

Проектирование освещения перронов аэропортов с учетом тенеобразования от воздушных судов

А.А.БАРЦЕВ
ВНИСИ**

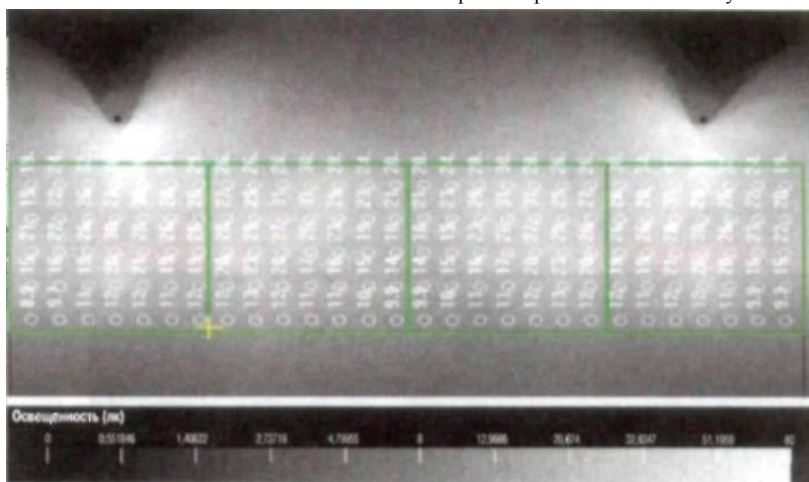
Освещение перронов является неотъемлемой частью освещения современных аэропортов. Наличие высококачественных ОУ значительно облегчает пилотам воздушных судов (ВС) руление и маневрирование на перронах, оно позволяет повысить качество и скорость обслуживания, улучшает видимость и ориентацию в пространстве водителей наземного транспорта, обслуживающего персонала и пассажиров, что является важным фактором безаварийного и надежного обеспечения последующих полетов.

Основные требования к освещению перронов аэропортов сформулированы в международных стандартах ИКАО (ICAO — International Civil Aviation Organization) [1]. Согласно ИКАО под перроном аэропорта понимается «определенный участок наземного аэродрома, предназначенный для размещения на нем воздушных судов в целях посадки или высадки пассажиров, погрузки и разгрузки грузов и почты, заправки, стоянки или технического об-

служивания». Для безопасного и эффективного осуществления этих операций в ночное время необходимо соответствующее освещение перронов. Для решения данных задач международной организацией ИКАО были разработаны и приняты международные рекомендации по освещению перро-

нов аэропортов, регламентирующие уровни горизонтальной и вертикальной освещенности для различных участков перронов, равномерность распределения освещенности, ограничения по слепящему действию и спектральному составу источников света. С рекомендациями ИКАО полностью совпадают требования отечественных нормативных документов.

На сегодняшний день перроны аэропортов освещают прожекторами на мачтах высотой 20—35 м. В ряде случаев прожекторы могут устанавливаться на примыкающих к перрону зданиях и сооружениях. Большая высота установки прожекторов позволяет пользоваться точечным методом расчета, принимая прожекторы за точечные излучатели



Результаты расчета распределения горизонтальной освещенности на уровне покрытия перрона
 $E_{мин} = 7,1$ лк ; $E_{сред} = 22,6$ лк ; $E_{макс} = 63,4$ лк ; $E_{мин}/E_{сред} = 31,4\%$ ($E_{мин}/E_{макс} = 3,2:1$)

Рис.1. Светотехнический расчет осветительной установки для фрагмента грузового перрона в соответствии с международными и отечественными требованиями

* Доклад на Международном светотехническом конгрессе, Стамбул, 12—14 сентября 2001г.

** 129626 Москва, проспект Мира, 106.



Схема грузового перрона с расстановкой воздушных судов

Таблица 1

Расчетные значения коэффициента k_T для различных вариантов освещения мест стоянок ВС на перроне					
Количество прожекторных мачт	Количество прожекторов на мачте	Сравнительная стоимость мачты с прожекторами (в %)	Средняя освещенность на стоянках ВС, лк		k_T
			При наличии ВС	Без ВС	
2	7	38 %	17,8	22,6	0,79
3	5	53 %	20,5	25,0	0,82
4	3	68 %	21,6	26,9	0,80
6	2	100 %	19,9	21,5	0,93

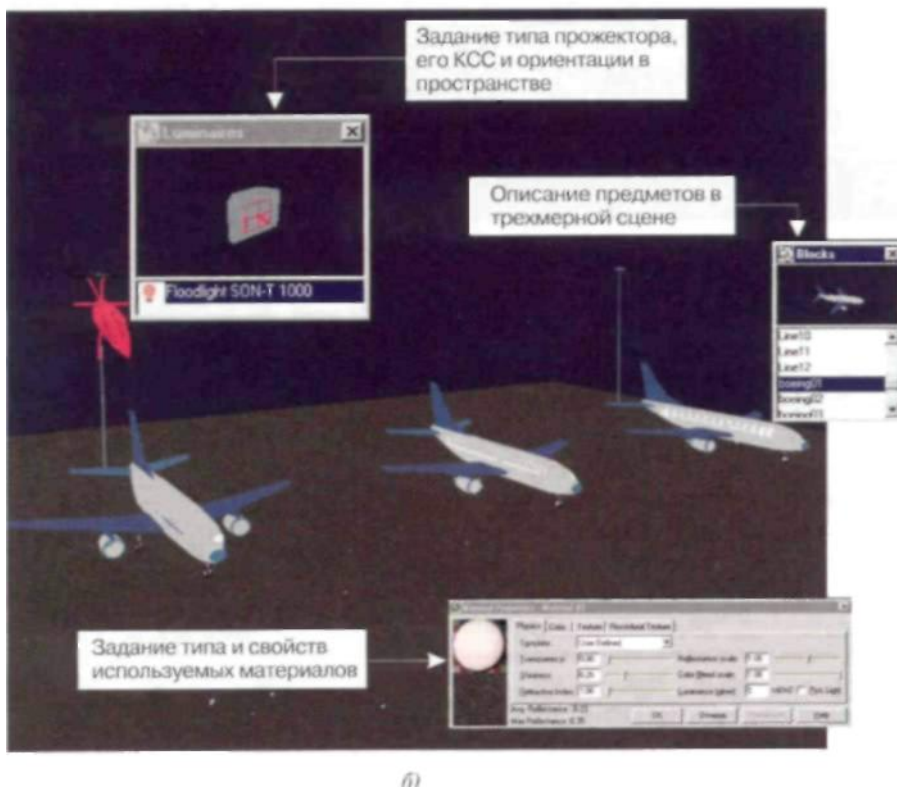
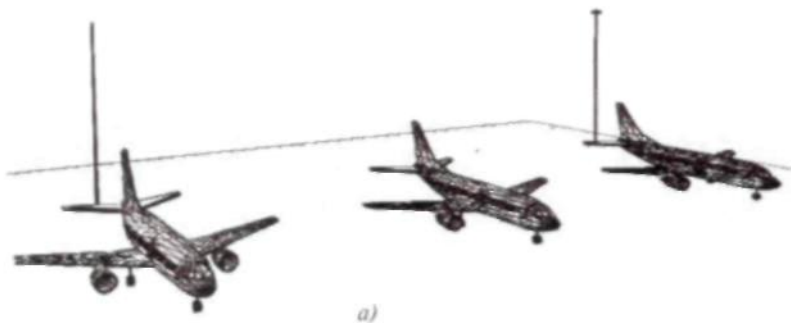


Рис.2. 3D - компьютерное моделирование перрона аэропорта:
 а - 3D - компьютерная каркасная модель перрона аэропорта с воздушными судами и осветительными мачтами; б — 3D—модель с реальными КСС и внедренными материалами

используя закон обратных квадратов расстояний [2]. В настоящее время, в связи с повсеместным распростране-

нием компьютеров и программного обеспечения светотехнических расчетов, становится возможным проведе-

ние точных расчетов нормируемых светотехнических величин точечным методом с использованием реальных кривых силы света прожекторов. При проведении таких расчетов вычисляется распределение горизонтальной и вертикальной освещенности на перроне, а также осуществляется оценка слепящего действия прожекторной установки. При этом не учитывается наличие на перроне ВС и тенеобразование от них, а для сведения к минимуму возможных теней от ВС предлагается следующая рекомендация, которая изложена и в рекомендациях ИКАО, и в отечественных нормативных документах: схема расположения и нацеливания прожекторов должна выбираться таким образом, чтобы стоянки и ВС освещались с двух и более сторон с целью сведения теней к минимуму. Однако при таком подходе окончательный результат тенеобразования становится ясен только после реализации проекта ОУ. В этом случае оптимизировать ОУ с учетом тенеобразования становится затруднительно, а иногда просто невозможно. Для устранения этого недостатка желательно еще на проектной стадии иметь возможность оценить конечный результат с учетом образования теней от ВС.

В практике проектирования ВНИСИ используется новый подход к разработке ОУ перронного освещения с учетом тенеобразования от ВС, основанный на применении программ для трехмерного (3D) компьютерного моделирования и современных методов светотехнических расчетов. Его суть заключается в следующем: в начале, с помощью обычных компьютерных программ проводится стандартный светотехнический расчет осветительной установки перронного освещения, который обеспечивает нормируемые светотехнические характеристики без учета наличия на перроне ВС и образования теней от них. На рис. 1 представлен пример такого расчета для участка грузового перрона одного из московских аэропортов, удовлетворяющий нормативным требованиям. Были использованы осветительные мачты высотой 30 метров и прожекторы с лампой типа ДНаТ мощностью 1000 Вт.

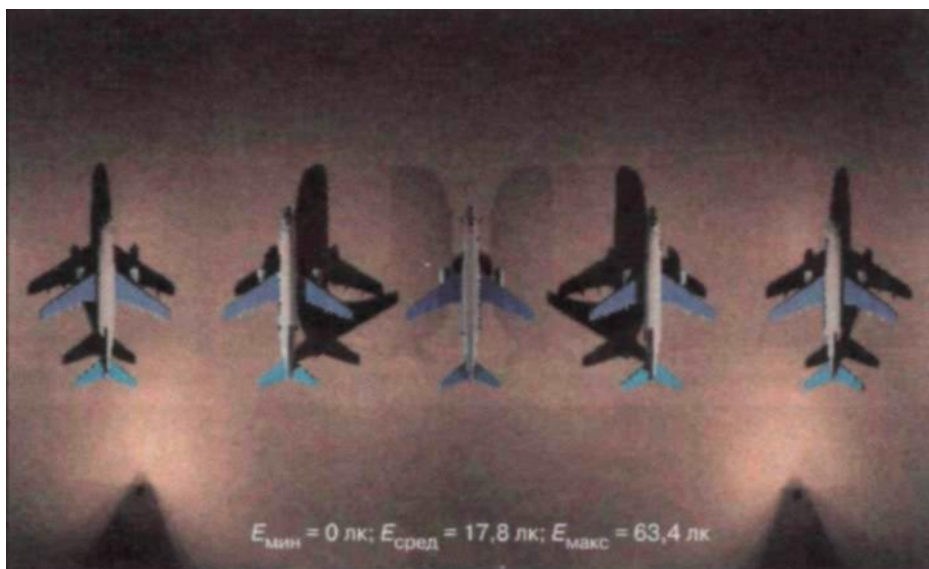
Далее, с помощью программ 3D-компьютерной графики моделировался подлежащий освещению перрон с учетом типов ВС и их расстановки на перроне (рис. 2, а), после чего в трехмерную сцену вводилась прожектор-

ная установка, предварительно рассчитанная на предыдущем этапе (рис. 2, б). После этого осуществлялся расчет распределения освещенности в трехмерной сцене с учетом геометрических и светотехнических параметров всех присутствующих в 3D-сцене объектов. Для этого могли использоваться компьютерные программы, позволяющие осуществлять физически корректное моделирование освещения для 3D-компьютерных сцен. Обзор таких программ приведен, например, в [3, 4]. На рис. 3 представлена расчетная светотехническая визуализация (вид сверху) ранее рассчитанной (рис. 1) осветительной установки, созданной во ВНИСИ с помощью компьютерной программы Lightscape компании Autodesk.

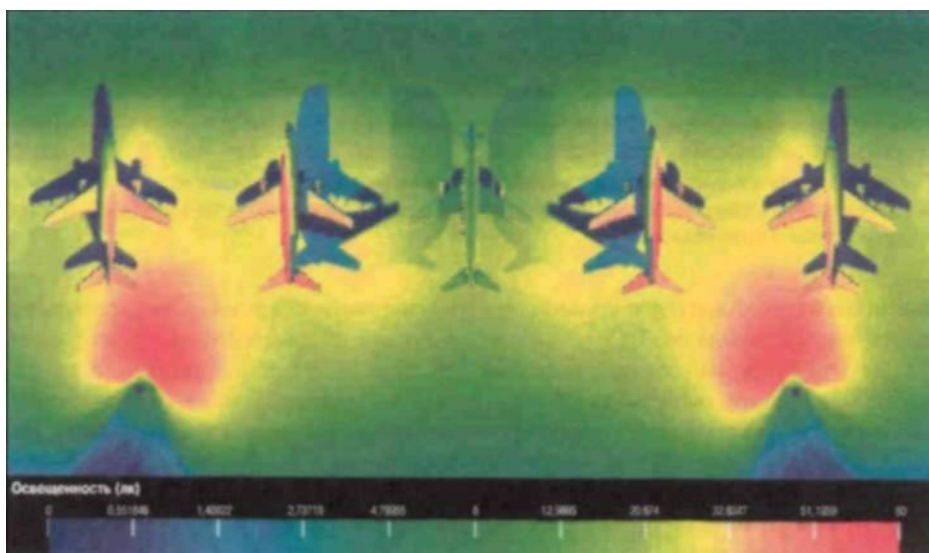
Анализируя полученное изображение, следует отметить, что качество освещения нельзя признать удовлетворительным, хотя при отсутствии на перроне ВС ОУ соответствует всем нормативным требованиям. Очевидно, что необходимо попытаться уменьшить величину и глубину теней, т.е. оптимизировать тенеобразование от ВС.

Оптимизация тенеобразования является заключительным этапом расчета перронного освещения, и достигается, в первую очередь, корректировкой углов нацеливания прожекторов, их количества и типов. Иногда может осуществляться изменение высоты, числа и мест расположения осветительных мачт, но зачастую эти параметры ОУ достаточно жестко лимитированы. Так изменение высоты мачт может осуществляться только в пределах, определяемых требованиями нормативных документов об ограничении высотных препятствий. Места расположения и число осветительных мачт на перроне также ограничиваются как по техническим, так и по финансовым соображениям.

В качестве общего критерия оценки качества освещения с учетом тенеобразованию и я от ВС предлагается использовать визуальную оценку величины поверхности и глубины теней на полноцветных изображениях или изображениях в псевдоцветах, получаемых на основе светотехнической визуализации проектируемых ОУ. На рис. 4 можно проследить эволюцию тенеобразования на разных этапах оптимизации в зависимости от числа и мест расположения прожекторных мачт, а также ко-



а)



б)

Рис. 3. 3D — компьютерная визуализация ОУ перрона аэропорта, выполненная по результатам традиционного светотехнического расчета

а - полноцветная 3D - компьютерная визуализация освещения перрона с трассированными тенями; б - представление 3D - компьютерной визуализации освещения перрона в псевдоцветах

личества и углов нацеливания прожекторов на мачтах.

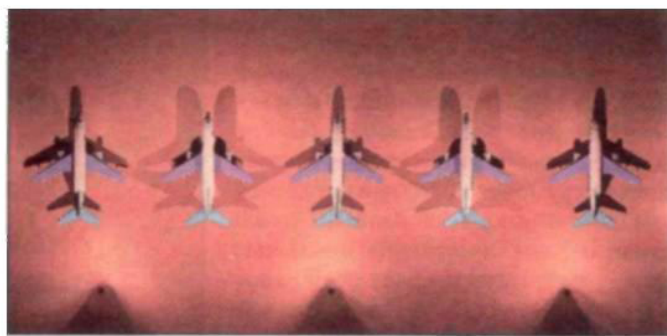
В качестве количественной оценки качества освещения с точки зрения тенеобразования может служить коэффициент тенеобразования k_T , который предлагается определять как отношение средней горизонтальной освещенности $E_{гор.сред.ВС}$ на местах стоянки при наличии на них ВС к средней освещенности $E_{гор.сред.ВС}$ для тех же мест стоянок при отсутствии на них ВС:

$$k_T = E_{гор.сред.ВС} / E_{гор.сред}$$

В таблице 1 представлены расчетные значения коэффициента k для четырех вариантов освещения мест стоянок ВС на перроне (рис. 4, а-г) и сравнительная стоимость ОУ для каждого варианта. Максимум значения коэффициента k_T свидетельствует о минимальном тенеобразовании. Из рассмотрения расчетных визуализаций (рис. 4, а-г) и значений коэффициента k (табл. 1) следует легко прогнозируемый результат, что увеличение количества осветительных мачт ведет к уменьшению площади и глубины теней от ВС, а освеще-



а) 2 осветительные мачты, 14 прожекторов



б) 3 осветительные мачты, 15 прожекторов



в) 4 осветительные мачты, 12 прожекторов



г) 6 осветительных мачт, 12 прожекторов

Рис. 4. Эволюция тенеобразования от воздушных судов при изменении количества осветительных мачт и прожекторов

а-2 осветительных мачты, 14 прожекторов; б- 3 осветительных мачты, 15 прожекторов; в-4 осветительных мачты, 12 прожекторов; г - 6 осветительных мачты, 12 прожекторов

шенность приближается к уровню освещенности перрона без ВС.

С другой стороны, современная осветительная мачта, особенно с мобильной короной для крепления прожекторов, является достаточно дорогим изделием. К тому же, количество осветительных мачт на перроне ограничено по ряду технических соображений. Учитывая вышесказанное, Заказчик обычно стремится выбрать вариант с минимальным количеством осветительных мачт.

В данной ситуации введение коэффициента тенеобразования к в практику проектирования перронного освещения служит дополнительным критерием при выборе количества и мест расположения осветительных мачт. Так, вышеприведенный материал показывает, что для рассмотренного примера ОУ наилучший результат достигается при расположении осветительных мачт между стоянками ВС, когда каждое ВС освещается с двух сторон (рис. 4, г). Однако это весьма дорогостоящий вариант освещения, так как стоимость осветительных мачт может превосходить стоимость установленных на них прожекторов в десять и более раз. Следующим по эффективности и почти в 2 раза более дешевым явля-

ся вариант с тремя осветительными мачтами на каждые пять мест стоянок ВС (рис. 4, б). Варианты с двумя и четырьмя мачтами (рис. 4, а, в) оказались практически равны по значению коэффициента K_t , так что в этом случае по стоимости выигрывает вариант с 2 мачтами. Таким образом, приоритеты при выборе схемы освещения для рассматриваемого примера ОУ с точки зрения минимума теней (при прочих равных условиях) выглядят следующим образом: 6 мачт, 3 мачты и 2 мачты. В данной ситуации Заказчик может осуществить обоснованный выбор варианта ОУ исходя из желаемого качества освещения перрона, а также своих финансовых и технических возможностей. Разумеется, при другой схеме расстановки ВС и других местах возможной установки осветительных мачт более эффективными могут оказаться другие варианты ОУ.

Таким образом, предлагаемый в данной статье способ расчета перронного освещения позволяет более точно контролировать качество прожекторного освещения и более обоснованно выбирать ту или иную схему освещения для создания ОУ качественного освещения перронов аэропортов, способствуя тем

самым повышению безопасности полетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. AERODROME DESIGN MANUAL. PART 4, VISUAL AIDS. ICAO, SECOND EDITION, 1983.

2. Меиков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки. Москва. Энергия. 1972 г.-360 с.

3. Khodulov A.B., Kopylov E.A. «Physically accurate lighting simulation in computer graphics software" // URL: <http://rmp.kiaml.rssi.ru/articles/pals/index.htm>.

4. Bartsev A.A. «3D-computergraphics in the outdoor architectural lighting design". 24 session of the CIE proceedings, Warsaw, 1999. Vol.1, part 2, pp.262-264.



Барцев
Алексей
Анатолевич,
кандидат
технических наук.
Окончил Московский
энергетический
институт в 1986 г.
Начальник отдела
проектирования
ВНИСИ