

Муниципальное образовательное учреждение
«Тверской лицей»

**Научно-исследовательская работа
по физике
на тему:
«Использование современных технологий в области
светодиодной техники
для освещения школьных кабинетов»**

Выполнила:

ученица класса «10²»

Черномазова Елизавета Максимовна

Руководитель проекта:

учитель физики

Крючина Наталья Марковна

Россия Тверь,

2022 г.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
Выбор темы.	3
Актуальность темы.	3
Практическая применимость проекта.	5
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	5
История электрического освещения.	5
Классификации электрического освещения.	6
Методы измерения освещённости помещения.	9
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	19

ВВЕДЕНИЕ

Выбор темы.

Тема электричества и электрического освещения мне очень интересна, и в будущем я бы хотела связать свою работу с электротехникой, при возможности стать инженером-электриком. Люди этой профессии занимаются проектированием электросетей, управлением процессами, связанными с распределением электроэнергии, выбором электрооборудования и электрических коммуникаций, их осмотром и ремонтом, рассчитывает наиболее экономные и эффективные варианты для расходования электричества и так далее. Поэтому я выбрала такую тему, размышляя над которой можно было бы узнать для себя больше о некоторых электроприборах и сравнить их между собой.

Актуальность темы.

Современные технологии в области светодиодной техники позволяют использовать осветительные приборы на светодиодах в качестве удобного и приоритетного варианта для ежедневного освещения в промышленности и в быту.

Энергоэффективность светодиодных светильников аналогична, а в иногда даже превосходит энергоэффективность компактных люминесцентных ламп (далее по тексту КЛЛ). Кроме того, светодиоды также не уступают многим традиционным источникам света по таким показателям, как световой поток и качество света. Отличные параметры энергоэффективности, светового потока и качества света позволяют считать светодиодные светильники наиболее оптимальными для пользователей. Эффективно сконструированные световые приборы на светодиодах гарантируют смещение света и высокий уровень однородности освещения, что является особо значимым для световых карнизов, мебельных светильников и акцентного освещения. Применение светодиодных осветительных приборов в этих ситуациях являются наиболее эффективным и часто единственно возможным решением. Если светодиодные осветительные приборы сконструированы и эксплуатируются в нормативных условиях, то светодиоды сохраняют приемлемый световой поток в течение 50 000 и более часов работы, что делает их использование

особо удобным в ситуациях, когда замена ламп или замена / ремонт осветительной арматуры сложна или невозможна.

Системы освещения на светодиодных источниках света являются экономически выгодным решением. Первоначальные затраты на приобретение и монтаж светодиодных светильников обычно превышают расходы на традиционные системы освещения, но их эксплуатационные издержки заметно ниже: сокращаются затраты на обслуживание светодиодных светильников, значительно ниже затраты на электроэнергию и минимизируются расходы на замену ламп и ремонт осветительных приборов. Практика показывает, что светодиодные системы освещения окупаются, как правило, в течение двух-трех лет, а в некоторых ситуациях быстрее. В дальнейшей эксплуатации совокупные расходы на светодиодные светильники снижаются. Выпускаемые сейчас в Российской Федерации светодиодные световые приборы имеют высокий уровень энергоэффективности и соответствуют требованиям международных стандартов по энергоэффективности.

Целью работы является разработка эффективного варианта освещения учебного помещения, удовлетворяющего нормативным документам Российской Федерации.

Объект исследования: кабинет математики; **предмет** исследования – освещение помещения .

Для достижения этой цели были поставлены следующие **задачи**:

- рассмотреть основные принципы освещения учебных помещений;
- проанализировать нормативные документы для освещения школьных помещений;
- описать исследуемый объект и существующее на нем освещение;
- построить модель освещения кабинета;
- осуществить расчёт освещения кабинета с использованием КЛЛ и с использованием СД;
- сравнить источники по экономическим показателям.

На данный момент большинство людей на нашей планете не могут представить себе жизнь без электричества в целом и без электрического освещения в частном. Освещённость помещения, в котором работает и проводит время человек, очень влияет на его физическое и моральное состояние, оно должно соответствовать многим требованиям, и их очень важно знать и соблюдать. Поэтому тема данного проекта очень актуальна для тех людей, которые работают и проводят много времени в помещениях.

Практическая применимость проекта.

В данном проекте будет представлена полезная информация о домашнем освещении, узнав которую другие люди смогут понять, достаточно ли хорошо освещено их рабочее пространство, и как сделать так, чтобы улучшить его освещённость. Также здесь будут представлены формулы расчёта освещённости и программа, с помощью которой можно смоделировать помещение и измерить его освещённость уже в ней. Поэтому, знакомясь с моей работой, другие люди смогут самостоятельно измерить освещённость своего жилья или рабочего места и в случае её недостатка найти путь улучшить её.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

История электрического освещения.

История электрического освещения началась в 1835 году, когда английские учёные смогли получить электрический свет при помощи дуговой лампы, после чего люди потратили ещё очень много лет, экспериментируя над конструкцией таких ламп. Первые электрические лампы были малоэффективны и очень быстро перегорали, но люди сразу увидели, что если усовершенствовать их технологию, они станут хорошей заменой других видов освещения.

Нельзя с абсолютной точностью сказать, кто первый изобрёл электрическую лампочку, ведь она появилась на свет благодаря труду множества независимых учёных, и вклад в это каждого из них одинаково важен. Например, большое значение имеют труды русского учёного Павла Яблочкова, который в 1876 году создал коалиновую лампу, или работы англичанина Джозеф Уилсона Суона, который запатентовал лампу с угольным волокном. Однако самым известным изобретателем лампы накаливания стал Томас Альва Эдисон, который в 1879 году

со своей командой представил миру электрическую лампу с обугленной хлопчатобумажной нитью, которая могла работать целых 14 с половиной часов, а после, в ходе усовершенствований, смог продлить этот срок до 1200 часов. Также Эдисон показал, как электричество может быть распределено от основного генератора в нужные места с помощью электрических проводов и труб, благодаря чему стало возможным сделать использование электрического освещения более массовым.

В 19-том веке учёные начали активно работать над газовыми лампами, например большой вклад в это направление внёс Питер Купер Хьюитт, ставший одним из изобретателей люминесцентной лампы. Они были гораздо эффективнее ламп накаливания и служили дольше, но имели сине-зелёное свечение, из-за чего такие лампы сначала не нашли широкого применения, но позднее их усовершенствовали, начав покрывать люминофором, который поглощает ультрафиолет и преобразует его в видимое белое свечение. В настоящее время самым прогрессивным способом освещения помещений являются светодиоды, которые используют полупроводники для преобразования электрического тока в свет. Светодиодные лампы наиболее эффективные, потребляют минимум энергии и могут служить до десяти лет.

Классификации электрического освещения.

Искусственное освещение делят по типу системы освещения:

1. Местное - концентрируется световой поток непосредственно на рабочих местах;
2. Общее, оно в свою очередь делится на равномерное и локализованное;
3. Комбинированное – определённое совмещение общего и местного освещения.

Искусственное освещение подразделяется также на:

1. Аварийное, которое применяется при внезапном отключении рабочего освещения (5% от общего освещения);
2. Рабочее – освещение во всех помещениях и на территории, для создания условий нормальной работы;

3. Эвакуационное – предусматривается в местах, опасных для прохода людей.

Условия зрительной работы.

Это условия, при которых человеку комфортно работать при электрическом освещении.

Условия зрительной работы определяются следующими параметрами:

1. Размер объекта различения – наименьший размер, который необходимо выделить при проведении работ;

2. Фон – поверхность, прилегающая к объекту различения, на которой он рассматривается. Характеризуется коэффициентом отражения (δ), который зависит от цвета и фактуры поверхности. Фон считается светлым при $\delta > 0,4$, средним при $0,2 < \delta < 0,4$ и тёмным при $\delta < 0,2$.

3. Контраст объекта с фоном (K) – характеризуется отношением разности коэффициентов отражения фона и объекта, по абсолютной величине, к коэффициенту отражения фона. Контраст считается малым при $K < 0,2$, средним при $0,2 < K < 0,5$ и большим при $K > 0,5$.

Нормирование искусственного освещения производится в соответствии со СНиП 23-05-95. Это общий технический документ, определяющий нормы теплотехнического проектирования гражданских и промышленных зданий и сооружений с учетом энергосбережения.

Освещённость помещения измеряется в люксах, сокращённо «Лк», а люксы в свою очередь измеряются в люменах на квадратный метр,

$$1 \text{ Лк} = 1 \text{ Лм}/1 \text{ м}^2$$

Для разных комнат помещения средняя норма освещённости разная, например для ванны и коридора это норма составляет 50 Лк,

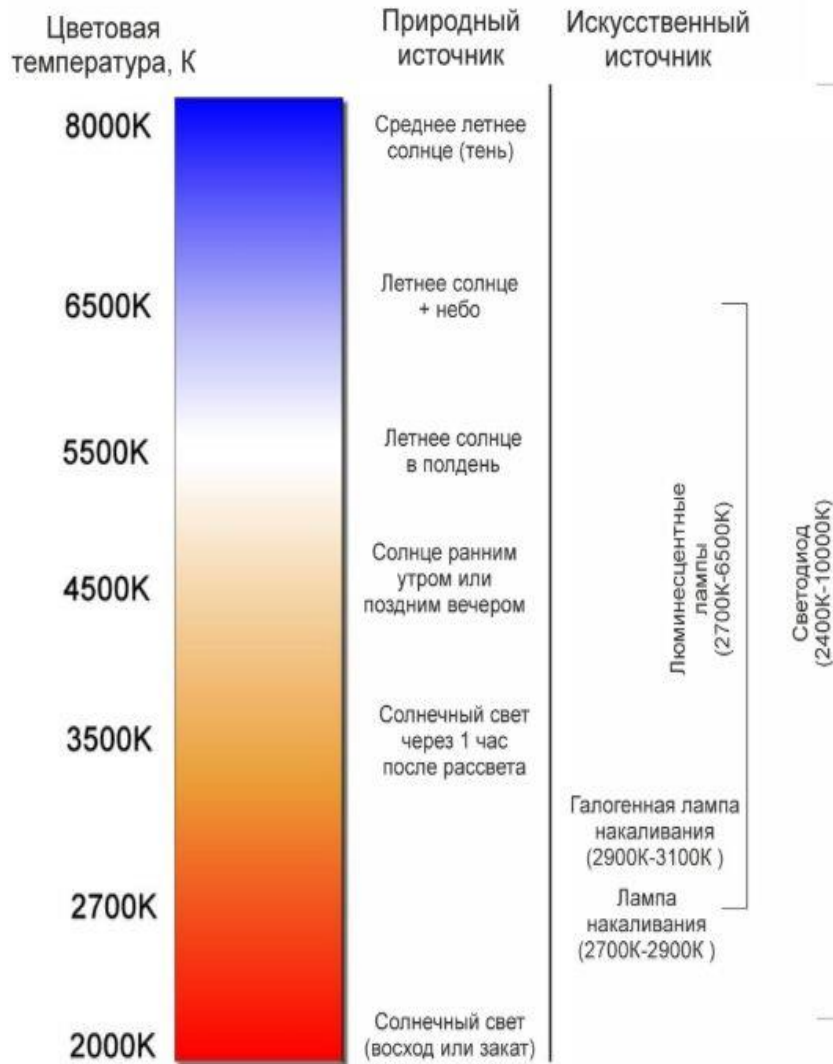
для жилых комнат — 150 Лк,

для детских комнат — 200 Лк,

а для рабочих кабинетов = 300 Лк.

Цветовая температура источника света.

Также говоря об условиях зрительной работы нельзя не упомянуть световую температуру электрических ламп. Она характеризует интенсивность излучения света лампы, а вместе с этим его цвет. Лампа будет излучать свет разного цвета в зависимости от того, при какой температуре она его излучает.



На рисунке видно, что белое свечение с уклоном в синий спектр наиболее приближено к естественному освещению, так как имитирует яркое солнце. Именно лампы с таким свечением наиболее рекомендуемы к использованию.

Методы измерения освещённости помещения.

Освещённость обозначается буквой E и равна Φ/S , где Φ — световой поток всех ламп помещения, измеряемый в люменах, в S — площадь помещения, измеряемая в m^2 .

Измерение освещённости помещения можно также назвать светотехническим расчётом. На практике его можно изменить с помощью прибора под названием люксметр, но в случае, если такого прибора не имеется в наличии, есть теоретические способы измерения. Есть три таких теоретических метода:

1. Метод коэффициента использования. Он заключается в определении значения коэффициента η , равного отношению светового потока, подающегося на расчетную поверхность, к полному потоку осветительного прибора. Для определённого помещения значения коэффициента использования светового потока η находятся из таблиц, связывающих геометрические параметры помещений, индекс помещений i , с коэффициентами отражения стен, пола и потолка в нём. Индекс помещения измеряется по формуле:

$$i = (B * A) / (h * (A + B))$$

Где A – длина помещения, B – ширина помещения, а h – расчетная высота.

Необходимый поток одного отдельного светильника определяется по формуле:

$$\Phi_0 = (E_{\min} * K_3 * S * z) / (N * \eta)$$

Где E_{\min} — заданная минимальная освещённость, K_3 — коэффициент запаса, S — освещаемая площадь (в m^2), z — коэффициент неравномерности освещения (примерно 1.1-1.2), а N — число ламп во всех рассматриваемых светильниках, намеченное до расчёта. Из этой формулы выводится расчётная формула для освещённости помещения:

$$E = (\Phi * N) / S = (E_{\min} * K_3 * z) / \eta$$

2. Метод удельной мощности. Его суть заключается в том, что в зависимости от типа светильника и места его установки, высоты подвеса над рабочей поверхностью, освещённостью, освещённости на горизонтальной поверхности и площади помещения определяется значение удельной мощности. Значения удельной мощности для различных ламп находятся в специальных таблицах, либо определяется по формуле:

$$P_{уд} = (P_{л} * N) / S$$

Где $P_{л}$ — мощность лампы, N — число светильников, S — площадь помещения. Мощность самой лампы определяется, соответственно, по формуле:

$$P_{л} = (P_{уд} * S) / N$$

Если расчетная мощность лампы не равна стандартной мощности, то выбирается ближайшая по мощности стандартная лампа.

3. Точечный метод. По этому методу при кругло-симметричных точечных излучателях (лампы накаливания и ДРЛ) принимается, что суммарный световой поток лампы в каждом светильнике равен 1000 Лм. В данном случае освещённость светильников считается условной. Величина условной освещенности зависит от светораспределения светильника и геометрических размеров: расстояние от точки до проекции освещающего ее светильника (α) и высоты расположения светильника над уровнем освещаемой поверхности (h). Световой поток лампы в каждом светильнике определяется по формуле:

$$\Phi = (1000 \cdot E_y \cdot K_3) / (\mu \cdot \sum E_y)$$

Где μ — коэффициент, учитывающий действие удаленных светильников (примерно 1,1 — 1,2), K_3 — коэффициент запаса, $\sum E_y$ — суммарная условная освещенность в контрольной точке, E_y — условная освещённость отдельного светильника.

По полученному световому потоку выбирается лампа, поток которой должен отличаться от требуемого в пределах -10% - +20%.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Итак, для рассмотрения эффективности осветительных приборов освещения, используемых в помещении, в нашем случае комнаты класса, сначала нужно измерить освещенность этого помещения и определить, насколько оно соответствует норме. Для этого можно воспользоваться несколькими способами.

1. Практический способ, то есть измерить освещённость с помощью люксметра, который был взят из школьного оборудования. Прибор был переключён на шкалу с максимумом измерения $100 \cdot 10$ Лк. Для большей точности измерений они проводились рано утром, когда естественное освещение было минимальным.



Показания люксметра в нескольких точках класса:



Согласно этим показаниям средняя освещённость помещения класса равна примерно $(87+53+73+69+87) \cdot 10/5 = 738$ Лк, что является вполне хорошей освещённостью для класса.

Хотя измерения люксметром самые наглядные, простые и приближенные к реальности, они в любом случае будут не самыми точными, так как на его показания будет влиять естественное освещение, от которого в большинстве случаев полностью избавиться нельзя. Поэтому для их проверки стоит воспользоваться и теоретическими расчётами.

2. Методы теоретического измерения. Из всех трёх методов, представленных в теоретической части работы, наиболее подходящим в данном случае является метод коэффициента использования, так как он наиболее точный для измерения

освещения в помещениях, не имеющих перепадов высот по горизонтали. Вычислим освещённость помещения по формуле $E = (E_{\min} * K_3 * z) / \eta$ и сравним результат с показателями люксметра.

Но для произведения расчёта сначала нужно узнать значения всех нужных параметров.

а)

ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ СТЕН И ПОТОЛКА

Отражающая поверхность	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незанавешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями	10

	Коэффициент отражения, %						Коэффициент помещения i	
	70%		50%		30%			
ПОТОЛОК								
СТЕНЫ	50%	30%	50%	30%	10%			
ПОЛ	30%	10%	30%	10%	10%			
КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА	0,26	0,25	0,20	0,19	0,17	0,13	0,06	0,5
	0,3	0,28	0,24	0,23	0,2	0,16	0,08	0,6
	0,34	0,32	0,28	0,27	0,22	0,19	0,10	0,7
	0,38	0,36	0,31	0,30	0,24	0,21	0,11	0,8
	0,40	0,38	0,34	0,33	0,26	0,23	0,12	0,9
	0,43	0,41	0,37	0,35	0,28	0,25	0,13	1,0
	0,46	0,43	0,39	0,37	0,30	0,26	0,14	1,1
	0,48	0,46	0,42	0,40	0,32	0,28	0,15	1,25
	0,54	0,49	0,47	0,44	0,34	0,31	0,17	1,5
	0,57	0,52	0,51	0,47	0,36	0,33	0,18	1,75
	0,60	0,54	0,54	0,50	0,38	0,35	0,19	2,0
	0,62	0,56	0,57	0,52	0,39	0,37	0,20	2,25
	0,64	0,58	0,59	0,54	0,40	0,38	0,21	2,5
	0,68	0,60	0,63	0,57	0,42	0,40	0,22	3,0
	0,70	0,62	0,66	0,59	0,43	0,41	0,23	3,5
	0,72	0,64	0,64	0,61	0,45	0,42	0,24	4,0
0,75	0,66	0,72	0,64	0,46	0,44	0,25	5,0	

В помещении класса белый потолок, стены, покрашенные в светлую краску и пол, имитирующий поверхность дерева, по этим параметрам в первой таблице находим их коэффициент поверхностного отражения, у потолка это 70%, у стен — 30 % и у пола — 30 %.

Высота нашего класса составляет 3,1 метр, ширина — 6 метров и длина — 8 метров (для удобства не учитывая погрешность измерения), и коэффициент помещения для него равен $i = (B * A) / (h * (A + B)) = (6 * 8) / (3.1(6 + 8)) \approx 1.1$.

Таким образом по второй таблице определяем коэффициент η класса, и выясняем, что он равен 0.39.

в) K_3 для люминесцентных ламп обычно принимается за 1.5.

г) Желательная освещённость школьного класса должна составлять 400 Кд, на практике это показатель не должен быть менее 90% от данного значения, поэтому за E_{\min} возьмём $400*0.9 = 360$ Лк.

д) Так как у коэффициента z , принимающего значения от 1.1 до 1.2 небольшая погрешность, его можно принять за 1.1.

Таким образом $(\Phi*N)/S = (E*K_3*z)/\eta = (360*1.5*1.1)/0.39 \approx 1523.1$.

Хотя пользоваться таким методом вычисления удобно при отсутствии нужного оборудования, видно, что полученный результат сильно отличается от показаний люксметра, поэтому если нужно получить значения, как можно больше приближенные к реальным, такой метод вычисления не подойдёт.

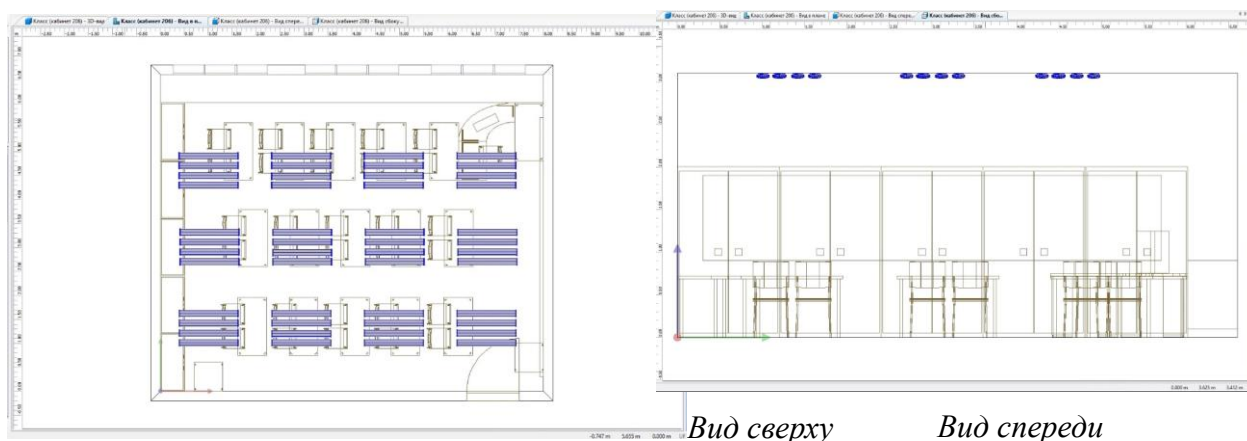
3. Специальные компьютерные программы.

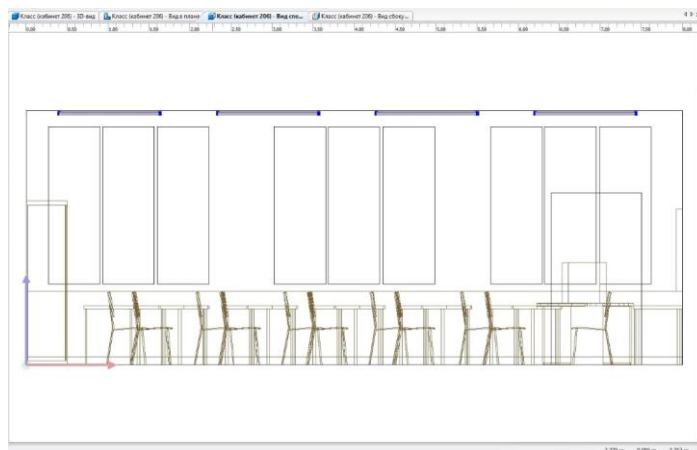
Для того, чтобы определить, какой тип светильников нужно использовать для помещения, и в каком количестве их закупать, ещё до того, как устанавливать их в нём, используются специальные программы для расчёта освещённости. В них можно сделать схематичную 3Д-модель помещения с его интерьером и расставить в нём различные светильники, и программа самостоятельно рассчитает освещённость в каждой точке помещения. Одной из таких программ является «DIALux», которая была использована в данном проекте.

Сначала нужно создать саму модель класса, и для использования подобных программам совсем необязательно заниматься профессиональным 3Д-моделированием, так как в ней уже хранятся модели стандартной мебели и стандартных геометрических фигур, которыми можно заменить некоторые недостающие объекты, и размер которых очень легко регулируется. Также, если это необходимо, настроить коэффициенты отражения для предметов интерьера и стен, пола и потолка помещения,. Затем нужно встроить в модель нужные светильники, которых в DIALux установлено по умолчанию довольно много, но в случае, если нужной модели в ней не окажется, её файлы можно скачать из Интернета на сайтах

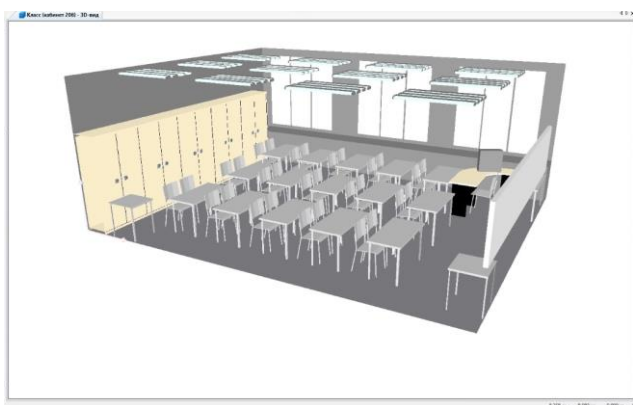
с каталогами светильников. Эти файлы имеют разрешение «.ies» и хранят в себе фотометрические данные светильника, например, его мощность, световой поток и размеры, и с помощью которых программа может воссоздать освещение светильника как свет, падающий на 3Д-объекты.

Здесь представлена модель кабинета, в которую были встроены люминесцентные светильники ЛПО 01-2*36, использующиеся в нём.





Вид сбоку

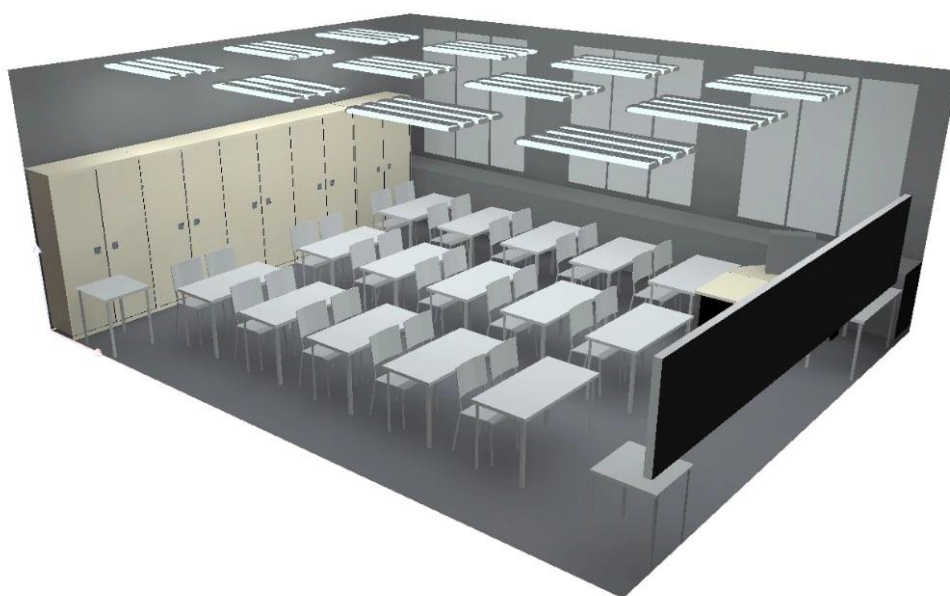


3D-вид, ракурс №1



3D-вид, ракурс №2

После того, как модель будет готова, пользователь может дать программе команду обработать её, и модель приобретёт подобный вид:



И тогда в нижней строке, где показываются координаты курсора мыши, также появятся данные об освещённости точки поверхности, на которую будет наведён курсор.

0.00 lx	0.00 cd/m ²	9.073 m	3.853 m	0.000 m
---------	------------------------	---------	---------	---------

По показаниям в нескольких точках, находящихся на поверхностях письменных столов вычислим среднюю освещённость класса.

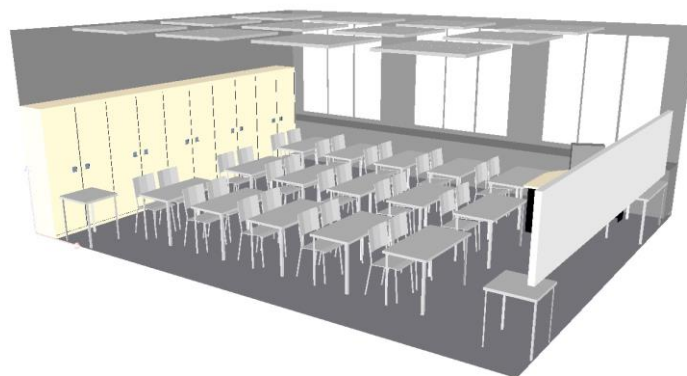
2168.72 lx	2684.40 lx	2075.33 lx	2109.83 lx	2239.09 lx
------------	------------	------------	------------	------------

$$E_{\text{ср}} = (2168.72 + 2684.4 + 2075.33 + 2109.83 + 2239.09) / 5 \approx 2251.87 \text{ Лк.}$$

Программа делает очень точные вычисления, но только если принимать светильники в помещении за новые. Сравнив их с результатами ручного расчёта, можно сделать вывод, что в нашем случае их результаты не совпадают, так как электрические лампы со временем теряют яркость, но если бы измерения проводились с новыми светильниками, они бы были более схожими.

Хотя средняя освещённость класса с люминесцентными лампами соответствует нормам освещенности, у нас есть возможность найти более лучший вариант для освещения класса. Например, заменить все лампы на светодиодные. В отличие от люминесцентных, они имеют гораздо большее качество света, экономнее потребляют электроэнергию и меньше теряют яркость с течением времени, поэтому заменять их нужно реже. Кроме того, светодиоды при меньшей мощности, чем у люминесцентных светильников, имеют больший световой поток, и соответственно светят ярче.

Для примера возьмём светодиодные лампы ОФИС LE-CBO-03-040-0499-20Д, которые также иногда используются для освещения школьных кабинетов и произведём для них тот же расчёт.



3D-вид со светодиодными лампами до обработки



3D-вид со светодиодными лампами после обработки

2453.25 lx	2565.17 lx	2192.56 lx	2559.08 lx	2600.35 lx
------------	------------	------------	------------	------------

$$E_{\text{ср}} = (2453.25 + 2565.17 + 2192.56 + 2559.08 + 2600.35) / 5 \approx 2475.08 \text{ Лк.}$$

В то время как ЛПО 01-2*36 имеют мощность 36 Вт, ОФИС LE-CBO-03-040-0499-20Д всего 33 Вт, таким образом их мощность ниже на $((36/33) - 1) * 100\% \approx 9\%$, но при этом освещённость помещения с ними больше на $((2475.08/2251.87) - 1) * 100\% \approx 10\%$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были проведены измерения освещённости школьного кабинета, а также найдена более хорошая альтернатива светильникам, установленным в нём. Светодиодные лампы оказались гораздо экономнее в потреблении энергии и вместе с этим эффективнее, поэтому в качестве рекомендации для улучшения освещённости и условий зрительной работы в кабинете, можно предложить заменить люминесцентные лампы на светодиодные, а в случае, если рассматриваемые в проекте светодиодные лампы не подойдут для установки, можно будет воспользоваться программой, представленной в проекте, и найти другие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://tokidet.ru/bazovye-znaniya/kto-izobrel-lampochku-nakalivanija.html> — Список изобретателей лампочки.
2. <https://elektrik-a.su/osveshhenie/obshhaya-chast/raschet-osveshheniya-335> — сравнение методов измерения освещённости помещения.
3. <https://ksosvet.ru/blog/preimushchestva-svetodiodnyh-svetilnikov-sravnenie-s-lyuminescentnymi> - преимущества светодиодных ламп над люминесцентными.
4. <https://ortait.ru/raschet-obshchego-osveshcheniya-obshchee-osveshchenie-bzhd-kak-rasschitat-primer/> - классификация искусственного освещения, условия зрительной работы и расчёт общего освещения.
5. <https://sovet-ingenera.com/elektrika/svetylnik/cvetovaya-temperatura.html#i> — цветовая температура ламп.
6. <https://svetilnik.info/osveshhenie-v-kvartire/kak-rasschitat-skolko-lyumenov-nuzhno-na-kvadratnyj-metr-v-kvartire-ili-drugom-pomeshhenii.html> — нормы освещения для разных комнат в жилом доме.
7. <https://te4h.ru/istoriya-elektricheskogo-osveshheniya> — История электрического освещения.