

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УЛЬЯНОВСКОЕ ВЫСШЕЕ АВИАЦИОННОЕ УЧИЛИЩЕ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (ИНСТИТУТ)»**

## **ЭЛЕКТРОСВЕТОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АЭРОДРОМОВ**

*Методические рекомендации  
по изучению дисциплины и выполнению  
контрольной работы*

**Ульяновск 2015**

УДК 656.71.06:628.97(075.8)

ББК О571-511я7+О513-048.22я7

Э45

Электросветотехническое оборудование аэродромов : метод. рекомендации по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы / сост. О. В. Милашкина, В. А. Адакин. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2015. – 46 с.

Содержат необходимые краткие пояснения по темам курса, а также указания по решению контрольной работы, включающей в себя расчет кривых сил света одного из огней приближения постоянного излучения.

Разработаны в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом и рабочей программой учебной дисциплины «Электросветотехническое оборудование аэродромов».

Предназначены для курсантов и студентов заочной формы обучения специализаций 162001.65.01 (25.05.05-01) – Организация летной работы, 162001.65.02 (25.05.05-02) – Организация использования воздушного пространства, профилей подготовки 161000.62.01 (25.03.03\_01) – Летная эксплуатация гражданских воздушных судов, 161000.62.08 (25.03.03\_08) – Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение полетов воздушных судов и 161000.62.09 (25.03.03\_09) – Обеспечение авиационной безопасности.

Печатаются по решению Редсовета института.

УДК 656.71.06:628.97 (075.8)

ББК О571-511я7+О513-048.22я7

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения.....	3
Содержание дисциплины и методические рекомендации по ее изучению .....	4
Методические указания по выполнению контрольной работы.....	25
Рекомендуемая литература .....	41
Библиографический список .....	42
Приложение 1 .....	43
Приложение 2 .....	44

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Дисциплина «Электросветотехническое оборудование аэродромов» представляет собой подачу систематических знаний по общим вопросам обеспечения полетов светотехническими средствами, световому оборудованию аэродромов, а также электрическому оборудованию и электроснабжению аэропортов и аэродромов.

Учебная дисциплина «Электросветотехническое оборудование аэродромов» относится к обязательным дисциплинам. Она базируется на основе естественнонаучных, технических и специальных знаний, полученных в ходе изучения дисциплин «Физика», «Электротехника и электроника», «Радиотехническое оборудование аэродромов».

Знание данной дисциплины позволит специалистам и бакалаврам квалифицированно осуществлять эксплуатацию электросветотехнического оборудования аэродромов и радиоэлектронных средств связи, применяемых в настоящее время в гражданской авиации, а также быстро осваивать те, которые будут вводиться в эксплуатацию в будущем.

*Целью* дисциплины «Электросветотехническое оборудование аэродромов» является формирование у обучающихся систематизированных знаний по светотехническим системам аэродромов и электрическому оборудованию аэродромов, которые в дальнейшем помогут специалистам и бакалаврам квалифицированно пользоваться светотехническими системами взлета и посадки, правильно использовать автономные источники питания аэродрома в нестандартных ситуациях и учитывать эксплуатационные возможности воздушных судов.

В результате изучения дисциплины обучающиеся **д о л ж н ы** :

***знать:***

- назначение и основные характеристики электросветотехнического оборудования аэродромов;
- требования к размещению электросветотехнического оборудования;
- методы математического исследования прикладных задач, связанных со светотехническим и электрическим оборудованием аэродромов;
- физические законы, позволяющие оценивать влияние различных факторов на работу электрооборудования аэродромов;

***уметь:***

– использовать электросветотехническое оборудование аэродромов при организации, обеспечении, выполнении и обслуживании полетов воздушных судов;

– самостоятельно ориентироваться в вопросах применения наземного электросветотехнического оборудования для обеспечения взлета и посадки воздушного судна в условиях ограниченной видимости;

***владеть:***

– методами использования электросветотехнического оборудования аэродромов для решения профессиональных задач;

– навыками самостоятельного анализа взаимосвязи между отдельными группами потребителей электроэнергии в зависимости от их категорий.

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ**

### **Тема 1–3. Общие положения. Оборудование систем посадки.**

#### **Системы посадки**

Требования, предъявляемые к светотехническим системам посадки. Курсо-глиссадная система посадки. Расположение огней на полосе воздушных подходов, концевой полосе безопасности, взлетно-посадочной полосе (ВПП) и рулежных дорожках (РД). Огни приближения, световых горизонтов, ВПП и РД, световые указатели.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 3–13], [2, с. 5–21], [4, с. 3–7].

#### **Методические рекомендации**

Заход на посадку и снижение самолета до 50 м производится с помощью радиотехнических средств. Дальнейший этап снижения и приземления в условиях плохой видимости осуществляется по светотехническим средствам. Желательно, чтобы сигналы от этих средств можно было уже наблюдать, начиная от района дальнего приводного радиомаяка (ДПРМ), но, при плохой видимости, технически это невозможно.

В радиосветотехнических системах, предназначенных для посадки самолетов в условиях плохой видимости, светотехнические средства в зоне воздушных подходов (ЗВП) устанавливаются от ближнего приводного радиомаяка (БПРМ) до торца ВПП. На этом участке экипаж по огням светотехнической системы посадки уточняет направление посадки и убирает крен самолета. При помощи светотехнической системы экипаж самолета определяет расстояние до ВПП и видит ее начало. Огни системы посадки указывают место приземления самолета, продольные стороны и конец ВПП, а также направление взлета.

Ответственный этап при посадке в условиях плохой видимости – прохождение ЗВП к ВПП. В этой зоне огни должны выделяться так, чтобы полностью исключить неправильное их понимание. Система светосигнальных огней по их светотехническим характеристикам и расположению должна быть такой, чтобы при выходе из облачности пилот мог быстро определить направление на ВПП и крен самолета.

Огни светотехнической системы должны иметь не только определенную силу света, но и такие кривые светораспределения, чтобы при заходе на посадку и при посадке экипаж самолета мог видеть определенное количество огней, которые обеспечили бы ему уверенную и безопасную посадку как ночью, так и днем в условиях плохой видимости.

В рекомендуемой к темам литературе приводится краткое описание комплекса оборудования системы посадки (ОСП), который предназначен для обеспечения привода по радио самолетов, оборудованных радиокompасами, в район аэродрома, а также для расчета и производства посадки их на ВПП в сложных метеоусловиях днем и ночью. Это радиооборудование позволяет построить маневр для вывода самолета в плоскость посадочного курса и дает возможность снижающемуся самолету контролировать расстояние до начала ВПП при пролете ДПРМ и БПРМ.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие средства включает в себя комплекс оборудования системы посадки?
2. Каков радиус действия приводных радиостанций?

3. Как между собой различаются радиосигналы дальнего и ближнего приводных радиомаяков?
4. Какие радиосигналы подают дальний и ближний радиомаркеры?
5. На каком расстоянии от торца ВПП переходит на визуальную посадку экипаж самолета с поршневыми двигателями и на каком – с турбовинтовыми и турбореактивными двигателями?
6. Какими параметрами характеризуются курсо-глиссадные системы I, II и III категорий?
7. Каковы функции контрольного устройства курсового радиомаяка?
8. Какова оптимальная величина угла глиссады для самолетов с поршневыми и газотурбинными двигателями?
9. На каких высотах проходит глиссада планирования над ДПРМ и БПРМ при оптимальном угле глиссады?
10. Начиная с какой высоты производится снижение и приземление самолета по светотехническим средствам в условиях плохой видимости?
11. Огни приближения какого типа устанавливаются между ДПРМ и БПРМ и какого типа между БПРМ и порогом ВПП?
12. Для чего предназначены пограничные огни?
13. Каковы функции огней подхода?

#### **Тема 4–5. Световое оборудование аэродромов.**

##### **Основные светотехнические единицы**

Зона зрительного вождения. Группы огней светосигнальных систем. Расчет кривых светораспределения огней для посадки самолетов в условиях плохой видимости. Основные светотехнические характеристики: световой поток, сила света, освещенность, яркость, светность. Световые свойства и характеристики материалов. Общие сведения о световой сигнализации. Расчетные соотношения для определения силы света и построения кривых светораспределения огней.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 14–24], [2, с. 21–33], [4, с. 7–9].

## Методические рекомендации

Необходимость расчета кривых светораспределения обусловлена проблемой выбора типа светильников, которые должны быть видны экипажу как во время снижения самолета, так и при его движении по ВПП после приземления. Размеры зоны видимости зависят от маневренности самолета и от точности вывода его на посадку радиотехническими средствами в район перехода на визуальный полет.

В рекомендуемой к темам литературе приведены размеры зоны зрительного вождения самолетов, которые зависят от погрешностей курсового и глиссадного радиомаяков, инструментальной ошибки барометрического высотомера и точности радиовысотомера.

Исходя из экспериментов и данных летной практики, для расчета кривых светораспределения минимальная дальность видимости огней при посадке поршневых самолетов принята равной 600 м. Так как время наблюдения за огнями при посадке самолетов с турбовинтовыми (ТВД) и турбореактивными (ТРД) двигателями должно быть таким же, как и для самолетов с поршневыми двигателями, минимальная дальность видимости огней при посадке самолетов с ТВД принята равной 800 м, а для самолетов с ТРД – 1000 м.

Выбор исходных данных для расчета кривых светораспределения огней базируется на теоретических положениях, относящихся к основам светотехники. Эти положения приведены в рекомендуемой литературе.

*Световой поток* – это основная величина, определяющая свойство любого источника света; все остальные световые величины и их единицы являются производными от светового потока. Под световым потоком понимают лучистый поток, оцениваемый по световому ощущению, которое он производит. Световой поток составляет меньшую часть лучевого потока. Единицей измерения светового потока является люмен (лм). Световой поток в 1 лм эквивалентен лучистому потоку однородного излучения с длиной волны  $\lambda = 555$  нм, равному  $1/683$  Вт ( $1$  нм =  $10^{-9}$  м).

Световой поток характеризует общую световую мощность источника света. Источники света имеют неравномерное распределение светового потока в пространстве. Это распределение характеризуется пространственной плотностью светового потока, т. е. количеством единиц светового потока, приходящихся на

единицу телесного угла. Пространственная плотность светового потока называется *силой света*  $I$  и измеряется в канделах (кд):

$$I = \frac{F}{\omega},$$

где  $F$  – световой поток, лм;  $\omega$  – телесный угол, стерadians (ср).

Поверхностная плотность падающего на площадку светового потока называется *освещенностью*  $E$  и измеряется в люксах (лк):

$$E = \frac{F}{S},$$

где  $S$  – площадь площадки, м<sup>2</sup>.

Таким образом, люкс представляет собой частное от деления 1 люмена на 1 м<sup>2</sup> площади.

При перпендикулярном падении лучей на освещаемую поверхность освещенность поверхности прямо пропорциональна силе света источника и обратно пропорциональна квадрату расстояния  $r$  от него до поверхности:

$$E = \frac{F}{r^2}.$$

В рекомендуемой литературе приведены сведения о применимости данной формулы для расчета освещенности.

К световым свойствам материалов относят свойства тел отражать, поглощать и пропускать падающий на них световой поток. В рекомендуемой литературе описаны световые свойства и характеристики различных материалов и введено понятие *светности* как поверхностной плотности отраженного или излученного светового потока. Там же дано определение *пороговой освещенности* как минимальной величины освещенности, ниже которой человеческий глаз не реагирует на свет. Для практического порога применительно к условиям ночной сигнализации в авиации принята величина  $0,2 \cdot 10^{-6}$  лк, а применительно к условиям дневной сигнализации  $1,2 \cdot 10^{-3}$  лк.

Под *метеорологической дальностью видимости* (МДВ) понимают то предельное расстояние, на котором видны днем темные предметы достаточно больших угловых размеров, проектирующихся на северной стороне неба у горизонта. Желательно, чтобы система светотехнических средств обеспечивала посадку самолетов при минимальных значениях МДВ. Однако при этом



необходимая сила света огней резко возрастает, что приводит к требованию увеличения мощности светильников. Как показывает статистика, посадку поршневых самолетов с посадочной скоростью 140–150 км/ч целесообразно производить днем при МДВ, равной 500 м. Для того, чтобы одна и та же светотехническая система обеспечила посадку самолетов с ТВД и ТРД, минимальная МДВ должна быть больше, т. к. маневренность этих самолетов хуже, чем поршневых. Минимальную МДВ для посадки самолетов с ТВД и ТРД при одной и той же силе световых огней светотехнической системы, что и для самолетов с поршневыми двигателями, определяют из равенств

$$I = E_{\text{д}} \cdot 600^2 \cdot 10^{1,7 \cdot 600/S_1},$$

$$I = E_{\text{д}} \cdot 800^2 \cdot 10^{1,7 \cdot 800/S_2},$$

$$I = E_{\text{д}} \cdot 1000^2 \cdot 10^{1,7 \cdot 1000/S_3},$$

где 600, 800 и 1000 м – необходимая дальность видимости огней при посадке самолетов с поршневыми двигателями, ТВД и ТРД соответственно;  $S_1, S_2, S_3$  – МДВ днем для поршневых самолетов, самолетов с ТВД и ТРД соответственно;  $E_{\text{д}}$  – пороговая освещенность в дневное время.

Решение этих уравнений даст значения минимальных МДВ, при которых обеспечивается днем безопасная посадка самолетов с ТВД и ТРД при одних и тех же светотехнических средствах:

$S_1 \approx 500$  м – для поршневых самолетов;

$S_2 \approx 750$  м – для самолетов с ТВД;

$S_3 \approx 1000$  м – для самолетов с ТРД.

Яркость фона днем в тумане гораздо больше яркости фона ночью. Поэтому больше и пороговая освещенность при наблюдении световых сигналов во время тумана днем, чем при наблюдении их ночью. В связи с этим определенное количество огней, видимых ночью при какой-то величине МДВ, днем будет видно только при большем значении МДВ. Если представить вышеприведенные зависимости в общем виде, то необходимую силу света огня ночью  $I_{\text{н}}$  и днем  $I_{\text{д}}$  можно подсчитать по формулам

$$I_{\text{н}} = E_{\text{н}} \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_{\text{н}}}},$$

$$I_{\text{д}} = E_{\text{д}} \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_{\text{д}}}},$$

где  $E_n$ ,  $E_d$  – пороговые освещенности, соответствующие условиям наблюдения ночью и днем;  $L$  – длина луча, по которому определяется сила света (расстояние от огня до наблюдателя);  $S_n$ ,  $S_d$  – МДВ в ночное и дневное время.

Приравнивая силу света ночью  $I_n$  к силе света днем  $I_d$ , получим

$$S_n = \frac{1,7 \cdot L_1 \cdot S_d}{1,7 \cdot L_1 - S_d \cdot \lg \frac{E_n}{E_d}},$$

где  $L_1$  – необходимая МВД огня (равна 600, 800 или 1000).

Расчет, выполненный по этой формуле для поршневых самолетов, показывает, что МДВ ночью для них составляет 175 м. Поэтому расчетная сила света должна быть выбрана для этих самолетов в соответствии с дневными условиями, чтобы получить наибольшее значение силы света.

Для небольших расстояний (до 600 м) на максимальную силу света оказывает большее влияние пороговая освещенность, а для расстояний, которые больше 600 м – МДВ. Поэтому *кривые силы света огней белого цвета рассчитывают при расстояниях от наблюдателя до огня, которые меньше 600 м, исходя из дневных условий. При расстояниях, которые больше 600 м, расчеты ведутся исходя из ночных условий.*

В значения силы света, полученные расчетом, вносят коэффициенты запаса, учитывающие уменьшение светового потока ламп к концу срока службы из-за снижения напряжения и загрязнения и запыления оптики. При перемножении этих коэффициентов общий коэффициент запаса будет равен

$$K = 1,42.$$

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какова высота пролета над БПРМ по верхней и нижней глиссаде планирования?
2. Какова высота пролета по верхней и нижней глиссаде планирования над точкой, расположенной на расстоянии 2500 м от начала ВПП?
3. Как соотносятся между собой сила света и световой поток?
4. Как зависит изменение освещенности от изменения расстояния от источника света до освещенной поверхности, если от источника исходит поток параллельных лучей?

5. Как зависит светность от коэффициента отражения тела?
6. Каковы значения пороговой освещенности, принятые в авиации для световой сигнализации в ночное и дневное время?
7. Световой поток какого цвета лучше проходит сквозь атмосферу – с большей или меньшей длиной волны?
8. Почему для расстояния от наблюдателя до огня, равного 600 м, расчетная сила огня белого света для дневных и ночных условий одна и та же?
9. Как в расчетных формулах для силы света учитывается тип силовой установки ВС?

## **Тема 6. Электрические источники света систем светотехнического оборудования**

Источники света, применяемые в огнях светосигнальных систем. Лампы накаливания, импульсные источники света, неоновые лампы, световые стартеры. Схемы питания последовательные и параллельные.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 25–34], [2, с. 40–56], [3, с. 33–60], [5, с. 102–118].

### **Методические рекомендации**

В рекомендуемой литературе описан механизм и спектр теплового излучения и приведены основные зависимости, характеризующие базовые законы теплового излучения. Расчеты, выполненные по этим зависимостям, показывают, что световой КПД ламп накаливания, применяемых в светотехнических системах аэродромов, невысок и достигает в настоящее время величины порядка 2–3 %. В учебных пособиях [1] и [2] описана конструкция аэродромных ламп накаливания, приведены их световые и электрические характеристики и дан подробный перечень этих ламп отечественного производства. В источнике [3] приведен эскиз лампы накаливания с основными деталями и перечнем материалов, необходимых для их изготовления.

Одной из разновидностей ламп накаливания являются галогенные лампы, нашедшие применение в огнях углубленного типа систем посадки самолетов. В источнике [3] приводятся данные по газосветным лампам, к которым

относятся неоновые, натриевые, ртутные и люминесцентные лампы, а также импульсные источники света.

Данные по неоновым лампам приведены в учебных пособиях [1], [2]. Там же даны некоторые схемы включения аэродромных неоновых ламп и схема кодового неонowego светового маяка КНС-1.

Импульсный источник света с кратковременной вспышкой большой яркости на лампе ИФК-2000 подробно описан в учебном пособии [3]. В источниках [1], [2] приведены две модификации схем включения этого источника. В посадочных прожекторных станциях широко применяются дуговые лампы с большой яркостью, световая отдача которых составляет 30–35 лм/Вт. В рекомендуемой литературе приводится подробное описание устройства и работы этих ламп.

Для обеспечения взлета и посадки самолетов легкомоторной авиации на грунтовых аэродромах применяют световые одно- и двухлинейные старты. В учебных пособиях [1], [2] приводится схема расположения огней однолинейного и двухлинейного стартов и даются сведения о типах применяемых в этих стартах светильников. Питание огней осуществляется по параллельной схеме, в соответствии с которой огни подхода питаются от одного кабеля, огни ВПП при однолинейном старте – от второго кабеля, огни левой и правой сторон ВПП при двухлинейном старте – от двух отдельных кабелей. Недостатком параллельной схемы является необходимость соблюдать как равномерную загрузку каждого кабеля, так и равномерную загрузку каждой фазы кабеля. Этот недостаток устраняется при последовательной схеме питания, которая применяется в светотехнических схемах посадки с огнями малой и высокой интенсивности.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как зависит светоотдача лампы накаливания от температуры нити накала?
2. У каких ламп накаливания светоотдача выше – у высоковольтных или низковольтных?
3. Что называется сроком службы лампы накаливания?
4. Каковы преимущества галогенных ламп перед обычными лампами накаливания, и в каких областях их применение выгоднее?

5. Какие из ламп – газосветные или лампы накаливания обладают большей яркостью и за счет чего?
6. Какова роль стартера в схеме зажигания неоновых ламп?
7. Для чего питание на катоды неоновых ламп подают через дроссель?
8. Какова роль конденсаторной батареи в схеме зажигания импульсной лампы?
9. В каких осветительных установках применяются дуговые источники света?
10. Каковы преимущества последовательной схемы питания огней по сравнению с параллельной схемой?

## **Тема 7. Системы светосигнального оборудования аэродромов**

Системы светосигнального оборудования с огнями малой интенсивности. Системы светосигнального оборудования М-1 и М-2. Комплект подвижного светосигнального оборудования аэродромов «Луч». Светосигнальная система ОСП-Н.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 35–48], [2, с. 60–62, 68–81], [3, с. 132], [4, с. 18–26].

### **Методические рекомендации**

Системы светосигнального оборудования с огнями малой интенсивности (ОМИ) предназначены для обеспечения взлета и посадки самолетов на аэродромах местных воздушных линий, а также могут быть использованы для оборудования зоны воздушных подходов со стороны вспомогательного захода самолета на посадку в системах с огнями высокой интенсивности (ОВИ). К системе с ОМИ относятся системы светосигнального оборудования М-1 и М-2 зарубежного производства, а также комплект подвижного светосигнального оборудования аэродромов «Луч» отечественного производства. Сведения по светосигнальному оборудованию М-1 и по комплекту «Луч» наиболее полно изложены в источнике [2]. Помимо схем расположения огней и описания схем их электропитания в нем содержатся краткие сведения по эксплуатации огней.

В учебном пособии [1] имеется описание систем М-1 и М-2, ОСП-Н и комплекта «Луч» со схемами расположения огней. В учебном пособии [3] имеются краткие сведения по комплекту «Луч-2» без схемы расположения огней.

Системы светосигнального оборудования М-1 и М-2 питаются по последовательной схеме, комплект «Луч» – по параллельной схеме. Система светосигнального оборудования М-2 отличается от системы М-1 конструкцией огней и схемой их расположения. В огнях этой системы применяются галогенные лампы накаливания.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Для чего в последовательной схеме питания системы М-1 и М-2 применяются изолирующие трансформаторы?
2. Будет ли работоспособной последовательная схема питания, если часть ламп системы перегорит?
3. Для чего в середине линии, питающей огни комплекта «Луч», устанавливают линейный автотрансформатор?
4. Как используют комплект «Луч» при отказе электроагрегатов ЭСБ-12-ВС/400-М1? Какие технические средства для подключения к постоянной сети при этом предусмотрены?

## **Тема 8. Светосигнальное оборудование систем посадки с огнями высокой интенсивности**

Светосигнальная система «Siemens». Система светосигнального оборудования «Свеча-3». Размещение светосигнального оборудования при смещенном пороге ВПП в системах ОВИ. Системы визуального указания глissады планирования. Регулятор яркости «Старт» и «Siemens». Расположение огней в ЗВП, на ВПП и РД. Схемы электропитания. Система управления аэродромным светосигнальным комплексом «Горизонт». Категория минимумов по назначению дальности видимости огней в вертикальной плоскости. Системы визуального указания глissады планирования. Схема электропитания глissадных огней. Групповое и индивидуальное управление светосигнальными средствами ВПП. Аппаратура управления РД.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 49–85], [2, с. 103–115, 178–179], [3, с. 200–234].

### **Методические рекомендации**

К системам ОВИ-1, ОВИ-2 и ОВИ-3 относится светосигнальная система фирмы Siemens, Германия. Огни приближения белого цвета в этой системе располагаются по схеме Кальверта или по схеме Альпа – Ата (расположение огней по центральному ряду) для всех категорий сложности посадки. Импульсные огни приближения рекомендуется применять для всех трех категорий сложности посадки; для систем ОВИ-2 и ОВИ-3 импульсные огни приближения устанавливаются за 300 м до порога ВПП; боковые огни приближения, располагаемые за 150 м до порога ВПП, применяются для систем ОВИ-2 и ОВИ-3.

Входные огни зеленого цвета устанавливаются для всех трех категорий посадки; белые огни зоны приземления – для систем ОВИ-2 и ОВИ-3. Ограничительные огни красного цвета устанавливаются для всех трех категорий посадки. Осевые огни ВПП углубленного типа применяются для систем II и III категорий посадки, рекомендованы также для I категории посадки. Боковые огни РД – синие – применяются для всех трех категорий посадки; осевые огни РД зеленого цвета применяют для систем II и III категорий посадки, однако при интенсивном движении ВС ночью эти огни рекомендованы и для систем I категории посадки. Стоп-огни красного цвета применяют для систем посадки III категории, однако возможно их применение для систем посадки I и II категорий.

Все огни в системе «Siemens» питаются по последовательной схеме. Для повышения надежности отдельные системы светосигнального оборудования разбивают на несколько контуров так, чтобы при отказе одного из них общая геометрия системы не нарушалась. Контурные распределяются по схеме питания так, чтобы фазы загружались равномерно.

Светотехническая схема посадки «Свеча-3» предназначена для обеспечения взлета и посадки самолетов в дневное и ночное время в различных метеоусловиях. Все огни в зоне воздушных подходов располагаются по схеме Кальверта, в соответствии с которой на первых 300 м от порога ВПП, на продолжении ее оси, прожекторные огни приближения постоянного излучения

устанавливаются в один ряд, на последующих 300 м – в два ряда и более и далее на 300 м – в три ряда. Огни – белого цвета, расстояние между огнями в направлении БПРМ – 30 м, расстояние между огнями в ряду – 1,5 м. В системе также имеется пять световых горизонтов с огнями белого цвета на расстоянии 150 м друг от друга с порядковыми номерами от БПРМ в направлении ВПП. Расстояние между огнями в световом горизонте 2,7 м; в первом от БПРМ горизонте 16 огней, во втором – 14 и далее 12, 10 и 8 огней. Если провести прямые линии по крайним огням горизонтов, то они пересекаются на оси ВПП в 300 м от ее порога. На четвертом световом горизонте установлены кроме прожекторных огней огни кругового обзора. При хороших метеоусловиях прожекторные огни выключаются, и система с ОВИ преобразуется в систему ОМИ. В рекомендуемой литературе приведены схемы расположения огней в зоне воздушных подходов и расположения огней на ВЦП и РД; данные по огням кругового обзора и прожекторным огням.

Все светосигнальное оборудование комплекта «Свеча-3», за исключением управляемых аэродромных световых указателей, питается по последовательной схеме с изолирующими трансформаторами через регуляторы яркости «Старт-4», «Старт-8», «Старт-16», «Старт-24» и «Старт-32».

Огни приближения и световых горизонтов кругового обзора питаются по одному высоковольтному кольцу от своего регулятора яркости, прожекторные огни приближения и световых горизонтов – по двум высоковольтным кольцам от двух регуляторов яркости, огни ВПП – по пяти высоковольтным кольцам. Два кольца, питающие нечетные входные, ограничительные и посадочные огни прожекторного типа противоположных направлений посадки, получают питание от одного регулятора яркости; четные огни двух кабельных колец также подключены параллельно к одному регулятору. Подобным же образом подключены два кольца огней РД. Одно кабельное кольцо для входных, ограничительных и посадочных огней кругового обзора подключено к одному из двух регуляторов яркости, установленных на трансформаторных подстанциях противоположных направлений посадки.

В учебном пособии [1] приведены схемы электропитания перечисленных огней.

Вопросы, связанные с регулятором яркости «Старт» рекомендуется изучать по учебному пособию [2], в котором приведена структурная схема этого регулятора.



В системах ОВИ на участке между торцом ВПП и ее смещенным порогом огни приближения, световых горизонтов и входные огни устанавливаются по рассмотренным схемам, с использованием огней углубленного типа. Расположение огней при смещенном пороге ВПП приведено в рекомендуемой литературе.

Система «Горизонт» предназначена для управления с контрольного диспетчерского пункта комплексом взлетно-посадочных светосигнальных средств аэродрома и системами огней высокой интенсивности, в частности, системой «Свеча-3» при одностороннем или двустороннем оборудовании ВПП по I или II категориям ИСАО.

Система управления «Горизонт» представляет собой многопроводное устройство телеуправления-телесигнализации (ТУ-ТС), использующее линейное разделение сигналов.

Аппаратура дистанционного управления «Горизонт» предназначена для управления системами светосигнального оборудования аэродромов с КДП. Она используется в системах посадки с ОВИ-1 и ОВИ-2. Аппаратура обеспечивает управление регуляторами яркости и высоковольтными контакторами, а также осуществляет групповое управление осевыми, глиссадными, посадочными прожекторными огнями и огнями кругового обзора. Кроме того, она управляет огнями зоны приземления, приближения, световых горизонтов прожекторного типа и кругового обзора. Индивидуальное управление имеют осевые огни, глиссадные, зоны приземления, импульсные и заградительные.

В рекомендуемой литературе приведена структурная схема аппаратуры «Горизонт», состоящей из трех основных частей: панели оперативного управления, стойки пункта управления и стойки контролируемого пункта. Там же приведены принципиальные электрические схемы этих блоков при групповом управлении огнями, из которых становится ясным взаимодействие между ними при воздействии на кнопки пульта диспетчера посадки с учетом метеорологической дальности видимости на ВПП.

Индивидуальное управление светосигнальными средствами служит для изменения яркости или выключения осевых, глиссадных огней и огней зоны приземления по требованию экипажа самолета, приближающегося к ВПП, при посадке. Кроме того, этот вид управления применяется для включения углубленных огней в промежутках времени между посадками самолетов для

того, чтобы обозначить ВПП огнями, работающими в групповом режиме управления.

При сильном снегопаде тающий снег образует на арматуре углубленных огней наледь, и это требует увеличения их яркости.

К режиму индивидуального управления относится также включение импульсных и заградительных огней и переключение аппаратуры из режима «ПОСАДКА» в режим «ВЗЛЕТ».

Для перехода на индивидуальное управление светотехническими средствами на панели оперативного управления имеются соответствующие кнопки и галетные переключатели.

В рекомендуемой литературе приведена принципиальная электрическая схема панели оперативного управления при ее работе в индивидуальном режиме. В режиме «ВЗЛЕТ» отключаются огни зоны воздушных подходов, глиссадные и зоны приземления, для чего в схеме панели предусмотрена соответствующая кнопка.

В описании работы схемы показана взаимосвязь между элементами, расположенными на этой панели, и остальными блоками аппаратуры. Приведены также электрические схемы стойки пункта управления и полукомплекта дешифратора при их работе в режиме индивидуального управления светотехническими средствами.

Аппаратура управления РД используется для управления рулежными огнями в светотехнических системах «Свеча-3» и для аэродромов с простыми схемами руления. Она обеспечивает включение и отключение регуляторов яркости, питающих боковые рулежные огни на ступенях яркости 10, 30 и 100 % от номинального значения яркости. Высоковольтными контакторами включают различные комбинации шести кабельных колец, питающих боковые рулежные огни. Три кабельных кольца подключаются к одному регулятору яркости и три – к другому.

Принцип действия аппаратуры и взаимосвязь блоков определяется структурной схемой, приведенной в рекомендуемой литературе. Состав аппаратуры и взаимодействие между ее элементами приведены в описании работы схемы.

Нормами ИСАО рекомендуются следующие категории минимумов по значению дальности видимости огней и вертикальной видимости:

– первая категория – дальность видимости огней 800 м, вертикальная видимость 60 м;

- вторая категория – соответственно 400 и 30 м;
- третья категория А – соответственно 200 и 0 м;
- третья категория Б – соответственно 50 и 0 м;
- третья категория В – соответственно 0 и 0 м.

*Дальность видимости огней* – это расстояние, с которого экипаж уверенно видит огни на ВПП и на подходах к ней.

*Вертикальная видимость* – это высота зрительного контакта с землей, т. е. расстояние, с которого экипаж уверенно видит наземные ориентиры или огни системы посадки.

Светотехнические системы по рекомендации ИКАО имеют три категории: I, II и III (ОВИ-1, ОВИ-2, ОВИ-3). «Свеча-3» соответствует II категории ИКАО. Схемы расположения огней ОВИ-2 и ОВИ-3 на ВПП отличны от ОВИ-1 тем, что в них увеличено число входных прожекторных огней, установлены осевые огни ВПП и огни зоны приземления.

В учебном пособии [1] приведены схемы расположения огней на ВПП по II и III категориям ИКАО, а также схема расположения рулежного светосигнального оборудования. К рулежному оборудованию в системах ОВИ-3 относятся огни быстрого ухода с ВПП, огни схода с ВПП, стоп-огни, предупредительные огни, боковые и осевые огни РД. На схемах расположения огней и в описании приводятся расстояния между огнями и рядами огней, а также цвет огней. Все огни получают питание по последовательной схеме с использованием высоковольтных кабельных колец с регуляторами яркости.

В учебном пособии [2] описываются светотехнические системы посадки по I и II категориям ИКАО и приводятся схемы расположения огней в зоне воздушных подходов и ВПП. В тексте описаний и на схемах расположения огней ВПП указаны глиссадные огни в виде двух световых горизонтов по три огня с правой и по три огня с левой стороны ВПП; первый горизонт отстоит на 160 м, второй – на 390 м от начала ВПП. Схемы электропитания светотехнических систем по I и II категориям ИКАО в источнике [2] отсутствуют, однако имеется достаточно полное текстовое описание.

В настоящее время существуют три стандартные системы визуального указания глиссады планирования: VASIS, 3BAR VASIS и T-VASIS. В случае использования только части комплекта системы к обозначению добавляется буква А: AVASIS, 3BAR AVASIS и AT-VASIS. В источнике [1] изложены

сведения о границах применимости той или иной системы, которые зависят от расстояния от нижней кромки шасси до уровня глаз пилота. В систему VASIS входит 12 глиссадных огней, образующих две пары фланговых горизонтов, огни которых симметрично расположены по обе стороны ВПП; в систему 3BAR VASIS – 16 глиссадных огней, образующих три пары фланговых горизонтов – две пары по шесть огней, как в системе VASIS, и один горизонт из четырех симметрично расположенных относительно оси ВПП огней. Система T-VASIS состоит из 20 глиссадных огней, симметричных относительно оси ВПП, при этом восемь огней образуют фланговый горизонт, по обе стороны которого вдоль обеих сторон ВПП расположены по три ближних к порогу ВПП глиссадных огня и по три дальних глиссадных огня. Линии световых указателей, состоящие из трех глиссадных огней, образуют с фланговыми горизонтами буквы Т по обе стороны ВПП.

Системы AVASIS, 3BAR AVASIS и AT-VASIS, имеющие уменьшенное число огней, могут располагаться либо по обе стороны ВПП, либо по одну сторону ВПП. Каждый глиссадный огонь излучает в верхней части белый свет и красный – в нижней. При оборудовании аэродрома системой VASIS пилот при заходе на посадку видит:

- при нахождении самолета ниже нормальной глиссады планирования – все глиссадные огни красными;
- при нахождении самолета выше нормальной глиссады планирования – все огни белыми;
- при нахождении самолета на нормальной глиссаде планирования – огни ближних фланговых горизонтов белыми, а дальних – красными.

Глиссадные огни системы VASIS предназначены для светосистем ОМИ; 3BAR VASIS – для светосистем ОБИ-1 и ОБИ-2; T-VASIS – для светосистем ОБИ-3. Все глиссадные огни перечисленных систем получают электропитание по последовательной схеме, которая приведена в источнике [1].

### **Вопросы для самопроверки**

1. На каком расстоянии от порога ВПП расположены входные огни в системе «Свеча-3»?
2. На каком расстоянии от кромки ВПП устанавливаются посадочные огни?
3. Как отмечаются первые и последние 600 м ВПП в системе «Свеча-3»?

4. Как в системе «Свеча-3» отмечена линия наивыгоднейшего приземления?
5. Изменится ли напряжение высоковольтного кабельного кольца при последовательной схеме питания, если часть ламп в этом кольце перегорит?
6. Каково расстояние между рядами огней в схеме Альпа – Ата? На каком расстоянии от порога ВПП располагается световой горизонт?
7. Какова длина участка ВПП, на котором устанавливаются огни зоны приземления в схемах расположения огней на ВПП по II и III категориям ICAO?
8. Каким образом в схемах по II и III категориям ICAO производится маркировка ВПП с помощью осевых огней за 900 и 300 м до конца ВПП?
9. В чем различие между расположением огней в ЗВП по II и III категориям ICAO и расположением огней в ЗВП по I категории ICAO?
10. Каким образом сигнальные огни дают возможность пилоту увидеть заранее закругления на РД?
11. Для каких аэродромов применяются системы 3BAR VASIS и T-VASIS?
12. Какие огни видит пилот, следующий по глиссаде, образованной средним и дальним световыми горизонтами, при оборудовании аэродрома системой 3BAR VASIS?
13. За счет чего в системе T-VASIS образуются указатели «Лети ниже» и «Лети выше»?
14. Как ведет себя аппаратура «Горизонт» при обрыве линии связи в цепях группового управления при исчезновении напряжения на КДП?
15. Каково назначение панели оперативного управления аппаратуры «Горизонт»?
16. В каких случаях применяется групповое и индивидуальное управление светотехническими средствами системы посадки?

## **Тема 9. Электрическое оборудование аэродромов**

Общая характеристика электрооборудования и систем электроснабжения аэродромов. Графики нагрузки. Причины и последствия короткого замыкания электрической системы. Релейно-контакторная аппаратура. Автономные источники питания аэродромов (АИП). Назначение и степень автоматизации АИП. Универсальные блоки автоматики для запуска, контроля за работой и

для остановки стационарных дизель-электрических АИП. Токовые защиты. Электроснабжение объектов аэродрома.

**Рекомендуемая литература:** [1, с. 85–114], [2, с. 134–149], [3, с. 6–12, 194–199, 208–210], [4, с. 30–43].

### **Методические рекомендации**

Изучение общих вопросов электроснабжения аэродромов следует начать с классификации потребителей, которые, с точки зрения обеспечения надежности и бесперебойности электропитания, делятся на три категории.

Потребители первой категории, перерыв в электроснабжении которых связан с опасностью для жизни людей или со значительным материальным ущербом, при отказе основного источника (городской или районной электростанции) должны быть обеспечены автономными источниками питания (АИП). В качестве АИП чаще всего используют двигатели внутреннего сгорания – карбюраторные и дизельные.

Мощность АИП определяется мощностью, потребляемой объектом при полной нагрузке. Режим работы потребителей неодинаков в течение суток и зависит от времени года. В зависимости от этого выбирают то или иное количество аварийных агрегатов, обеспечивающих бесперебойное электроснабжение наиболее ответственных потребителей.

Возникновение аварийных режимов в системе электроснабжения аэродрома чаще всего связано с возникновением коротких замыканий. Из всех видов коротких замыканий в электрических сетях (трехфазное, двухфазное, однофазное на землю и двойное, когда две фазы замыкаются между собой и с землей) наиболее часты однофазные замыкания, когда одна фаза соединяется с нейтралью заземленного источника через землю.

При срабатывании защиты от коротких замыканий потребители отключаются от источника энергии, в связи с чем в течение определенного времени наступает перерыв в электропитании. Очень часто короткие замыкания бывают непродолжительными, например, при схлестывании проводов воздушной линии. Чтобы быстро, в течение 0,5–1 с восстановить питание, в аэропортах применяют устройства автоматического повторного включения (АПВ) однократного и многократного действия. В случаях устойчивых

коротких замыканий, при отказах источников или повреждениях элементов электроустановок, с целью недопущения длительных перерывов в электропитании потребителей применяют устройства автоматического включения резерва (АВР). Наиболее полно материал по перечисленным вопросам с принципиальными схемами устройств АПВ и АВР изложен в рекомендуемой литературе [1], [2] и [3].

В зависимости от степени автоматизации АИП время обслуживаемой работы двигателя составляет: первая степень – 4 ч; вторая – 24 ч и третья – 150 ч. В учебном пособии [1] изложены сведения о том, какие функции выполняют системы автоматического управления АИП в зависимости от степени их автоматизации.

Четвертая степень автоматизации, кроме функций, выполняемых АИП первой, второй и третьей степеней автоматизации, предполагает компьютерное управление двигателем, централизованный автоматический контроль и техническое диагностирование двигателя в целом или отдельных его частей. В гражданской авиации данная степень автоматизации до настоящего времени не используется. АИП, питающие электроприемники первой категории, имеют автоматический запуск. Топливные емкости должны обеспечивать работу АИП без обслуживания не менее 48 ч (при проектировании новых объектов).

В учебных пособиях [2], [3] приведены сведения об основных типах защиты электротехнических установок. В источниках [1], [2] описан передвижной АИП типа ЭСБ-12, имеющий в своем составе синхронный генератор с самовозбуждением. Там же приведены сведения по АИП типа АСДА-100 и по некоторым другим агрегатам.

В учебном пособии [3] подробно описан ряд электросиловых агрегатов, как стационарных, так и передвижных. В источнике [1] имеются сведения об универсальных блоках автоматики, таких, как блок типа УБА-1-10, предназначенный для автоматического управления запуском, контроля за работой и остановкой АИП типа АД-10Т; приведены схемы и описания универсального блока автоматики типа УБА-2.

Работа электростанций и трансформаторных подстанций аэропорта должна быть согласована с режимом работы потребителей. Их режим не остается постоянным, а меняется в различные часы суток, по месяцам и сезонам. Изменение нагрузки изображают в виде графиков нагрузки. Различают графики активных (в кВт) и реактивных (в кВ·Ар) нагрузок.

Работа электрических установок за определенный промежуток времени (по их графикам нагрузки) характеризуется некоторыми коэффициентами.

*Коэффициент нагрузки* (коэффициент заполнения графика) характеризует, какое время в часах в течение суток или года работала бы данная установка при максимальной нагрузке для того, чтобы выработать (потребить) то же количество электроэнергии, которое она выработала (потребила) в действительности.

*Коэффициент использования установленной мощности* характеризует степень использования установленной мощности установки (генераторов электростанции или трансформаторов подстанции).

*Коэффициент резерва* показывает относительную величину резервной мощности установки.

Для учета неодновременности работы потребителей электроэнергии вводят коэффициент одновременности, а для учета их загрузки – коэффициент загрузки.

В настоящее время управление электроприводами посредством контактных электромеханических аппаратов (реле, контакторов и др.) не потеряло практического значения. Уступая бесконтактным элементам управления в отношении износоустойчивости (числа выдерживаемых включений), надежности и регулировочных свойств, электромеханические стандартные контактные аппараты при их надлежащей наладке и обслуживании обеспечивают нормальную и безотказную работу многих систем электроприводов.

Основными контактными электромеханическими аппаратами являются реле, контакторы постоянного и переменного тока, магнитные пускатели и автоматы. Они образуют группу релейно-контакторной аппаратуры.

Релейно-контакторная аппаратура производит включения и отключения цепей управления, защиты и главных цепей электродвигателей. Процессы пуска в ход, остановки, реверсирования, торможения и другие с требуемой закономерностью во многих приводах осуществляются с помощью электромеханических аппаратов.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие потребители относятся к потребителям первой, второй и третьей категории с точки зрения обеспечения надежности и бесперебойности электропитания?



2. Какую роль при эксплуатации электроустановок играет годовой график нагрузок?
3. Какова относительная вероятность трехфазных, двухфазных, однофазных коротких замыканий и двойных замыканий на землю, если принять все виды коротких замыканий за 100 %?
4. Какой элемент электрической схемы устройства АПВ однократного действия не может повторно сработать при продолжительном коротком замыкании?
5. При каких условиях происходит срабатывание устройства АВР и с помощью какого реле?
6. Каков принцип действия продольной дифференциальной защиты от коротких замыканий?
7. Почему продольная дифференциальная защита не срабатывает при токовых перегрузках на питающей линии?
8. За счет каких устройств обеспечивается самовозбуждение синхронных генераторов, входящих в состав АИП?
9. Какова роль корректора напряжения в устройствах самовозбуждения синхронных генераторов?
10. Каковы функции универсальных блоков автоматики типов УБА?

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Требования к оформлению пояснительной записки**

1. Записка пишется чернилами или пастой одного цвета на одной стороне листа размером 210×297 мм (формат А4).
2. По периметру листа оставляются поля сверху, внизу и справа 10–15 мм, слева 25–30 мм в соответствии с ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам».
3. На первых страницах полностью переписываются содержание задания и исходные данные.
4. Название разделов в записке должно соответствовать содержанию данного раздела. Каждый раздел должен начинаться с новой страницы, иметь

заголовок, порядковый номер. Подразделы должны иметь двузначную нумерацию (например, 2.1 Расчет кривой сил света в горизонтальной плоскости).

5. Все расчеты в записке должны сопровождаться соответствующими схемами, вычерченными в масштабе с применением чертежного инструмента.

6. Все построения, надписи и обозначения должны быть выполнены карандашом в соответствии с общими требованиями к чертежам согласно ГОСТ 2.104–2006 «Основные подписи», ГОСТ 2.109–73 «Основные требования к чертежам», ГОСТ 2.302–68 «Масштабы», ГОСТ 2.303–68 «Линии», ГОСТ 2.701–84 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».

7. На схемах по осям координат диаграмм без шкал следует указывать соответствующие масштабы.

8. Таблицы, приводимые в записке, должны иметь название и номер.

9. Определяемые величины должны сопровождаться краткой характеристикой с записью расчетной формулы в общем виде. Результаты записываются с указанием обозначения единицы СИ.

10. Пояснительная записка завершается библиографическим списком, выполненным по ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов», ГОСТ 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления», ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

11. Все листы записки брошюруют и нумеруют в середине верхней части листа. Пояснительная записка должна иметь титульный лист (прил. 1).

12. Исходные данные для расчета приведены в прил. 2. Выбор варианта осуществляется по двум последним цифрам зачетной книжки обучающегося.

### **Образец решения контрольной работы**

**Задание.** По имеющимся исходным данным (см. прил. 2) рассчитать силу света в вертикальной и горизонтальной плоскостях для заданного огня приближения, построить кривые сил света и подобрать огонь соответствующего типа.

Для примера берем следующие данные:

- номер огня 2;
- расстояние между огнями – 90 м;

- расстояние от БПРМ до торца ВПП – 900 м;
- вид двигателя поршневой.

Для расчета принимаем длину ВПП равной 3000 м, ширину 100 м. Первый огонь приближения установлен на расстоянии 900 м от торца ВПП в точке  $P$  (рис. 1). Там же установлен ближний приводной радиомаяк БПРМ. Расстояние между огнями приближения равно 90 м.

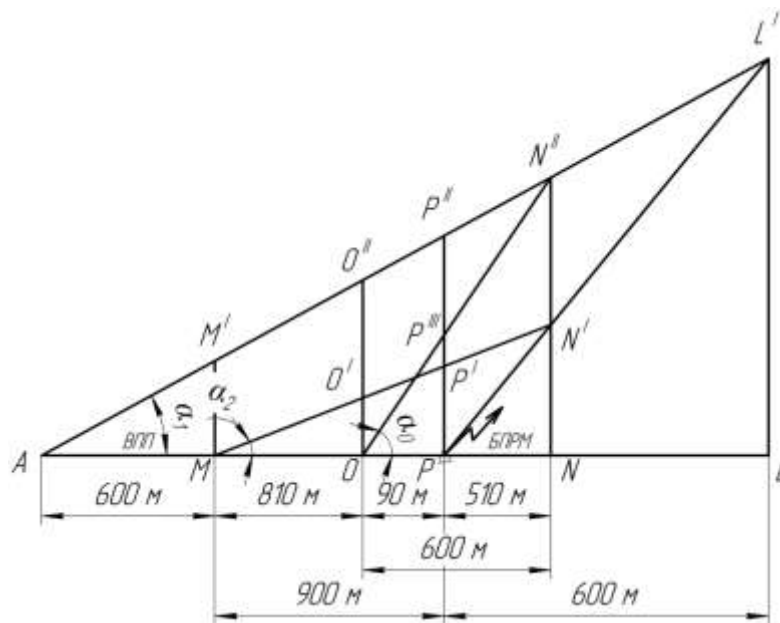


Рис. 1. Расчетная схема силы света огня в вертикальной плоскости

### Общие данные для всех вариантов

1. Длина ВПП – 3000 м.
2. Ширина ВПП – 100 м.
3. Удаление КРМ от конца ВПП – 1000 м.
4. Максимальный угол отклонения от оси ВПП –  $1^{\circ}10'$  ( $1,17^{\circ}$ ).
5. Высота пролета БПРМ:
  - а) по верхней предельной глиссаде планирования – 85 м;
  - б) по нижней предельной глиссаде планирования – 35 м.
6. В зависимости от типа двигателей, устанавливаемых на самолете, необходимая МДВ  $L_1$  огня равна:
  - а) для самолетов с поршневыми двигателями – 600 м;
  - б) для самолетов с ТВД – 800 м;
  - в) для самолетов с ТРД – 1000 м.

7. Минимальная МДВ  $S_d$  в дневное время равна:

- а) для самолетов с поршневыми двигателями – 500 м;
- б) для самолетов с ТВД – 750 м;
- в) для самолетов с ТРД – 1000 м.

8. Минимальная МДВ  $S_n$  в ночное время для всех типов самолетов рассчитывается по формуле

$$S_n = \frac{1,7 \cdot L_1 \cdot S_d}{1,7 \cdot L_1 - S_d \cdot \lg \frac{E_n}{E_d}}, \quad (1)$$

где  $E_n = 0,2 \cdot 10^{-6}$  – пороговая освещенность, соответствующая условиям наблюдения ночью, лк;

$E_d = 1,2 \cdot 10^{-3}$  – пороговая освещенность, соответствующая условиям наблюдения днем, лк.

9. Сила света в направлении соответствующего луча определяется по формуле

$$I_n = E_n \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_n}}, \text{ если } L > 600 \text{ м}, \quad (2)$$

$$I_d = E_d \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_d}}, \text{ если } L < 600 \text{ м}, \quad (3)$$

где  $L$  – длина луча, по которому определяется сила света (расстояние от огня до наблюдателя), м.

В случае, если длина луча, определяемая расчетом, окажется более 600 м, используется формула (2), если менее 600 м, то используется формула (3).

### **Расчет кривой сил света в вертикальной плоскости**

Расчет производим для посадки самолетов с поршневыми двигателями. Необходимая дальность видимости огней при посадке самолетов с поршневыми двигателями равна 600 м. Нижняя предельная глиссада планирования пересекается с началом ВПП в точке  $M$ ; верхняя предельная глиссада пересекается с началом ВПП в точке  $A$ , расположенной от начала ВПП на 600 м.

Второй огонь приближения расположен в точке  $O$ , удаленной от торца ВПП на 810 м. Плоскость  $LL^I$  соответствует району перехода на визуальный полет самолетов.

Проводим вертикальную плоскость перпендикулярно продолжению оси ВПП, которая проходит через рассчитываемый огонь  $O$ .

На расстоянии минимальной дальности видимости для самолетов с поршневыми двигателями от точки  $O$  до точки  $N$  600 м проводим еще одну вертикальную плоскость  $NN''$ .

Максимальную силу света направляем в точку  $N''$ . Таким образом, мы получили расчетный четырехугольник  $OO''N''N$ . Далее выносим его отдельно (рис. 2) для расчета кривой светораспределения второго огня в вертикальной плоскости.

$AM = 600$  м;  $MO = 810$  м;  $OP = 90$  м;  $PN = 510$  м;  $AP = 1500$  м;  $MP = 900$  м;  $MN = 1410$  м;  $ON = 600$  м;  $NL = 600$  м;  $PP^I = 35$  м;  $PP^{II} = 85$  м.

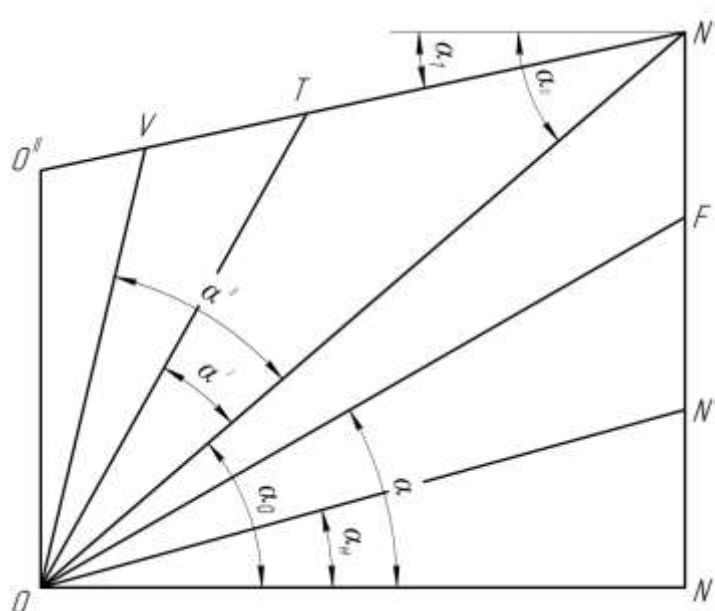


Рис. 2. Схема расчета кривой светораспределения расчетного огня в вертикальной плоскости

Расчет ведется в два этапа. Первый этап заключается в расчете кривой светораспределения огня вниз от оптической оси  $ON''$ , второй – вверх от оптической оси.

Проводим в расчетном четырехугольнике  $OO''N''N$  луч  $ON^I$  – самый нижний луч от рассчитываемого огня, который должен видеть экипаж самолета. Определяем величины углов наклона нижней и верхней предельных глиссад планирования к поверхности земли, исходя из условия, что при высоте полета БПРМ, равной 35 м, самолет, идущий на посадку, приземлится в начале ВПП, а при высоте полета БПРМ, равной 85 м – в 600 м после начала ВПП.

Из подобия треугольников  $APP''$  и  $ANN''$  (см. рис. 1) определяем  $NN''$ :

$$\frac{NN''}{PP''} = \frac{AN}{AP} \rightarrow NN'' = \frac{PP'' \cdot AN}{AP} = \frac{85 \cdot 2010}{1500} = 113,9 \text{ м.} \quad (4)$$

Из подобия треугольников  $MNN'$  и  $MPP'$  (см. рис. 1) определяем  $NN'$ :

$$\frac{NN'}{PP'} = \frac{MN}{MP} \rightarrow NN' = \frac{PP' \cdot MN}{MP} = \frac{35 \cdot 1410}{900} = 54,8 \text{ м.} \quad (5)$$

Из подобия треугольников  $APP''$  и  $AOO''$  (см. рис. 1) определяем  $OO''$ :

$$\frac{OO''}{PP''} = \frac{AO}{AP} \rightarrow OO'' = \frac{PP'' \cdot AO}{AP} = \frac{85 \cdot 1410}{1500} = 79,9 \text{ м.} \quad (6)$$

Определим углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ :

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{PP''}{AP} = \frac{85}{1500} = 0,057; \alpha_1 = 3,26^\circ, \quad (7)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{PP'}{MP} = \frac{35}{900} = 0,039; \alpha_2 = 2,23^\circ. \quad (8)$$

Из рис. 2 определяем угол наклона  $\alpha_0$  главной оптической оси к поверхности земли:

$$\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{NN''}{ON} = \frac{113,9}{600} = 0,19; \alpha_0 = 10,8^\circ. \quad (9)$$

Из рис. 2 определяем угол наклона отрезка  $NN'$  к поверхности земли:

$$\operatorname{tg}\alpha_n = \frac{NN'}{ON} = \frac{54,8}{600} = 0,0913; \alpha_n = 5,22^\circ. \quad (10)$$

Длина главной оптической оси (см. рис. 2) равна

$$ON'' = \frac{ON}{\cos\alpha_0} = \frac{600}{\cos 10,8^\circ} = 610,7 \text{ м.} \quad (11)$$

Главная оптическая ось огня – это ось, по которой распространяется максимальная сила света, направленная в точку  $N''$ . В ней будут наилучшие условия для наблюдения огня, потому что она удалена от огня в горизонтальной плоскости на 600 м, а в вертикальной плоскости она лежит на верхней предельной глиссаде планирования.

Из рис. 2 определим длину отрезка  $ON^I$ :

$$ON^I = \frac{ON}{\cos\alpha_n} = \frac{600}{\cos 5,22^\circ} = 602,5 \text{ м.} \quad (12)$$

Минимальная МВД земли в дневное время для самолетов с поршневыми двигателями  $S_d = 500$  м.

Находим МДВ в ночное время по формуле (1):

$$S_n = \frac{1,7 \cdot 600 \cdot 500}{1,7 \cdot 600 - 500 \cdot \lg \frac{0,2 \cdot 10^{-6}}{1,2 \cdot 10^{-3}}} = 175,3,$$

где  $L_1 = 600$  м – для самолетов с поршневыми двигателями.

Как показано выше, расстояние от источника света до наблюдателя меньше, чем 600 м, поэтому расчет точек кривой силы света огней следует вести для наблюдения их днем, т. е. применительно для воздушного средства с поршневыми двигателями  $S_d = 500$  м и  $E_d = 1,2 \cdot 10^{-3}$  лк. Для расстояния больше 600 м пользуются значениями  $S_n = 175,3$  м и  $E_n = 0,2 \cdot 10^{-6}$  лк, исходя из условия наблюдения огней ночью. Задавая значения угла  $\alpha$  большими, чем  $\alpha_n$ , но меньшими, чем  $\alpha_0$ , получим точки кривой светораспределения в вертикальной плоскости вниз от оптической оси  $ON^{II}$ .

Сила света, распространяющаяся по лучу  $ON^I$ , равна

$$I_n^{N^I} = E_n \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_n}} = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 602,5^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 602,5}{175,3}} = 50\,557,4 \text{ кд,}$$

где  $L = ON^I$ .

Сила света, распространяющаяся по лучу  $ON^{II}$ , равна

$$I_n^{N^{II}} = E_n \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_n}} = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 610,7^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 610,7}{175,3}} = 53486,2 \text{ кд,}$$

где  $L = ON^{II}$ .

На рис. 2 под углом  $\alpha$  (где  $\alpha_n < \alpha < \alpha_0$ ,  $\alpha = 6^\circ$ ) к горизонту проводим луч  $OF$ :

$$OF = \frac{ON}{\cos\alpha} = \frac{600}{\cos 6^\circ} = 603,3 \text{ м,} \quad (13)$$

$$I_n^F = E_n \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_n}} = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 603,3^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 603,3}{175,3}} = 51\,605,4 \text{ кд.}$$

Точки кривой светораспределения в вертикальной плоскости вверх от оптической оси  $ON''$  получаем, задавая углы, отсчитываемые от оптической оси  $ON''$  против часовой стрелки. Проводим луч  $OT$  под углом от оптической оси  $\alpha^I$  ( $\alpha^I$  необходимо принять  $\alpha^I = 1-4^\circ$ , принимаем  $\alpha^I = 2,5^\circ$ ) (см. рис. 2). Угол  $O''N''O$  определяется как разность углов  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$ .

Находим угол  $O''N''O$  (см. рис. 2):

$$\angle O''N''O = \alpha_0 - \alpha_1 = 10,8 - 3,26 = 7,5^\circ. \quad (14)$$

Определяем угол  $OTN''$ :

$$\angle OTN'' = 180 - (\alpha^I + \angle O''N''O) = 180 - (2,5 + 7,5) = 170^\circ. \quad (15)$$

Из треугольника  $OTN''$  определим длину луча  $OT$  по теореме синусов:

$$\frac{OT}{\sin \angle O''N''O} = \frac{ON''}{\sin \angle OTN''}, \quad (16)$$

$$OT = \frac{ON'' \cdot \sin \angle O''N''O}{\sin \angle OTN''} = \frac{610,7 \cdot 0,131}{0,174} = 459 \text{ м.}$$

Так как расстояние от второго огня приближения до точки  $T$  меньше 600 м, то расчет силы света в направлении луча  $OT$  ведем для дневных условий при метеорологической дальности видимости при  $S_d = 500$  м применительно к самолетам с поршневыми двигателями. В этом случае берется пороговая освещенность  $E_d = 1,2 \cdot 10^{-3}$  лк.

Определим силу света, распределяемую по лучу  $OT$ , используя формулу (3):

$$I_d^T = E_d \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_d}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 459^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 459}{500}} = 9191,9 \text{ кд.}$$

Проводим луч  $OV$  под углом  $\alpha''$  ( $\alpha''$  необходимо принять  $\alpha^I < \alpha'' < 8^\circ$ , принимаем  $\alpha'' = 3^\circ$ ) к оптической оси (см. рис. 2).

Из треугольника  $OVN''$  определим длину луча  $OV$  по теореме синусов:

$$\frac{OV}{\sin \angle O''N''O} = \frac{ON''}{\sin \angle OVN''}, \quad (17)$$

$$\angle OVN'' = 180 - (\alpha'' + \angle O''N''O) = 180 - (3 + 7,5) = 169,5^\circ, \quad (18)$$

$$OV = \frac{ON'' \cdot \sin \angle O''N''O}{\sin \angle OVN''} = \frac{610,7 \cdot 0,131}{0,182} = 437,4 \text{ м}$$



Сила света, распространяющаяся по лучу  $OV$ , равна

$$I_{\text{д}}^V = E_{\text{д}} \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_{\text{д}}}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 437,4^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 437,4}{500}} = 7048,5 \text{ кд.}$$

### Расчет кривой сил света в горизонтальной плоскости

Схема зоны зрительного вождения самолетов в горизонтальной плоскости приведена на рис. 3. На схеме, кроме ранее введенных обозначений, указан курсовой радиомаяк КРМ, установленный в точке  $K$  на расстоянии 1000 м от торца ВПП со стороны, противоположной направлению посадки. Курсовой сектор КРМ ограничивается линиями  $KC^{III}$  и  $KB^{III}$ . Общая максимальная погрешность углового отклонения  $\gamma$  самолета от оси ВПП принимается равной  $1^\circ 10'$  ( $1,17^\circ$ ).

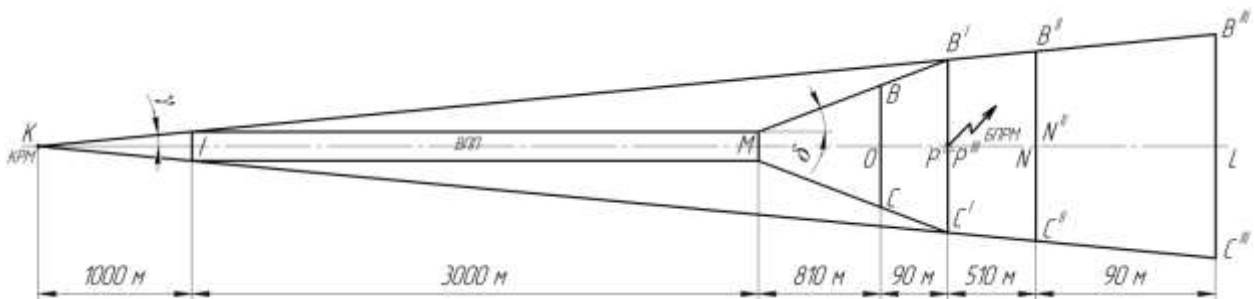


Рис. 3. Расчетная схема силы света огня в горизонтальной плоскости

Проведя вертикальную плоскость через рассчитываемый огонь, находящийся на прямой  $BC$  в точке  $O$ , и вторую вертикальную плоскость на расстоянии 600 м от огня через прямую  $B''C''$ , получим расчетный шестиугольник  $BB'V''C''C'$ .

Линия  $BOC$  шестиугольника лежит на плоскости земли, а линия  $B''N''C''$  – на плоскости верхней предельной глиссады планирования. Линейное боковое отклонение от перехода на визуальный полет для самолетов с ТРД и ТВД составляет 133 м. При расчете кривых сил света для самолетов с поршневыми двигателями вторую плоскость  $B''N''C''$  проводят на расстоянии 600 м от рассчитываемого огня, а для самолетов с ТВД – на расстоянии 800 м.

Для расчета кривой светораспределения огня необходимо определить основные параметры расчетного шестиугольника в горизонтальной плоскости. Максимальное боковое отклонение от осевой линии ВПП в районе БПРМ (см. рис. 3), равно

$$PB^I = PC^I = KP \cdot \text{tg } \gamma = 4900 \text{ tg } 1^\circ 10' = 99,79 \text{ м.} \quad (19)$$

Определим угол  $\delta$  (см. рис. 3):

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{PB^I - 50}{MP} = \frac{99,79 - 50}{900} = 0,055, \quad (20)$$

$$\delta = 3,15^\circ,$$

где 50 – половина ширины ВПП, м.

Определим длину отрезка  $N^{II}C^{II}$ :

$$N^{II}C^{II} = N^{II}B^{II} = KN \cdot \operatorname{tg}\gamma = 5410 \cdot \operatorname{tg} 1^\circ 10' = 110,5 \text{ м.} \quad (21)$$

Определим длину отрезка  $OB$ :

$$OB = PB^I - OP \cdot \operatorname{tg}\delta = 99,79 - 90 \cdot \operatorname{tg} 3,15 = 94,8 \text{ м.} \quad (22)$$

Из точки  $O$  проводим луч  $OC^{II}$  (рис. 4) под углом  $\beta_0$  к оптической оси. Определим угол  $\beta_0$ :

$$\operatorname{tg}\beta_0 = \frac{N^{II}C^{II}}{ON^{II}} = \frac{110,5}{610,7} = 0,181, \quad (23)$$

$$\beta_0 = 10,3^\circ.$$

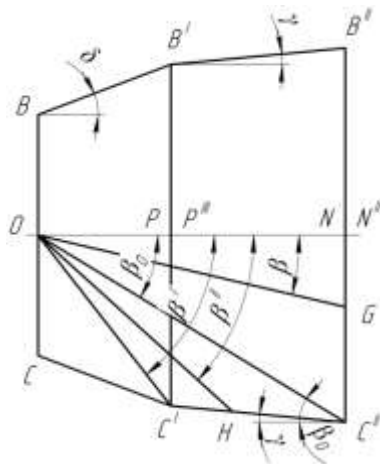


Рис. 4. Схема расчета кривой светораспределения расчетного огня в горизонтальной плоскости

Определяем длину луча  $OC^{II}$ :

$$OC^{II} = \frac{N^{II}C^{II}}{\sin\beta_0} = \frac{110,5}{\sin 10,3^\circ} = 620,5 \text{ м.} \quad (24)$$

Определим силу света в направлении луча  $OC^{II}$ :

$$I_{\text{н}}^{C^{II}} = E_{\text{н}} \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_{\text{н}}}} = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 620,5^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 620,5}{175,3}} = 80 \ 151,6 \text{ кд.}$$

Из точки  $O$  на рис. 4 проводим луч  $OG$  под углом  $\beta$  (где  $0 < \beta < \beta_0$ , принимаем  $\beta = 5^\circ$ ) к оптической оси  $ON''$ . Длина луча определяется из выражения

$$OG = \frac{ON''}{\cos\beta} = \frac{610,7}{\cos 5^\circ} = 613 \text{ м.} \quad (25)$$

Определим силу света в направлении луча  $OG$ :

$$I_{\text{н}}^G = E_{\text{н}} \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_{\text{н}}}} = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 613^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 613}{175,3}} = 66 \ 163,3 \text{ кд.}$$

Из точки  $O$  проводим луч  $OC^I$  под углом  $\beta^I$  к оптической оси  $ON''$  и определяем угол  $\beta^I$ :

$$\text{tg}\beta^I = \frac{PC^I}{OP^{III}}. \quad (26)$$

Определяем  $OP^{III}$ :

$$OP^{III} = \frac{OP}{\cos\alpha_0} = \frac{90}{\cos 10,7} = 91,6 \text{ м,} \quad (27)$$

$$\beta^I = \text{arctg}\left(\frac{99,79}{91,6}\right) = 47,7^\circ.$$

Длину луча  $OC^I$  определяем из треугольника  $OP^{III}C^I$ :

$$OC^I = \frac{OP^{III}}{\cos\beta^I} = \frac{91,6}{\cos 47,7} = 136,1 \text{ м.} \quad (28)$$

Определяем силу света в направлении луча  $OC^I$ :

$$I_{\text{д}}^{C^I} = E_{\text{д}} \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_{\text{д}}}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 136,1^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 136,1}{500}} = 64,5 \text{ кд.}$$

Проводим луч  $OH$  под углом  $\beta''$  (где  $\beta_0 < \beta'' < \beta^I$ , принимаем  $\beta'' = 26^\circ$ ) к оптической оси  $ON''$ .

Из треугольника  $OHC''$  определим длину луча  $OH$  по теореме синусов:

$$\frac{OC''}{\sin\angle OHC''} = \frac{OH}{\sin\angle OC''H} \cdot OH = \frac{OC'' \cdot \sin\angle OC''H}{\sin\angle OHC''}, \quad (29)$$

$$\angle OC''C^I = \beta_0 - \gamma = 10,3 - 1^\circ 10' = 9,13^\circ, \quad (30)$$

$$\angle OHC'' = 180 - (\beta'' - \beta_0 + \angle OC''C^I) = 180 - (26 - 10,3 + 9,13) = 155,2^\circ, \quad (31)$$

$$OH = \frac{620,5 \cdot \sin 9,13^\circ}{\sin 155,2^\circ} = 234,7 \text{ м.}$$

Определяем силу света в направлении луча  $OH$ :

$$I_{\text{д}}^H = E_{\text{д}} \cdot L^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot L}{S_{\text{д}}}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 234,7^2 \cdot 10^{\frac{1,7 \cdot 234,7}{500}} = 415,1 \text{ кд.}$$

### Построение кривых светораспределения

Для построения кривых светораспределения огня в значения расчетной силы света необходимо ввести коэффициент запаса  $K = 1,42$ . Этот коэффициент учитывает уменьшение светового потока лампы к концу срока службы, уменьшение светового потока огня из-за снижения напряжения сети, загрязнения и запыления оптики.

Имеются пять точек для построения кривой в вертикальной плоскости со следующими координатами:

$$\alpha = \alpha_0 - \alpha_{\text{н}} = 10,8^\circ - 5,22^\circ = 5,58^\circ; \quad I^{N^I} = I_{\text{н}}^{N^I} = 50\,557,4 \cdot 1,42 = 71\,791,5 \text{ кд;}$$

$$\alpha = \alpha_0 - \alpha = 10,8^\circ - 6^\circ = 4,8^\circ; \quad I^F = I_{\text{н}}^F = 51\,605,4 \cdot 1,42 = 73\,279,7 \text{ кд;}$$

$$\alpha = 0^\circ; \quad I^{N^{II}} = I_{\text{н}}^{N^{II}} = 62\,280,3 \cdot 1,42 = 88\,580,0 \text{ кд;}$$

$$\alpha = \alpha^I = 2,5^\circ; \quad I^T = I_{\text{д}}^T = 9191,9 \cdot 1,42 = 13\,052,5 \text{ кд;}$$

$$\alpha = \alpha^{II} = 3^\circ. \quad I^V = I_{\text{д}}^V = 7048,5 \cdot 1,42 = 10\,008,9 \text{ кд.}$$

В горизонтальной плоскости также имеются пять точек с координатами:

$$\beta = 0^\circ; \quad I^{N^{II}} = I_{\text{н}}^{N^{II}} = 62\,280,3 \cdot 1,42 = 88\,580,0 \text{ кд;}$$

$$\beta = 5^\circ; \quad I^G = I_{\text{н}}^G = 66\,163,3 \cdot 1,42 = 93\,951,9 \text{ кд;}$$

$$\beta = \beta_0 = 10,4^\circ; \quad I^{C^{II}} = I_{\text{н}}^{C^{II}} = 80\,151,6 \cdot 1,42 = 113\,815,3 \text{ кд;}$$

$$\beta = \beta^{II} = 26^\circ; \quad I^H = I_{\text{д}}^H = 415,1 \cdot 1,42 = 589,5 \text{ кд;}$$

$$\beta = \beta^I = 47,7^\circ. \quad I^{C^I} = I_{\text{д}}^{C^I} = 64,5 \cdot 1,42 = 91,6 \text{ кд.}$$

По полученным точкам строятся кривые светораспределения (рис. 5, 6) расчетного огня.

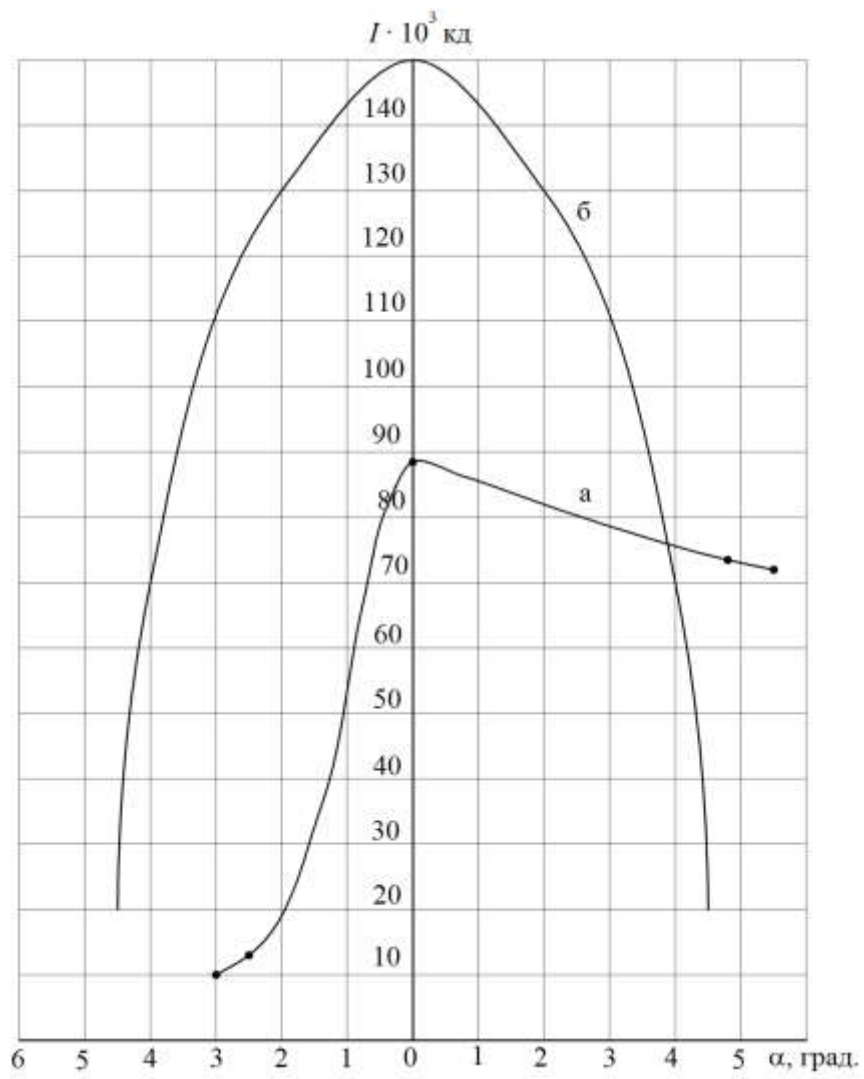


Рис. 5. Кривые силы света в вертикальной плоскости:  
а – теоретическая кривая; б – практическая кривая огня ОП-35

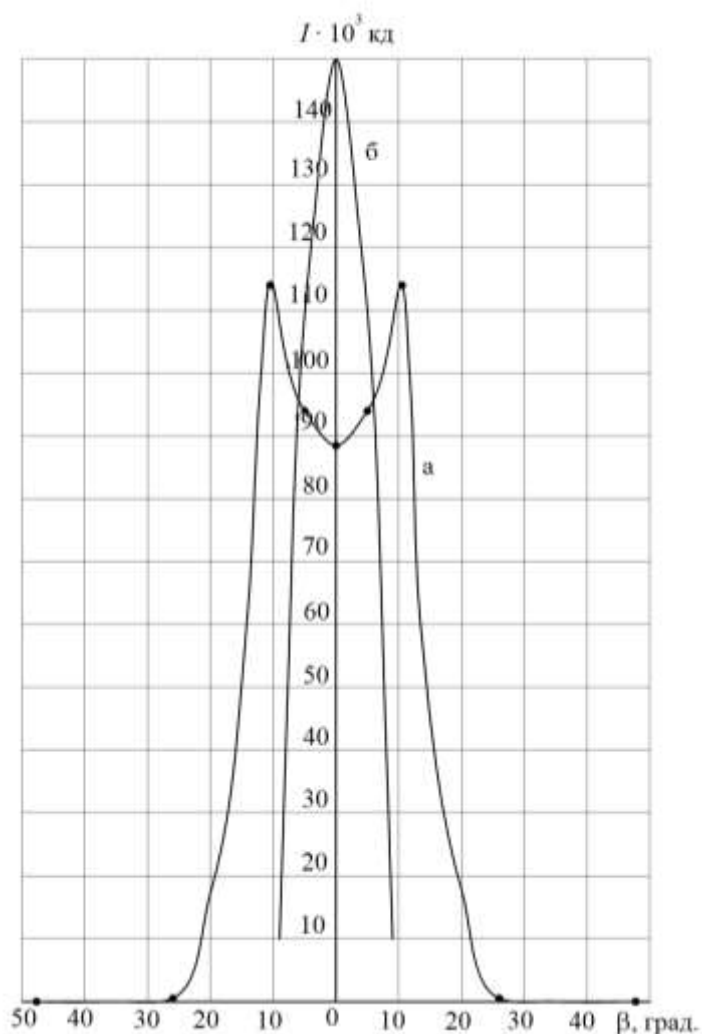


Рис. 6. Кривые силы света в горизонтальной плоскости:  
 а – теоретическая кривая; б – практическая кривая огня ОП-35

### Реализация кривых светораспределения

На рис. 5 и 6 кроме теоретической кривой светораспределения приведена кривая светораспределения прожекторного огня ОП-35. Для реализации теоретической кривой необходимо сравнить расчетную силу света с учетом коэффициента запаса по каждому лучу, имея в виду, что сила света применяемого огня во всех направлениях должна быть больше расчетной.

В вертикальной плоскости (см. рис. 5) расчетная сила света по главной оптической оси  $ON^{\text{II}}$  равна 88 580,0 кд; огонь ОП-35 обеспечивает силу света 150 000 кд, что свидетельствует о том, что реализация данной точки обеспечивается со значительным запасом.

Под углом  $\alpha = 2,5^\circ$  вверх от оптической оси  $ON''$  расчетная сила света составляет 13 052,5 кд; огонь ОП-35 обеспечивает 125 000 кд, а при угле  $\alpha = 3^\circ$  вверх от оптической оси расчетная сила света равна 10 008,9 кд, в то время как у огня ОП-35 сила света равна 110 000 кд. Таким образом, в вертикальной плоскости вверх от главной оптической оси все точки кривой светораспределения реализуются огнем ОП-35.

Расчетная сила света под углом  $\alpha = 4,8^\circ$  вниз от оптической оси  $ON''$ , как это следует из кривой (см. рис. 5), равна 73 279,7 кд; огонь ОП-35 обеспечивает силу света приблизительно 15 000 кд, а при угле  $\alpha = 5,58^\circ$  вниз от оптической оси расчетная сила света равна 71 791,5 кд, в то время как у огня ОП-35 сила света не распространяется под данным углом. Таким образом, в вертикальной плоскости вниз от главной оптической оси  $ON''$  все точки кривой светораспределения не реализуются огнем ОП-35, в связи с чем необходимо изменить угол наклона главной оптической оси к поверхности земли  $\alpha_0 = 10,8^\circ$  таким образом, чтобы данный огонь смог реализовать расчетную силу света под всеми расчетными углами. В нашем случае необходимо наклонить главную оптическую ось  $ON''$  к поверхности земли под углом  $\alpha_0 = 13,5^\circ$  (см. рис. 5).

Для реализации кривой светораспределения расчетного огня в горизонтальной плоскости необходимо сравнить расчетную силу света с учетом коэффициента запаса по каждому лучу, имея в виду, что сила света применяемого огня ОП-35 во всех направлениях должна быть больше расчетной.

В горизонтальной плоскости (см. рис. 6) расчетная сила света по главной оптической оси  $ON''$  равна 88 580,0 кд; огонь ОП-35 обеспечивает силу света 150 000 кд, а под углом  $\beta = 5^\circ$  расчетная сила света равна 93 951,9 кд; огонь ОП-35 обеспечивает силу света 110 000 кд. Таким образом, все точки кривой светораспределения реализуются огнем ОП-35.

Сопоставление расчетной кривой светораспределения с кривой для прожекторного огня ОП-35 (см. рис. 6) показывает, что в направлении лучей, расположенных под углами  $\beta = 10,4\text{--}47,7^\circ$  к главной оптической оси  $ON''$ , выбранный огонь ОП-35 не обеспечивает необходимой силы света.

Для того, чтобы реализовать расчетную кривую, принимаем ряд из пяти огней ОП-35, расположенных на расстоянии 1,75 м друг от друга, перпендикулярно оси ВПП.

Изображаем расчетный шестиугольник в горизонтальной плоскости (рис. 7) с нанесенными в расчетных точках значениями силы света и рядом обозначаем силу света, которую обеспечивает средний огонь с главной оптической осью, направленной по оси ВПП, а также два огня, оптические оси которых направлены влево и вправо от оси ВПП под углом  $\beta = 10,4^\circ$  к ней (значения силы света этих огней обводим рамкой), и два огня, оптические оси которых направлены влево и вправо от оси ВПП под углом  $\beta = 26^\circ$  к ней (значения силы света этих огней указываем в скобках).

Расстояние 1,75 м между огнями в масштабе рис. 7 очень мало, поэтому приближенно можно считать, что все три огня расположены в одной точке на продолжении оси ВПП.

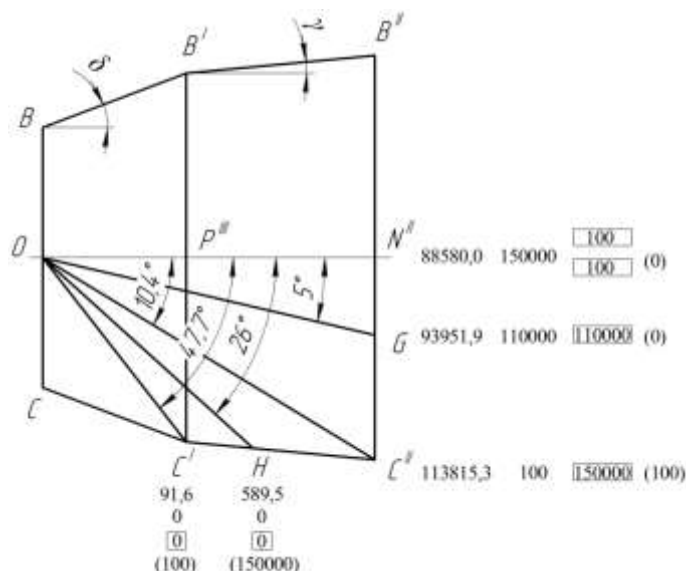


Рис. 7. Схема расчета суммарной силы света от группы огней

Как видно из рис. 7, средний огонь распространяет по главной оптической оси  $ON''$  силу света 150 000 кд, а два крайних от него огня (второй и третий), как это следует из кривой сил света огня ОП-35 (см. рис. 6), под углом  $\beta = 10,4^\circ$  распространяют силу света 100 кд. От четвертого и пятого огня сила света не достигает данной точки и равна 0 кд. Таким образом, суммарная сила света от ряда огней на оптической оси среднего огня равна 150 100 кд.

Аналогичным образом суммарная сила света в направлении луча, идущего под углом  $\beta = 5^\circ$  относительно оси ВПП, равна 220 000 кд, под углом  $\beta = 10,4^\circ$  равна 150 200 кд, под углом  $\beta = 26^\circ$  равна 150 000 кд и под углом  $\beta = 47,7^\circ$  равна 100 кд.



Таким образом, все точки расчетной кривой светораспределения реализованы огнями ОП-35.

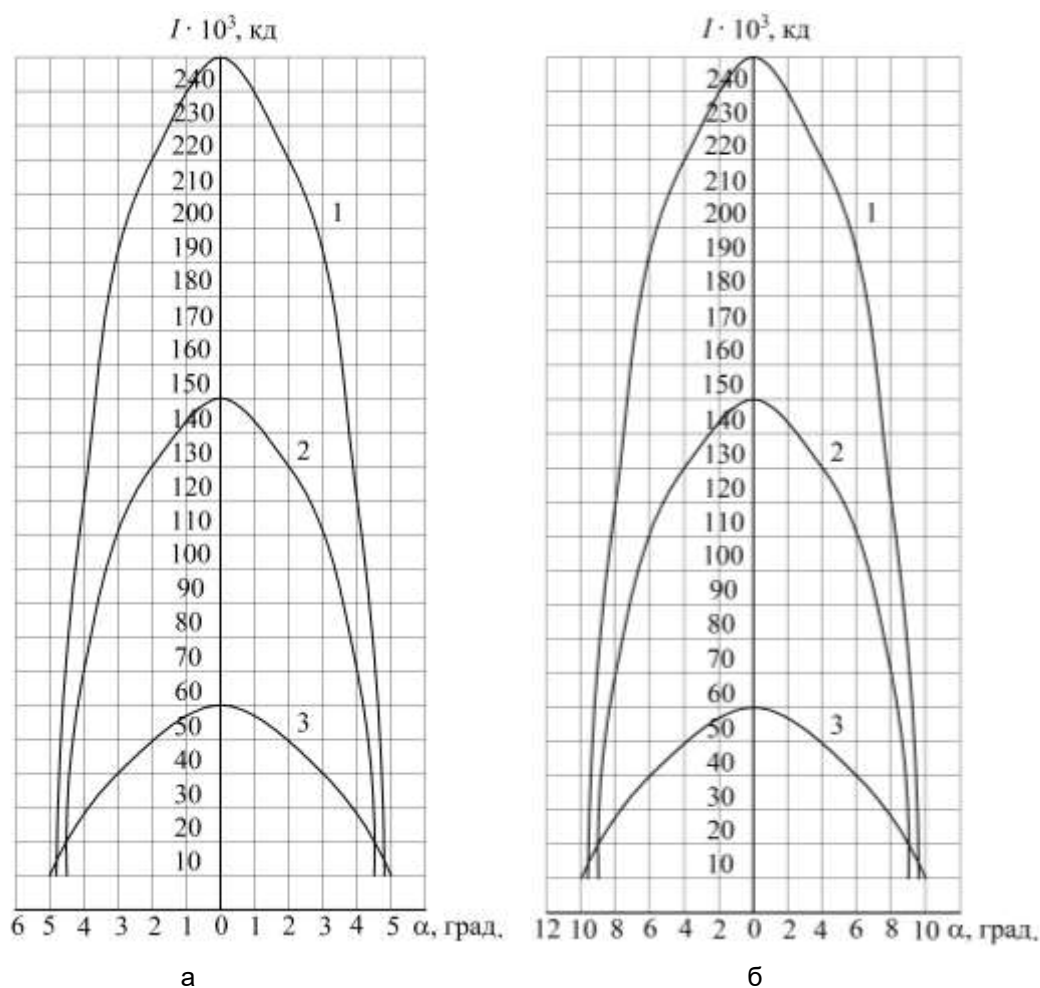


Рис. 8. Кривые силы света:  
а – вертикальная плоскость; б – горизонтальная плоскость:  
1 – огонь П-35; 2 – огонь ОП-35; 3 – огонь ОГ

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Электросветотехническое оборудование аэродромов : учеб. пособие / сост. О. В. Милашкина. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2014. – 116 с.
2. Жуков, В. В. Электрическое и световое оборудование аэродромов : учеб. пособие / В. В. Жуков, В. А. Воеводзинский. – М. : Транспорт, 1991. – 280 с.

3. Гладыш, И. С. Электроснабжение аэропортов : учеб. пособие / И. С. Гладыш, П. Л. Андреев. – М. : Транспорт, 1979. – 247 с.

*Дополнительная*

4. Светотехническое оборудование аэродромов : альбом схем / сост. Б. Н. Ломанцов, О. Н. Аронов. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2002. – 44 с.

5. Михайлов, Н. А. Воздушная навигация. Международные полеты : учеб. пособие / Н. А. Михайлов ; Центр подготовки и сертификации авиационного персонала. – Новосибирск : НПФ «Бэсттек-Авиа», 2000. – 169 с.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Электросветотехническое оборудование аэродромов : учеб. пособие / сост. О. В. Милашкина. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2014. – 116 с.

2. Светотехническое оборудование аэродромов : альбом схем / сост. Б. Н. Ломанцов, О. Н. Аронов. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2002. – 44 с.

**Образец оформления титульного листа контрольной работы**

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УЛЬЯНОВСКОЕ ВЫСШЕЕ АВИАЦИОННОЕ УЧИЛИЩЕ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (ИНСТИТУТ)»**

**Факультет летной эксплуатации и управления воздушным движением**

Кафедра общепрофессиональных дисциплин

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

по дисциплине

«Электросветотехническое оборудование аэродромов»

Вариант №

Выполнил: курсант гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ф.И.О.

Проверил: преподаватель кафедры ОПД

\_\_\_\_\_

Ф.И.О.

**Ульяновск 2015**

Варианты исходных данных для расчета

Предпоследняя цифра шифра обучающегося	Последняя цифра шифра обучающегося							
	Номер огня	Расстояние между огнями, м	Расстояние от БПРМ до торца ВПП, м	Вид двигателя	Номер огня	Расстояние между огнями, м	Расстояние от БПРМ до торца ВПП, м	Вид двигателя
<b>1</b>					<b>2</b>			
1	2	110	1100	Поршн.	4	110	1100	ТРД
2	3	105	1050	Поршн.	5	105	1050	ТРД
3	4	100	1000	Поршн.	6	100	1000	Поршн.
4	5	95	950	Поршн.	7	95	950	Поршн.
5	6	90	900	Поршн.	8	90	900	Поршн.
6	2	110	1100	ТРД	5	110	1100	Поршн.
7	3	105	1050	ТРД	6	105	1050	Поршн.
8	4	100	1000	ТВД	6	100	1000	ТВД
9	5	95	950	ТВД	2	95	950	ТВД
0	6	90	900	ТВД	3	90	900	ТВД
<b>3</b>					<b>4</b>			
1	4	110	1100	ТВД	7	90	900	Поршн.
2	5	105	1050	ТВД	2	90	900	Поршн.
3	2	100	1000	ТРД	3	95	950	Поршн.
4	3	95	950	ТРД	4	95	950	ТВД
5	4	90	900	ТРД	5	100	1000	ТВД
6	2	110	1100	ТВД	6	110	1100	ТРД
7	3	100	1000	ТВД	2	105	1050	ТРД
8	4	100	1000	ТРД	3	110	1100	ТВД
9	5	95	950	ТРД	4	95	950	Поршн.
0	6	110	1100	ТРД	5	100	1000	Поршн.
<b>5</b>					<b>6</b>			
1	6	110	1100	Поршн.	2	90	900	ТВД
2	3	110	1100	ТРД	3	100	1000	ТРД
3	8	110	1100	ТРД	4	105	1050	ТРД
4	7	95	950	ТРД	5	90	950	Поршн.
5	8	95	950	ТРД	6	90	900	ТРД
6	4	105	1050	Поршн.	2	105	1050	ТВД
7	3	100	1000	Поршн.	3	105	1050	ТВД
8	2	105	1000	ТВД	4	105	1050	ТВД
9	5	110	1100	ТРД	5	100	1000	ТРД
0	5	95	950	ТРД	6	100	1000	ТРД

Предпоследняя цифра шифра обучающегося	Последняя цифра шифра обучающегося							
	Номер огня	Расстояние между огнями, м	Расстояние от БПРМ до торца ВПП, м	Вид двигателя	Номер огня	Расстояние между огнями, м	Расстояние от БПРМ до торца ВПП, м	Вид двигателя
	<b>7</b>				<b>8</b>			
1	4	110	1100	Поршн.	4	95	950	ТРД
2	5	105	1050	Поршн.	5	105	1050	ТВД
3	6	100	1000	ТВД	2	100	1000	Поршн.
4	7	95	950	ТВД	3	95	950	ТВД
5	8	90	900	ТВД	4	95	1050	ТВД
6	5	110	1100	ТВД	2	105	900	Поршн.
7	6	105	1050	ТВД	3	90	1000	ТРД
8	6	95	950	ТВД	7	100	1150	ТРД
9	2	95	950	Поршн.	5	115	1150	ТРД
0	3	90	900	Поршн.	6	115	1150	ТРД
	<b>9</b>				<b>0</b>			
1	7	100	1000	ТВД	6	115	1150	Поршн.
2	2	90	900	ТРД	3	115	1150	Поршн.
3	3	115	1150	ТРД	8	115	1150	ТРД
4	4	115	1150	ТРД	4	115	1150	Поршн.
5	5	115	1150	ТВД	8	115	1150	ТВД
6	6	115	1150	ТВД	8	115	1150	Поршн.
7	2	115	1150	Поршн.	8	110	1100	ТВД
8	3	115	1150	ТВД	7	105	1050	ТРД
9	4	115	1150	ТВД	7	105	1050	ТВД
0	5	115	1150	Поршн.	7	105	1050	Поршн.

*Методические рекомендации  
по изучению дисциплины и выполнению  
контрольной работы*

## ЭЛЕКТРОСВЕТОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АЭРОДРОМОВ

Составители:

МИЛАШКИНА  
ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА  
АДАКИН  
ВЯЧЕСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ

*Редактор М. Т. Любимова  
Компьютерная верстка Н. П. Красильниковой*

---

Подписано в печать 17.02.2015. Формат 60×90/16. Бумага офсетная.

Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,88. Уч.-изд. л. 2,56.

Тираж 150 экз. Заказ № 69.

---

РИО и типография УВАУ ГА(И). 432071, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8



