

УДК 005.5

О ТЕНДЕНЦИИ РОСТА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА ВБЛИЗИ АЭРОПОРТОВ МОСКОВСКОГО АВИАУЗЛА

Беломытцев А.В., к.воен.н.; **Герасимов А.В.**, Email: a_gerasimov@mirea.ru.
Герасимов В.Б., д.т.н., профессор, Email: gerasimov@mirea.ru; **Кравченко Н.Ф.**
Кудж С.А., д.т.н., rector@mirea.ru; **Соловьёв И.В.**, д.т.н., профессор,
E-mail: i.v.soloviev54@mail.ru, МГТУ МИРЭА, Москва.

Аннотация: В настоящей публикации описаны основные факторы, в результате действия которых в последние годы вероятность возникновения в московском регионе чрезвычайных ситуаций техногенного характера, связанных с деятельностью авиации, быстро увеличивается. Это многократный рост активности гражданской авиации в границах московской воздушной зоны на фоне относительно высокого уровня аварийности, и активная застройка территории вблизи аэропортов объектами большой площади, в частности, объектами логистической и транспортной инфраструктуры. Также в публикации описаны характерные последствия авиакатастроф с наземными разрушениями и общие подходы к количественной оценке вероятности таких событий. Кроме того, даны предложения по направлениям дальнейших исследований, необходимых для точного количественного определения вероятности возникновения ЧС в результате авиакатастроф с наземными разрушениями и последствий таких событий для жизнедеятельности московского региона.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, техногенная катастрофа, авиационное происшествие, авиационная катастрофа, наземный объект, вероятность поражения, последствия авиационных катастроф, московский авиаузел, московская воздушная зона, транспорт, дорожная инфраструктура, логистика, снабжение, складская инфраструктура.

ABOUT GROWING RISKS OF TECHNOGENIC ACCIDENT IN VICINITY OF AIRPORTS LOCATED IN MOSCOW REGION

Belomytsev A.V., PhD., **Gerasimov A.V.**, E-mail: gerasimov@mirea.ru.
Gerasimov V.B., D.tech.Sc, professor, E-mail: gerasimov@mirea.ru, **Kravchenko N.F.**,
Kudj S.A. D.tech.Sc., rector@mirea.ru, **Soloviev I.V.**, D.tech.Sc., professor,
E-mail: i.v.soloviev54@mail.ru, MGTU MIREA, Moscow.

Abstract. The publication describes the basic drivers for quick growth of risk of violation of normal life conditions in Moscow region caused by airplane crashes with fatalities on ground and destruction of buildings and other objects. They are: multiple growth of aviation activity within Moscow region with relatively high accidents level in combination with unprecedentedly high construction activity (mostly of logistic and transport infrastructure) in the vicinity of major airports of Moscow region. The specific aftermaths of an airplane crash with destruction of buildings and other objects on the ground and some approaches for defining of likelihood of this event are described. The proposals for further research activity necessary for defining the likelihood of this event with acceptable accuracy are formulated.

Keywords. accident, technogenic accident, airplane accident, airplane crash, likelihood of ground object destruction by crashed airplane, aftermaths of airplane crashes, Moscow air

hub, Moscow air zone, transport, transport infrastructure, logistics, logistic infrastructure, warehouse.

1. Актуальность проблемы.

Согласно федерального закона № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [1].

Чрезвычайные ситуации (ЧС) по своему происхождению классифицируются в России на природные, техногенные, террористические, военные и биолого-социальные [1, 21]. В мирное время на техногенные чрезвычайные ситуации приходится более 90% от общего количества погибших в результате ЧС [2]. В свою очередь, среди чрезвычайных ситуаций техногенного характера преобладают пожары и крупные автомобильные аварии с пятью и более погибшими [2]. Несмотря на то, что авиационный транспорт является наиболее безопасным как по показателю количества погибших относительно количества перевезенных, так и по общему количеству погибших (не более 200 погибших ежегодно в результате авиакатастроф [2] против 27 тысяч погибших в ДТП [3]), в общем количестве погибших именно в результате ЧС вклад авиации существенен – более 20% в 2013 году [2].

Тем не менее, деятельность авиации не рассматривается в настоящее время как значимый источник возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на наземных объектах ввиду пренебрежимо малой вероятности события, при котором авиационное происшествие повлекло бы за собой аварии на наземных объектах и, как следствие, человеческие жертвы на земле, а также «ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей».

Однако в последние годы в Московском регионе наметилась тенденция к быстрому нарастанию рисков возникновения ЧС техногенного характера, связанных с активностью авиации в границах Московской воздушной зоны (МВЗ) и особенно - Московского авиаузла (МАУ).

Основной причиной нарастания такого рода рисков является сочетание двух основных факторов:

- интенсивной застройки территорий вблизи наиболее крупных аэропортов Московского авиаузла логистическими и транспортными объектами большой площади, а также объектами энергетики, жилищно-коммунального хозяйства, торговли и жилыми объектами;

- быстрого роста активности гражданской авиации в границах Московского авиаузла на фоне сохранения относительно высокого уровня аварийности в гражданской авиации России.

Так, если в 2000 году пассажиропоток через аэропорты Московского авиаузла (МАУ) оценивался на уровне менее 20 млн. пассажиров, то в 2014 году он превысил 64 млн. пассажиров – см. верхний график на Рис 1 [4], что составляет около 60% от общего объема пассажирских перевозок в России (84,6 млн. человек в 2013 году [5]) и ставит МАУ в число крупнейших авиационных узлов в мире – см. нижний правый график на Рис. 1 [4]. Более того, согласно прогнозам [4] к 2030 году пассажиропоток МАУ увеличится почти в три раза и достигнет 179 млн. пассажиров в год – см. нижний левый график на Рис. 1.

В свою очередь, столь значительный рост пассажиропотока в аэропортах МАУ влечет за собой необходимость развития транспортной инфраструктуры вблизи них, в частности, создание направленных многоуровневых развязок большой площади и крупных транспортно-пересадочных узлов – см. п. 5.2. При этом проблема роста нагрузки на прилегающую к аэропортам транспортную инфраструктуру усугубляется тем, что в последние годы вблизи территорий аэропортов МАУ строятся складские комплексы мега-класса с площадью основания в сотни тысяч квадратных метров, ранее в России отсутствовавшие – см. п. 5.1.

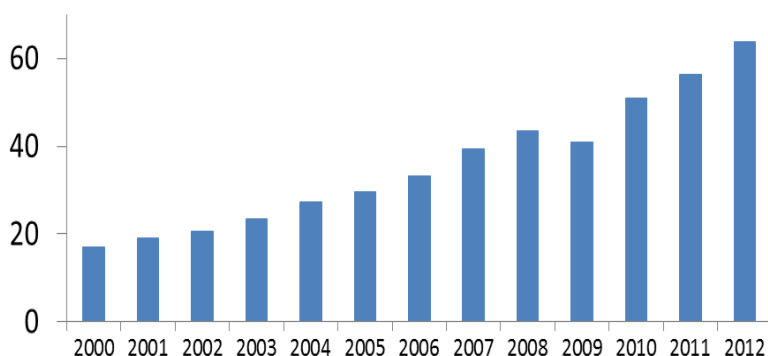




Рис. 1. Динамика роста пассажиропотока (млн. пассажиров) через московский авиаузел, с 2000 по 2013 гг. – фактические данные, с 2014 по 2030 гг. – прогнозные [4].

Рост интенсивности деятельности гражданской авиации в МВЗ имеет место на фоне высокого уровня аварийности в гражданской авиации РФ. Так, относительный показатель аварий и катастроф на 1 млн. часов налета в России за период с 2004 по 2011 годы вырос более чем в пять раз. В 2011 г. он составил 6,7, тогда как в США – всего 0,1 [6].

В МВЗ общая для России неблагоприятная ситуация с безопасностью полетов усугубляется традиционно сложной воздушной обстановкой, становящейся все более напряженной по мере роста интенсивности полетов в МАУ и МВЗ. В частности, значительную потенциальную опасность представляет отсутствие бесконфликтных траекторий прилета/вылета в аэропортах МАУ. Кроме того, близкое взаимное расположение аэродромов при наличии большой интенсивности воздушного движения и переменного уровня полетов создают предпосылки к образованию большого числа потенциально конфликтных точек в секторах подходов и круга. Возникающие встречные самолетопотоки усложняют работу диспетчеров и служб УВД и, в конечном итоге, негативно влияют на уровень безопасности полетов в МВЗ [7].

Ввиду низкой эффективности системы управления воздушным движением, измеряемой по величине отклонения воздушных судов от установленных маршрутов, наблюдается существенное расширение фактических воздушных коридоров МВЗ и, как

следствие, площади потенциально опасной территории, выходящей далеко за формальные границы воздушных коридоров – см. Рис. 2 [7].

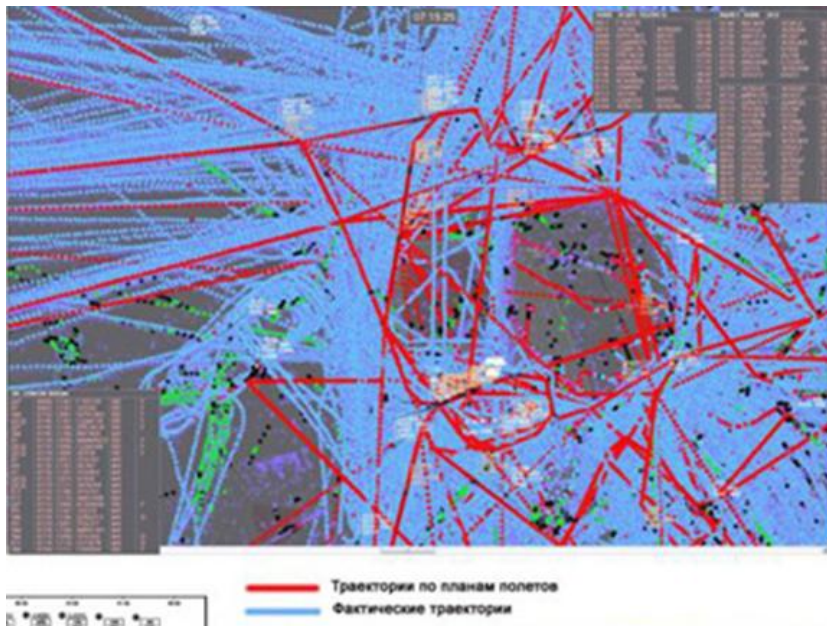


Рис. 2. Разница между заявляемыми и фактическими траекториями полета в МВЗ

Все это влечет за собой необходимость оценки текущего и прогнозного уровня вероятности возникновения ЧС техногенного характера, вызванного возможным крушением пассажирского самолета вблизи значимых для обеспечения нормальной жизнедеятельности наземных объектов, расположенных в границах МВЗ.

Однако в настоящее время оценка уровня такого рода рисков с точностью в пределах одного порядка величины не представляется возможной ввиду того, что отсутствуют в полном объеме как исходные данные, необходимые для количественной оценки уровня рисков от деятельности авиации для конкретных объектов экономики и жизнеобеспечения, так и методики их оценки. Тем не менее, на основании имеющихся данных об уровне аварийности в авиации, интенсивности полетов, месте расположения объектов экономики и жизнеобеспечения относительно центров концентрации активности авиации, характере типовых разрушений наземных объектов в результате авиакатастроф и ряда других исходных данных имеется возможность грубо, с точностью до двух порядков величины оценить уровень рассматриваемых рисков и их динамику, используя для обработки этих данных существующие методики определения риска гибели третьих лиц от деятельности авиации [8].

2. Источники информации и подход к анализу первичных данных.

Источниками информации при подготовке данной публикации послужили официальные отчеты надзорных органов о летных происшествиях и катастрофах [9,10] и отчеты о результатах научно-исследовательских работ по тематике оценки вероятности гибели третьих лиц в результате авиакатастроф [8].

На основе отчетов об авиакатастрофах определен приблизительный характер разрушений наземных объектов. На основе методик оценки вероятности гибели третьих лиц в результате авиакатастроф приведена грубая оценка вероятности разрушения наземного объекта и возникновения ЧС техногенного характера, вызванного крушением пассажирского самолета.

Грубая (с точностью до двух порядков величины) оценка риска от деятельности авиации приведена для следующих видов объектов:

- логистические (складские) комплексы большой площади,
- многоуровневые развязки автомобильных дорог с высокой интенсивностью грузовых перевозок по ним и транспортно-пересадочные узлы.

Также в публикации приведены краткие описания возможно находящихся в зоне повышенного риска важных для обеспечения нормальной жизнедеятельности Московского региона объектов, по которым даже грубая оценка риска нарушения их работы в результате авиакатастрофы пока невозможна. Это:

- магистральные ЛЭП,
- наиболее крупные объекты тепло и электрогенерации,
- центры диспетчерско-оперативного управления объектами, жизнеобеспечения и транспортной инфраструктурой.

3. Анализ характера разрушений наземных объектов в результате авиакатастроф

Анализ данных о наземных разрушениях при крушении самолетов и вертолетов показал, что летательный аппарат обладает минимальным радиусом поражения. Принципиальным показателем, определяющим степень и характер разрушения наземного объекта, является наличие или отсутствие прямого попадания летательного аппарата в него, а зависимость степени разрушения от габаритов летательного аппарата и его массы прослеживается только в случае прямого попадания. В случае прямого попадания даже самолета малой авиации наземный объект может получить значительные повреждения (см. Рис. 3), а прямое попадание крупного воздушного судна может привести к полному выводу из строя наземного объекта (см. Рис. 4).

Анализ характера разрушений наземных объектов при авиакатастрофах показывает, что хотя корпус летательного аппарата значительно уступает в прочности типовым конструкциям зданий и сооружений (за исключением деревянных и легких «сэндвичевых»), тем не менее, за счет большой прочности и массы двигателя даже самолет малой авиации массой около тонны при прямом попадании способен пробить стену из железобетона, а имеющееся на борту топливо попасть через эту пробоину внутрь и вызвать пожар в здании.

Следовательно, ключевыми параметрами летательного аппарата, определяющими размер разрушений при его прямом попадании в наземный объект, являются: габариты, масса и количество двигателей; масса топлива и других горючих веществ, имеющегося на момент катастрофы на борту летательного аппарата.



Рис. 3. В результате прямого попадания самолета малой авиации Piper Dakota в 4-х этажное железобетонное здание делового назначения (здание 1 офисного комплекса «Эшелон») в г. Остин, штат Техас 18 февраля 2010 года и возникшего пожара здание полностью выгорело [10].



Рис. 4. Результат прямого попадания (с отвесного пикирования) грузового самолета Boeing 747 в жилой дом, расположенный в 13 км от а/п г. Амстердам «Схипхол», 4 октября 1992 года. В месте попадания разрушены все 11 этажей железобетонного здания и нарушена целостность несущих конструкций здания в целом. Дальнейшим расследованием доказано, что наряду со 150 тоннами авиакеросина на борту Boeing находились боеприпасы, взрывчатые вещества, 190 литров отравляющего вещества диметил-метилфосфоната и 1000 литров трибутилфосфата.

Попадание этих веществ в почву в районе катастрофы привело к массовым заболеваниям среди местного населения даже несмотря на оперативно проведенные силами министерства обороны Нидерландов мероприятия по ликвидации последствий применения химического, биологического и ядерного оружия [10].

Также принципиально важным параметром является наличие возможности оперативной локализации возникающего после крушения пожара в здании, поскольку при отсутствии таковой быстро распространяющийся пожар может привести к полному уничтожению объекта и, в случае наличия людей в здании, к человеческим жертвам.

4. Использование существующих методик оценки риска гибели третьих лиц в результате авиакатастроф для оценки вероятности прямого попадания летательного аппарата в наземный объект

Ввиду отсутствия в настоящее время методик определения риска разрушения наземных объектов в результате авиакатастроф были изучены работы международных исследовательских коллективов, в которых описываются возможные подходы к статистической обработке первичных данных по авиакатастрофам с целью количественного определения риска гибели третьих лиц от непреднамеренных авиакатастроф. Тем не менее, результаты этих работ, в особенности исследовательской работы, проведенной в 2001 году в Гарвардском университете [8], представляют значительную ценность для выработки подходов к определению риска разрушения наземных объектов в результате авиакатастроф.

Выявленные в результате выполнения этой работы зависимости были получены на основе обработки данных Национального бюро транспортной безопасности (NTSB, National Transport Security Bureau) о произошедших в США авиакатастрофах с наземными жертвами среди третьих лиц за период 1964-1999 гг., а также об интенсивности полетов в крупнейших 2250 аэропортах США (~10% от общего количества аэропортов и аэродромов в США) с разбивкой по величине аэропорта и видам авиации за 1987-1999 гг. На основании данных по расположению и населенности жилых домов вблизи всех исследуемых аэропортов (результаты переписи населения США за 1990 г.) было проведено геоинформационное моделирование.

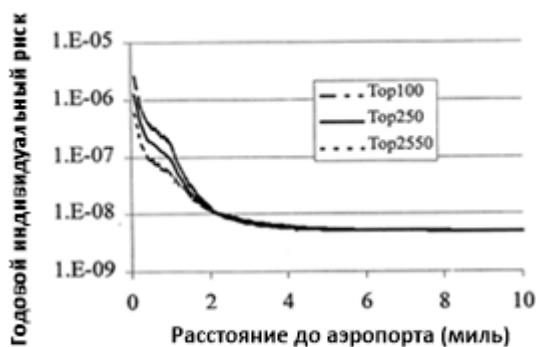
Анализ собранных в ходе работы [8] статистических данных показал, что подавляющее большинство (87%) авиакатастроф самолетов коммерческих авиаперевозчиков с наземными жертвами среди третьих лиц произошло в пределах 10-ти мильной (16 км) зоны от границы территории аэропортов. Для частных самолетов малой авиации этот показатель составляет 63%.

Моделирование подтвердило, что вероятность гибели третьих лиц от непреднамеренных авиакатастроф не распределена равномерно, а сконцентрирована вблизи аэропортов и превышает на три порядка величины среднюю по стране – 10^{-6} против 10^{-9} в год.

В результате моделирования выявлена универсальная зависимость риска гибели третьих лиц от их удаленности от границы ближайшего аэропорта, практически не зависящая от размера аэропорта (интенсивности полетов в нем) и его местонахождения – см. Рис. 5.

В работе [8] показано, что именно удаленность от ближайшего аэропорта является основным критерием, в зависимости от которого вероятность гибели меняется на два порядка величины в пределах очень небольшого расстояния (0-3 км) и еще примерно на порядок – на протяжении 3-16 км от ближайшего аэропорта. При этом такие критерии, как плотность населения, интенсивность полетов и уровень аварийности влияют не на характер зависимости (форму кривой), а только на конкретные значения вероятности.

Интерес для целей настоящей публикации эта работа представляет ввиду ряда сделанных в нем для упрощения моделирования допущений. Ключевое из них состоит в том, что вероятность гибели третьего лица рассчитана для ситуации, когда это лицо постоянно, в течение всего периода, за который рассчитывается вероятность (брались периоды в год и 75 лет – средняя продолжительность жизни в США), находится в одной фиксированной точке, соответствующей его месту проживания. То есть объектом исследования являлся не человек, а жилой дом.



Зависимость значения годового риска гибели человека на земле в зависимости от расстояния от него до ближайшего аэропорта. Три кривые – три вида аэропортов: входящие в 100 крупнейших в США, в 250 крупнейших и 2250 крупнейших.

Рис. 5. Изменение вероятности поражения стационарного наземного объекта площадью ~ 65 кв. м. в течение года в зависимости от его удаленности от ближайшего аэропорта.

Анализ данных по авиакатастрофам [9, 10] показывает, что корреляция между прямым попаданием летательного аппарата в жилой дом и гибелью как минимум одного человека внутри дома или вблизи него близка к единице.

Таким образом, в работе [8] фактически рассчитана зависимость от удаленности от ближайшего аэропорта вероятности прямого непреднамеренного попадания летательного аппарата в условный жилой дом площадью, равной средней общей площади жилого дома, приходящейся на одного жителя рассматриваемого региона. Для США средняя обеспеченность жильем составляет около 65 кв. м. общей площади на человека [11].

Ввиду того, что плотность населения в Москве равна таковой для наиболее густонаселенного города США Нью-Йорка [11], а объем пассажирских перевозок через МВЗ близок к таковому для наиболее крупных авиаузлов США за исключением Нью-Йоркского (см. Рис. 1), имеется возможность использования не только полученных в ходе исследования зависимостей (получения относительных показателей вероятности) – см. Рис. 5, но и получения конкретных числовых значений с поправкой на в 50 раз больший уровень аварийности в России.

Поскольку вероятность прямого попадания летательного аппарата в наземный объект прямо пропорциональна его площади, то для определения этого показателя для объекта произвольной площади вероятность следует умножать на площадь искомого объекта с коэффициентом 1/65.

Необходимо отметить также, что другим важным допущением, принятым в работе [8] для упрощения моделирования, было исключение из рассмотрения такого параметра, как местоположение объекта относительно створа ВПП и близость к воздушным трассам вблизи аэропорта. Тем не менее, в работе [8] отмечается наличие такой зависимости, причем не менее значимой, чем удаленность от ближайшего аэропорта. Так, в частности, там отмечено, что для аэропортов Схипхол (Нидерланды) и Фарнборо (Великобритания) вероятность гибели третьего лица, находящегося в створе ВПП на расстоянии нескольких сот метров от нее составляет 10^{-4} в течение года, т.е. на два порядка выше, чем при «усредненной» модели, учитывающей только удаленность от границы территории аэропорта.

Кроме того, остается открытым вопрос о том насколько быстро убывает вероятность гибели третьего лица в зависимости от расстояния между ним и срезом ВПП при нахождении его в створе ВПП и/или траектории захода на посадку/взлета. Поскольку этот фактор дает два порядка величины – столько же, сколько и фактор удаленности от границы аэропорта, то отсутствие этих данных не позволяет в

настоящее время с приемлемой точностью оценить величину риска разрушения конкретного наземного объекта в результате авиакатастрофы.

5. Расположенные в зоне риска наиболее значимые объекты экономики и жизнеобеспечения

В данном разделе рассмотрены объекты экономики и жизнеобеспечения Московской агломерации, одновременно характеризующиеся как наибольшим возможным ущербом от их разрушения, так и наибольшей вероятностью непреднамеренного прямого попадания в него летательного аппарата и возможностью его разрушения в результате этого события.

5.1. Крупные логистические (складские) объекты

Основой экономической активности в Московском регионе является торговля. Так, в структуре валового регионального продукта г. Москвы торговля занимает почти 40% - см. Рис. 6 [12].

С целью снижения издержек, предприятия торговой сети стремятся минимизировать запасы товара в местах их розничной продажи, что требует четкой и непрерывной работы логистических центров (складов) Московского региона и автомобильного транспорта, обеспечивающего доставку товара со складов в пункты продажи.

Более того, около 60% товарооборота в РФ проходит через логистические центры московского региона [13]. Фактически, на базе московского транспортного узла сформировался национальный торгово-распределительный центр [13, 14]. Таким образом, значительные нарушения в работе крупных складов московского региона могут сказаться на снабжении торговой сети не только Москвы и Московской области, но и всей страны.

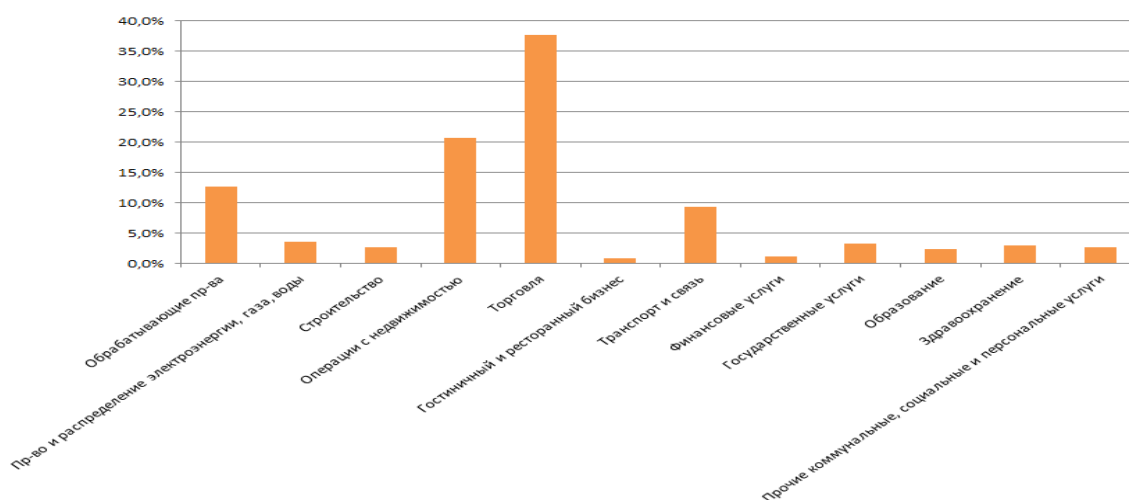


Рис. 6. Структура валового регионального продукта г. Москвы, 2011 г. [12]

В последние годы в московском регионе наметилась тенденция строительства крупных логистических центров в непосредственной близости от основных аэропортов московского авиаузла. Для РФ эта ситуация является беспрецедентной – ранее в России и СССР не строились крытые склады с площадью основания более полумиллиона квадратных метров, размещаемые непосредственно у границы территорий аэропортов.

Так, в пределах 15-километровой зоны основных аэропортов МАУ за период с 2005 по 2013 гг. построены и сданы в эксплуатацию склады общей площадью около 6 миллионов кв. м. (наиболее крупные из них указаны в Таблице 1), что составляет около 70% от общей площади существующих складских помещений класса «А» и «В» в московском регионе и около 50% складов этого класса в целом по России [на основе данных 15]. Причем темпы ввода складских площадей вблизи аэропортов быстро нарастают. Так, только в 2012-2013 годах введено в эксплуатацию более полутора миллионов кв. м. площадей в непосредственной близости от основных аэропортов московского авиаузла. Это составляет примерно 90% от общего объема новых складских площадей, введенных в эксплуатацию в 2012-2013 годах в московском регионе и более 70% площади складов, введенных в эксплуатацию в 2012-2013 годах в целом по России [на основе данных 15].

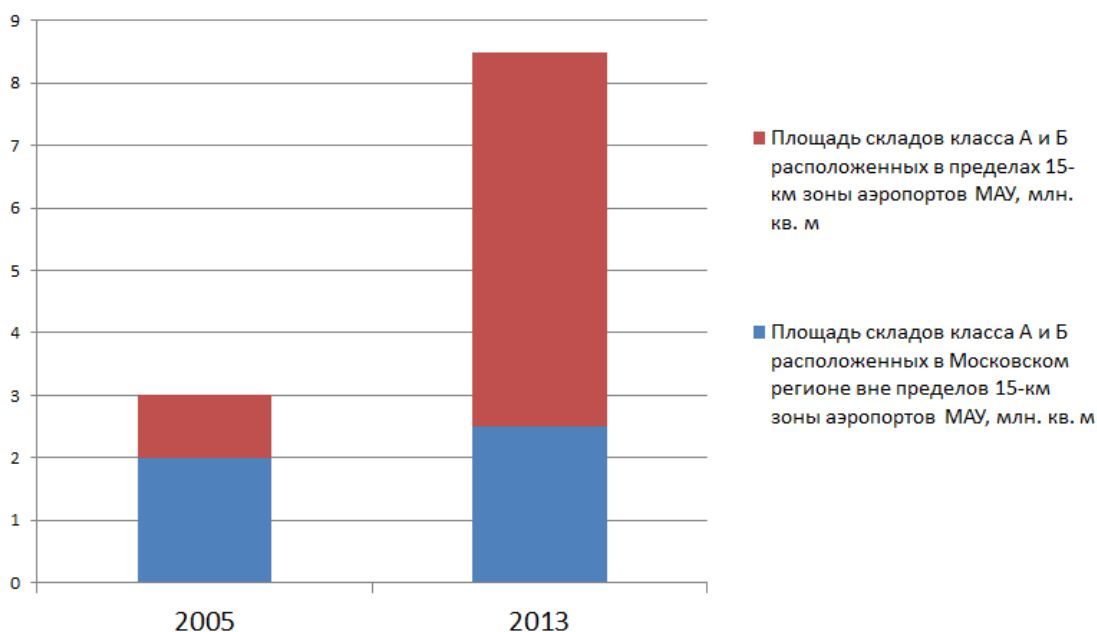


Рис. 7. Динамика строительства качественных складов (класса А и В) в Московском регионе, 2005-2013 гг. [на основе данных 15].

Более того, активно строятся склады и непосредственно на территориях аэропортов. Так, в дополнение к уже имеющимся на территории аэропорта Домодедово складам площадью 13 тыс. кв. м на период с 2013 по 2015 годы запланирован ввод в

эксплуатацию новых складов площадью 56 тыс. кв. м. В частности, речь идет о крупнейшем в России аэропортовом грузовом узле («хабе») «Карго деревня» [16]. Аналогичный грузовой «хаб» создается и в аэропорту «Шереметево».

Таблица 1. Расположенные в зоне риска складские объекты московского региона

Название складского комплекса	Год ввода 1-й очереди	Общая площадь, тыс. кв. м.	Площадь основания, тыс. кв. м.	Тип и конструкция здания	Удаленность от ближайшего аэропорта
ЛК «Южные врата»	2012	650	650	Одноэтажное (12 м), ограждающие конструкции из сэндвич-панелей	8,3 км от Домодедово
СК «Северное Домодедово»	2007	550	550	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из сэндвич-панелей	9,5 км от Домодедово
СК «Домодедово Карго»	Н.д.	13,5	13,5	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	0 км от Домодедово (450 м от ВПП)
СК «Смарт Логистик Групп»	2008	85	85	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	7,4 км от Домодедово
СК «Ям»	2009, 2013	63	63	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	8 км от Домодедово
СК «Заборье»	2007	41	41	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	6,5 км от Домодедово
«ПНК Внуково»	2012	250	250	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей.	4 км от Внуково, в створе ВПП
СК «Западный»	2011	60	60	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей.	4 км от Внуково, в створе ВПП
Офисно-складской	2007	50	50	Одноэтажное (высота 12 м),	2 км от Шереметьево

комплекс «Терминал Европа»				ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	
СК «Марьино»	2010	40	40	Одноэтажное кирпичное.	4,5 км от Внуково
СК «Лобня логистик центр»	2009	40	40	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	4 км от Шереметьево
СК «Лого-Арт»	2009	24	24	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	3 км от Шереметьево
СК «Санна Карго Сервис»	2011	36	36	Одноэтажное (высота 12 м), ограждающие конструкции из легких сэндвич-панелей	4,3 км от Шереметьево

Бурное строительство новых складских площадей внутри наиболее опасной зоны аэропортов московского авиаузла приводит к росту риска их поражения в результате непреднамеренного прямого попадания летательного аппарата.

Таблица 2. Примеры разрушения складов в результате авиакатастроф [8]

Дата происшествия	Принадлежность летательного аппарата	Размер летательного аппарата	Модель летательного аппарата	Фаза полета	Место происшествия	Описание предшествовавших авиакатастрофе событий, характера разрушений и их последствий
11.08.1984	Гражданский	Полно-размерный	Douglas C-47A-20-DK (DC-3C)	Набор высоты	США, близ международного а/п г. Мемфис	При наборе высоты сбил несколько опор ЛЭП, затем упал на здание склада, пробив крышу и сгорев. Склад уничтожен.
07.01.1994	Гражданский	Малая авиация	British Aerospace 4101 Jetstream 41	Заход на посадку	США, 1,9 км от а/п г. Колумбус	При заходе на посадку снизился ниже глиссады, врезался в деревья и остановился врезавшись в здание склада, затем сгорел вместе с ним. В складе находилось медицинское оборудование, полностью уничтоженное пожаром.
01.06.2003	Гражданский	Малая авиация	Learjet 45	Набор высоты	Италия, а/п г. Милан "Линате" (Linate)	При наборе высоты рухнул на здание склада в пригороде Милана и сгорел вместе со складом. В непосредственной близости от места катастрофы было большое скопление людей, наблюдавших за велогонкой "Джиря Д'Италия".
20.02.2004	Гражданский	Малая авиация	Learjet 25B	Приземление	США, а/п г. Форт Лайдердейл	Не смог остановиться на пробеге при приземлении, выкатился за пределы территории аэропорта, пробив ее ограждение, пересек четырехполосную автодорогу и врезался в здание склада. О жертвах на земле не сообщается.
24.01.2006	Гражданский	Малая авиация	Cessna 560 Citation V	Приземление	США, а/п г. Карлсбад "МакКилллан-Паломар"	На посадке при попытке ухода на второй круг выкатился за пределы территории аэропорта, снес антенны приводов, и врезался в здание коммерческого склада. Вероятно его полное разрушение.

Типовой современный логистический центр представляет из себя здание большой площади (сотни тысяч кв. м.) высотой 12-15 метров, ограждающие конструкции которого выполнены из легких сэндвичевых панелей. Отчеты по авиакатастрофам последних 60 лет показывают, что даже самолет малой авиации гарантированно пробивает не только легкие «сэндвичевые» ограждающие конструкции складов, но и железобетонные и кирпичные – см. Таблицу 2. В результате возникающего в результате попадания внутрь топлива из баков самолета сильного пожара наиболее вероятно уничтожение здания склада и всего товара, находящегося в нем.

Согласно п. 4 настоящей статьи вероятность поражения наземного объекта в результате непреднамеренного прямого попадания в него летательного аппарата зависит от площади основания объекта, его удаленности от границы ближайшего аэропорта и расположения относительно створа ВПП (Рис. 3). Площадь располагающихся вблизи аэропортов складов варьируется в пределах двух порядков величины (от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч кв. м.). Факторы удаленности от границы аэропорта и положения объекта относительно створа ВПП каждое дает два порядка величины.

Таким образом, грубая оценка вероятности прямого непреднамеренного попадания летательного аппарата в склад площадью 10 тыс. кв. м., расположенный на расстоянии 0,5 км от среза ВПП (например, СК «Домодедово Карго»), в результате прямого непреднамеренного попадания пассажирского самолета в него находится в пределах от 0,002 до 0,15 в течение 10 лет в зависимости от фактора близости к створу ВПП. А для склада площадью 650 тыс. кв. м., расположенного на расстоянии 8,5 км от границы аэропорта близко к створу ВВП и/или воздушному коридору с малыми высотами полета (например, ЛК «Южные врата»), вероятность прямого непреднамеренного попадания пассажирского самолета можно приблизительно оценить в диапазоне от 0,001 до 0,1 в зависимости от фактора близости к створу ВПП.

Тем не менее, это весьма приблизительные оценки, показывающие лишь само наличие риска, подлежащего дальнейшему изучению.

5.2. Железная и автомобильная дорога

Наряду с ЛЭП железные и автомобильные дороги являются наиболее часто поражаемыми наземными объектами при авиакатастрофах пассажирских самолетов с наземными разрушениями и жертвами [8, 9].

В большинстве случаев поражаются участки дорог, расположенные в створе ВПП в непосредственной близости от границы территории аэропортов и проходящие под близким к прямому углом к направлению взлета / захода на посадку.

В случае попадания пассажирского самолета в плоскостной участок автодороги разрушения дорожного полотна, как правило, отсутствуют (на Рис. 8 справа), а железной дороги – ограничиваются несколькими пролетами (на Рис. 8 слева). Также имеет место (не всегда) разрушение ограждающих дороги конструкций и идущих вдоль дороги линий электропередач и столбов освещения, если таковые имеются.



Рис. 8. Характер разрушений железных и автомобильных дорог в результате непреднамеренных авиакатастроф [9, 10]

Картина разрушений меняется в случае прямого попадания пассажирского самолета в мостовой переход либо современную многоуровневую развязку, которую от традиционных развязок «клевер» отличает большая протяженность и площадь установленных на опоры пролетов. Как показывают результаты ДТП с участием грузовых автомобилей, при их столкновении с опорами мостов происходит частичное или полное разрушение последних [17]. Поэтому в случае прямого попадания пассажирского самолета, по массе и скорости столкновения почти на порядок превосходящего грузовой автомобиль, в мостовой переход или многоуровневую развязку наиболее вероятно обрушение как минимум одного пролета моста или развязки. Кроме того, возникающий в результате разрушения топливных баков пассажирского самолета сильный пожар может привести к нарушению прочности несущих конструкций попадающих в зону пожара неразрушенных непосредственно при попадании самолета пролетов.

Необходимо отметить, что многоуровневые объекты дорожной инфраструктуры, расположенные у границ территории аэропортов, ранее в РФ отсутствовали, и только начинают появляться. Необходимость их создания связана со значительными уже сейчас и продолжающимися быстро нарастать объемами перевозок пассажиров и грузов как в аэропорты так и в целом в московском регионе [14].

Так, вблизи крупнейшего по объему перевозок аэропорта в РФ – Домодедово, в настоящее время строится многоуровневая развязка [18] на пересечении подъездной автодороги от трассы «Ростов – Дон» с железной и скоростной автомобильной дорогами в а/п Домодедово. По завершении ее строительства, а также связанного с ним строительства второго пути железной дороги и увеличения количества полос указанных выше автомобильных дорог планируется как минимум в два раза сократить интервалы движения Аэроэкспресса аэропорта Домодедово, и обеспечить существенно большие объемы грузовых перевозок между складами на территории аэропорта и недавно построенными в районе пересечения трассы «Ростов – Дон» и малого бетонного кольца складских комплексов сверхбольшой площади. Данная многоуровневая развязка расположена на расстоянии 170 м от границы территории аэропорта (в 1,3 км от торца ближайшей ВПП), близко к створам обеих ВПП аэропорта и имеет площадь 138 тыс. кв. м при высоте около 10 м. Согласно пункту 4 вероятность прямого непреднамеренного попадания пассажирского самолета в нее лежит в пределах от 0,02 в течение года (если брать расстояние от торца ближайшей ВПП) до 0,2 в течение года (если считать расстояние от границы аэропорта).

Аналогичные по площади и конструкции развязки запланированы к строительству вблизи границы территории а/п Домодедово на пересечении Малого бетонного кольца (будущей ЦКАД) с трассой «Ростов – Дон» («развязка №7») и вспомогательной дорогой в объезд территории а/п Домодедово («развязка №6»).

Кроме того, в ходе ведущейся в настоящее время реконструкции МКАД кардинально перестраиваются все развязки с радиальными магистралями [19], в том числе находящиеся в створе ВПП а/п Внуково развязки на пересечении МКАД с Киевским и Можайским шоссе, имеющие удаление от торцов ВПП 11 и 13 км соответственно. Вместо «клеверных» развязок возводятся многоуровневые развязки с направленными съездами, что приводит к значительному увеличению протяженности и площади установленного на опоры дорожного полотна развязок.

Рядом с некоторыми из таких развязок создаются транспортно-пересадочные узлы большой площади. В частности, в непосредственной близости от развязки МКАД с Киевским шоссе строится транспортно-пересадочный узел «Саларьево» площадью 450 тыс. кв. м на удалении 10 км от торца ближайшей ВПП а/п Внуково и в створе одной из них.

Необходимо также отметить, что вдоль МКАД, за исключением северо-западного участка, проходят воздушные коридоры «25», «10», «23», «18» (пересекает МКАД в двух местах), «22», «41» и «14».

5.3. Высоковольтная воздушная (наземная) ЛЭП.

Отчеты об авиакатастрофах с наземными разрушениями [9, 10] показывают, что ЛЭП, наряду с автомобильными и железными дорогами, являются наиболее часто поражаемыми наземными объектами.

В случае прямого попадания пассажирского самолета в провода ЛЭП происходит их обрыв, в опору ЛЭП – ее повреждение с нарушением работоспособности. Наиболее часто попадание в ЛЭП пассажирского самолета происходит под углом, близким к прямому.

Если попадание происходит в магистральную или высоковольтную ЛЭП, возможно полное обесточивание целого региона. Например, 19 декабря 2010 года при прямом попадании самолета малой авиации Хоукер Бичкрафт 390 Премьер (Hawker Beechcraft 390 Premier) в высоковольтную ЛЭП и вызванном им обрыве проводов произошло полное отключение электроэнергии в долине «Аппер Энгадин» (Upper Engadine valley) в Швейцарии [10].

Подверженные наибольшему риску непреднамеренного прямого попадания в них пассажирского самолета магистральные (500-750 кВ) ЛЭП московского региона, расположенные в непосредственной близости от аэропортов, в створе их ВПП и пересекаемые под близким к прямому углом трассами взлета / захода на посадку приведены в Таблице 3.

Таблица 3. Расположенные в зоне возможного риска высоковольтные ЛЭП московского региона

ЛЭП	Удаленность ближайшей точки ЛЭП от аэропорта	Пересечения трассы ЛЭП с воздушными коридорами
ЛЭП 500-750 кВ «Очаково – Западная – Белый Раст»	8,7 км от ВПП Внуково, в створе ВПП	Коридоры «55», «41»
ЛЭП 500-750 кВ «Пахра - Михайлов» и «Чагино – Михайлов»	6,3 км от ВПП Домодедово, в створе ВПП	Коридоры «18», «30»

5.4. Тепло-электро централь (ТЭЦ) и трансформаторная подстанция (ПС) 500/220/110 КВ

ТЭЦ является объектом с непрерывным производственным циклом и очень высокой взаимозависимостью большого количества различного технологического оборудования, размещенного на площади около миллиона кв. м. и лишь частично защищенного железобетонными ограждающими конструкциями. Трубы энергоблоков

ТЭЦ имеют высоту от 120 до 250 м, а градирни - как большую площадь в сечении (тысячи кв. м.), так и значительную высоту – около 75-85 м. В силу своих габаритов и технологических особенностей ТЭЦ представляют из себя уязвимый для атаки с воздуха объект жизнеобеспечения, а близость большинства из московских ТЭЦ к границам воздушных коридоров и аэропортов требует точной количественной оценки вероятности прямого попадания в них летательного аппарата в результате непреднамеренной авиакатастрофы.

Таблица 4. Расположенные в зоне возможного риска ТЭЦ московского региона

Объект	Площадь объекта, тыс. кв. м	Обеспечиваемые районы, мощность, топливо	Адрес	Тип и конструкция зданий	Удаленность от ближайшего аэропорта	Удаленность от воздушного коридора
ТЭЦ 25 На территории ТЭЦ находится трансформаторная подстанция 500 кВ «Очаково»	~1200	ЗАО 1370 МВт, 4088 Гкал/ч, Газ, мазут.	Дорохова генерала ул., д. 16	Железобетонные здания цехов, кирпичные здания трансформаторных, часть оборудования без ограждающих конструкций.	14 км от Внуково	4 км от глissады во Внуково
ТЭЦ 22	~1200	ЮВАО, г. Дзержинский. 1310 МВт, 3606 Гкал/ч, Газ, уголь.	г. Дзержинский, ул. Энергетиков, д. 5	Железобетонные здания цехов, часть оборудования без ограждающих конструкций.	25 км от Домодедово	0,5 км от возд. коридора «18»
ТЭЦ 26 На территории ТЭЦ находится трансформаторная подстанция ОРУ 500 кВ	~1000	ЮАО, северный сектор Моск. обл. 1830 МВт, 4006 Гкал/ч, Газ, мазут.	Востряковский пр., д. 10	Железобетонные здания цехов, часть оборудования без ограждающих конструкций.	24 от Домодедово, 22 км от Внуково	1 км от поворотной точки возд. коридоров «18» и «22».
ТЭЦ 21, включая ТЭЦ 28 (ТЭЦ 21 «Очередь 28»)	~930	САО, южный сектор Моск. обл. 1800 МВт, 4958 Гкал/ч, Газ.	Ижорская ул., д. 9	Железобетонные здания цехов, часть оборудования без ограждающих конструкций.	11 км Шереметьево	4 км от возд. коридора «25»

ТЭЦ 27	~1150	САо и СВАО г. Мытищи. 1060 МВт, 1876 Гкал/ч, Газ.	Моск. обл., Мытищинский р-н, пос. Челобитьево	Железобетонные здания цехов, часть оборудования без ограждающих конструкций.	18 км от Шереметьево	1,5 км от поворотной точки возд. коридоров «10» и «25».
--------	-------	---	---	--	----------------------	---

Наряду с ТЭЦ, в непосредственной близости от аэропортов и воздушных коридоров находятся и отдельно стоящие ПС 500/220/110 КВ – см. таблицу ниже.

Таблица 4. Расположенные в зоне возможного риска ПС московского региона

Объект	Площадь объекта, тыс. кв. м	Обеспечиваемые районы, мощность, ЛЭП	Адрес	Тип и конструкция зданий	Удаленность от ближайшего аэропорта	Удаленность от воздушного коридора
ПС «Бескудниково»	~400	Север Москвы и Моск. обл. Мощность - 2 800 МВА ЛЭП на Белый Раст, Ногинск, Трубино	Москва, Высоковольтный пр., д. 5	Малозэтажные кирпичные и железобетонные здания цехов, часть оборудования без ограждающих конструкций.	15 км от Шереметьево	5,5 км от воздушного коридора «25»
ПС «Чагино»	~200	Юг, юго-восток и восток Москвы и Моск. обл., МНПЗ в Капотне Мощность - 2 000 МВА ЛЭП на Пахру, Ногинск, Михайлов	Москва, ул. Чагина, д. 2	Малозэтажные кирпичные и железобетонные здания цехов, часть оборудования без ограждающих конструкций.	11,8 км от Быково, в створе ВПП	4,8 км от поворотной точки воздушных коридоров «18», «23» и «9».
ПС «Западная»	~30	Северо-запад Моск. обл. Мощность - 1 126 МВА В разрыв ЛЭП Белый Раст – Очаково	Моск. обл., Красногорский р-н, село Ангелово	Малозэтажное здание из сэндвич-панелей, часть оборудования без ограждающих конструкций.	12,3 км от Шереметьево	1 км от воздушного коридора «14».
ПС «Трубино»	~200	Северо-восток Москвы, Пушкинский и Щелковский р-ны Моск. обл. Мощность - 2402 МВА ЛЭП на Бескудниково	Моск. обл., г. Ивантеевка, Березовая ул.	Малозэтажное здание из сэндвич-панелей, часть оборудования без ограждающих конструкций.	12 км от а/п Чкаловский	1 км от воздушного коридора «15».

ПС «Пахра»	~135	Юг Моск. обл. Мощность - 2065 МВА ЛЭП на Чагино и ТЭЦ 26	Моск. обл., г. Домо- дедово, Краснодар -ская ул.	Большая часть оборудования без ограждающих конструкций.	9 км от Домоде- дово, в створе ВПП	2 км от воздуш- ного коридора «46».
ПС «Ногинск»	~170	Ногинский р-н Моск. обл., ЦАГИ Мощность - 2002 МВА ЛЭП на Чагино и Бескудниково	Моск. обл., г. Ногинск, Московс- кая ул.	Кирпичное одноэтажное здание. Большая часть оборудования без ограждающих конструкций.	9 км от Домодедово , в створе ВПП	2 км от воздуш- ного коридора «46».
ПС «Каскадная» (в стадии строитель- ства)	~70	Мощность - 1900 МВА	Моск. обл., г. Люберцы, Проекти- руемый проезд №265	Кирпичное одноэтажное здание. Большая часть оборудования без ограждающих конструкций.	12,5 км от Быково, в створе ВПП	1,5 км от воздуш- ного коридора «23».

5.5. Центр оперативно-диспетчерского управления

Характерными особенностями эксплуатации объектов экономики и жизнеобеспечения является необходимость управления ими в режиме реального времени и высокая степень централизации управления, вплоть до централизованного оперативно-диспетчерского управления в масштабе страны целой отраслью.

Это, в свою очередь, накладывает очень высокие требования к доступности и отказоустойчивости, в том числе катастрофоустойчивости, всех систем комплекса централизованного оперативно-диспетчерского управления. Так, в частности, для вычислительной подсистемы центра допускается лишь несколько часов простоя в год и только при условии ее резервирования.

При этом, как правило, такие центры управления, включая не только персонал и средства отображения, но и средства обработки и хранения данных, размещаются в незащищенных многоэтажных офисных зданиях и не имеют полноценного (как по оборудованию, так и по персоналу) катастрофоустойчивого резервирования. Центры управления низшего уровня (макрорегиона, региона) также не могут выступать в качестве полноценной замены центрам более высокого уровня ввиду ограниченных возможностей по оборудованию, персоналу и объему располагаемых данных.

Ключевые диспетчерские центры, осуществляющие управление объектами электроэнергетики и жизнеобеспечения в масштабе страны, находятся в Москве. Также

в Москве находятся наиболее крупные центры диспетчерского управления системами жизнеобеспечения масштаба макрорегиона и региона.

Основываясь на выявленных в работе [8] зависимостях можно сделать вывод о том, что в зоне наибольшего риска находится Московский центр автоматизированного управления воздушным движением, расположенный непосредственно на территории аэропорта Внуково.

Отчеты об авиакатастрофах с наземными разрушениями [9, 10] свидетельствуют, что при прямом попадании полноразмерного пассажирского самолета в многоэтажное или высотное офисное здание наиболее вероятным исходом является вывод из строя этого здания в результате возникающего от воспламенения внутри здания топлива из баков самолета сильного пожара.

6. Возможные направления дальнейших исследований

Рост вероятности возникновения ЧС техногенного характера в границах МВЗ в результате авиационной катастрофы с наземными разрушениями за период с 2000 по 2014 годы можно оценить в два порядка величины без учета факторов роста аварийности и расположения объектов относительно створов ВПП и воздушных коридоров с малыми высотами полета. А с учетом этих факторов – на четыре порядка величины.

В настоящее время суммарную величину вероятности для расположенных в границах МВЗ площадных логистических и транспортных объектов можно грубо оценить в 0,01 в течение 10 лет без учета фактора расположения этих объектов относительно створов ВПП аэропортов МАУ и воздушных коридоров МВЗ с малыми высотами полета, а также без учета существенно (в 50 раз) более высокого уровня аварийности в гражданской авиации России по сравнению с таковым в США. Для линейных объектов определить порядок величины такой вероятности пока не представляется возможным – существующие методики не позволяют этого сделать.

При сохранении в ближайшие десять лет действия указанных в п. 1 основных факторов быстрого роста вероятности возникновения такой ЧС, что представляется наиболее вероятным развитием событий, рост рассматриваемой вероятности может составить еще два порядка величины и достигнуть значения 0,1 в год.

Таким образом, для ряда наземных объектов, играющих значительную роль в обеспечении нормальной жизнедеятельности Московского региона, рассматриваемый в настоящей статье вид риска возникновения ЧС техногенного характера переходит из разряда гипотетических (1 случай за тысячу лет) в один из основных.

Такое развитие событий уже сейчас требует принятия адекватных мер.

В качестве одной из них видится необходимость организация систематической работы по сбору и анализу полной, актуальной и непротиворечивой первичной информации об авиакатастрофах и летных происшествиях с наземными разрушениями и с возможностью таковых, и построение на основе этих данных математических моделей, позволяющих более точно оценить как сам риск возникновения авиакатастрофы с наземными разрушениями, так и достоверно моделировать последствия этих разрушений для жизнедеятельности крупных городских агломераций.

В частности, необходимо разработать методики и модели, позволяющие учитывать не только фактор близости наземного объекта к территории аэропорта, но и фактор его расположения относительно траекторий взлета и захода на посадку, а также положения объекта относительно фактических границ воздушных коридоров МВЗ с малыми высотами полета. Это чрезвычайно важно для оценки уровня риска для площадных объектов электроэнергетики (ТЭЦ, ПС), большинство из которых расположены на достаточном удалении от границ аэропортов МАУ, но в непосредственной близости или в пределах фактических границ воздушных коридоров с малыми высотами полета, используемыми при наборе высоты после взлета и заходе на посадку в/из аэропортов МАУ. Кроме того, требуется разработать методику оценки рисков для протяженных объектов, в первую очередь высоковольтных ЛЭП, проходящих вблизи границ территорий аэропортов МАУ и/или пересекающих воздушные коридоры с малыми высотами полета.

В соответствии с федеральным законом № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» функция оценки рисков и выработки мер по предупреждению возникновения ЧС закреплена за Единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Российская Система Чрезвычайных Ситуаций, РСЧС) [21]. РСЧС объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Наряду с прогнозированием и оценкой социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций, в число основных задач РСЧС входит осуществление целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования предприятий, учреждений и организаций, независимо от их организационно-правовых форм, а также подведомственных им объектов производственного и социального назначения при ЧС [21].

В структуре МЧС научно-исследовательскую деятельность в области мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий осуществляет Всероссийский центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций МЧС России (Центр «Антистихия») [22].

Список литературы

1. Федеральный закон № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Официальный интернет-сайт МЧС РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/document/363755> (дата обращения: 01.07.2014).
2. Сведения о чрезвычайных ситуациях, происшедших на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2013 года. Официальный интернет-сайт МЧС РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа http://www.mchs.gov.ru/stats/CHrezvichajnie_situacii/2013_god (дата обращения: 01.07.2014).
3. Количество дорожно-транспортных происшествий, сведения за 2013 год. Официальный интернет-сайт ГИБДД МВД РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения: 01.07.2014).
4. Стало тесно даже в небе. Журнал «Эксперт» №28 (859). [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://expert.ru/expert/2013/28/stalo-tesno-dazhe-v-nebe/> (дата обращения: 01.07.2014).
5. Евгений Чибирев. Обзор рынка авиаперевозок России в 2013 году. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.aex.ru/docs/2/2014/3/8/1994/print/> (дата обращения: 01.07.2014).
6. Александр Книвель. Государство и безопасность. [Электронный ресурс]. - Режим доступа http://www.aviapromservice.ru/gos_bez.html (дата обращения: 01.07.2014).
7. Леонид Щербаков. Резервы пропускной способности ОрВД московского авиаузла. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.aex.ru/docs/4/2011/6/21/1353/> (дата обращения: 01.07.2014).
8. R. Frank Rabouw, Kimberly M. Thompson, Roger M. Cooke. The Aviation Risk to Groundlings with Spatial Variability. Harvard University, School of Public Health, Center for Risk Analysis, 2001. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11824678> (дата обращения: 01.07.2014).

9. Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России, 1946-2013. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://airdisaster.ru/> (дата обращения: 04.03.2013).

10. Aviation Safety Network, 1946-2013. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://aviation-safety.net/index.php> (дата обращения: 04.03.2013).

11. Аналитическое агентство «Индикаторы рынка недвижимости». Пресс-релиз «Обеспеченность жильем на уровне США в Москве наступит через 104 года». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.irn.ru/news/22854.html> (дата обращения: 04.03.2013).

12. Отраслевая структура валовой добавленной стоимости субъектов Российской Федерации в 2010 г. Официальный сайт Росстата РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/otr-stru10.xls (дата обращения: 04.03.2013).

13. Максим Соколов. Презентация «Московский транспортный узел». Официальный сайт Министерства транспорта РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.mintrans.ru/upload/iblock/a05/mtu_sokolov_19092012.pdf (дата обращения: 04.03.2013).

14. Игорь Левитин. Интервью Российской Газете «Мы обязаны "забегать вперед"». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rg.ru/2008/08/29/levitin.html> (дата обращения: 04.03.2013).

15. Компания Knight Frank. Обзор «2012 год. Москва. Рынок складской недвижимости». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.knightfrank.ru/online/files/+research/BE88C749-5F2F-40F8-B519-3B55A518F395/kf_msk_report_industrial_2012_rus.pdf (дата обращения: 04.03.2013).

16. Каменщик Д.В. Презентация «Экспорт авиатранспортных услуг: перспективы Московского авиационного узла». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.domodedovo.ru/ru/main/news/press_rel/?ID=3151 (дата обращения: 04.03.2013).

17. Из-за ДТП на Каширском шоссе проблемы с движением могут продлиться два дня. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.1tv.ru/news/social/230489> (дата обращения: 04.03.2013).

18. Строительство транспортной развязки у аэропорта Домодедово. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://domodedovod.ru/domodedovo/stroitelstvo-transportnoj-razvyazki-u-aeroporta/> (дата обращения: 04.03.2013).

19. Реконструкция клеверных развязок на МКАД. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://stroimsk.ru/rekonstrukciya-klevernih-razvyazok-na-mkad-volgogradka-mozhaika-michurinskii-prospekt> (дата обращения: 04.03.2013).

20. ТПУ «Саларьево» будет введен в полном объеме в 2016 году. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://stroimsk.ru/news/tpu-salarevo-budet-vveden-v-polnom-obeme-v-2016-godu> (дата обращения: 04.03.2013).

21. Оценка природных и техногенных рисков в Российской Федерации. Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.14point3.eu/wp-content/uploads/Publication-14-3-rus-5.pdf> (дата обращения: 04.03.2013).

22. Всероссийский центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций МЧС России (Центр «Антистихия»). Официальный интернет-сайт МЧС РФ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/document/89093> (дата обращения: 01.07.2014).