



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. УлГУ. Электрон. журн. 2021, № 1, с.30-36.

Поступила: 14.05.2021

Окончательный вариант: 14.05.2021

© УлГУ

УДК 628.9

Расчет и проектирование авиационного маяка в соответствии с авиационными нормами

Калинин И. А.^{1,2*}, Павлов П. Ю.¹

[*heppi_1977@mail.ru](mailto:heppi_1977@mail.ru)

¹УлГУ, Ульяновск, Россия

²АО «УКБП», Ульяновск, Россия

В статье рассматривается проектирование авиационного маяка, удовлетворяющего требованиям авиационных правил АП-25, и проверка полученных результатов в системе автоматизированного проектирования TracePro.

Ключевые слова: проектирование, авиационные правила, TracePro, светотехнические изделия, модель.

Введение

В настоящее время происходит активное импортозамещение. На текущий момент отечественное светотехническое оборудование является глубокой модернизацией разработанного ещё в СССР оборудования. Основными недостатками является использование в качестве источника света ламп накаливания, это приводит к высокой потребляемой мощности и как следствие повышенному тепловыделению.

В связи с вышеизложенным и общемировыми тенденциями к переходу к изделиям с светодиодной основой, требуется разработать светотехническое оборудование на светодиодных источниках света, это позволит снизить потребляемую мощность и как следствие снизить тепловыделение изделий.

1. Разбор требований, предъявляемых к маяку.

Проектирование начинается с изучения требований к разрабатываемому изделию. В данном случае нормативным документом будут являться Авиационные правила «Нормы лётной годности самолетов транспортной категории» АП-25. Авиационные правила задают следующие требования к светотехническим характеристикам [1]. 25.1401. (b) **Зона**

действия. Система должна содержать достаточное количество огней, чтобы охватить наиболее жизненно важные зоны вокруг самолёта с учетом его конфигурации и лётных характеристик. Зона действия огней в каждом направлении должна составлять угол не менее 75° выше и ниже горизонтальной плоскости самолёта. 25.1401. (d) **Цвет.** Каждый огонь предотвращения столкновений должен быть авиационным красным или авиационным белым и соответствовать требованиям 25.1397. 25.1401. (f) **Цвет.** Каждый огонь предотвращения столкновений должен быть авиационным красным или авиационным белым и соответствовать требованиям 25.1397. **Минимальная сила света для огней предупреждения столкновения.** Эффективная сила света каждого огня для предупреждения столкновения должна быть равна (или превышать) значениям, приведённым в таблице:

Таблица 1. Требования сил света

Угол выше или ниже горизонтальной плоскости, град.	Эффективная сила света, кд
от 0 до 5	400
от 5 до 10	240
от 10 до 20	80
от 20 до 30	40
от 30 до 75	20

2. Анализ аналогичных изделий

Рассмотрим импортный аналог, разработанный компанией UTC Aerospace Systems для самолёта Airbus A320 (рис. 1).



Рис. 1. Маяк компании UTC Aerospace Systems.

Аналог компании UTC Aerospace Systems разработан с учётом требований FAR §25 данный документ является аналогом Авиационных правил АП-25.

Функционально аналог можно разделить на два блока:

- блок светодиодов с линзами. Предназначен для достижения максимально необходимой силы света в углах от 0 до 10 градусов.

- блок светодиодов с отражателем. Предназначен для достижения силы света в углах от 10 до 75 градусов.

Данная компоновка имеет следующие достоинства и недостатки:

- использование линз в вертикальных углах, где необходима высокая сила света позволяет добиться более низких требований к электропитанию в связи с фокусировкой светового потока от источников света. Но это сильно усложняет конструкцию в связи с необходимостью проработки крепления линз и их точной центровкой.

- использование светодиодов, направленных вертикально вверх по оси и отражение светового потока посредством отражателя в углы от 10 до 75 градусов снижает коэффициент использования светового потока в связи с тем, что отражатель не позволяет перенаправить световой поток без потерь на отражении, так же производство подобного отражателя довольно трудоёмкий процесс.

Для нашей задачи мы будем использовать более упрощенную основу в виде бобышки и распределения по ней светодиодов в горизонтальной плоскости (рис. 2).



Рис. 2. Маяк с горизонтальным расположением светодиодов.

3. Расчет светотехнической части

Для начала требуется подобрать источник света. В нашем расчете в виде источников света будут выступать светодиоды фирмы Osram а именно светодиод GR CSHPM1.23.

Данный светодиод был выбран в связи с тем, что он имеет необходимые координаты цвета а также широкий угол распределения светового потока (рис. 3).

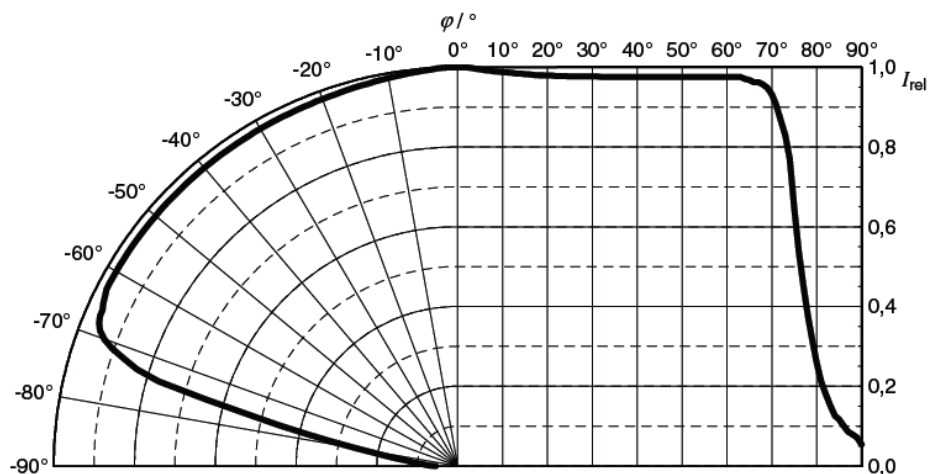


Рис. 3. Распределение светового потока светодиода.

Подобное распределение светового потока светодиодов позволяет более равномерно распределить световой поток по горизонтальной плоскости маяка. Например, при окружности диаметром 50 мм в каждом направлении в горизонтальной плоскости излучать световой поток будет не менее 7 светодиодов. Для данного светодиода в соответствии с datasheet-ом задан световой поток от 76 до 97 лм, тогда как для маяка выходной характеристикой является сила света. Требуется перевод светового потока светодиода в силу света. Перевод будет рассчитан по формуле:

$$I = \frac{F}{2\pi(1-\cos(a))} \quad (1)$$

где F – световой поток, лк;

a – угол половинной яркости, градусов.

Сила света светодиода GR CSHPM1.23 по формуле (1) будет составлять ~ 19 кд по нормали. Так как мы знаем, что в каждую сторону относительно горизонтальной плоскости полную силу света излучают 7 светодиодов и 2 светодиода с половинной силой света. При пересчете получаем 145 кд по оси в каждом направлении по горизонтальной плоскости, при общем количестве светодиодов равном 10. Для достижения требуемой по АП-25 силы света необходимо увеличение силы света 3 раза такое увеличение возможно двумя способами:

- увеличение количества светодиодов в необходимое число раз;
- увеличение тока на светодиодах для увеличения светового потока.

В данном расчете воспользуемся обоими способами, увеличим количество светодиодов в два раза и поднимем ток в полтора раза. Таким образом, мы получаем световой поток не менее 438 кд по оси в горизонтальной плоскости и распределение в вертикальной в соответствии с распределением светодиодов (рис. 3).

3. Проверка полученных результатов при помощи ПО TracePro

Для проверки полученных результатов была создана модель световой части маяка (рис. 4). Она представляет собой цилиндр диаметром 50 мм, к которому равномерно по поверхности цилиндра прикручиваются 20 плат с двумя светодиодами на каждой плате.

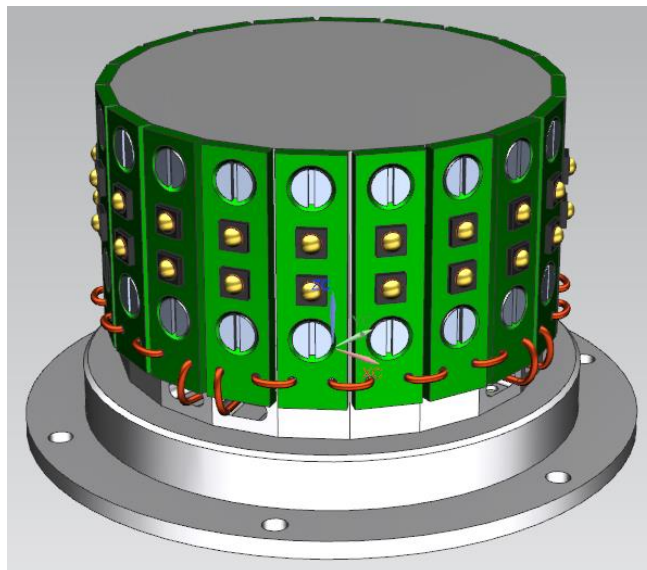


Рис. 4. Светотехническая часть маяка.

Далее модель световой части была экспортирована в программный продукт TracePro 7.5, так же была создана модель, для считывания силы света представляющая из себя половину полого шара диаметром 2000 мм (рис. 5).

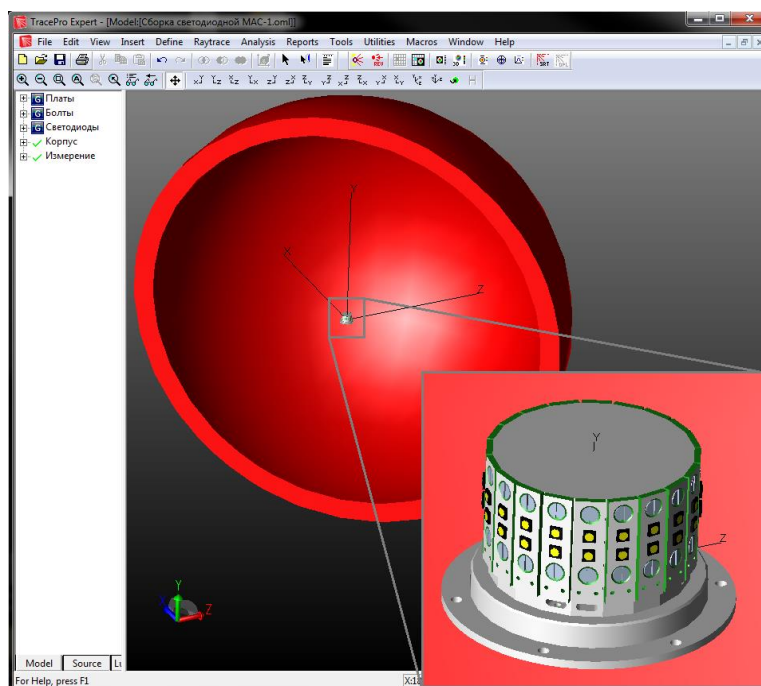


Рис. 5. Расчетная модель.

После подготовки модели и настройки программного продукта запускаем расчет. Результаты расчета представлены на рис. 6.

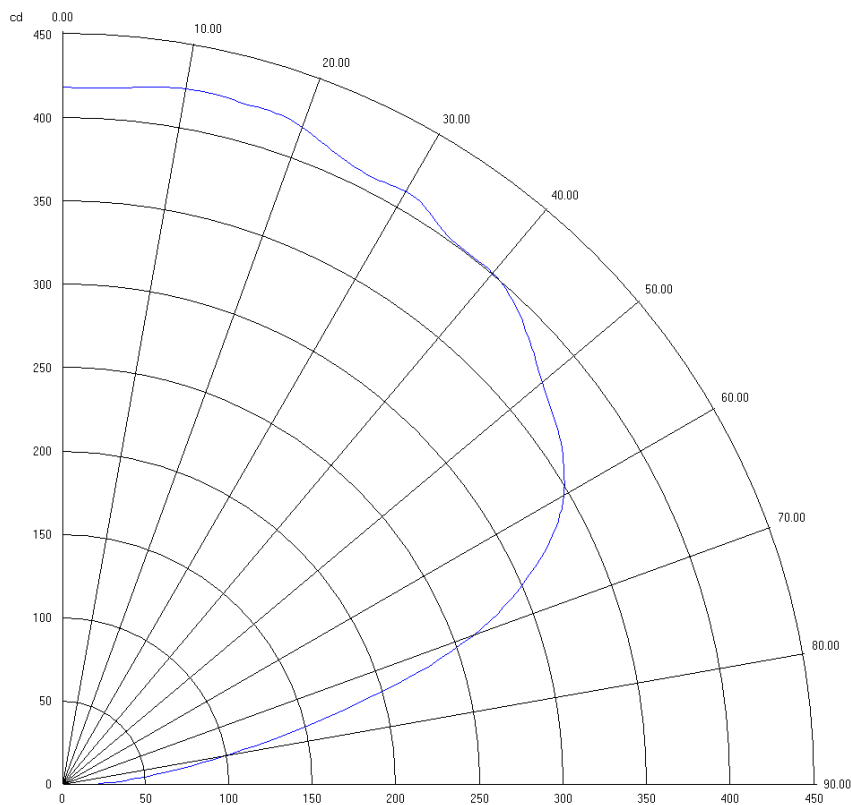


Рис. 6. Результаты расчета.

Заключение

Полученный результат расчета соответствует аналитическому расчету. В соответствие с результатами сформирована таблица 2 с требуемыми характеристикам и полученными результатами моделирования.

Таблица 2. Полученные силы света

Угол выше или ниже горизонтальной плоскости, град.	Требуемая эффективная сила света, не менее, кд	Расчетная эффективная сила света, кд
от 0 до 5	400	425
от 5 до 10	240	430
от 10 до 20	80	430
от 20 до 30	40	420 - 410
от 30 до 75	20	410 - 175

Результаты показывают, что полученные характеристики соответствуют требуемым характеристикам в соответствии с АП.25.1397. Исходя из этого можно сказать, что подобное распределение светодиодов позволит обеспечить силу света в соответствии с авиационными правилами АП-25.

Но полученные результаты применимы для «идеального» случая. Расчет не учитывает разброс характеристик светодиодов, изменение их характеристик, к примеру, после воздействия повышенной/пониженной температуры, изменении давления и входного электропитания.

Список литературы

1. АП-25 (2015). *Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолётов транспортной категории.* – Взамен АП-25 (2014) Введ. с 2015. М.: [б.и.], 2021.
2. *TracePro User's Manual Release 7.0* [Текст]. Littleton: Lambda Research Corporation, 2021.