

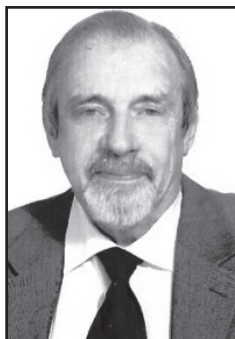


Определение размеров зон лазерной угрозы воздушным судам



Борис РАХМАНОВ
Boris N. RAHMANOV

Владимир КИБОВСКИЙ
Vladimir T. KIBOVSKY



Рахманов Борис Николаевич – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.
Кибовский Владимир Титанович – эксперт Центра по оценке соответствия и подтверждению качества оборудования, изделий и технологий (орган сертификации АНО «АтомТехноТест»), Москва, Россия.

Dimensioning of Zones of Laser Threatening to Aircrafts

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 174)

Авторы оценивают методы определения размеров зоны вероятного ослепления и зоны вероятного поражения глаз пилота, а также минимальных опасных высот полета воздушного судна, при которых возможно временное ослепление управляющего самолетом летчика или поражение сетчатки его глаз. Результаты анализа предполагают проведение организационно-технических мероприятий, позволяющих уменьшить лазерную угрозу безопасности полетов.

Рассмотрены примеры экспертной оценки случаев «лазерного хулиганства», зафиксированных в первом полугодии 2014 года.

Ключевые слова: авиация, воздушное судно, безопасность полетов, «лазерное хулиганство», зона вероятного ослепления пилота, зона вероятного поражения глаз, минимальная опасная высота полёта, экспертная оценка, лазерная дозиметрия.

В работах [1, 2] рассмотрены правовые вопросы лазерной безопасности (ЛБ) транспортных средств и отмечено, что в целях ее обеспечения для воздушных судов постановлением правительства РФ № 735 от 19 июля 2012 года «Федеральные правила использования воздушного пространства РФ» [3] (ФПИВП) дополнены пунктом 56.1: «Применение лазеров и изделий на основе лазеров в направлении осуществляющих руление, взлет, посадку и полет воздушных судов запрещается».

По нашему мнению, пункт 56.1 сформулирован крайне неудачно, поскольку авторы этой формулировки не учли существующие нормативно-правовые документы в области ЛБ [4–8], определяющие, какие лазеры и лазерные изделия (ЛИЗ) представляют опасность для человека, а какие являются вполне безопасными, в том числе и для пилотов воздушных судов.

После введения п. 56.1 возникает ситуация, при которой запрещается любая деятельность в воздушном пространстве с применением лазеров, генерирующих открытые лазерные пучки (ЛП). Например, становится невозможным использовать

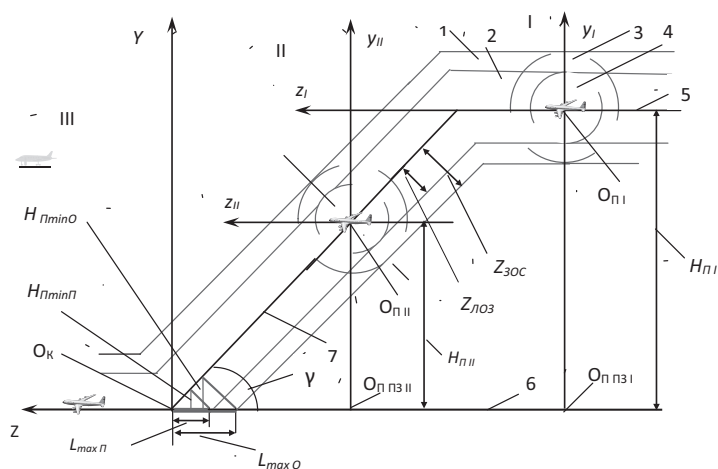


Рис. 1. Обобщенная схема оценки пространственных параметров областей вероятной лазерной опасности для ВС, находящегося в фазах полета, посадки и приземления.
 1 – цилиндрическая ОВЛ О; 2 – цилиндрическая ОВЛ П; 3 – сферическая ОВЛ О; 4 – сферическая ОВЛ П;
 5 – курс полета; 6 – плоскость земной поверхности (ПЗП); 7 – глиссада.

наземные лазерные измерители расстояния до воздушного судна, работающие на вполне безопасной для глаз невидимой длине волны 1540 нм («eye safety» – лазерные дальнометры типа ЛДМ-7, EG-LRF и др., измеряющие дистанции длиной до 20 км). Кроме того, должностные лица, применяющие современную лазерную систему посадки типа «Глиссада-М» [9], то есть осуществляющие «применение изделий на основе лазеров в направлении воздушных судов, осуществляющих посадку» [3], де-факто нарушают требования п. 56.1 и тем самым формально могут подлежать административной ответственности по статье 11.4 Кодекса РФ об административных правонарушениях «Нарушение правил использования воздушного пространства».

Авторы п. 56.1, формально парируя угрозы воздушному транспорту из-за множества случаев «лазерного хулиганства», пошли по простому пути – полного запрета применения ЛИЗ с открытыми ЛП в воздушном пространстве, игнорируя тот факт, что лазерное излучение в отличие от других физических факторов воздействия на человека (например, электромагнитных полей или ионизирующего излучения) имеет крайне ограниченную в пространстве область локализации мощности (энергии) излучения в форме расходящегося лазерного пучка. Степень опасности воздействия ЛП не остается постоянной на всей дистанции его распространения и снижается в зависимости от расстояния по закону «обратных квадратов».

Отсюда, собственно, возникает и естественный вопрос: каковы же геометриче-

ские параметры (размеры) области пространства, окружающего воздушное судно, в которой лазерные изделия действительно могут представлять реальную угрозу безопасности полетов?

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОПАСНОСТИ

Существуют расчетные методы лазерной дозиметрии на открытых пространствах [10, 11], позволяющие с достаточной точностью оценить размеры сфер и зон вероятного неблагоприятного воздействия лазерного излучения на глаза пилота в процессе взлета, полета и посадки самолета. Эти параметры в совокупности с минимальной опасной высотой полета $H_{\text{Пmin}}$, при достижении которой возникает угроза попасть под излучение ЛИЗ, расположенного на земной поверхности, будем в дальнейшем называть пространственными параметрами лазерной опасности для воздушного судна (ПЛО ВС). Знание ПЛО позволяет провести организационно-технические мероприятия, обеспечивающие лазерную безопасность воздушных судов в процессе их эксплуатации, а также выработать достоверные критерии применимости юридических санкций к лицам, нарушающим правила ЛБ по отношению к ВС.

На рис. 1 показана обобщенная условная схема полета и посадки ВС, находящегося в трех последовательных фазах движения: I – горизонтальный полет параллельно плоскости земной поверхности (ПЗП) (фаза полета); II – плавное снижение и посадка (фаза посадки); III – движение с торможением по взлетно-посадочной полосе



(ВПП) (фаза приземления). Схема дана в проекции на вертикальную плоскость, проходящую через линию 5 (курс полета) и линию 7 (направление посадки, глиссаду). Для упрощения примем, что на протяжении всей фазы II движение по глиссаде осуществляется в одной вертикальной плоскости (без разворотов) под постоянным углом наклона глиссады γ (угл. град, рад) к ПЗП.

Положение ВС в пространстве характеризуется точкой полета O_{Π} . На рис. 1 используются две системы прямоугольных координат: система XYZ , связанная с ПЗП, и система xuz , связанная с воздушным судном. Начало системы координат XYZ находится в точке касания O_K воздушного судна земной поверхности (точка приземления), а начало системы координат xuz — в точке O_{Π} . Ось Y направлена перпендикулярно вверх из O_K ; ось u — вверх вдоль линии, соединяющей точку O_{Π} с ПЗП. Оси Z, z направлены вперед по курсу полета, причем Z — вдоль линии проекции курса полета и глиссады на ПЗП, а z — вдоль линии проекции курса полета и глиссады на плоскость полета, проходящую через точку O_{Π} параллельно ПЗП. Вертикальная координата точки O_{Π} в системе XYZ равна высоте полета H_{Π} (м). Проекции точек O_{Π} на ПЗП обозначены как $O_{\Pi ПЗ}$.

Для каждой точки O_{Π} существуют две пространственные сферические области вероятного воздействия лазерного излучения (ОВЛ) на пилота ВС:

- область вероятного воздействия лазерного излучения по критерию кратковременного **ослепления** пилота (ОВЛ О) 3, ограниченная соответствующей сферой СВЛ О, показанной в сечении штриховой линией;

- область вероятного воздействия лазерного излучения по критерию **поражения сетчатки глаз** пилота (ОВЛ П) 4, ограниченная соответствующей сферой СВЛ П, показанной в сечении штриховой линией.

Радиусом СВЛ О является максимальное расстояние от излучателя до границы зоны ослепления лазером $Z_{\text{зос}}$ (м), а радиусом СВЛ П — максимальное расстояние от излучателя до границы лазерноопасной зоны $Z_{\text{люз}}$ (м) [10, 11].

В работе [11] даны формулы для вычисления коэффициентов степени опасности

ЛИ по критерию поражения сетчатки глаза $R_{\text{сол}}$ и критерию ослепления человека $R_{\text{осл}}$ (например, пилота). На основе этих оценок для условий $R_{\text{сол}} = 1$ и $R_{\text{осл}} = 1$ вычислены значения $Z_{\text{люз}}$ и $Z_{\text{зос}}$ для ЛИЗ, работающих на разных длинах волн λ (нм) и имеющих различную мощность излучения P (Вт, мВт) и углы расходимости Θ (рад). Таблицы значений $R_{\text{сол}}$, $R_{\text{осл}}$, $Z_{\text{люз}}$ и $Z_{\text{зос}}$ для $\Theta = 5 \cdot 10^{-4}$ рад приведены в [11].

Исходя из принципа учета наибольшего риска, будем принимать в расчет вероятность применения против ВС наиболее опасных лазерных целеуказателей (ЛЦУ), находящихся в свободной продаже (в обиходе — «лазерные указки»). Анализ рекламных материалов, опубликованных в Интернете, показывает, что по критерию поражающего воздействия (т. е. по наибольшей мощности излучения P) и критерию вероятного объема продаж чаще всего *наибольшую угрозу безопасности представляет ЛЦУ, имеющий $\lambda = 445$ нм и $P = 1$ Вт*. Кстати, лазерный пучок такого целеуказателя легко поджигает бумагу и прожигает картон на расстоянии более 10 м.

В последнее время в Интернете появилась реклама значительно более серьезных ЛЦУ с мощностью ЛП до **$P = 30$ Вт** (например, «лазерных указок» серий «Blaster» и «Zveg» [12]). Особую опасность представляют ЛЦУ серии «Blaster», прежде всего из-за *крайне высокой выходной мощности ЛИ, абсолютно не требующейся для обычных нужд, включая идентификацию удаленных объектов*.

Слово «блaster», обозначающее излученное «лучевое оружие» героев различных «Звездных войн», привлекает молодежь, им спекулируют торгующие компании. Но это очень небезобидное изделие «массового спроса». Одновременное использование хотя бы десяти ЛЦУ с **$P = 30$ Вт**, лазерные пучки которых собраны вместе с помощью простого оптического устройства, будет означать *применение лазерного оружия близкого радиуса действия с мощностью $P \approx 300$ Вт, запрещенного международным «Протоколом об ослепляющем лазерном оружии» (Вена 13.10.1995 г.)* [13]. Фокусировка такого пучка на дистанцию порядка 50 м дает возможность прожечь не только картон и пластмассу, но и темную металлическую обшивку

бензобака автомобиля или колесные покрышки.

Свободная продажа подобных ЛЦУ означает возникновение не только хулиганской угрозы безопасности жизнедеятельности (о чем мы уже неоднократно писали [1, 3, 5, 14]), но и *реальной террористической угрозы* [12]. В связи с этим хотелось бы еще раз заявить, что *свободная продажа ЛЦУ с мощностью излучения от 100 мВт и более должна быть категорически запрещена, как и реклама таких ЛИЗ.*

В дальнейших расчетах мы все же ориентируемся на наибольшую мощность доступных сегодня ЛЦУ $P = 1$ Вт, полагая, что объем продаж сверхмощных образцов пока еще незначителен из-за относительно высокой цены изделий. При этом мы также учитываем возможную стоимость предполагаемых защитных мероприятий для снижения потенциальной лазерной угрозы, которая существенно зависит от принятого в расчет значения предполагаемой наибольшей мощности источника неблагоприятного воздействия.

В ЗОНЕ ПРЯМЫХ УГРОЗ

Учет физиологических особенностей сетчатки глаза человека [11, 12] показывает, что наиболее неблагоприятной «лазерной» длиной волны *по критерию временного ослепления* человека является $\lambda = 532$ нм. В Интернете рекламируется несколько типов ЛЦУ с $\lambda = 532$ нм и $P = 500$ мВт. Они имеют угол расходимости лазерного пучка $\Theta = 10^{-3}$ рад.

По формулам, приведенным в работе [11], для выбранных ЛЦУ получаем:

$Z_{\text{ЛОЗ}} \approx 1000$ м, $Z_{\text{ЗОС}} \approx 1100$ м — для ЛЦУ с $\lambda = 445$ нм, $P = 1$ Вт;

$Z_{\text{ЛОЗ}} \approx 700$ м, $Z_{\text{ЗОС}} \approx 1200$ м — для ЛЦУ с $\lambda = 532$ нм, $P = 0,5$ Вт.

Для оценки ПЛО ВС принимаем в качестве максимального расстояния до границы зоны ослепления лазером $Z_{\text{ЗОС}} = 1200$ м, а в качестве максимального расстояния до границы лазерноопасной зоны $Z_{\text{ЛОЗ}} = 1000$ м.

При движении воздушного судна сферы СВЛ О и СВЛ П формируют в пространстве соответствующие цилиндрические области вероятного воздействия ОВЛ О (1) и ОВЛ П (2), ограниченные цилиндрическими поверхностями ЦВЛ О и ЦВЛ П,

показанными на рис. 1 в сечении сплошными линиями.

Исходя из рассматриваемой схемы, можно сделать вывод, что любое ЛИЗ с мощностью излучения, не превышающей 1 Вт (при $\lambda = 445$ нм) и 0,5 Вт (при $\lambda = 532$ нм), находящееся за пределами ЦВЛ О, не представляет опасности для экипажа ВС, где бы ни располагалось это ЛИЗ — в окружающем пространстве или на земной поверхности. Поскольку радиус ЦВЛ О равен 1200 м, любое ЛИЗ (с мощностью излучения, не превышающей 1 Вт при $\lambda = 445$ нм и 0,5 Вт при $\lambda = 532$ нм), направляющее лазерный пучок с земной поверхности на воздушное судно, находящееся в фазе полета или на участке фазы посадки на высоте более 1500 м, не может привести даже к кратковременному ослеплению пилота и является безопасным. Естественно, пилоты будут отчетливо видеть лазерный пучок того или иного цвета в окружающем пространстве, что может иметь некоторый отвлекающий эффект, но вряд ли это будет создавать угрозу полету.

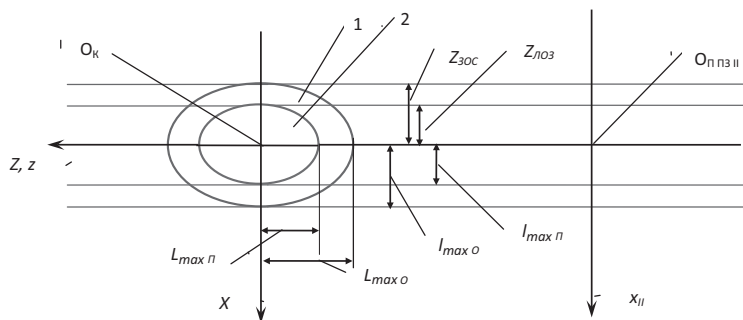
Совершенно другая ситуация может возникнуть на завершающей стадии фазы посадки, которую мы рассмотрим более подробно.

При пересечении ЦВЛ О и ЦВЛ П с плоскостью земной поверхности образуются плоские фигуры в форме эллипса (рис. 2). Площадки, расположенные внутри этих эллипсов будем называть *зонами вероятного воздействия лазерного излучения (ЗВЛ) по критерию ослепления пилота (ЗВЛ О) (1, рис. 2) и по критерию поражения сетчатки глаз пилота (ЗВЛ П) (2, рис. 2).*

Расстояния $L_{\text{max О}}$ (м, км) и $L_{\text{max П}}$ (м, км) от точки касания O_K до наиболее удаленных точек границ ЗВЛ О и ЗВЛ П равны длинам больших полуосей эллипсов, ограничивающих ЗВЛ О и ЗВЛ П. В соответствии с рис. 1 получаем: $L_{\text{max О}} = Z_{\text{ЗОС}} / \sin \gamma$, $L_{\text{max П}} = Z_{\text{ЛОЗ}} / \sin \gamma$. Для воздушных судов типа аэроплана (например, авиалайнеров) углы глассиды имеют малые значения, и можно применять упрощенные формулы $L_{\text{max О}} = \gamma^{-1} Z_{\text{ЗОС}}$, $L_{\text{max П}} = \gamma^{-1} Z_{\text{ЛОЗ}}$. Например, для гражданских ВС типичным является значение $\gamma \approx 3$ угл. град = 0,05 рад. Для рассматриваемого обобщенного случая модели точечного ВС, уязвимого со всех сторон для лазерного пучка, получаем $L_{\text{max О}} = 24$ км и $L_{\text{max П}} = 20$ км.



Рис. 2. Обобщенная схема оценки параметров зон вероятной лазерной опасности для ВС, находящегося в фазах посадки и приземления в проекции на плоскость земной поверхности.
1 – ЗВЛ О; 2 – ЗВЛ П.



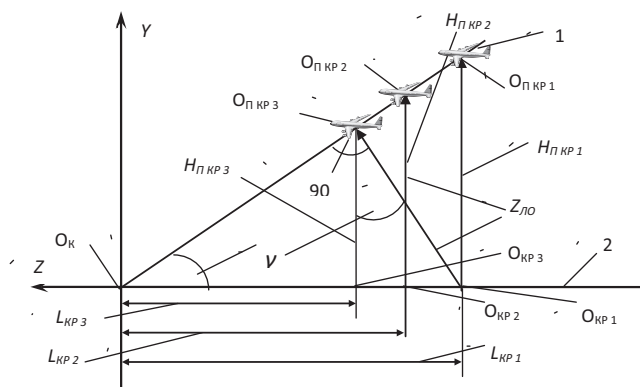
Для ВС с большими углами глиссады, допустим, вертолетов или ВС вертикального взлета (посадки), параметры $L_{\max O}$ и $L_{\max П}$ имеют существенно меньшие значения. Так, для $\gamma = 60$ угл. град получаем $L_{\max O} \approx 1,4$ км и $L_{\max П} \approx 1,2$ км.

Поперечные размеры ЗВЛ О и ЗВЛ П $l_{\max O}$ (м) и $l_{\max П}$ (м) (рис. 2) равны длинам малых полуосей эллипсов, ограничивающих ЗВЛ О и ЗВЛ П, т. е. $l_{\max O} = Z_{\text{ЗОС}} = 1,2$ км; $l_{\max П} = Z_{\text{ЛОЗ}} = 1$ км.

В дальнейшем при оценке ПЛО ВС будем принимать в расчет лишь ЛИЗ, расположенные на плоскости земной поверхности. Для возможных ЛИЗ, находящихся на некоторой высоте h (м) над ПЗП (например, на верхних этажах домов или на возвышенностях в относительной близости от края ВПП), достаточно просто учесть поправку к значениям ПЛО ВС, полученным для ЛИЗ, находящихся на ПЗП.

Для более точной оценки параметра $H_{\text{П min}}$ рассмотрим рис. 3, на котором в большем по сравнению с рис. 1 масштабе показана обобщенная схема конечного участка посадки ВС, входящего в зону вероятного воздействия ослепляющего или поражающего лазерного излучения.

Рис. 3. Обобщенная схема конечного участка посадки для ВС, входящего в зону вероятного воздействия ослепляющего или поражающего лазерного излучения.
1 – глиссада; 2 – плоскость земной поверхности (ПЗП).



О_{П КР1}, О_{П КР2} и О_{П КР3}, соответствующих высотам полета $H_{\text{П КР1}}$, $H_{\text{П КР2}}$ и $H_{\text{П КР3}}$. Возникает вопрос, какую же точку полета (высоту полета) следует считать точкой наступления опасности ослепления или поражения лазерным пучком, т. е. что же принять за $H_{\text{П min}}$?

Точка О_{П КР1} находится над наиболее удаленной на расстояние $L_{\text{КР1}}$ от О_К точкой О_{КР1} эллиптической ЗВЛ (ЗВЛ О или ЗВЛ П), т. е. $L_{\text{КР1}}$ равно либо $L_{\max O}$, либо $L_{\max П}$. Точка О_{П КР2} находится на расстоянии (высоте) лазерной опасности $Z_{\text{ЛО}}$ от ПЗП (2), где $Z_{\text{ЛО}}$ равна либо $Z_{\text{ЗОС}}$, либо $Z_{\text{ЛОЗ}}$, т. е. $H_{\text{П КР2}} = Z_{\text{ЛО}}$. Точка О_{П КР3} является точкой глиссады, для которой длина нормали к глиссаде равна $Z_{\text{ЛО}}$. Поскольку $H_{\text{П КР1}} > Z_{\text{ЛО}}$, наиболее опасный ЛП, направленный в сторону ВС с ПЗП вдоль линии О_{КР1} О_{П КР1}, еще не будет представлять опасности для ВС по критерию, соответствующему данной ЗВЛ. Например, для ЗВЛ О этот пучок еще не будет оказывать ослепляющего действия. Реальная опасность возникает лишь в точке О_{П КР2} на высоте полета $Z_{\text{ЛО}}$. Из рис. 3 следует, что расстояние $L_{\text{КР2}}$ меньше расстояния $L_{\text{КР1}}$, однако именно точку О_{КР1} надо учитывать при оценке длины ЗВЛ, поскольку ЛИЗ, расположенный

в этой точке, представляет опасность для ВС, миновавшего $O_{ПКР2}$ и попавшего в $O_{ПКР3}$.

Рассмотренными соображениями можно пренебречь для ВС с малым углом глиссады и считать, что для точечного ВС, уязвимого со всех сторон для лазерного пучка, допустимо принять следующий перечень ПЛО ВС: $H_{П min O} = Z_{3OC} = 1,2 \text{ км}$, $H_{П min П} = Z_{ЛОЗ} = 1 \text{ км}$, $L_{max O} = 24 \text{ км}$ и $L_{max П} = 20 \text{ км}$.

УСЛОВИЯ КАБИНЫ ПИЛОТА

Современные воздушные суда гражданской авиации имеют кабину пилота, расположенную в верхней части фюзеляжа, а обзор окружающего пространства осуществляется через смотровое окно перед пилотом на некоторой высоте над полом (рис. 4). При движении по глиссаде в начальной области эллиптической ЗВЛ О такое ВС находится в зоне недоступности (мертвой зоне) для любых ЛИЗ, расположенных на ПЗП. Лазерные пучки имеют достаточно большие углы наклона α к ПЗП (углы цели) и не могут проникнуть в кабину пилота, чтобы угрожать безопасности полета.

Определим при каких высотах полета $H_{П min}$ и углах цели α_{min} возникает реальная угроза безопасности ВС, т. е. при каких значениях этих параметров ЛП может по-



Рис. 4. Вид кабины пилота ВС гражданской авиации.

падать в глаза пилота, находящегося на рабочем месте.

На рис. 5, 6 показаны схемы оценки ПЛО ВС для ВС, имеющего кабину пилота, закрытую со стороны нижней полусферы. На рис. 5 схема в вертикальной проекции на плоскость XO_kY , на рис. 6 — на плоскость ZO_kY .

Сечения кабины пилота 1 представлены в виде окружностей с центрами в точках полета $O_{П}$. Внутри кабины над полом 4 (рис. 5) расположено рабочее место пилота. Для определения ПЛО ВС будем использовать пространственные усредненные параметры рабочего места оператора лазерной установки, применяемые в ГОСТ Р 12.1.031—

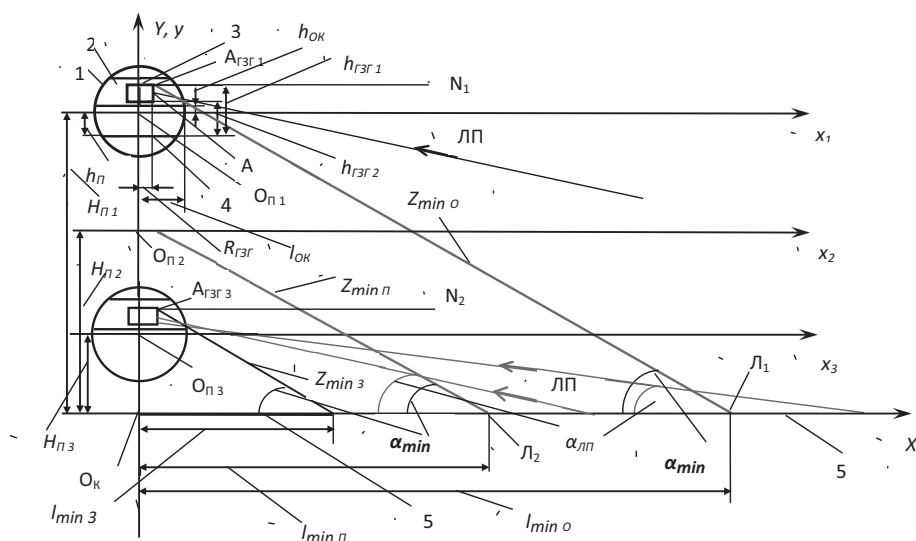


Рис. 5. Схема оценки параметров вероятной лазерной опасности для ВС, имеющего кабину пилота, закрытую со стороны нижней полусферы, в вертикальной проекции на плоскость XO_kY . 1 – кабина пилота; 2 – смотровое окно; 3 – ГЗГ; 4 – пол кабины; 5 – ПЗП.



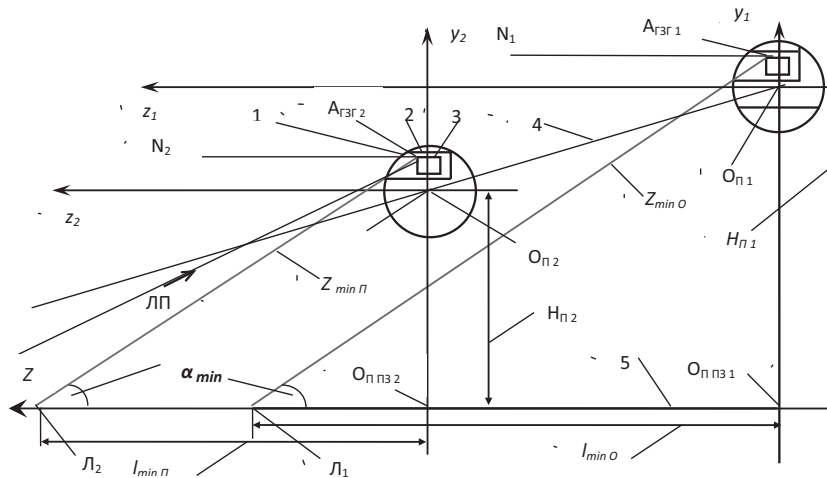


Рис. 6. Схема оценки параметров вероятной лазерной опасности для ВС, имеющего кабину пилота, закрытую со стороны нижней полусферы, в вертикальной проекции на плоскость ZOKY. 1 – кабина пилота; 2 – смотровое окно; 3 – ГЗГ; 4 – глиссада; 5 – ПЗП.

2010 [6]. В частности, принимаем, что область пространства, в которой может находиться голова пилота во время выполнения им рабочих операций, ограничена границей зоны возможного поражения глаз (ГЗГ).

ГЗГ (3) представляет собой условную вертикально расположенную цилиндрическую поверхность радиусом $R_{ГЗГ}$ (м), ограниченную верхней и нижней плоскостями, находящимися на расстояниях $h_{ГЗГ1}$ (м) и $h_{ГЗГ2}$ (м) над плоскостью пола 4 кабины пилота. Нижняя кромка смотрового окна 2 расположена на высоте $h_{ОК}$ (м) над горизонтальной осью симметрии х кабины пилота. Полуширина нижней кромки окна имеет длину $l_{ОК}$ (м).

Первое положение кабины пилота на рис. 5, соответствующее точке полета $О_{П1}$, характеризуется тем, что ЛП с минимальной длиной Z_{minO} , уже опасный по критерию ослепления, достигает ГЗГ в критической точке контроля $А_{ГЗГ}$. Этот лазерный пучок, исходящий из точки $Л_1$ на ПЗП, показан сплошной линией. Любой другой ЛП, направляемый с земной поверхности в сторону ВС и пересекающий ГЗГ в любой точке, находится в секторе пространства, ограниченном отрезками $А_{ГЗГ}N_1$ и $А_{ГЗГ}L_1$. Естественно, длина такого ЛП больше Z_{minO} , и он еще не представляет угрозы по критерию ослепления пилота.

Второе положение кабины пилота (не показанное на рис. 5), соответствующее точке полета $О_{П2}$, характеризуется тем, что

ЛП с минимальной длиной $Z_{minП}$, уже опасной по критерию поражения сетчатки глаза, достигает ГЗГ в критической точке контроля $А_{ГЗГ}$.

Третье наиболее опасное положение кабины пилота (рис. 5), соответствует точке полета $О_{П3}$, ВС находится как в зоне ослепления, так и в зоне поражения глаз пилота. В рассматриваемом случае судно уязвимо для лазерного пучка с длиной, не превышающей Z_{minO} или $Z_{minП}$, и имеющего угол цели $\alpha_{ЛП} < \alpha_{min}$. Точка Л нахождения ЛИЗ, генерирующего такой ЛП, должна, естественно, находиться в пределах эллипсов, ограничивающих ЗВЛ О и ЗВЛ П. Такие опасные для пилота лазерные пучки обозначены на рис. 5 тонкими сплошными линиями. При этом лазерные пучки длиной менее Z_{min3} и углы цели более α_{min} не представляют угрозы пилоту, ибо соответствующие ЛИЗ оказываются в мертвой зоне по отношению к ВС. Радиус мертвой зоны показан на рис. 5 утолщенной линией.

Для вычисления ПЛО ВС используем формулу расчета минимальной опасной высоты полета при входе в ЗВЛ О.

$$H_{minO} + h_{АГЗГ} = Z_{minO} \sin \alpha_{min}, \quad (1)$$

где $h_{АГЗГ}$ (м) = $h_{ГЗГ1} - h_{П}$ – высота критической точки контроля $А_{ГЗГ}$ над горизонтальной осью симметрии х кабины пилота.

$$h_{ГЗГ1} - h_{П} - h_{ОК} = (l_{ОК} - R_{ГЗГ}) \operatorname{tg} \alpha_{min}. \quad (2)$$

Из формулы (2) получаем

$$\alpha_{min} = \arctg k, \quad (3)$$

$$\text{где } k = (h_{ГЗГ1} - h_{П} - h_{ОК}) / (l_{ОК} - R_{ГЗГ}); h_{ГЗГ1}$$

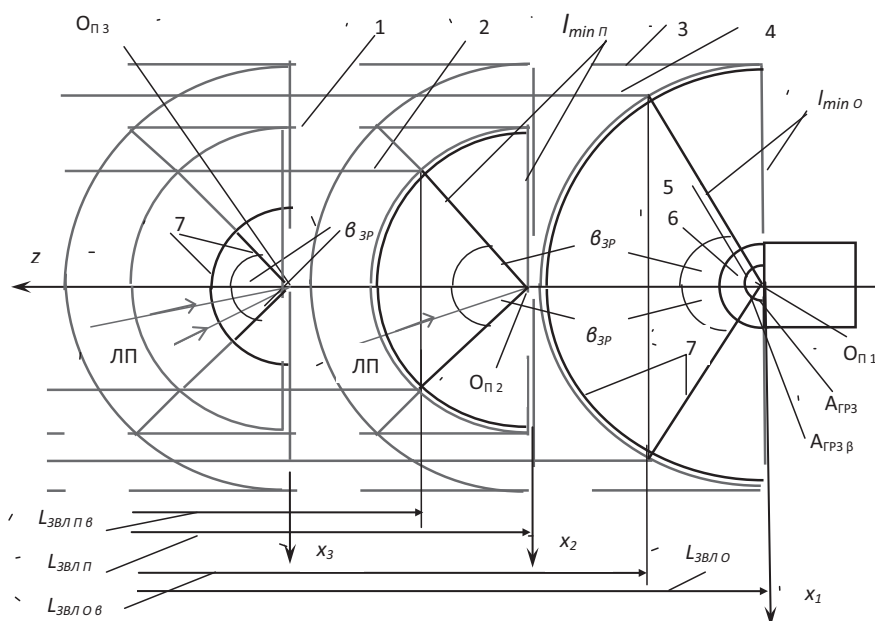


Рис. 7. Схема оценки параметров вероятной лазерной опасности для ВС с учетом полного угла поля зрения $2\beta_{зр}$ пилота в горизонтальной проекции на плоскость ZO, X .
1 – граница ЗВЛ П без учета угла $2\beta_{зр}$; 2 – граница ЗВЛ П с учетом угла $2\beta_{зр}$; 3 – граница ЗВЛ О без учета угла $2\beta_{зр}$; 4 – граница ЗВЛ О с учетом угла $2\beta_{зр}$; 5 – ГЗГ; 6 – кабина пилота; 7 – граница мертвой зоны.

$$= h_{ГЗГ2} + \Delta h_{ГЗГ};$$

$\Delta h_{ГЗГ}$ – высота ГЗГ.

В соответствии с ГОСТ [6]: $R_{ГЗГ} = 20$ см;
 $h_{ГЗГ2} = 0,6 h_p$ (h_p – средний рост пилота).
Принимаем: $\Delta h_{ГЗГ} = 30$ см; $h_p = 180$ см; $h_{п} = 30$ см; $h_{ок} = 60$ см; $l_{ок} = 150$ см. Тогда получаем: $h_{ГЗГ2} = 108$ см; $h_{ГЗГ1} = 138$ см; $\alpha_{min} = \arctg 0,36$;

$$\alpha_{min} = 0,35 \text{ рад} = 20 \text{ угл. град.}$$

Принимаем $Z_{min O} = Z_{30C} = 1200$ м.
По формуле (1) получаем $H_{min O} \approx 410$ м. Без учета $R_{ГЗГ}$ имеем $l_{min O} = Z_{min O} \cos \alpha_{min} \approx 1130$ м.

Применяя формулу (1) и полагая $Z_{min П} = Z_{ЛОЗ} = 1000$ м, получаем: $H_{min П} \approx 340$ м. Без учета $R_{ГЗГ}$ имеем $l_{min П} = Z_{min П} \cos \alpha_{max} \approx 940$ м.

Расстояния $L_{max O}$ и $L_{max П}$ находим по формулам: $L_{max O} = H_{min O} \operatorname{ctg} \gamma \approx \gamma^{-1} \cdot H_{min O}$; $L_{max П} = H_{min П} \operatorname{ctg} \gamma \approx \gamma^{-1} \cdot H_{min П}$. Для выбранных значений Z_{30C} и $Z_{ЛОЗ}$ и $\gamma = 3$ угл. град получаем $L_{max O} = 8,2$ км; $L_{max П} = 6,8$ км.

Значения параметров вероятной лазерной опасности, полученные с учетом конструктивных особенностей кабины пилота ВС и параметров рабочего места пилота, имеют существенно меньшие значения по сравнению с данными, полученными по модели точечного ВС, уязвимого для ЛП со всех сторон.

УЧЕТ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ

Рис. 4 наглядно демонстрирует, что при выполнении пилотом рабочих операций по управлению самолетом в наиболее ответственной фазе движения – посадке на полосе, взгляд пилота направлен строго вперед по курсу. Вряд ли следует ожидать поворотов его головы или туловища в крайних боковых направлениях при штатном выполнении посадки. Полный угол поля зрения пилота $2\beta_{зр}$ в таком положении меньше угла 180 угл. град, который мы принимали в расчет. Учет реального значения угла поля зрения приводит к дополнительному уменьшению значений ПЛО ВС.

Схема расчета параметров лазерной опасности с учетом угла поля зрения пилота на рис. 7. Реальные границы ЗВЛ О и ЗВЛ П с учетом угла поля зрения $2\beta_{зр}$ показаны сплошными линиями, эти же границы без учета $2\beta_{зр}$ обозначены штриховыми линиями.

Расстояния $L_{ЗВЛ О \beta}$ и $L_{ЗВЛ П \beta}$ в соответствии с рис. 7 находим по формулам: $L_{ЗВЛ О \beta} = L_{max O} - l_{min O} \cos \beta_{зр}$; $L_{ЗВЛ П \beta} = L_{max П} - l_{min П} \cos \beta_{зр}$. Принимая $\beta_{зр} = 60$ угл. град ($2\beta_{зр} = 120$ угл. град) и используя полученные зна-





Рис. 8. Знак «Опасность, лазерное излучение».

чения параметров, имеем $L_{ЗВЛО\beta} = 7,6$ км; $L_{ЗВЛП\beta} = 6,3$ км.

Поперечные размеры ЗВЛ О и ЗВЛ П с учетом угла поля зрения $2\beta_{ЗР}$ $L_{ЗВЛО\beta}$ и $L_{ЗВЛП\beta}$ вычисляем по формулам $L_{ЗВЛО\beta} = l_{minO} \sin \beta_{ЗР}$; $L_{ЗВЛП\beta} = l_{minП} \sin \beta_{ЗР}$. Принимая $\beta_{ЗР} = 60$ угл. град и используя полученные выше значения параметров, имеем $L_{ЗВЛО\beta} = 1040$ м; $L_{ЗВЛП\beta} = 870$ м.

Обобщая оба вида неблагоприятного воздействия (временное ослепление и поражение сетчатки глаза) и округляя полученные результаты в большую сторону, принимаем, что расстояние $L_{ЗВЛ}$ от края ВПП до границы зоны вероятного неблагоприятного воздействия на гражданское ВС лазерным излучением наземного ЛИЗ, угрожающим безопасности полетов, равно 8 км, а поперечные размеры этой зоны $L_{ЗВЛ}$ равны 1 км в каждую сторону от оси ВПП.

В предыдущей главе получено, что минимальная высота полета идущего на посадку ВС, при которой возникает угроза временного ослепления пилота, равна 410 м, а минимальная высота для угрозы поражения сетчатки глаза равна 340 м. Обобщая оба вида неблагоприятного воздействия и вводя некоторый коэффициент запаса по безопасности, принимаем, что минимальная высота полета гражданского ВС, при которой возникает лазерная угроза безопасности полета $H_{Пmin}$, равна 500 м.

В целях обеспечения лазерной безопасности полетов можно предложить следующие наземные предупредительные меры:

- организовать специальный контроль (в том числе с использованием средств видеонаблюдения) площади, находящейся внутри прямоугольника со сторонами 8 на 2 км, примыкающего к краю ВПП, с целью выявления возможных источников лазерной угрозы (например, мест сосредоточения групп молодежи, использующих для развлечения световые эффекты, и т. п.);

- обеспечить как можно более широкое ограждение участка территории, примыка-

ющей к краю ВПП, препятствуя проникновению посторонних лиц в зону потенциального риска.

Кроме того, предлагается на борту воздушных судов:

- установить специальные сигнальные устройства в кабинах пилотов, предупреждающие экипаж о вхождении в зону возможной лазерной угрозы при достижении высоты полета 500 м; при этом целесообразно использовать световое табло, высвечивающее знак лазерной опасности в соответствии с ГОСТ Р 12.4.026–2001 [12] (рис. 8);

- закрепить в передней боковой области смотрового окна кабины пилота по обе стороны от горизонтальной оси два *пороговых лазерных дозиметра* (ГОСТ Р 12.1.031–2010 [6]) с суммарным углом поля зрения 120 угл. град., подающих звуковой сигнал при попадании в их входной зрачок лазерного пучка с мощностью, превышающей ПДУ по критерию ослепления.

Естественно, информация о срабатывании дозиметра должна передаваться на диспетчерский пункт, что даст возможность определить сектор расположения источника излучения и принять подходящие оперативные меры.

ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ РЕАЛЬНОЙ УГРОЗЫ

В статье [1] приведены результаты предварительной оценки степени лазерной угрозы безопасности полета воздушного судна для некоторых инцидентов, произошедших с января по август 2013 года. В последующее время вновь отмечены случаи «лазерного хулиганства» в отношении ВС. Мы располагаем информацией о семи подобных фактах с января по июнь 2014 года. Данные о пяти из них приведены в таблице 1. Интернет-сайты дают сведения о высоте полета $H_{П}$ (м) и дальности удаления ВС от края ВПП $L_{П}$ (км), к ним добавлены результаты оценки расстояний $L_{ЛИЗ}$ (км) от предполагаемого местонахождения ЛИЗ (1) до края ВПП и оценки расстояний $l_{ЛИЗ}$ (м) от предполагаемого местонахождения ЛИЗ до оси ВПП, сделанные с применением картографических средств (рис. 9). Кроме того, в таблице 1 приведены результаты сравнений указанных параметров со значениями ПЛО ВС, полученными

Таблица 1
Данные экспертной оценки степени лазерной угрозы полету ВС

№ п/п	Дата инцидента НВЛ ВС (опубликования информации)	Тип ВС, маршрут полета, фаза полета*	H_n (м) *, L_n (км) *. Местоположение ЛЦУ: $L_{лиз}^{**}$ (км), $I_{лиз}^{**}$ (м)	Результаты сравнения H_n , L_n , $L_{лиз}$, $I_{лиз}$ с ПЛО ВС. Заключение о точках нахождения ВС и ЛИЗ по отношению к ЗВЛ	Предварительный вывод об угрозе НВЛ ВС для пилота ВС	Окончательное заключение об угрозе НВЛ ВС для пилота ВС
1	05.03.2014 (06.03.2014)	Боинг-737–500, Москва-Уфа, посадка	Село Нижегородка, $H_n = 400$ м, $L_n = 2,5$ км, $L_{лиз} = 3,7$ км, $I_{лиз} = 800$ м	$H_n < H_{мин}$ (500 м), $L_n < L_{звл}$ (8 км), $L_n < L_{звлп}$ (6,3 км), $L_{лиз} < L_{звл}$ (8 км), $I_{лиз} < I_{звл}$ (1 км). Точка полета ВС находится внутри ЗВЛ. Точка местоположения ЛИЗ находится внутри ЗВЛ (ЗВЛ П)	Вероятна опасность ослепления и поражения глаз	Реальной угрозы в точке инцидента не возникло.*** В точках глиссады на расстояниях от 4,2 до 4,5 км от ВПП существует опасность ослепления пилота.***
2	15.04.2014	CRJ-100, Москва-Саранск, посадка	Пос. Луховка, $L_{лиз} = 2,3$ км, $I_{лиз} = 280$ м	$L_{лиз} < L_{звл}$ (8 км), $L_{лиз} < L_{звлп}$ (6,3 км), $I_{лиз} < I_{звл}$ (1 км). Точка полета ВС находится внутри ЗВЛ. Точка местоположения ЛИЗ находится внутри ЗВЛ	Вероятна опасность ослепления и поражения глаз	В точках глиссады на расстояниях от 2,5 до 3,5 км от ВПП существует опасность ослепления пилота.***
3	26.04.2014 (30.04.2014)	Челенджер 604, Карловы Вары -Казань, посадка	Нас. пункт Тетеево, Лаишевский р-н, $L_{лиз} = (36-38)$ км	$L_{лиз} >> 8$ км. Точка местоположения ЛИЗ находится вне ЗВЛ	Безопасно	Безопасно
4	18.05.2014	А-319, Москва-Ростов-на-Дону, посадка	Театральная площадь г. Ростова, $L_{лиз} = 5,3$ км, $I_{лиз} = 800$ м	$L_{лиз} < L_{звл}$ (8 км), $L_{лиз} < L_{звлп}$ (6,3 км), $I_{лиз} < I_{звл}$ (1 км). Точка полета ВС находится внутри ЗВЛ. Точка местоположения ЛИЗ находится внутри ЗВЛ	Вероятна опасность ослепления и поражения глаз	В точках глиссады на расстояниях от 5,7 до 6 км от ВПП существует опасность ослепления пилота.***
5	02.06.2014	АН-148–100В, Москва-Казань, посадка	Пос. Боровое Матюшино, $L_n = 20$ км, $L_{лиз} = (17-20)$ км	$L_n >> L_{звл}$ (8 км), $L_{лиз} >> L_{звл}$ (8 км). Точка местоположения ЛИЗ находится вне ЗВЛ	Безопасно	Безопасно

* Данные из источника информации
** Значения параметра получено путем использования картографических средств
*** Заключение получено путем дополнительных расчетов

нами ранее, и заключение о местоположении ВС и источника ЛИ по отношению к границе ЗВЛ.

Инциденты, для которых получено заключение о местонахождении ВС и ЛИЗ в пределах ЗВЛ, необходимо подвергать дополнительному экспертному анализу с целью уточнения наличия или отсутствия угрожающей ситуации. Для более точной оценки степени угрозы применяем следующие критерии угрозы:

$Z \leq Z_{\text{ЛОЗ}}$ или $Z_{\text{ЛОЗ}} < Z \leq Z_{\text{ЗОС}}$;
 $\alpha_{\text{ЛП}} \leq \alpha_{\text{мин}}$; $\beta \leq \beta_{\text{зр}}$ (4)

где Z (м) – расстояние от предполагаемой точки нахождения ЛИЗ (таблица 1, рис. 9) до предполагаемой точки полета O_n во время облучения; β (угл. град, рад) – угол между проекцией оси ЛП на ПЗП и проекцией глиссады на ПЗП.

При оценке параметров Z , $\alpha_{\text{ЛП}}$, β берем схему рис. 10. В ней для упрощения предполагаем, что точка касания O_k находится

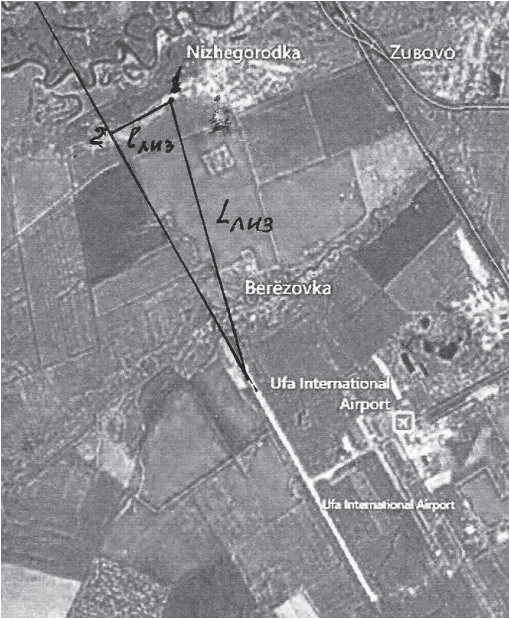


Рис. 9. Схема определения по карте параметров ЛИЗ, ЛИЗ для случая НВЛ ВС вблизи аэропорта «Уфа» (инцидент № 1 по таблице 1).



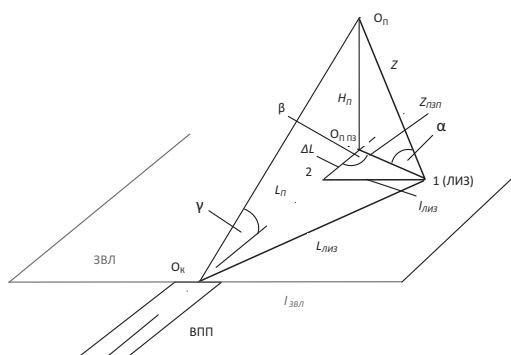


Рис. 10. Схема определения расстояния Z от точки полета ОП до точки 1 местоположения ЛИЗ и определения углов α и β .

на краю ВПП. Находим Z с помощью системы уравнений:

$$Z = (H_n^2 + Z_{ппз}^2)^{1/2}; Z_{ппз} = (\Delta L^2 + L_{лиз}^2)^{1/2}; \Delta L = L_n - (L_{лиз}^2 - L_{ппз}^2)^{1/2}. \quad (5)$$

Используем критерии (4) для $\alpha_{лп}$ и β в следующем виде:

$$\alpha_{лп} \leq 0,35 \text{ (20 угл. град); } \alpha_{лп} = \arccos(Z_{ппз}/Z) \text{ (рад);}$$

$$\beta \leq 1,05 \text{ (60 угл. град); } \beta = \arctg(L_{лиз}/\Delta L) \text{ (рад).}$$

В соответствии с заключениями, приведенными в пятом столбце таблицы 1, инциденты № № 1, 2, 4 следует подвергнуть дополнительному экспертному анализу.

Инцидент № 1 (аэропорт г. Уфы). Подставляя в уравнение для ΔL (5) значения параметров $L_{лиз}$ и $L_{ппз}$ из таблицы 1 для инцидента № 1, получаем: $\Delta L = -1100$ м. Отрицательное значение ΔL говорит о том, что точка 2 (рис.10) лежит дальше точки $O_{ппз}$. В свою очередь, это означает, что лазерный пучок, исходящий из точки 1, был направлен на ВС по схеме «вверх, сбоку и сзади», т. е. вдогонку пролетевшему самолету. Такой ЛП никак не мог попасть на рабочее место пилота.

Однако вызывает сомнение достоверность данных о параметрах H_n и L_n . Если значение L_n принять равным 2,5 км, то при стандартном угле глиссады $\gamma \approx 3$ угл. град (0,05 рад) получаем $H_n \approx 0,05L_n = 125$ м, в то время как в источнике информации утверждается, что высота полета была 400 м. Если принять, что значение $H_n = 400$ м является достоверным, то $L_n = 20H_n = 8$ км (а не 2,5 км, как указано в источнике). Если считать $L_n = 8$ км, получаем, что лучевой поток направлялся в переднем секторе обзора и мог попасть в кабину пилота. Дейст-

вительно, имеем $\beta = 0,18 (< 1,05) = 10$ угл. град, $Z = 4400$ м, т. е. $Z > Z_{зос} = 1200$ м.

Общий вывод экспертизы, основанный на данных Интернета, свидетельствует, что в инциденте № 1 **реальной угрозы полету не возникло**. Однако это не означает, что такой угрозы не существует в других точках полета, расположенных на пути к ВПП. Легко определить ближнюю к ВПП границу зоны расстояний $L_{п1}$, где лазерный пучок будет находиться уже вне поля зрения пилота. Принимая $\beta = \beta_{зр} = 60$ угл. град, получаем $L_{п1} = 4,2$ км. Для точки полета, находящейся на расстоянии $L_{п2}$, в которой при снижении ВС выполняются условия $Z = Z_{зос} = 1200$ м, $L_{п2} = 4,5$ км. Таким образом, вблизи села Нижегородка имеется участок глиссады, уязвимый для ЛП, направленного с ПЗП. Этот участок расположен между точками полета, находящимися на расстояниях от 4,2 до 4,5 км от края ВПП.

Инцидент № 2 (аэропорт г. Саранска). В данном случае мы не располагаем данными о значениях H_n и L_n , и потому нельзя измерить степень угрозы, возникшей в момент инцидента. Применив изложенный выше способ вычислений расстояний $L_{п1}$, $L_{п2}$, получаем $L_{п1} = 2,4$ км, $L_{п2} = 3,4$ км. То есть можно лишь утверждать, что вблизи поселка Луховка имеется участок глиссады, уязвимый для ЛП. Он расположен между точками полета, находящимися на расстояниях от 2,4 до 3,4 км от края ВПП. Для более определенной оценки возможной угрозы следует вычислить коэффициенты опасности $R_{сол}$, $R_{осл}$ для точки полета, находящейся на расстоянии $L_{п1}$ от края ВПП. По формулам (5) это $Z = 930$ м. По формулам, приведенным в работе [10], получаем $R_{сол} = 1,1$ ($\lambda = 445$ нм, $P = 1$ Вт, $\Theta = 10^{-3}$ рад), $R_{осл} = 1,4$ ($\lambda = 532$ нм, $P = 0,5$ Вт, $\Theta = 10^{-3}$ рад). Таким образом, в точке полета на расстоянии $L_{п1}$ от края ВПП **возможно кратковременное ослепление пилота**.

Инцидент № 3 (аэропорт г. Ростова-на-Дону). Ситуация аналогична предыдущей. Соответствующие значения границ опасного участка: $L_{п1} = 5,7$ км, $L_{п2} = 6$ км. Значения коэффициентов $R_{сол}$ и $R_{осл}$ примерно равны им же, поскольку, как и в предыдущем случае, в точке полета, находящейся на расстоянии $L_{п1}$ от края ВПП

возможно кратковременное ослепление пилота воздушного судна.

Приведенные примеры показывают, что нахождение ВС и ЛИЗ в пределах ЗВЛ еще не может служить основанием для окончательного вывода о реальности возникшей лазерной угрозы полету. Необходимо знать конкретные численные значения параметров $H_{\text{п}}$ и $L_{\text{п}}$, а также достаточно достоверные значения параметров $L_{\text{лиз}}$ и $I_{\text{лиз}}$. Если получение информации о значениях $H_{\text{п}}$ и $L_{\text{п}}$ не представляет каких-либо сложностей, то задача получения информации о более-менее точных значениях параметров $L_{\text{лиз}}$ и $I_{\text{лиз}}$, как и информации о характеристиках использованного ЛИЗ, вызывает определенные затруднения. Ее решение целиком ложится на работников службы безопасности полетов наряду с представителями органов охраны общественного порядка.

ВЫВОДЫ

В заключение заметим, что описанные в статье методики оценки степени реальной лазерной угрозы безопасности полетов могут послужить действенным инструментом при определении юридической ответственности для «лазерных хулиганов».

По поводу пункта 56.1 ФПИВП продемонстрированные подходы и вычисления убедительно доказывают, что бессмысленно запрещать применять лазерные пучки в воздушном пространстве, если в небе самолет находится на высоте более 1,5 км. Пункт 56.1 следует откорректировать, внося в него, во-первых, уточнения по поводу разновидностей лазерных изделий, запрещенных к применению в направлении летящих воздушных судов, а во-вторых, распространить этот запрет лишь на область ближнего подлета к взлетно-посадочной полосе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рахманов Б. Н., Кибовский В. Т. О правовой ответственности за создание лазерных угроз // Мир транспорта. — 2014. — № 1. — С. 146–155.
2. Рахманов Б. Н., Кибовский В. Т. Нормативное и правовое регулирование безопасного применения лазерной техники // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 3. — С. 60–69.
3. Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации. Утв.

постановлением правительства РФ от 11 марта 2010 г. № 138 (с изменениями и дополнениями от 5, 27 сентября 2011 г., 19 июля 2012 г.).

4. ГОСТ 12.1.040-83. ССБТ. Лазерная безопасность. Общие положения.

5. ГОСТ Р 50723-94. Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий.

6. ГОСТ Р 12.1.03-2010. ССБТ. Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения.

7. СН 5804-91. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров.

8. СанПиН 2.2.4/2.1.8. Гигиенические требования к физическим факторам производственной и окружающей среды. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

9. Миряха А., Свердлов М., Жуков Г. Полупроводниковые лазерные излучатели в курсо-глиссадной системе посадки воздушных судов // Фотоника. — 2012. — № 3. — С. 32–37.

10. Рахманов Б. Н., Кибовский В. Т. Противодействие нарастанию лазерной угрозы безопасности жизнедеятельности методами лазерной дозиметрии на открытых пространствах // Безопасность жизнедеятельности. 2013. — № 8. — С. 41–47.

11. Рахманов Б. Н., Кибовский В. Т. Оценка степени опасности и степени ослепляющего действия излучения лазерных изделий, работающих на открытых пространствах в видимой и ближней ИК области спектра // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 1: Приложение к журналу. — 25 с.

12. Рахманов Б. Н., Пальцев Ю. П., Кибовский В. Т. Лазерная безопасность в России. Вчера, сегодня, завтра. Часть 1 // Безопасность в техносфере. — 2014. — № 3. — 16 с.

13. Конвенция о запрещении или ограничении применения конкретных видов обычного оружия, которые могут считаться наносящими чрезмерные повреждения или имеющими неизбирательное действие. 10.10.1980 г., Женева. (Резолюция 3093 Генеральной Ассамблеи ООН). Протокол IV. Об ослепляющем лазерном оружии. 13.10.1995 г., Вена. (Федеральный закон от 08.07.1999 N 153-ФЗ «О ратификации Дополнительного протокола к Конвенции о запрещении или ограничении применения конкретных видов обычного оружия, которые могут считаться наносящими чрезмерные повреждения или имеющими неизбирательное действие (протокола об ослепляющем лазерном оружии (протокола IV)). Электронный ресурс http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_23658/ Доступ 04.02.2015

14. Рахманов Б. Н., Кибовский В. Т. К 30-летию системы лазерной безопасности в России. Современные проблемы в области нормативного и правового регулирования безопасного применения лазерной аппаратуры // Лазер-Информ. — 2013. — Вып. № 17. — С. 1–6; вып. № 18. — С. 1–9.

15. ГОСТ Р 12.4.026-2001. ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний.

16. Рахманов Б. Н., Кибовский В. Т. Метрологическое обеспечение лазерной безопасности // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 6. — С. 3–13.

Координаты авторов: Кибовский В. Т. — derb.nab@mail.ru, Рахманов Б. Н. — rnb8@yandex.ru.
Статья поступила в редакцию 30.06.2014, актуализирована 02.02.2015, принята к публикации 23.09.2014 / 06.02.2015.

