



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНИЧЕСКИЙ

КАФЕДРА ВМКСС

Направление подготовки 25.06.01 Аэронавигация и эксплуатация
авиационной и ракетно-космической техники

(код и наименование направления подготовки)

Направленность Организация производства (транспорт)

(наименование направленности)

НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ПОСЛЕДСТВИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЗК АЭРОПОРТА

Обучающийся:

Алешина М.Е.

(Ф.И.О.)

(Подпись)

Научный руководитель:

д.т.н.,

доцент Феокистова О.Г.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

Рецензенты:

к.т.н.,

доцент Ганиев Ш.Ф.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

к.т.н.,

доцент Старков Е.Ю.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

Работа допущена к защите:

Заведующий кафедрой

д.т.н. доцент Феокистова О.Г.

(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

МОСКВА 2023

Целью работы Целью работы является решение научной задачи в проведении исследования потенциальных рисков крупных разливов топлива на перроне в аэропортах, также разработка методических рекомендации по снижению воздействия деятельности ТЗК на природную и социально-экономическую среду.

Актуальность работы: В перспективе, с интенсивным экономическим ростом в стране прогнозируется увеличение воздушных перевозок, что приведет к увеличению авиационных рейсов и как следствие увеличению потребления авиационного топлива и эксплуатации ТЗК.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать работу ТЗК аэропорта, оценить экологическую безопасность, на основании проведенного исследования внести предложения для минимизации аварийных ситуаций на предприятии.
- получить подробную информацию об исторических инцидентах в международной практике, которые привели к разливу топлива во время заправки воздушного судна;
- оценить риск возгорания или взрыва при заправке воздушных судов реактивным топливом и разработать меры по снижению рисков для внедрения в аэропортах.
- Разработать методику оценки экологических последствий при разливе авиатоплива в аэропорту.

В этом исследовании были выявлены отказы оборудования, которые могут привести к разливу топлива на рампе во время заправки, технического обслуживания самолета и операций по сливу топлива. Данные о частоте были получены в результате обзора исторической информации. Было установлено, что основным критичным последствием разлива топлива может стать пожар с последующим его распространением.

Основным видом топлива, используемым как для гражданских, так и для военных самолетов, является топливо для реактивных двигателей марок ТС-1, РТ. Это топливо с достаточно низкой летучестью, воспламенение которого затруднено по сравнению с высокооктановыми бензинами для автомобилей. За последние 15 лет в различных аэропортах по всему миру произошел ряд крупных разливов авиационного топлива.

Методы диссертационного исследования, использованные в работе.

Исследования выполнены с использованием методов теории систем управления, теории управления, факторного анализа, исследования операций, математического моделирования математической логики, теории вероятности и имитационного моделирования, теории организации производства, метод «причина-следствие».

Информационной базой в работе были использованы:

- статистические отчеты о результатах работы ТЗК
- официальные документы в виде действующих кодексов, федеральных законов, постановлений правительства, международных конвенций и соглашений, документов Международной организации гражданской авиации ИКАО, а также нормативно-правовых актов транспортного комплекса РФ, включая ГА;
- научные источники в виде данных и сведений из книг, журнальных статей, научных докладов и отчетов, международная литература для выявления исторических инцидентов в мире, которые привели к разливу авиакеросина во время заправки самолета;
- проведение количественной оценки рисков (QRA) двух основных методов заправки воздушных судов: из гидранта и с использованием топливозаправщика;
- определение потенциальных мер по снижению риска, проведение анализа затрат и выгод, и представление наиболее эффективных с точки зрения затрат мер.

Увеличивается риск возникновения нештатных и ситуаций, оказывающих негативное влияние на окружающую среду (загрязнение почвы,

грунтовых вод, загрязнение воздуха, воздействие на флору и фауну) и безопасность работы ТЗК аэропорта в целом.

Основной производственной деятельностью ТЗК аэропорта является прием, хранение авиационного топлива, бензина, дизельного топлива, ГСМ, а также заправка топливом воздушных судов и транспортных средств аэропорта.

На рис. 1 Показана в схематическом виде цепь поставок и распределения топлива от нефтеперерабатывающего предприятия до воздушных судов

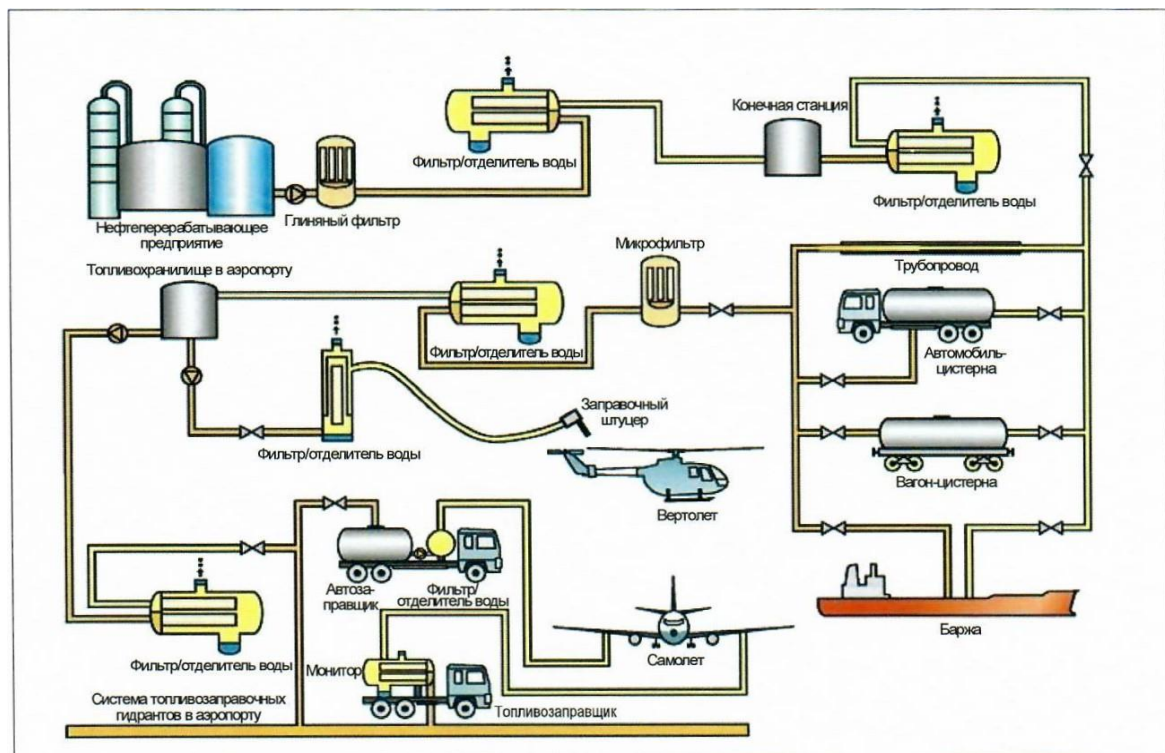


Рис. 1. Цепь поставок и распределения топлива от НПЗ до ВС

В крупных международных аэропортах ежедневно заправляются несколько сотен самолетов. Ежесуточный расход авиационного топлива превышает 4-5 миллионов литров. Чтобы уменьшить риски, авиационное топливо обычно хранится на краю аэропорта или на прилегающих территориях. Затем автомобилями-заправщиками или по системе трубопроводов авиационное топливо доставляется к заправляемому самолету.

Проведенное исследование практически полностью охватывает безопасность эксплуатации ТЗК как опасного производственного объекта (ОПО), анализирует последствия возможных аварий, выполняется в рамках декларирования промышленной безопасности, и состояние экологической безопасности определяется главным образом возможностью причинения аварии максимального единовременного вреда ОС.

Нередко в аэропортах происходят случаи разливов авиатоплива на перронах. Многие участники процесса топливообеспечения и других аэропортовых служб заинтересованы в установлении уровня риска, связанного с заправкой, техническим обслуживанием самолетов и операциями по сливу топлива, выполняемыми на перроне и снижением экологических последствий при разливе авиатоплива. В этой связи предлагается провести количественную оценку рисков, связанных с заправкой самолетов топливом и оценить, какие меры по снижению риска могут потребоваться, а также разработать методику снижения экологических последствий.

Объектом исследования является ТЗК аэропорта и ее прилегающие территории.

Предметом исследования является методический алгоритм мероприятий по оценке экологических последствий

Следует отметить, что основной объем потребления авиатоплива в гражданской авиации (более 50%) приходится на аэропорты московского авиаузла (Шереметьево, Домодедово, Внуково).

Из представленных статистических данных за 2013-2019гг. следует, что объемы потребления авиатоплива в гражданских аэропортах увеличиваются, следовательно, увеличиваются риски негативного воздействия на окружающую среду в случае разливов топлива.



Рис. 2. Объём потребления авиакеросина в РФ

Объемы потребления авиатоплива, произведенного на российских НПЗ

Таблица 1. Объёмы потребления авиатоплива

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
МАУ	4,11	4,37	4,24	3,86	4,23	4,49	4,72
Авиация РФ с МАУ	7,38	7,92	7,01	6,51	7,15	7,77	7,99
Пр. Гражд. Потреб-ли	1,03	0,84	0,72	1,06	1,27	1,16	1,35
Силовые ведомства	1,34	1,66	1,83	1,76	2,01	1,65	1,32
Экспорт	0,78	1,02	1,55	1,82	1,86	1,81	1,65
Всего	10,52	11,43	11,12	11,14	12,29	12,39	12,32
Всего по РФ	9,75	10,41	9,57	9,32	10,43	10,58	10,67
Всего по РФ гр. Сектор	8,41	8,75	7,73	7,57	8,42	8,93	9,35

Если рассматривать только операции по заправке топливом, за период (2016 г. – 2020 г.) было зарегистрировано 264 инцидента, в результате которых было потеряно приблизительно 21 800 литров реактивного топлива. Причины разливов вместе с их процентным вкладом в общий разлив показаны на рисунке 3.4. Из этого рисунка видно, что на одно событие приходится почти 30% общего количества разлитого топлива. Это событие (описанное выше как событие 1) произошло из-за столкновения транспортного средства с топливным гидрантом во время заправки самолета топливом. Также имело место одно событие (описанное выше как событие 2), которое произошло во время технического обслуживания самолета на рампе аналогичного объема (5600 литров). В этом случае самолет только что был заправлен топливом. Инженер по техническому обслуживанию извлекал насос низкого давления из топливного бака, когда самоуплотняющийся механизм не закрылся, что привело к разливу топлива. Человеческий фактор также был одним из факторов, способствовавших утечке топлива. Из рисунка 3.4 видно, что 60 % разливов топлива (26 происшествий) можно отнести к человеческим ошибкам (56 % разливов топлива произошло из-за обслуживания). Остальное произошло из-за аппаратных сбоев (238 инцидентов). Неисправный запорный клапан был третьей по величине причиной разлива в общем количестве разлитого топлива. Таких инцидентов было 84. Таким образом, инциденты, связанные с человеческим фактором, происходили реже, но когда они происходили, они, как правило, приводили к относительно большим разливам топлива, тогда как отказы оборудования происходили чаще, но разливы, как правило, были относительно небольшими.

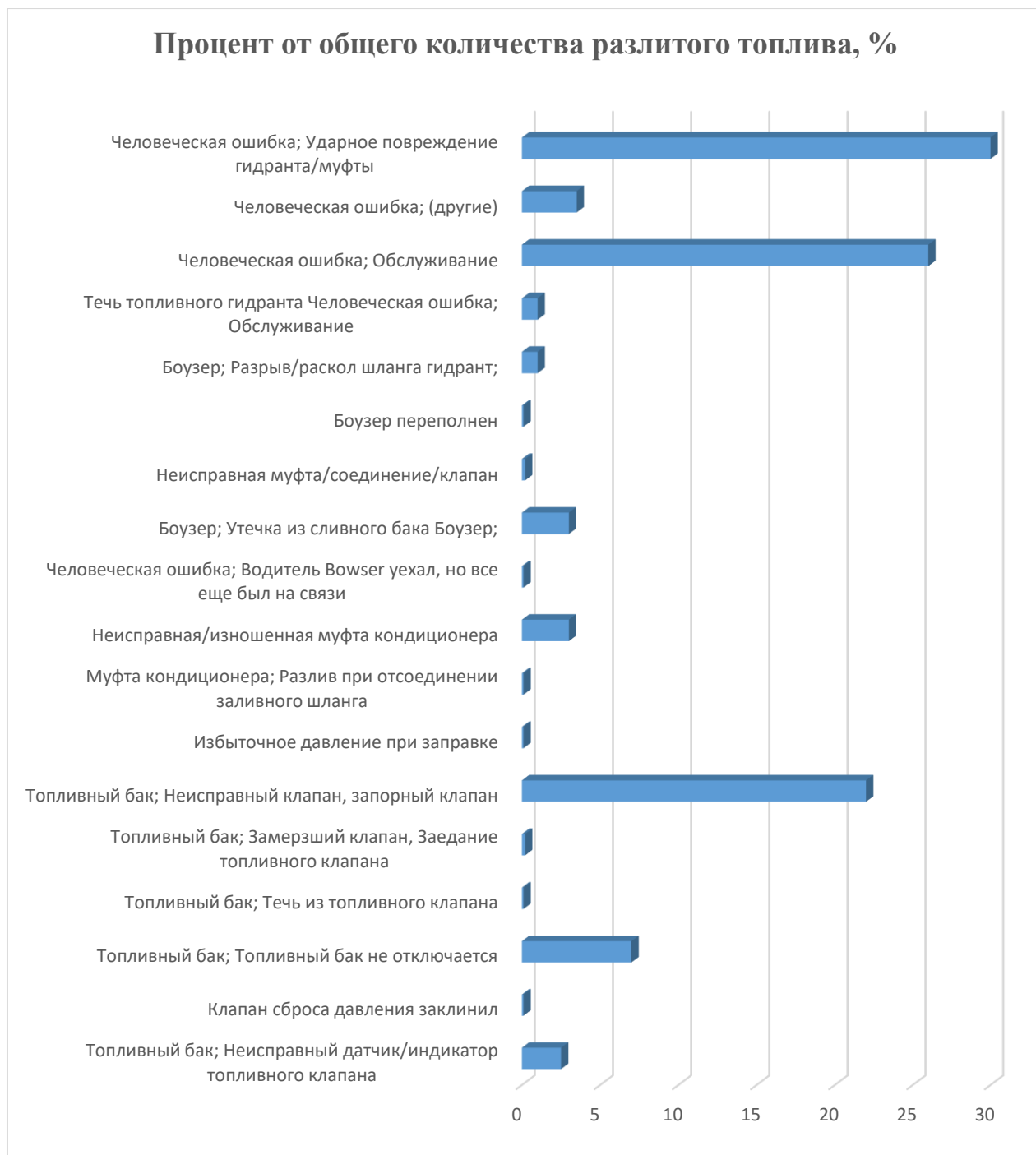


Рис. 3 Процент общего количества разлитого топлива

Типы эксплуатационных событий, которые могут вызвать крупный разлив топлива, показаны на рис. 4

Определим четыре потенциально значительных события, приведших к крупному разливу при заправке гидрантом:

Типы эксплуатационных событий, которые могут вызвать крупный разлив топлива, показаны на рис. 4

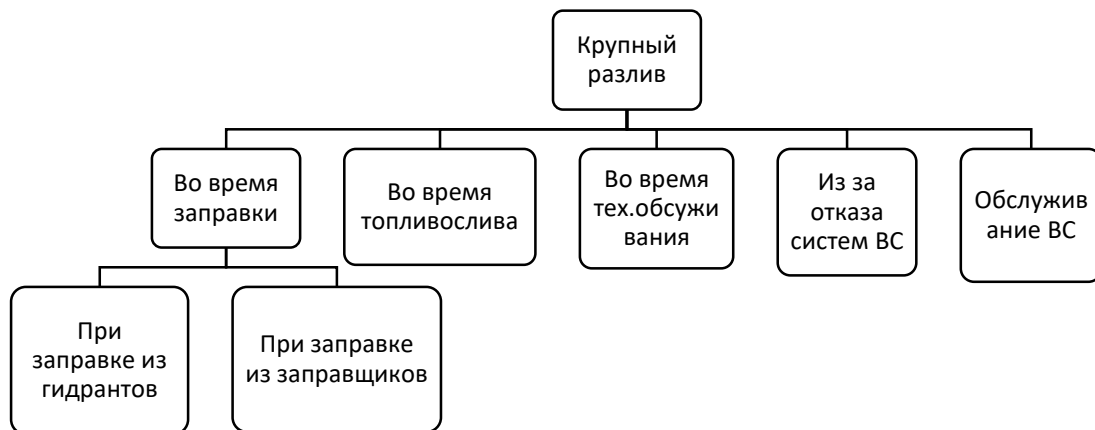


Рис. 4 Типы эксплуатационных событий

- Разрыв трубопровода стояка гидранта;
- Утечка из муфты гидранта – разрыв шланга;
- Пролив из муфты гидранта – повреждение транспортного средства от удара (на муфту шланга/гидранта);
- Выброс из вентиляционных отверстий кондиционера

Оценка аварийной ситуации на ТЗК

Применим метод оценки вероятности возникновения аварийных ситуаций, основанный на анализе причинно-следственных связей для анализа чрезвычайных ситуаций на предприятиях ТЗК.

Метод анализа дерева событий изучает события, которые в конечном итоге приводят к аварии и выделяет преобладающую последовательность этих событий.

Отправной точкой дерева событий является инициирующее событие. Список инициирующих событий, которые запускают развитие процесса аварии, устанавливается во время проектирования объекта. Затем логически перечисляются различные пути развития аварии (ветви дерева событий) и их возможные последствия. Дерево событий используется для построения расчетно-схемовой оценки вероятности возможных аварийных событий.

На рис. 5 представлена диаграмма «дерево отказов (происшествия)», которая включает одно головное событие, связанное конкретными логическими условиями с промежуточными и исходными предпосылками, обусловившими в совокупности его появление.

В качестве головного события рассматривается авария или происшествие. Ветвями дерева происшествия служат предпосылки и их причинные цепи, листьями — исходные события, т. е. отказы, ошибки персонала, неблагоприятные внешние воздействия.

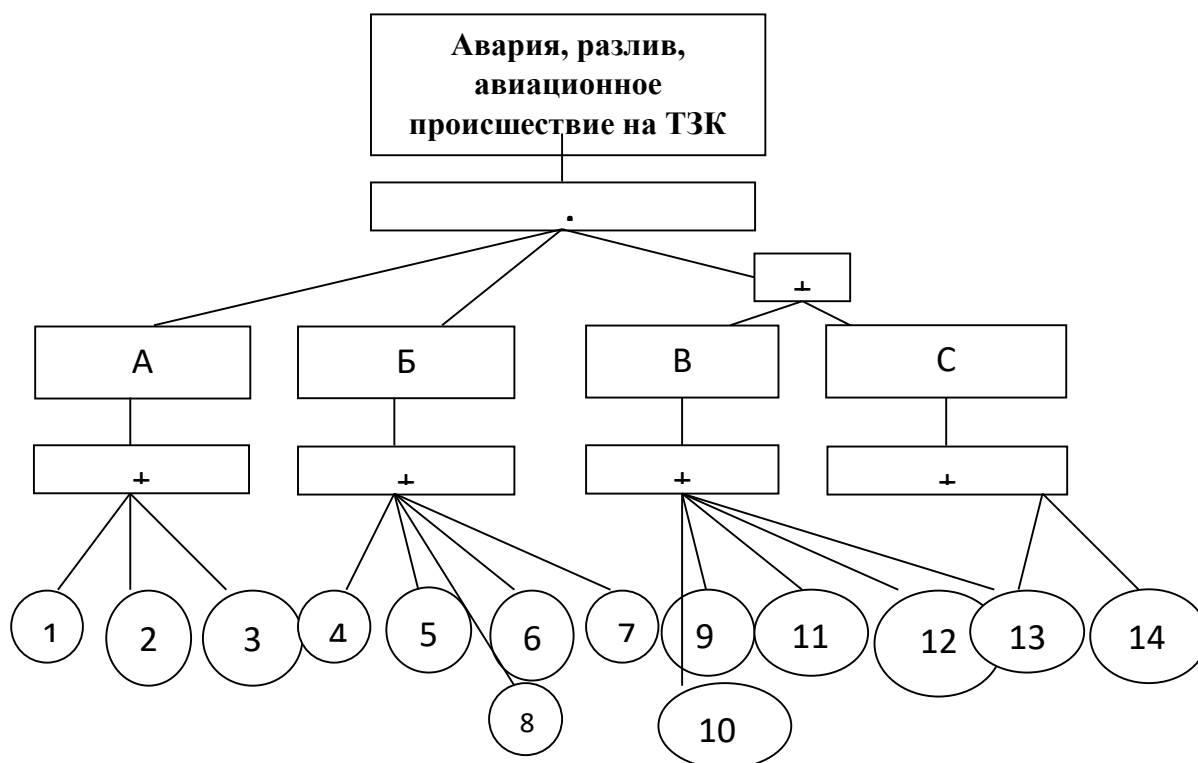


Рис. 5 Диаграмма «дерево происшествий, событий на ТЗК»

В данной модели головное событие (авария, разлив топлива) явилось результатом одновременного наложения следующих предпосылок: А – **транспортировка ГСМ до ВС**, Б – **работа персонала ТЗК**, В – **осуществление заправки ВС**, С – **обслуживание ВС на земле**. В свою очередь, на событие А может повлиять: 1 – отказ техники (и т.п.); 2 – авария по маршруту доставки ГСМ; 3 – нарушение технологии транспортировки; На событие Б: 4 – ошибки персонала ТЗК, 5 – плохое самочувствие (болезнь), 6 – метеоусловия (время года), 7 – нарушение технологии заправки ВС, 8 – ошибки руководящего состава. На событие В: 9 – нарушение техники безопасности, 10 – заправка некондиционным ГСМ 11-12 – нарушение деятельности персонала УВД, на событие С: 13 – ошибки технического персонала, 14 – авиационная безопасность.

Модель-диаграмма «дерево событий — последствий аварии, катастрофы и т. п.», или просто «дерево событий», также представляет собой граф. Однако анализ этой диаграммы ведется от центрального события, которое обычно представляет собой аварию, катастрофу и т. п., к цепочкам событий,

являющихся его последствиями. Для авиационной аварии (заправки ВС) выглядит следующим образом (рис. 6)

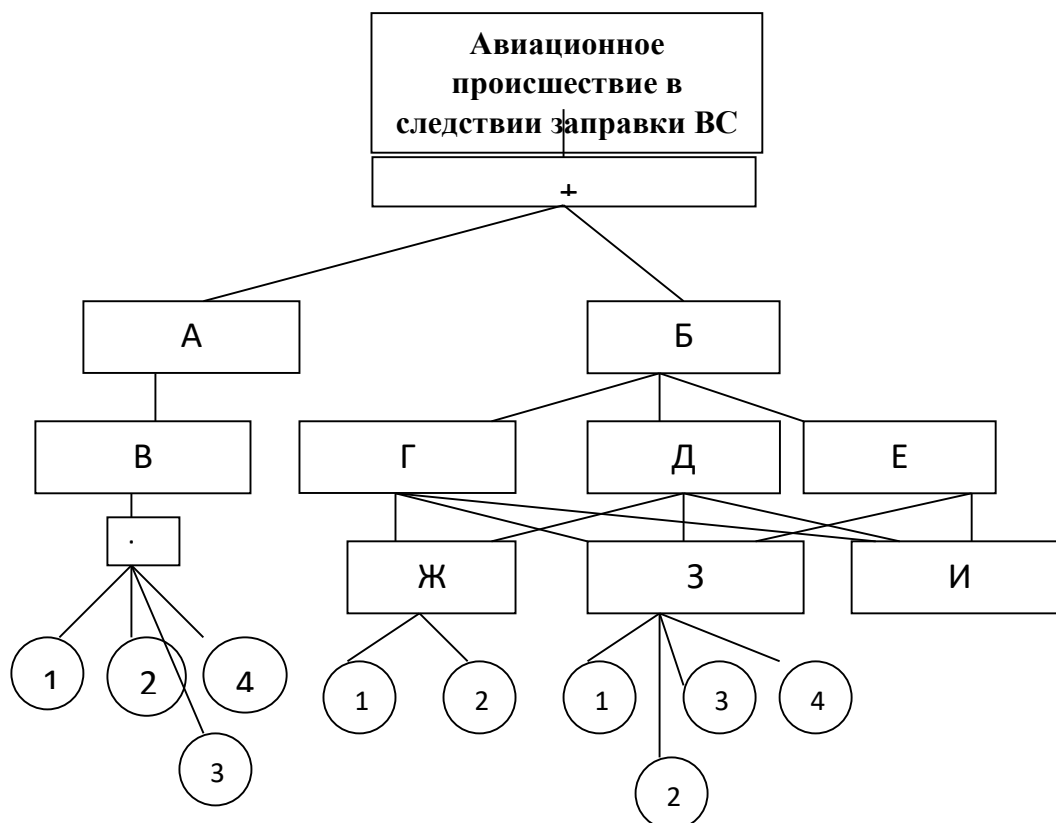


Рис. 6 Модель-диаграмма «дерево событий — последствий аварии, и т. п.»

Аварийная ситуация может развиваться с сохранением ЛА (А) или без сохранения (Б). При нарушении техники заправки ВС может произойти разлив топлива (В), в свою очередь топливо оказывает негативное воздействие на почву (1), растения, (2), воздух (3) и воду. (4). Если развитие событий пойдет по пути Б, то может произойти разрушение ВС (Г), может произойти взрыв (Д) и пожар (Е). Разрушение ВС (Г) и взрыв (Д) ведут к разбросу фрагментов ВС (Ж), разливу топлива (З) и гибели людей (И). Пожар (Е) также дает разлив топлива и гибель людей. Разрушенный ЛА воздействуют на почву, растительный и животный мир, загрязняет почву, воду, воздух и уничтожает растительный и животный мир.

Этапы взаимодействия с авиатопливом, потенциально влекущие возникновение ЧС с разливом авиатоплива

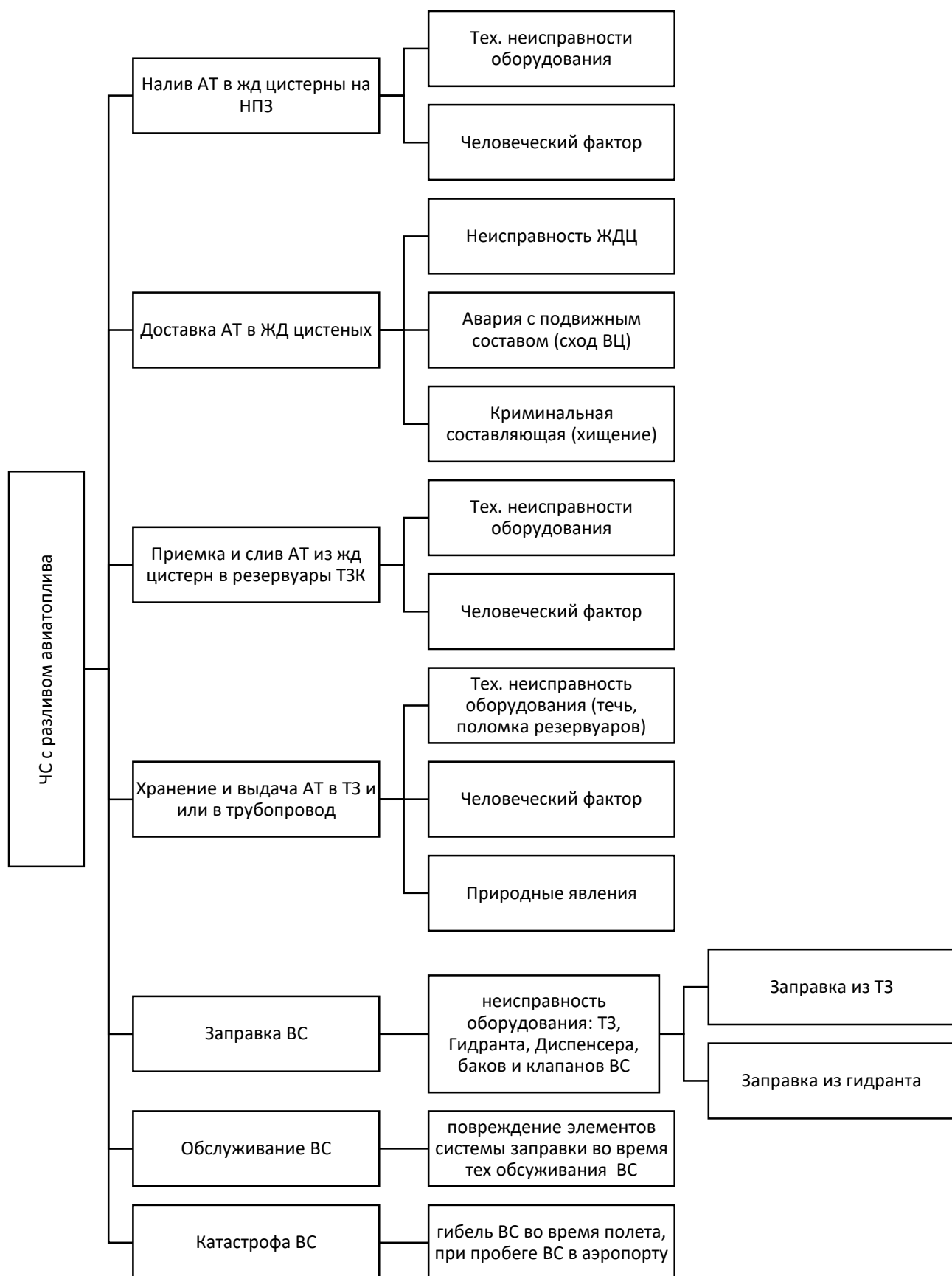


Рис. 7 АП с разливом топлива

В проведенном исследовании были выявлены отказы, которые могут привести к разливу топлива на рампе во время заправки, технического обслуживания или слива топлива. Данные о частоте были получены в результате обзора исторической информации о разливах в ряде аэропортов Великобритании и РФ. Основным последствием разлива будет пожар на территории АП, если разлив воспламенится.

Авиакеросин имеет гораздо более высокую температуру вспышки, более низкую летучесть и гораздо более низкую скорость распространения пламени, что дает некоторые преимущества в плане безопасности. Это снижает риск травм/смерти во время заправки топливом, главным образом потому, что значительно снижает вероятность воспламенения. Это также снижает скорость распространения пламени по разливу, увеличивая вероятность спасения людей вокруг авиационного происшествия.

Было подсчитано, что текущий риск от заправки самолетов топливом по-прежнему не является незначительным, но он находится в районе ALARP

С точки зрения как индивидуального, так и общественного риска, заправка гидрантом представляет более **высокий риск**, чем заправка топливом с помощью заправщика.

Причины большинства инцидентов с разливами можно отнести к сбоям в системе управления безопасностью и ошибкой человека. (человеческий фактор).

Аппаратные средства и меры по управлению безопасностью были рекомендованы для снижения риска и представлены следующим образом:

- меры, специально разработанные для снижения основных факторов риска;
- дополнительные меры по управлению безопасностью, которые конкретно не связаны с основным риском участников, которые должны быть реализованы на предприятии.

Для предотвращения утечек топлива на ТЗК аэропорта необходимо проводить регулярную проверку и обслуживание оборудования, используемого

для хранения и перекачки топлива. Также важно обучать персонал правильному использованию оборудования и проводить регулярные тренировки и обучение по действиям в случае утечки топлива. Другие меры, которые могут помочь предотвратить утечки топлива, включают установку системы контроля уровня топлива, использование технологий для обнаружения утечек и установку барьеров для предотвращения распространения топлива в окружающей среде. Важно также следить за соблюдением всех нормативных требований и регуляций в отношении хранения и перекачки топлива.

Для оценки экологических последствий деятельности ТЗК была разработана методика, основанная на использовании инструментов и методов оценки, таких как анализ воздействия на окружающую среду, вероятностный метод, экологический аудит и экологическое моделирование. Применение этой методики позволяет определить уровень воздействия ТЗК на окружающую среду и разработать рекомендации по сокращению негативных последствий.

Результаты исследования показали, что деятельность ТЗК оказывает значительное воздействие на окружающую среду, включая загрязнение воздуха и почвы. Загрязнение воздуха происходит из-за выбросов выхлопных газов и паров топлива, а загрязнение почвы из-за утечек топлива. Однако, существует ряд мер, которые могут быть приняты для сокращения негативного воздействия ТЗК на окружающую среду, таких как использование более экологически чистых технологий и материалов, организация эффективной системы управления отходами и мероприятий по предотвращению утечек топлива, а в случае аварии в качестве адсорбентов для детоксикации почв предлагается использовать наиболее эффективные активные угли.

Наиболее полноценное восстановление нарушенных разливами ГСМ биоценозов можно достичь исключительно с применением технологий, которые основаны на использовании биопрепаратов.

В случае крупного невозгораемого разлива затраты могут включать:

Прямые затраты:

- стоимость операции по очистке, включая очистку поврежденного воздушного судна снаружи;
- расходы на предоставление заменяющего самолета.
- стоимость замены поврежденного оборудования, например, впускного патрубка, гидранта, шлангов и т. д.

Косвенные затраты:

- стоимость задержки воздушного судна;
- стоимость утраты использования затронутых насаждений.
- Репутационные риски потерянного бизнеса из-за общественного резонанса
- Штрафные санкции контролирующих органов в случае причинения вреда окружающей среде.

Выводы исследования подтверждают необходимость проведения регулярных экологических оценок деятельности ТЗК и разработки мер по снижению негативного воздействия на окружающую среду. Дальнейшее развитие исследования может включать расширение методики оценки экологических последствий на другие виды ТЗК и разработку более эффективных мер по сокращению негативного воздействия на окружающую среду. Практическое значение исследования заключается в том, что его результаты могут быть использованы для принятия решений по улучшению экологической ситуации в районах, где расположены ТЗК.