

Сопоставительный анализ проектных решений освещения школы осветительными приборами разных российских производителей

С.А. Амелькина, А.М. Суленкова

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарёва, Саранск*

Аннотация: Проведен сопоставительный анализ равных осветительных условий школьных помещений на основе проектных решений осветительными приборами трех российских производителей светильников. Все проекты выполнены с использованием осветительных приборов на основе рекомендаций этих производителей по использованию их номенклатуры светильников для освещения различных школьных помещений. Проектирование выполнено с помощью программы DIALux. Каждый из трех производителей широко известен специалистам и зарекомендовал себя надежным производителем отечественной светотехнической продукции, готов предложить полный спектр светильников для различных школьных помещений. Проведенное технико-экономическое сравнение полных приведенных затрат на все осветительные установки (на примере одной целой школы) позволило провести сопоставительный анализ и определить наиболее выгодные варианты. Проведен анализ современного состояния российского рынка осветительных приборов, рекомендуемых производителями для освещения классов, рассмотрены их характеристики, дана оценка их соответствия актуальным требованиям энергоэффективности. Сделаны выводы и прогнозы по дальнейшему развитию осветительного оборудования со светодиодами для освещения классных комнат, основанные на необходимости постоянного совершенствования современной номенклатуры осветительных приборов с точки зрения их энергоэффективности и конкурентоспособности.

Ключевые слова: технико-экономическое сопоставление, метод приведенных затрат, сопоставительный анализ, освещение школьных помещений, осветительный прибор, моделирование освещения, энергоэффективность.

Введение. Недостаток естественного света обязательно компенсируется искусственным освещением, которое должно соответствовать нормам и правилам проектирования, а также быть комфортным для педагогов и учащихся [1-2] (СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – Взамен СНиП 23-05-95; введ. 08-05-2017. Минстрой России, 2021).

Недостаточные условия освещения в значительной степени способствуют развитию близорукости у подростков. По данным [2], 25% школьников к завершению школы имеют нарушения зрения. Доказано, что искусственное освещение оказывает влияние как на физическое, так и на психическое здоровье

человека, поэтому и проводилось и продолжается немало исследований по внедрению светодиодного освещения в учебных классах [3-5].

Новые технологии продолжают внедряться в осветительные установки (ОУ) школ и дают возможность эффективного использования электроэнергии за счет внедрения различных систем управления освещением [6-8].

Сегодня в России по национальному проекту «Образование» идёт масштабная программа по строительству школ и реконструкциям действующих и требующих капитального ремонта. Всего на финансирование программы строительства новых школ направлено около 750 млрд рублей (в неё входят 454 млрд из федерального бюджета). Всего планируется построить 1300 учебных заведений, в которых будет более 1 млн мест. Наряду со строительством новых школ планом предусмотрена реализация до конца 2026 г. программы капитального ремонта и технического обновления действующих общеобразовательных учебных заведений: в неё войдут 7300 зданий. В современных школах предусматривается оборудование компьютерных классов современной вычислительной техникой и широкое применение светодиодного освещения, согласно планам энергосбережения [7].

Хочется отметить, что введенные изменения в СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 (№ 1 и 2) сняли запрет на использование светодиодов даже в лечебных и дошкольных учреждениях и повысили требования по ряду качественных показателей условий освещения. Так среди качественных параметров условий освещения классов и учебных аудиторий на которые следует обратить внимание, это требования по общему индексу цветопередачи (R_a). Он повышен до 90, коэффициент пульсации не более 10%, равномерность освещенности не менее 0,6, объединенный показатель дискомфорта UGR не более 19. Современный рынок светодиодных осветительных приборов быстро адаптируется к растущим нормативным требованиям и готов предложить ОП, удовлетворяющие всем

требованиям, включая новые рекомендации по коррелированной цветовой температуре, не превышающей 4000 К, неравномерности яркости выходного отверстия не более чем 5:1, габаритной яркости не более 5000 кд/м².

Основная часть. После проведенного анализа рынка российских производителей осветительных приборов (ОП), были выбраны три компании, которые предлагают полный спектр осветительных приборов для общеобразовательных учреждений: МГК «Световые технологии» [9], ООО ТПК «VARTON» [10] и АО «Ардатовский светотехнический завод» [11]. Эти компании конкурируют на рынке, активно следят за новыми тенденциями и выстраивают свою работу по совершенствованию, опираясь на изменения в нормативных документах. Среди предлагаемой компаниями номенклатуры были выбраны наиболее бюджетные варианты, но в то же время отвечающие всем актуальным требованиям. Основные электрические, световые и другие технические характеристики разных типов ОП, сгруппированных по назначению от трех производителей, приведены в таблицах 1-3. Для проведения технико-экономических расчетов указаны цены от производителей (были использованы доступные прайс-листы компаний на май 2024 года).

Исследование номенклатуры показало, что все три производителя готовы предложить полный спектр ОП, который позволит разработать проекты освещения всех школьных помещений с использованием светильников одной компании, что является выгодным с точки зрения менеджмента и логистики проекта. Был проведен выбор соответствующих функционалу ОП и разработаны светотехнические проекты, каждый из которых полностью удовлетворяет как количественным, так и качественным параметрам условий освещения.

Для проектирования был выбран проект реконструируемой школы, расположенной в г. Саранске. Проект здания школы – типовой, рассчитан на 1100 человек. По чертежам, представленным в dwg форматах, были созданы 3D-модели

всех четырех этажей здания в программе DIALux. Для сравнения на рис. 1 представлено распределение освещенности в виде фиктивных цветов для первого этажа школы при использовании ОП всех трех компаний. Полное сопоставление как по количественным параметрам (E_{cp}), так и по качественным (равномерность освещенности, UGR, R_a) проведено было по всем функционально разным помещениям. Каждый проект в целях энергоэффективности по контролю освещенности не превышал нормируемого значения более чем на 20 %. Именно такой подход по созданию равных осветительных условий позволил провести технико-экономическое сопоставление по минимуму годовых приведенных затрат. Метод является известным [12] и расчет был проведен с учетом оценочных расчетов. Во всех трех проектах были соблюдены одинаковые условия по времени эксплуатации, тарифу на электроэнергию, стоимости монтажа ОП.

Результаты. В результате проектных решений для освещения школы было использовано (разных по номенклатуре) в общем количестве ОП: ООО ТПК «VARTON» – 941 шт, АО «АСТЗ» – 926 шт, МГК «Световые Технологии» – 919 шт; по суммарной мощности СП: АО «АСТЗ» – 37 783,4 Вт, МГК «Световые Технологии» – 33 448 Вт, ООО ТПК «VARTON» – 32 012 Вт; по удельной установленной мощности: АО «АСТЗ» – 27,9 Вт/м², МГК «Световые Технологии» – 25,13 Вт/м², ООО ТПК «VARTON» – 23,74 Вт/м².

Для расчета экономической эффективности разработанных проектов освещения, определены полные капитальные затраты, годовые эксплуатационные расходы без учёта электротехнической части и полные приведённые годовые затраты.

Для компании АО «АСТЗ» были просчитаны два варианта, во втором варианте проекта освещения светильники заменены с ДПО12-30-003 Universal Soft 940 на ДПО12-25-003 Universal Opal 940 и ДПО12-45-003 Universal Soft 940 на



ДПО12-38-003 Universal Opal 940 (количество их осталось неизменным), остальные СП остались без изменения.

Таблица №1

Осветительные приборы со светодиодами, рекомендуемые производителями для освещения классов

Изготовитель	Осветительный прибор	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	T _{цв} , К	R _a	Cos φ	IP	Цена, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «АСТЗ»	ДПО12 Universal Opal	18	1989	111	4000	90	0,95	20	6658
		27	2983	111	4000	90	0,95	20	8443
		31	3461	112	4000	90	0,95	20	8443
		36	3978	111	4000	90	0,95	20	9290
		45	4972	111	4000	90	0,95	20	11846
		54	5967	111	4000	90	0,95	20	14360
		72	7956	111	4000	90	0,95	20	22030
	ДПО12 Universal Soft	18	1744	100	4000	90	0,95	20	11616
		34	3152	93	4000	90	0,95	20	9982
		45	4114	93	4000	90	0,95	20	11817
		58	5433	94	4000	90	0,95	20	22755
	ДПО52 Optimus	19	1997	110	4000	90	0,96	20	6829
		37	3995	107	4000	90	0,96	20	8391
		56	6098	108	4000	90	0,96	20	13553
	ДПО02 Line	20	1663	83	4000	90	0,98	20	10632
		40	3325	83	4000	90	0,98	20	15152
		50	4156	83	4000	90	0,98	20	18310
		80	6664	83	4000	90	0,98	20	30442

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МГК «Световые Технологии»	OPL/R ECO LED	18	1800	100	4000	90	0,95	20	22455
		32	3200	100	4000	90	0,95	20	22455
		64	6400	100	4000	90	0,95	20	31430
	OPTIMA.OP L ECO LED	18	1800	100	4000	90	0,95	20	7199
		32	3400	106	4000	90	0,95	20	8257
		54	6000	111	4000	90	0,95	20	17903
		64	7200	113	4000	90	0,95	20	13661
	SLIM LED	32	3400	106	4000	90	0,95	20	9034
40		4000	100	4000	80	0,95	20	4475	
ООО ТПК «VARTON»	E070 2.0	30	3600	120	4000	90	0,95	40	7878
		35	4200	120	4000	90	0,95	40	7878
		42	5040	120	4000	90	0,95	40	8799
	E350 2.0	30	3600	120	4000	90	0,95	40	6291
		42	5040	120	4000	90	0,95	40	7365
	E300 2.0	50	4300	86	4000	90	0,95	40	19800

Таблица №2

Осветительные приборы со светодиодами, рекомендуемые производителями для освещения школьных досок

Изготовитель	Осветительный прибор	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	T _{цв} , К	R _a	Cos φ	IP	Цена, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «АСТЗ»	ДБО43 Pioneer	19	1682	88	4000	90	0,95	20	7205
		38	3379	89	4000	90	0,95	20	10135
		52	4657	88	4000	90	0,95	20	13238
	ДБО46 Class	19	1603	113	4000	90	0,98	20	7510
		38	3084	98	4000	90	0,98	20	11289

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МГК «Световые Технологии»	ASM LED SCHOOL	18	1600	89	4000	90	0,95	20	8271
		24	2200	92	4000	90	0,95	20	11178
ООО ТПК «VARTON»	E220	18	1890	105	4000	90	0,95	40	7163
		25	2625	105	4000	90	0,95	40	7766
	E420	18	1890	105	4000	90	0,95	40	8339
		25	2625	105	4000	90	0,95	40	9928

Таблица №3

Осветительные приборы со светодиодами, рекомендуемые производителями для освещения спортивных залов

Изготовитель	Осветительный прибор	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	T _{цв} , К	R _a	Cos φ	IP	Цена, руб.
АО «АСТЗ»	ДСП47 Arsenal Sport	77	10201	132	4000	90	0,95	65	26079
		104	13668	132	4000	90	0,95	65	38176
		138	18223	132	4000	90	0,95	65	50395
МГК «Световые Технологии»	OLYMPIC LED	72	7600	106	4000	90	0,98	20	19494
		150	16000	107	4000	90	0,99	20	40009
	OLYMPIC LED MARINE	72	8000	111	4000	80	0,98	20	18558
		150	16600	111	4000	80	0,99	20	35443
ООО ТПК «VARTON»	S070 2.0	30	3600	120	4000	90	0,95	40	6737
		42	5040	120	4000	90	0,95	40	7762
	S170 2.0	16	1680	105	4000	90	0,95	40	5273
		16	1760	110	4000	90	0,95	40	5273

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	S270 2.0	30	3450	115	4000	90	0,95	40	6737
		42	4830	115	4000	90	0,95	40	7762
		60	6900	115	4000	90	0,95	40	9398
		70	8050	115	4000	90	0,95	40	10216
		75	8625	115	4000	90	0,95	40	11882

В таблице 4 приведены результаты расчетов, отражающие капитальные затраты на ОУ школы у трех отечественных производителей, стоимость годовых эксплуатационных расходов и годовые приведенные затраты.

Проведенный анализ свидетельствует, что наибольшие капитальные затраты были у производителя АО «АСТЗ» (1 вариант), т.е. на светильниках серии ДПО12 Universal Soft, наименьшие затраты были у производителя ООО ТПК «VARTON».

Наибольшие эксплуатационные затраты были у производителя МГК «Световые Технологии», а наименьшие у производителя ООО ТПК «VARTON».

Таблица № 4

Результаты технико-экономического сопоставления сравниваемых вариантов

Расчетные показатели	Отечественные производители ОП			
	АО «АСТЗ» (1 вариант)	АО «АСТЗ» (2 вариант)	МГК «Световые Технологии»	ООО ТПК «VARTON»
Капитальные расходы, руб.	10 493 170	8 790 561	7 886 011	10 394 432
Годовые эксплуатационные расходы, руб.	1 455 562	1 221 966	1 491 113	1 132 794
Полные годовые приведенные затраты, руб.	3 029 537	2 540 551	3 050 278	2 315 696

Наибольшие годовые приведенные затраты оказались у производителя МГК «Световые Технологии», а наименьшие ООО ТПК «VARTON».

Заключение. Такой оказалась ситуация в ценах весны 2024 года. Проведенные проектные исследования и технико-экономические расчеты дают наиболее полную картину, характеризующую ситуацию на рынке осветительной техники для освещения школ.

В настоящее время целесообразным для заказчиков является не только светотехнический расчет, но и технико-экономическое сопоставление ОУ, что будет способствовать дальнейшей конкурентоспособности рынка. Компании в таких условиях продолжают честную борьбу за качественную и рыночно-конкурентную светотехническую продукцию, удовлетворяющую всем нормативным требованиям, постоянно внедряя новые технологии, повышая энергоэффективность и улучшая эстетические качества ОП.

Литература

1. Черникова Е.Ф., Потапова И.А., Касюгина М.И. О роли качественной школьной световой среды // Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения, 2019. С. 437-444.
2. Ключник Д.А, Зайретдинов М.А., Скопа П.А., Резенко В.В., Гнип В.И. Обеспечение оптимальной освещенности в образовательных учреждениях // Science and education: problems and innovations, 2021. С. 28-31.
3. Кучма В. Р., Текшева Л. М., Сухарева Л. М., Надеждин Д.С., Степанова М. И., Звездина И. В., Жильцова Е.Ю. Гигиенические основы использования светодиодов в системах искусственного освещения // Научный центр здоровья детей РАМН, 2013. 246 с.
4. Amelkina S.A., Zheleznikova O.E., Sinitsyna L.V. On the efficiency of lighting by leds in visual work Light & Engineering. 2019. V. 27. № 6. P. 41-48.

5. Дейнего В., Капцов В., Гордиенко В. Десять лет школьному светодиодному освещению. Часть 1. // Полупроводниковая светотехника, 2021. С. 22-28.

6. Капцов В.А., Дейнего В.Н. Светодиодные источники света с солнцеподобным спектром излучения для детских учреждений// Гигиена и санитария. 2024, №3, С.273-282.

7. Amelkina S.A., Duplenkova K.A. Justification lighting control system using in the classes on the basis of lighting scene simulation Light & Engineering. 2021. V. 29. № 3. pp. 26-36.

8. Cheng R. Classroom lighting energy-saving control system based on machine vision technology. Light & Engineering, 2018. V.26, № 4, pp. 143-149.

9. Комплексные решения по освещению образовательных учреждений // Световые Технологии. URL: apibeta.ltcompany.com/upload/uf/e7c/rhsbr4108liihpdsxr9p876nhxjuubk6.pdf.

10. Светильники для школ // VARTON PRO: URL: var-ton-pro.ru/katalog/svetilniki-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/

11. Освещение в образовательных учреждениях: Светильники и СУО АСТЗ // Ардатовский светотехнический завод: URL: astz.ru/upload/iblock/ccb/yt75f7k5nzcmcn41r89madcbirpxe3hw/ASTZ_school_23.pdf

12. Амелькина С. А. Энергоэффективность в освещении: Учебное пособие. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та., 2007. 54 с.

References

1. Chernikova E.F., Potapova I.A., Kasjugina M.I. Fundamental'nye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'ju naselenija, 2019. pp. 437-444.

2. Kljushnik D.A, Zajretdinov M.A., Skopa P.A., Rezenko V.V., Gnip V.I. Science and education: problems and innovations, 2021. pp. 28-31.

3. Kuchma V. R., Teksheva L. M., Suhareva L. M., Nadezhdin D.S., Stepanova M. I., Zvezdina I. V., Zhil'cova E.Ju. Nauchnyj centr zdorov'ja detej RAMN, 2013. 246 p.

4. Amelkina S.A., Zheleznikova O.E., Sinitsyna L.V. On the efficiency of lighting by leds in visual work Light & Engineering. 2019. V. 27. № 6. P. 41-48.

5. Dejnego V.N, Kapcov V., Gordienko V. Poluprovodnikovaja svetotehnika, 2021. pp. 22-28.

6. Kapcov V.A., Dejnego V.N. Gigiena i sanitarija. 2024, №3, pp.273-282.

7. Amelkina S.A., Duplenkova K.A. Light & Engineering. 2021. V. 29. № 3. pp. 26-36.

8. Cheng R. Classroom lighting energy-saving control system based on machine vision technology. Light & Engineering, 2018. V.26, № 4, pp. 143-149.

9. Kompleksnye reshenija po osveshheniju obrazovatel'nyh uchrezhdenij. [Comprehensive lighting solutions for educational institutions]. URL: apibeta.ltcompany.com/upload/uf/e7c/rhsbr4108liihpdsxr9p876nhxjuu6k6.pdf

10. Svetil'niki dlja shkol [Lamps for schools]. URL: var-ton-pro.ru/katalog/svetilniki-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/

11. Osveshhenie v obrazovatel'nyh uchrezhdenijah: Svetil'niki i SUO ASTZ [Lighting in educational institutions: Lamps and SUO ASTZ]: URL: astz.ru/upload/iblock/ccb/yt75f7k5nzcmcn41r89madcbirpxe3hw/ASTZ_school_23.pdf

12. Amelkina S. A. Jenergojeffektivnost' v osveshhenii [Energy efficient in lighting]: Uchebnoe posobie. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta., 2007. 54 p.

Дата поступления: 1.06.2024

Дата публикации: 25.07.2024