

С.А. Зайцев, А.С. Зайцева

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Зайцев Сергей Александрович, магистрант, окончил физико-технический факультет Ульяновского государственного университета. Начальник бригады ОАО «УКБП». [sergei_zaycev@mail.ru].

Зайцева Александра Сергеевна, магистрант, окончила радиотехнический факультет Ульяновского государственного технического университета. Инженер ОАО «УКБП». [aleksa_kopylova@mail.ru].

Аннотация

В данной статье рассмотрены варианты использования применения средств программного моделирования в программном продукте TracePro светотехнического оборудования: светильников, светопроводов, световодов подсвета ЖК-индикаторов.

Ключевые слова: светотехника, расчет, моделирование.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется качеству эргономического климата кабины экипажа летательного аппарата. Одним из важных факторов создания благоприятного микроклимата является применение светотехнического оборудования с правильными светотехническими характеристиками. К ним относят такие параметры, как яркость, освещенность и их равномерности, координаты цветности. Для получения изделий, соответствующих техническому заданию заказчика, необходимо произвести точный расчет и моделирование еще на стадии разработки. Задачами этой статьи являются рассмотрение возможности применения светотехнического моделирования в программном обеспечении TracePro и определение уровня соответствия полученных данных результату измерения изготовленных образцов светотехнического оборудования.

Создание модели источника света

Разработка светотехнического изделия начинается с создания модели, которая должна как можно более точно соответствовать параметрам будущего изделия. Для этого необходимо разработать 3D-модель, создать базу данных оптических свойств применяемых материалов и покрытий.

В программном обеспечении TracePro есть возможность задания оптических свойств материалов и покрытий поверхностей объекта. Это облегчает разработку, так как позволяет использовать для оптической модели детали оптические свойства материала и присваивать отдельным ее поверхностям оптические свойства покрытий, не создавая при этом отдельных объектов.

Также необходимо создать модель применяемого источника света в соответствии с реальными размерами, световым потоком, распределением светового потока, спектральными характеристиками излучаемого им света.

В программе светотехнического моделирования TracePro имеется возможность создания источников излучения света в интерактивном режиме. Для примера разберем создание модели источника света для светодиода LW M67C Osram. Для этого необходимо скачать Datasheet с официального сайта разработчика Osram [1], запустить утилиту Surface Source Property Generator. Далее необходимо скопировать распределение силы света из Datasheet светодиода и вставить в окно утилиты. Затем с помощью мыши создать кривую, повторяющую диаграмму распределения силы света (рис. 1).



Рис. 1. Кривая силы света

Для создания диаграммы спектра излучения следует провести аналогичную процедуру. Необходимо скопировать диаграмму спектра излучения из Datasheet и вставить в окно Wavelengths editor утилиты. Затем, нажимая на клавиши мыши, создать кривую, повторяющую диаграмму спектра излучения (рис. 2), и произвести экспорт в указанный каталог оптических свойств источников света.

Данная утилита позволяет за малый промежуток времени создать оптическую модель источника света без больших трудозатрат.

Сравнение результатов моделирования и измерений для кривой силы света и освещенности, создаваемой светильником

Для проверки точности соответствия данных моделирования результатам измерений оптических параметров конечного изделия проверим кривую распределения силы света и освещенность, создаваемую светильником СЗС-7.

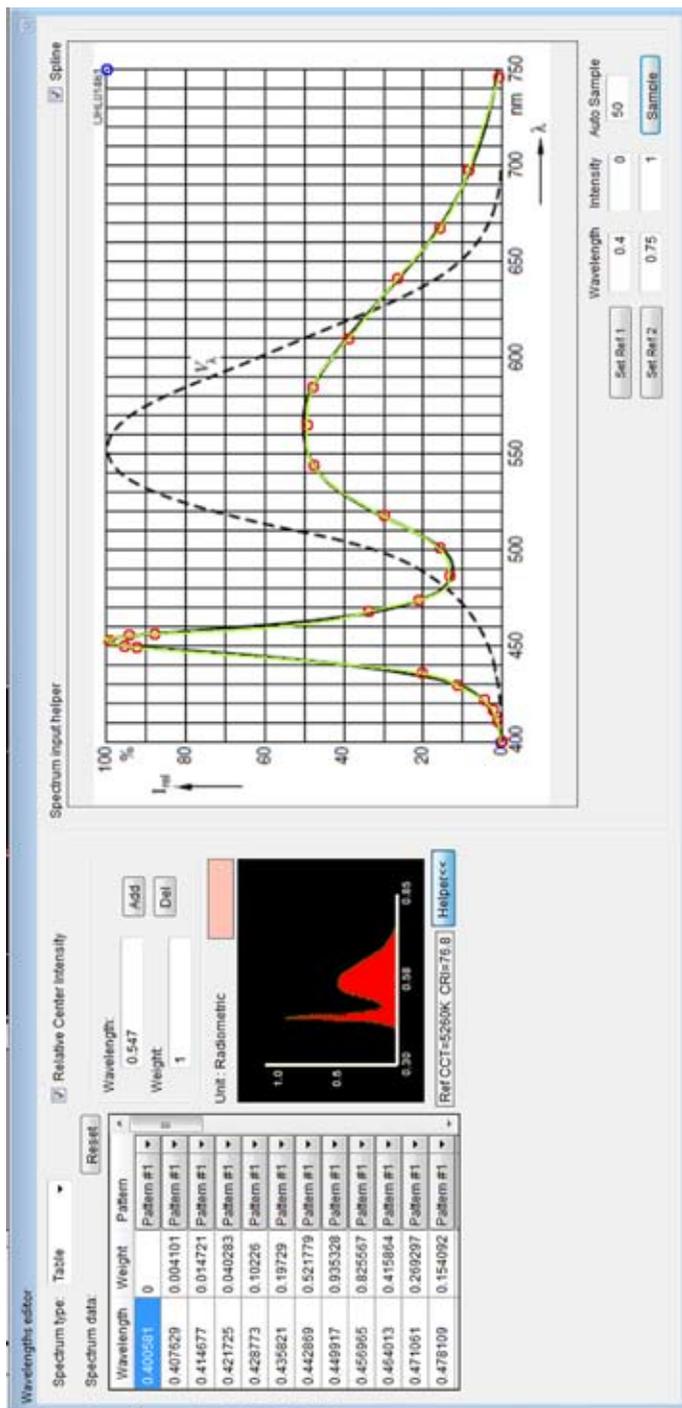


Рис. 2. Диаграмма спектра излучения

Таким образом была создана оптическая модель светильника СЗС-7 и проведены измерения распределения силы света готового образца. Результаты приведены на рисунке 3.

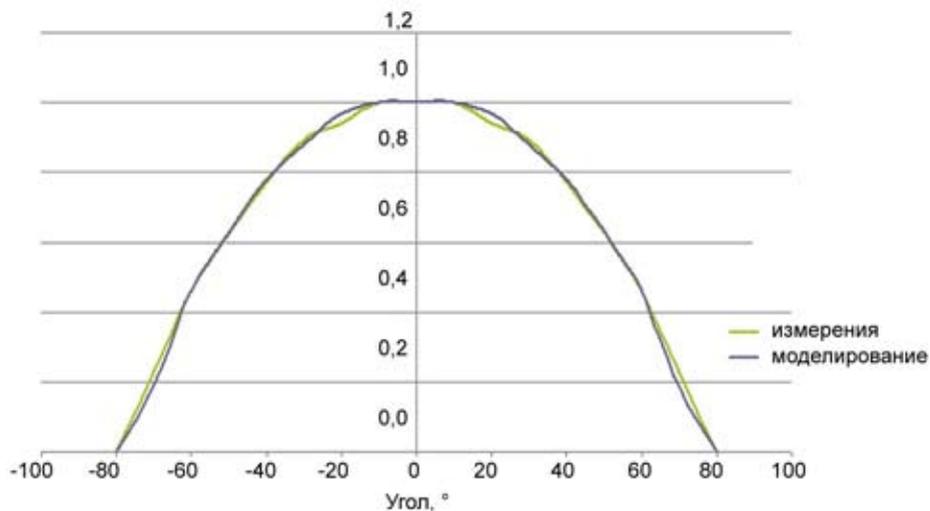


Рис. 3. Кривые распределения силы света

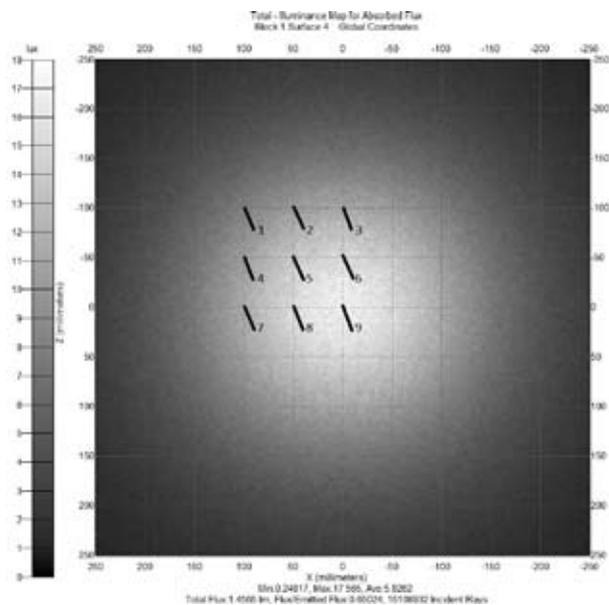


Рис. 4. Модель освещенности экрана, создаваемой светильником СЗС-7

Как видно из рисунка 3, мы имеем достаточно точное соответствие данных моделирования с измеренными параметрами изготовленного светильника.

По требованию технического задания освещенность, создаваемая светильником СЗС-7 с расстояния 200 мм на площади 200 x 200 мм, должна быть не менее 10 люкс и иметь равномерность не менее чем 1:3. На рисунке 4 приведена смоделированная освещенность экрана, удаленного на расстояние 200 мм.

Сравнение результатов освещенности, полученных при моделировании и измерении изготовленного светильника, приведено в таблице 1. Так как светильник симметричный, приведены данные только первого квадранта.

Таблица 1

Сравнение результатов моделирования и измерения освещенности

Номер точки освещаемого экрана (в соответствии с нумерацией, указанной на рисунке 2)	Освещенность, полученная по результатам измерений светильника, лк	Освещенность, полученная по результатам моделирования, лк	Соотношение результатов моделирования с результатами измерений
1	14,0	13,8	1,01
2	15,8	15,6	1,01
3	17,0	16,8	1,01
4	15,5	16,2	0,96
5	21,0	20,1	1,04
6	23,9	23,3	1,03
7	16,9	16,8	1,01
8	22,7	21,9	1,04
9	24,0	23,7	1,01
Равномерность	1:1,7	1:1,7	–

Полученные нами результаты измерений и моделирования очень близки. Необходимо отметить, что такой хороший результат можно получить только в том случае, если предварительно измерить световой поток применяемых светодиодов, так как в зависимости от партии он может существенно отличаться.

Моделирование светопровода подсвета лицевой поверхности пульта

При изготовлении светопроводов необходимо, чтобы яркость подсвета находилась в диапазоне от 1,7 до 5,1 кд/м² при равномерности не менее чем 1:3.

Перед началом моделирования была создана модель светодиода LWM 67C Osram. Подсвет светопровода будет реализован с помощью светодиодов прямого типа свечения LW M67C Osram и конусных отражателей. После создания 3D-модели светопровода в программе SolidEdge импортируем ее в TracePro. Присваиваем модели оптические свойства материалов и поверхностей, расставляем светодиоды. После каждого изменения оптической модели светопровода производим новый расчет трассировки лучей, добиваясь равномерного освещения подсвета светопровода. Конечный результат моделирования приведен на рисунке 5 б).

По результатам моделирования было изготовлено 3 образца светопровода. Сравнение результатов измерений яркости трех образцов в точках, указанных на рисунке 5 а), и моделирования приведено в таблице 2.

Таким образом, можно сделать выводы, что результаты моделирования соответствуют измерениям подсвета изготовленных образцов светопровода.

Сравнение результатов моделирования и измерения яркости

Параметр	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Результаты моделирования	Соотношение результатов моделирования с результатами измерений		
					образец № 1	образец № 2	образец № 3
Яркость точки 1, кд/м ²	1,8	1,9	2,0	2,0	0,90	0,95	1,00
Яркость точки 2, кд/м ²	2,2	2,4	2,6	2,4	0,92	1,00	1,08
Яркость точки 3, кд/м ²	2,2	2,0	2,5	2,2	1,00	0,91	1,14
Яркость точки 4, кд/м ²	3,2	2,9	3,5	3,0	1,07	0,97	1,17
Яркость точки 5, кд/м ²	2,4	2,4	2,3	2,5	0,96	0,96	0,92
Яркость точки 6, кд/м ²	3,3	3,1	3,5	3,4	0,97	0,91	1,03
Яркость точки 7, кд/м ²	2,8	3,0	2,8	3,1	0,93	0,97	0,90
Равномерность	1:1,8	1:1,6	1:1,8	1:1,7	–		

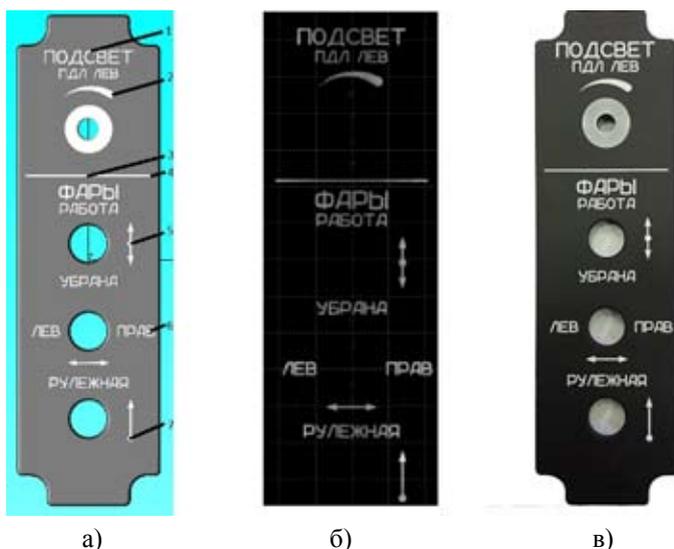


Рис. 5. а) 3D-модель светопровода; б) светотехническая модель освещенности в программе TracPro; в) изготовленный образец светопровода

Моделирование световодов подсветки ЖК-панелей

Для подсветки ЖК-панелей применяются световоды, в торец которых светят светодиоды. Проблемой при изготовлении световодов является обеспечение равномерной подсветки ЖК-панели по всей площади экрана. Для достижения этого применяют метод нанесения на световоды специальных отверстий. Высокая и равномерная яркость экрана обеспечивается оптимальным выбором параметров рассеивающей микроструктуры. В осветительных системах, использующих торцевую подсветку, микроструктура наносится на поверхность световода, и требуемое распределение яркости на экране обеспечивается правильным выбором параметров формы отдельных микроэлементов и параметров их распределения, например, размера, ориентации или плотности распределения [2]. Пример такой микроструктуры приведен на рисунке 6.



Рис. 6. Микроструктура световода, состоящая из отверстий прямоугольной формы

Программа TracePro имеет функцию «RepTile», позволяющую придать поверхностям оптические характеристики поверхности, образованной повторяющимися элементами различной формы [3]. С помощью этой функции можно быстро создавать световоды с различными формами и параметрами распределения рассеивающей микроструктуры.

В процессе моделирования было обработано несколько вариантов микроструктуры световода и выбран тот, который обеспечивает наилучшую равномерность яркости ЖК-панели. На рисунке 7 приведен первоначальный вариант расчета равномерности яркости световода, белой рамкой выделена его оптическая зона.

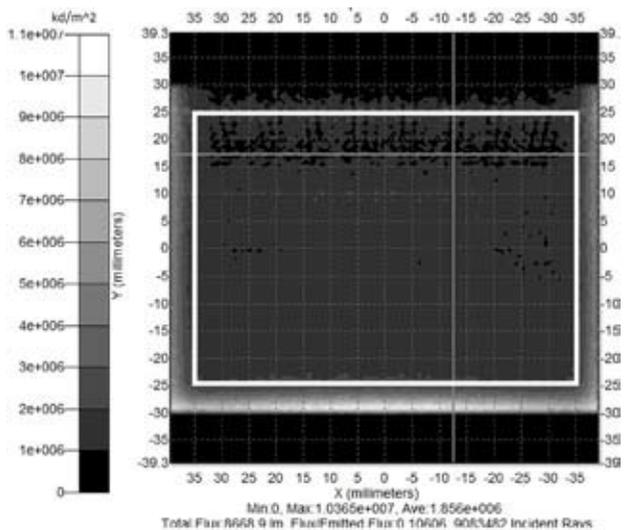


Рис. 7. Подсвет световода до подбора оптимальной рассеивающей микроструктуры

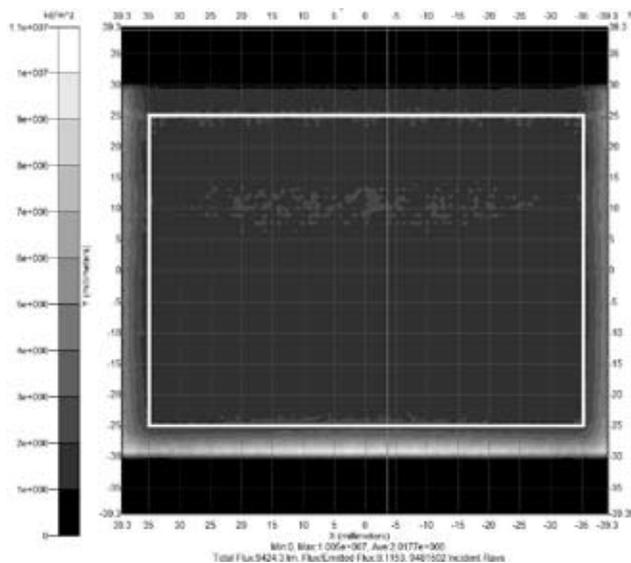


Рис. 8. Подсвет световода после подбора оптимальной рассеивающей микроструктуры

На рисунке 8 приведен окончательный вариант расчета равномерности яркости световода, белой рамкой выделена его оптическая зона.

На приведенном примере мы получили равномерность яркости световода не менее 1:1,16.

Выводы

Проведя моделирование светотехнических изделий в программе TracePro, мы получили значения, которые подтвердились измерениями изготовленных образцов. Отклонение результатов измерений от расчетов для освещенности составило $\pm 4\%$, а для яркости – $\pm 17\%$. Таким образом, мы подтвердили возможность применения светотехнического моделирования в программном обеспечении TracePro. Качество результатов моделирования зависит от того, насколько точно геометрия 3D-модели, а также задаваемые при моделировании оптические свойства материалов, покрытий и источников света соответствуют реальным применяемым матери-

лам. Использование программы светотехнических расчетов TracePro позволяет создавать светотехнические изделия высокого качества, выявлять и устранять ошибки еще на стадии разработки до изготовления готового изделия. Таким образом, становится возможным проектировать светотехнические изделия сложной конструкции в течение небольшого периода времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://catalog.osram-os.com>.
2. Автоматическое проектирование осветительных систем жидкокристаллических дисплеев / А.А. Гарбуль [и др.] // Труды IX международной конференции «ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА-2010», 18–22 октября 2010 г., Санкт-Петербург. – С. 254–258.
3. Светотехнический анализ и проектирование (TracePro, ReflectorCAD) / А.А. Алямовский [и др.] // SolidWorks компьютерное моделирование в инженерной практике, «БХВ-Петербург». – 2005, Санкт-Петербург. – С. 542–771.