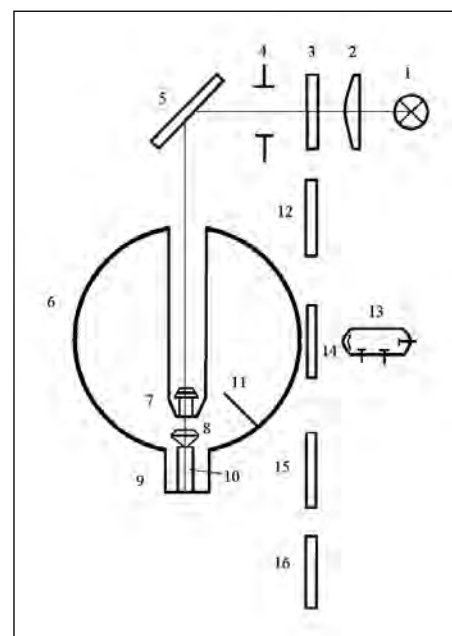


Рис. 3. Оптическая схема прибора «Бриллиант-1»

через грани верха, интегрируется шаром и частично проходит к приёмнику излучения (фотоумножителю) 13, а излучение, вышедшее вниз, попадает в черненькую светоловушку 9. Две пары интерференционных фильтров 3 и 14 или 12 и 15 выделяют излучение с длинами волн 550 или 390 нм, обеспечивая двойную монохроматизацию и исключая влияние возможной люминесценции на результат измерений; заслонка 16 используется для перекрытия света при проверке «нуля» прибора. В шаре имеется экран 11, исключая попадание на приёмник прямых лучей от образца.

При такой схеме освещения и измерения, излучение проходит в бриллианте путь, примерно равный $1,5 D$ (где D – диаметр бриллианта по рундисту¹) (рис. 4). Это превосходит путь излучения при визуальной оценке почти в два раза. В результате цвет измеряемого камня будет более насыщенным, более жёлтым, чем при визуальной оценке. Кроме того, данная установка предназначена для измерения бездефектных бриллиантов. Отражение излучения на трещинах, графитовых точках и дымчатых включениях существенно повлияет на измеряемый цвет бриллиантов.

В другом корреляционном методе окраска бриллиантов жёлтой тональ-

¹ Рундист – узкий поясок, определяющий форму бриллианта, плоскость которого отделяет верх камня от низа

Сравнительный анализ групп цвета бриллиантов

Российская классификация		GIA	Характеристика
До 0,29 карат	От 0,30 карат		
1	1 2	D E	Голубовато-белый
2	3	F	С едва уловимым оттенком
3	4 5	G H	Серовато-белый, желтовато-белый. С незначительным оттенком желтизны
4	6 7	I J	Белый с едва уловимым цветным оттенком
5	8 (1–5)	K-L	Бледно-желтоватый оттенок
6	6 (1)	M-N	Желтоватый оттенок
7	9 (1–4)	O-R S-Z	Желтоватый оттенок. Жёлтые

ности, вызываемая общим для всех бриллиантов уменьшением коэффициента отражения в синей части спектра, связывается с наблюдающимся местным провалом вблизи длины волны 415 нм (см. рис. 2). Глубина этого провала количественно характеризуется так называемым F - числом («фарб-числом»)

$$F = \frac{\rho_{412}\rho_{420}}{\rho_{415}^2}, \quad (1)$$

где ρ_{412} , ρ_{415} , ρ_{420} – коэффициенты отражения на соответствующих длинах волн.

Из объективных колориметров, приспособленных для измерения цвета бриллиантов классической огранки, можно указать электронный компаратор ЭКЦ-1 [7], модернизированный в НИИ интроскопии (НИИИН) (рис. 5).

Исходный прибор предназначен для измерения координат цвета рассеянно отражающих образцов методом сравнения, при этом измеряется разность

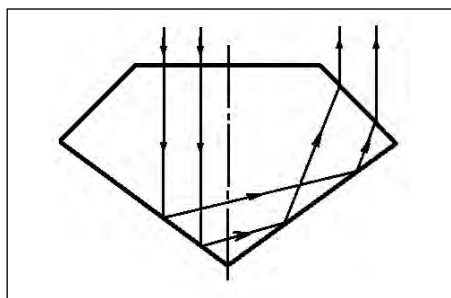


Рис. 4. Ход световых лучей в круглом бриллианте

координат цвета измеряемого образца и образца сравнения, координаты цвета которого должны быть известны. Компаратор работает в системе XYZ.

Модернизированный прибор построен по двухлучевой схеме, позволяющей с помощью модуляторного диска 4 одной лампой накаливания 1 попеременно освещать два сравниваемых образца 8 и 10. Свет от лампы, представляющей собой источник A , направляется на образцы (площадки бриллиантов) с помощью симметричной системы, содержащей объективы 2 и 6, призмы 3 и гибкие многоволоконные световоды 7. Выходные торцы световодов перекрыты пластинками из молочного стекла, что обеспечивает освещение части площадок бриллиантов рассеянным светом (при этом размеры пластинок не превышают размеры площадок). Излучение, прошедшее через образцы, интегрируется фотометрическим шаром. Часть интегрированного излучения проходит к приёмнику излучения, не показанному на рисунке, через выходной световод из полированного органического стекла, входной торец 9 которого находится в центре шара, что исключает прямое попадание интегрированного излучения на приёмник. Между выходным световодом и приёмником излучения располагаются сменные фильтры, корректирующие приёмник под кривые сложения.

Измерения сводятся к выравниванию потоков излучения, попадающих на приёмник излучения по обоим каналам, с помощью чёрных сетчатых фильтров 5, позволяющих регулиро-

вать поток излучения без изменения его спектрального состава. Электронная схема выделяет сигналы обоих каналов, и после выравнивания световых потоков при введённом корректирующем фильтре аналоговая схема позволяет найти отношение координат цвета.

В [7] указывается, что этот прибор обеспечивает удовлетворительную воспроизводимость измерений бриллиантов, но имеет невысокую чувствительность. В соответствии с принятым методом сравнения, этот прибор используется для измерения различия цветов измеряемого и опорного («эталонного») образцов, что обеспечивает максимальную точность измерений. Однако это требует предварительного подбора подходящего образца сравнения, снижает производительность измерений и позволяет сравнивать с образцами жёлтой тональности только бриллианты жёлтых оттенков.

В этой установке устранён недостаток измерения цвета бриллиантов, связанный с увеличением длины пути излучения (которая в данном случае одинакова для эталонного и измеряемого излучения), но дефектность бриллиантов, по-прежнему, будет оказывать влияние на цвет камня, и в результате его группа цветности будет определена неправильно (завышена, если присутствует белое дымчатое включение или отражение от трещины, и занижена, если присутствуют графитовые включения).

Большие возможности для измерения цвета бриллиантов обеспечивают приборы на основе спектрофото-

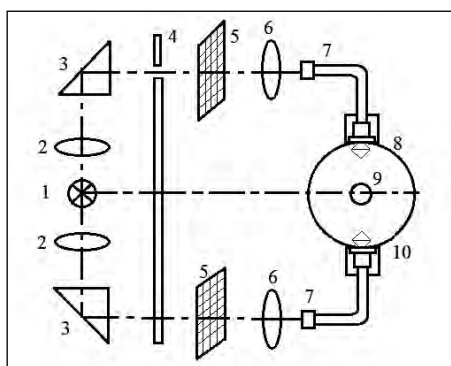


Рис. 5. Оптическая схема прибора ЭКЦ-1

метров. Из таких приборов следует упомянуть спектрофотометр, измеряющий спектральное распределение коэффициента направленного пропускания бриллианта при освещении его через площадку [5]. В [5] отмечается, что по этой зависимости можно однозначно и объективно определить цвета всех драгоценных камней.

В НИИИИН был разработан спектрофотометр на базе спектрометра СИП-1, ранее сконструированного там же [8]. Оптическая схема спектрофотометра (рис. 6) содержит осветитель (1 – лампа накаливания, 2 – конденсор), монохроматор (3 – входная щель, 4 – коллимирующее зеркало, 5 – дифракционная решётка, 6 – выходная щель) и приставку для измерения бриллиантов. Приставка содержит микрообъектив 7, с помощью которого вышедшее через щель монохроматора излучение направляется в фотометрический блок. В свою очередь, фотометрический блок содержит фотометрический шар 10, фокон (конический световод) 8, к которому площадкой прижимается бриллиант 9, и приёмник излучения 11 со схемой измерения фототока. При этом диаметр выходного торца фоконна значительно меньше диаметра площадки бриллианта. В шаре располагается белый экран 12, исключающий попадание на приёмник излучения непосредственно от образца.

Данному прибору присущи те же недостатки измерения цвета бриллиантов, что и «Бриллианту-1»: излучение в бриллианте проходит путь, в два раза превышающий путь при визуальной оценке, и прибор предназначен для измерения цвета бездефектных бриллиантов.

Для измерения цвета бриллиантов компания *Adamas Gemological Laboratory*, США, выпускает специализированный лабораторный спектрофотометрический комплекс SAS2000

Рис. 6. Спектрофотометр, разработанный НИИИИН

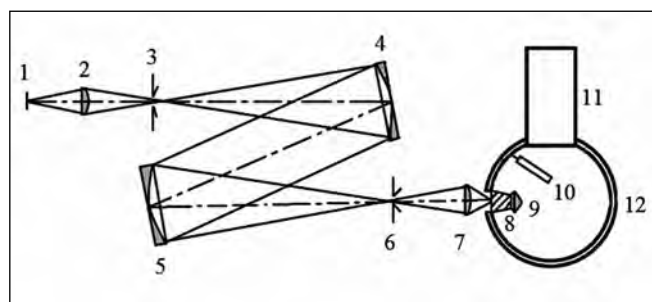
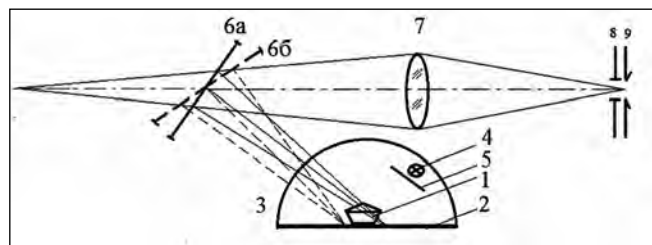


Рис. 7. Оптическая схема рекомендуемой установки



(*Spectrometer Analysis System*) [9]. Это двухканальный оптико-волоконный спектрофотометр, опорный канал которого позволяет отслеживать изменения в спектре источника излучения. Прибор предназначен для измерения спектральных коэффициентов пропускания бриллиантов с последующим расчётом на ЭВМ, вмонтированной в прибор, колориметрических параметров в системах *XYZ* и *CIELAB*. Предварительно прибор калибруется по эталонам *GIA* или другим по желанию заказчика.

В [9] не приводится подробное описание оптической схемы прибора для измерения спектрального коэффициента пропускания. Следует предположить, что она подобна компаратору (см. рис. 5). Бриллиант располагается на световоде площадкой вниз, а ход лучей в бриллианте аналогичен приведенному на рис. 4. Следовательно, доля излучения, вышедшего из бриллианта, зависит от формы и качества огранки, размеров бриллианта, дефектов в виде различных включений и трещин, потому результаты измерений отличаются от результатов визуальной оценки. Полученный в такой схеме цвет бриллианта является коррелированным, так как длина пути излучения в бриллианте приблизительно в два раза превосходит длину пути при визуальной оценке цвета бриллианта.

Следует отметить несколько общих недостатков, присущих всем рассмотренным методам и приборам, использующим освещение бриллианта через площадку:

1. Излучение, направленное на площадку бриллианта, возвращается на-

зад и в большей степени попадает в осветитель, что приводит к неполному использованию излучения.

2. Доля излучения, вышедшего из бриллианта и попавшего в осветитель, не постоянна и зависит от формы и качества огранки, а также от наличия рассеянного света, дефектов и неравномерности окраски бриллианта, что может влиять на результаты измерений.

3. Все приборы, использующие такую схему освещения, нормально работают с бриллиантами классической огранки; трактовка результатов проведённых с их помощью измерений бриллиантов фантазийной огранки, тем более неограниченных алмазов, не очевидна. Не вполне ясно также, что измеряют такие приборы в случае бриллиантов, имеющих внутренние дефекты.

4. Приборы измеряют коррелированный цвет, т.к. в каждой фотометрической схеме своя длина пути излучения в бриллианте, отличающаяся от длины пути при визуальной оценке.

С этой точки зрения перспективной представляется схема измерения, в наибольшей степени соответствующая условиям зрительной оценки, в которой бриллиант располагается площадкой вниз на белой подложке. При этом на приёмник попадает излучение от освещённой рассеянным светом закладки, прошедшее путь, равный $0,65 D$, что соответствует ходу световых лучей при визуальной оценке цвета бриллиантов. Приёмник располагается под углом 45° по отношению к подложке [5].

Такая схема может быть реализована в установке (рис. 7), в которой исследуемый бриллиант 1 помещается на основание 2 полусферы 3. В этом случае обеспечивается диффузное освещение бриллианта и фона источником излучения 4 с защитным экраном 5, исключающим прямое попадание излучения на бриллиант. Такая система освещения исключает влияние посторонних предметов (стены помещения, одежда оценщика и т.д.), излучение которых может рассеиваться на бриллиантах и менять их цвет.

В такой схеме можно определить спектральный коэффициент яркости бриллианта как отношение спектральной плотности яркости излучения, прошедшего бриллиант, к спектральной плотности яркости фона, например, закладки. При этом спектр излучения безразличен.

В фотометрии этот метод называется методом замещения, а его реализация в данной установке осуществляется поворотом зеркала 6, позволяющего с помощью объектива 7 проецировать изображение либо бриллианта (положение зеркала 6а), либо подложки (положение зеркала 6б) на входную щель 9 монохроматора.

Диафрагма Гартмана 8 перед входной щелью монохроматора предназначена для выделения по высоте необходимого для измерения участка в изображении бриллианта, например, шипа круглого бриллианта, что соответствует условиям визуальной оценки цвета бриллианта.

В отличие от известных, в данной схеме:

1. Можно измерять образцы любой формы, в том числе, алмазы, бриллианты, стразы. Известные установки предназначены, как правило, для измерения плоских образцов.

2. В процессе измерений образец остаётся неподвижным, что обеспечивает фотометрирование одного и того же участка (известных устройствах бриллиант вводится в световой луч и выводится из него при каждой смене длины волны спектрального прибора). А т.к. в бриллиантах могут присутствовать различные цветные, дымчатые, графитовые включения, трещины, то незначительное смещение бриллианта приведёт к искажению результатов измерений.

3. Используется устройство, позволяющее фотометрировать любой (при необходимости) участок бриллианта,

то есть можно измерять те участки, которые не содержат дефекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: Учебное пособие для вузов: В 2-х ч. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.
2. ГОСТ Р 52913–2008. Бриллианты. Классификация. Технические требования.
3. СНИП 23–05–95. Естественное и искусственное освещение.
4. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. – М.: Мир, 1978. – 592 с.
5. Pagel-Theisen V. Diamond Grading ABC. 12-th Edition. – Antwerpen, Belgium, 2000. – 290 p.
6. Епифанов В.И., Песина А.Я., Зыков Л.В. Технология обработки алмазов в бриллианты. – М.: Высшая школа, 1976. – 319 с.
7. Рымов А.К., Шкловер Д.А. Электронный компаратор цвета ЭКЦ-1 // Светотехника. – 1961. – № 10. – С. 24–28.
8. Шелкова О.П. и др. Исследование возможности создания установок объективной оценки бриллиантов и алмазного сырья по цветности и порочности. – М.: НИИИ, 1971. – 70 с.
9. SAS2000 Spectrophotometer Analysis System // Adamas Gemological Laboratory. – 2000. – № 4.



Широких Татьяна Васильевна, канд. технич. наук, доцент. Окончила в 1978 году МЭИ (Смоленский филиал) (1978 г.). Доцент кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.

Область научных интересов: фотометрия, колориметрия



Иванов Валерий Евгеньевич, канд. технич. наук, доцент. Окончил Смоленский государственный педагогический институт (1974 г.). Доцент кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.

Область научных интересов: фотометрия, полупроводниковые фотопреобразователи

Освещение парка им. Анны Ахматовой в Севастополе

В Севастополе состоялось долгожданное событие – после долговременной реконструкции, открылся парк им. Анны Ахматовой и прилегающий к нему пляж «Солнечный». Реконструкция парка проходила в рамках федеральной целевой программы развития Крыма и Севастополя до 2020 года.



Освещение парка было отдельным проектом в рамках реконструкции парка, где МСК «БЛ ГРУПП» установила светильники со светодиодами компании GALAD серий «Шар LED-40» и «Капля LED-40» на опорах компании OPORA ENGINEERING.

Впечатления посетителей от посещения парка остались приятными, так как для них появилось ещё одно прекрасное место отдыха. Губернатор Севастополя Дмитрий Овсянников также подчеркнул, что такой модернизированный парк, точно станет любимым местом для отдыха горожан.

Кроме того, в обновлённом парке появилась система полива зелёной зоны, наружное освещение и архитектурная подсветка, видеонаблюдение и wi-fi зоны, сейчас там проводятся работы по озеленению.



svetozone.ru
25.05.2018