

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НПЦ»

«ЭКОПРОМСЕРТИФИКА»

В.М. Шереметьев

« _____ 2023 г.



Проект технической документации по экологической безопасности создания и эксплуатации ракетно-космического комплекса 14К248 на космодроме Плесецк

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме

Плесецк

Книга 2

2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ | 4 |
| 3. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 14К248 ПРИ ШТАТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ..... | 8 |
| 3.1 Общие положения | 8 |
| 3.2 Оценка воздействия на окружающую среду при наземной подготовке составных частей ракеты космического назначения на космодроме Плесецк..... | 9 |
| 3.2.1 Оценка воздействия на атмосферный воздух | 10 |
| 3.2.1.1 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке КА на ЗС 11Г143 | 11 |
| 3.2.1.2 Оценка воздействия на атмосферный воздух в результате работы источников гарантированного питания на УСК 14П221..... | 12 |
| 3.2.1.3 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке РН «Ангара-А5» на УСК 14П221 | 13 |
| 3.2.1.4 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке РБ на ЗС 11Г143..... | 14 |
| 3.2.1.5 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке БНД РБ «Бриз-М» на комплексе заправки УСК..... | 15 |
| 3.2.1.6 Оценка воздействия на атмосферный воздух при работе подвижных транспортных средств | 17 |
| 3.2.1.7 Расчет рассеивания загрязняющих веществ от основных источников выбросов при подготовке РКН..... | 19 |
| 3.2.1.8 Общая оценка воздействия на атмосферный воздух | 24 |
| 3.2.1.9 Оценка возможности образования кислотных осадков (туманов)..... | 25 |
| 3.2.2 Оценка воздействия на геологическую среду, почвы и растительность | 28 |
| 3.2.3 Оценка воздействия на животный мир..... | 29 |
| 3.2.4 Образование отходов..... | 30 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.5 Оценка воздействия на подземные и поверхностные воды | 43 |
| 3.2.6 Оценка акустического воздействия на окружающую среду | 45 |
| 3.2.7 Оценка электромагнитного воздействия | 47 |
| 3.2.8 Оценка воздействия на особоохраняемые природные территории .. | 50 |
| 3.3 Оценка воздействия на окружающую среду при функционировании космического аппарата на рабочей орбите | 54 |
| 3.4 Оценка воздействия ракетно-космической техники на климат Земли..... | 60 |
| Список использованных источников к разделу 3 | 61 |
| 4. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 14К248 ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ..... | 64 |
| 4.1 Общие положения | 64 |
| 4.2 Оценка последствий аварийных ситуаций при наземной подготовке составных частей ракеты космического назначения на космодроме Плесецк..... | 67 |
| 4.2.1 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к раздельным проливам КРТ | 67 |
| 4.2.2 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к пожару КРТ | 72 |
| 4.2.3 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к взрыву... 81 | |
| 4.3 Оценка экологических последствий аварийных ситуаций, возникающих при полете ракеты космического назначения | 90 |
| 4.3.1 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к взрыву РКН в полете..... | 90 |
| 4.3.2 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к падению на поверхность Земли РКН и КА | 94 |
| 4.3.3 Оценка возможности выпадения КРТ на поверхность Земли в результате аварийных выбросов при полете РКН..... | 98 |
| 4.4 Анализ безопасности трассы полета ракеты космического назначения при выведении космических аппаратов | 101 |
| 4.5 Анализ экологических последствий возможных орбитальных взрывов космического аппарата | 121 |
| Список использованных источников к разделу 4 | 128 |

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

| | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|
| АОХВ | – аварийно-опасное химическое вещество |
| АПВТ | – аварийные пределы воздействия токсиканта |
| АТ | – азотный тетраоксид |
| АТИН | – азотный тетраоксид ингибированный |
| БВ | – блок выведения |
| БВД | – баки высокого давления |
| БИК | – бортовой измерительный комплекс |
| БКА | – блок космических аппаратов |
| БНД | – баки низкого давления |
| БПК | – биохимический показатель кислорода |
| БХП | – блок хранения и подачи |
| БЦ | – баллистический центр |
| БЦВМ | – бортовая цифровая вычислительная машина |
| ВТИ | – внешнетраекторные измерения |
| ВЦ | – вычислительный центр |
| ВЭО | – высокоэллиптическая орбита |
| ГИП | – государственный испытательный полигон |
| ГО | – головной обтекатель |
| ГОСТ | – государственный (национальный) стандарт |
| ГСМ | – горюче-смазочные материалы |
| ГСО | – геостационарная орбита |
| ГЭЭ | – государственная экологическая экспертиза |
| ДВС | – двигатель внутреннего сгорания |
| ДМА | – диметиламин |
| ДСД | – допустимая суточная доза |
| ДУ | – двигательная установка |
| ДУСООЗ | – двигательная установка стабилизации, ориентации и обеспечения запуска |
| ДУОСК | – двигательная установка ориентации, стабилизации и коррекции |
| ДЭС | – дизельная электростанция |
| ЖК | – жидкий кислород |

| | |
|-------|------------------------------------------------------------|
| ЗИП | – запасные части, инструменты и принадлежности |
| ЗС | – заправочная станция |
| ИКК | – измерительный комплекс космодрома |
| ИТ | – индикаторная трубка |
| КА | – космический аппарат |
| КБВ | – комплекс блока выведения |
| КГЧ | – космическая головная часть |
| КК | – космический комплекс |
| КМТО | – комплект механо-технологического оборудования |
| КО | – космический объект |
| КПО | – комплект проверочного оборудования |
| КРБ | – комплекс разгонного блока |
| КРК | – космический ракетный комплекс |
| КРН | – комплекс ракеты носителя |
| КРТ | – компоненты ракетного топлива |
| КС | – космическая система |
| КСИСО | – комплекс средств измерения, сбора и обработки информации |
| КЭ | – комплектующие элементы |
| КЭ | – комплектующие элементы |
| МДМГ | – метилендиметилгидразин |
| МДУ | – маршевая двигательная установка |
| МИК | – монтажно–испытательный корпус |
| НАКУ | – наземный автоматизированный комплекс управления |
| НДМА | – нитрозодиметиламин |
| НДМГ | – несимметричный диметилгидразин |
| НИК | – наземный измерительный комплекс |
| НКУ | – наземный комплекс управления |
| НП | – населенный пункт |
| НС | – наземная станции |
| ОБУВ | – ориентировочный безопасный уровень воздействия |
| ОВОС | – оценка воздействия на окружающую среду |
| ОВОС | – оценка воздействия на окружающую природную среду |
| ОИП | – отдельный измерительный пункт |

- ОКИК – отдельный командный измерительный комплекс
- ОКП – околоземное космическое пространство
- ООПТ – особоохраняемая природная территория
- ОС – окружающая среда
- ОСТ – отраслевой стандарт
- ОСЧ – особочистый
- ОТТ – общие технические требования
- ОЧ – отделяющаяся часть
- ПДК – предельно–допустимая концентрация
- ПДК_{мр} – максимально разовая предельно допустимая концентрация в воздухе населённых мест
- ПДК_{мр} – максимально разовая предельно допустимая концентрация в воздухе населённых мест
- ПДК_п – предельно допустимая концентрация в почве
- ПДК_{рх} – предельно допустимая концентрация в воде водоёмов рыбохозяйственного назначения
- ПДК_{сс} – среднесуточная предельно допустимая концентрация в воздухе населённых мест
- ПДК_{хб} – предельно допустимая концентрация в воде водоёмов хозяйственно-бытового назначения
- ПО – аварийно большой пролив
- ППЭ – плотность потока энергии
- ПхО – переходной отсек
- РБ – разгонный блок
- РД – руководящий документ
- РКД – ракетно-космическая деятельность
- РКК – ракетно-космический комплекс
- РКН – ракета космического назначения
- РКТ – ракетно-космическая техника
- РЛС – радиолокационная станция
- РН – ракета–носитель
- РП – район падения
- ССПД – система связи и передачи данных

| | |
|-------|------------------------------------------------------|
| СТД | – стационарный электротермокаталитический двигатель |
| СТР | – система терморегулирования |
| СУ | – система управления |
| ТБО | – твердые бытовые отходы |
| ТЗ | – техническое задание |
| ТК | – технический комплекс |
| ТМТ | – тетраметилтетразен |
| ТТЗ | – тактико-техническое задание |
| ТУ | – технические условия |
| УВ | – углеводороды |
| УВГ | – углеводородное горючее |
| УКПО | – унифицированный комплект проверочного оборудования |
| УНТК | – унифицированный технический комплекс |
| УРМ | – универсальный ракетный модуль |
| УСК | – унифицированный стартовый комплекс |
| УТК | – унифицированный технический комплекс |
| УФ | – ультрафиолетовый |
| ФА | – формальдегид |
| ЦОИ | – центр обработки информации |
| ЦСОАИ | – центр сбора, обработки и анализа информации |
| ЭМИ | – электромагнитное излучение |

3. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 14К248 ПРИ ШТАТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

3.1 Общие положения

В соответствии со статьей 4 Федерального Закона от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» объектами охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности являются:

- земли, недра, почвы;
- поверхностные и подземные воды;
- леса и иная растительность, животные и другие организмы и их генетический фонд;
- атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство.

Состав и предназначение РКК 14К248 позволяет выделить следующие основные элементы РКК 14К248 - КА, РН и РБ, оказывающие воздействие на окружающую среду в процессе их подготовки и функционирования.

В общем случае воздействие составных частей РКК 14К248 на окружающую среду при штатной эксплуатации происходит:

- при наземной подготовке составных частей ракеты космического назначения (РН, РБ и КА) на космодроме Плесецк;
- при старте и полете ракеты космического назначения;
- при падении отделяющихся частей ракеты космического назначения в районы падения;
- при функционировании РБ на рабочей орбите;
- при функционировании КА на рабочей орбите.

Следует особо отметить, что радиоактивного воздействия на окружающую среду составные части РКК 14К248 не оказывают в связи с отсутствием в составе комплекса радиоактивных материалов и веществ.

Вопросы воздействия на окружающую среду при полете РКН, при падении отделяющихся частей РКН в районы падения, а также при функционировании РБ подробно рассмотрены в «Материалах ОВОС КРК «Ангара» [1] и в данных «Материалах ОВОС РКК 14К248» не рассматриваются.

3.2 Оценка воздействия на окружающую среду при наземной подготовке составных частей ракеты космического назначения на космодроме Плесецк

Основными этапами технологического цикла наземной подготовки РКН на космодроме Плесецк, на которых происходит воздействие на ОС, являются работы, связанные с заправкой КА, РБ, РН, транспортировкой их в заправленном состоянии и стыковкой с КА. Кроме того, опосредованное воздействие на окружающую среду оказывается в результате жизнедеятельности персонала, задействованного в подготовке составных частей РКН из состава РКК 14К248.

На рис. 3.1 приведена общая схема воздействия на окружающую среду при подготовке составных частей РКН на космодроме Плесецк.

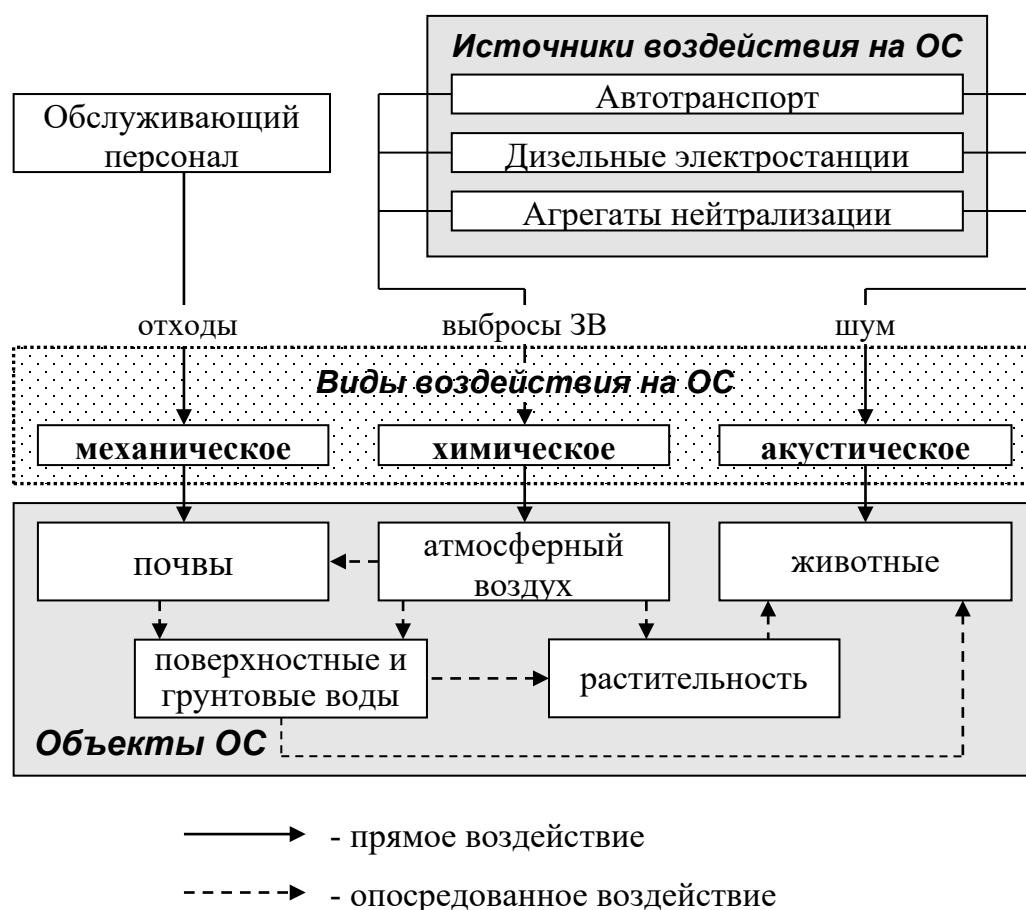


Рисунок 3.1 - Общая схема воздействия на окружающую среду при подготовке составных частей РКН на космодроме Плесецк

Основными видами воздействия на окружающую среду при наземной подготовке составных частей РКН на космодроме Плесецк к запуску КА являются:

- воздействие на атмосферный воздух;
- воздействие на геологическую среду, почвы и растительность;
- воздействие на животный мир;
- образование отходов;
- воздействие на подземные и поверхностные воды;
- акустическое воздействие;
- электромагнитное воздействие.

3.2.1 Оценка воздействия на атмосферный воздух

Воздействие на атмосферный воздух при наземной подготовке составных частей РКН к запуску КА обусловлено применением в их составе как слаботоксичных углеводородных горючих (керосина и дизельного топлива), так и высокотоксичных КРТ – гидразина, НДМГ (гептила), АТИН (амилина). В общем случае воздействие на атмосферный воздух на космодроме Плесецк при наземной подготовке составных частей РКН к запуску КА происходит:

- при заправке КА на ЗС 11Г143 (площадка 151А) в результате работы агрегата нейтрализации паров и промстоков горючего 11Г427;
- при подготовке к пуску ракеты в результате работы источников гарантированного питания (ДЭС) на УСК 14П221 (площадка 35);
- при заправке РН «Ангара-А5» на УСК 14П221 (площадка 35) в результате дренажа паров углеводородного горючего;
- при заправке БВД РБ «Бриз-М» на ЗС 11Г143 (площадка 151А) в результате работы агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ;
- при заправке БНД РБ «Бриз-М» на УСК 14П221 (площадка 35) в результате работы агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ;
- при работе подвижных агрегатов транспортно-установочных и регламентных групп в результате выбросов от двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Другое технологическое и вспомогательное оборудование не является источниками химического загрязнения атмосферного воздуха (и в целом окружа-

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

ющей среды) в районе расположения космодрома Плесецк. Все трубопроводы, насосные установки полностью герметизированы; технологическая обвязка резервуаров оборудована существующей штатной газоуравнительной системой и другими штатными системами. Оборудование, допускаемое к работе с окислителем и горючим, проходит периодическое освидетельствование, гарантирующее его безаварийную работу. Указанное технологическое оборудование, конструктивные и схемные решения отработаны при многолетней эксплуатации комплексов.

3.2.1.1 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке КА на ЗС 11Г143

Источником воздействия на атмосферный воздух при заправке КА на заправочной станции 11Г143 является подвижный агрегат нейтрализации паров и промстоков горючего 11Г427, который используется для термического обезвреживания (нейтрализации) паров и промстоков, возникающих при заправке КА гидразином-«осч». Среднее время работы агрегата на один цикл заправки КА составляет около 4 часов.

Технические характеристики агрегата 11Г427:

- высота источников выбросов - 4 м;
- диаметр источников выбросов - 0,8 м;
- температура отходящих газов – 400°С;
- температура в камере сгорания – 700°С;
- объем выбрасываемой газозвушной смеси – 2,8 м³/с.

Состав выбросов загрязняющих веществ от агрегата 11Г427 приведен в таблице 3.1.

Общая масса выбрасываемых загрязняющих веществ при заправке КА на ЗС 11Г143 составляет 11,275 кг.

Таблица 3.1 - Суммарный выброс загрязняющих веществ за одну заправку от агрегата 11Г427

| Загрязняющее вещество | Максимальный выброс от агрегата, г/с | Валовый выброс на один цикл работ, кг |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Вещества 1-го класса опасности | | |
| Гидразин | 0,000926 | 0,013 |
| Вещества 2-го класса опасности | | |
| Азота диоксид | 0,163333 | 2,352 |
| Формальдегид | 0,000509 | 0,007 |
| Водород цианистый | 0,000093 | 0,001 |
| Вещества 3-го класса опасности | | |
| Серы диоксид | 0,125093 | 1,801 |
| Азота оксид | 0,310556 | 4,472 |
| Сажа | 0,002778 | 0,040 |
| Вещества 4-го класса опасности | | |
| Углерод оксид | 0,084213 | 1,213 |
| Углеводороды | 0,095556 | 1,376 |

3.2.1.2 Оценка воздействия на атмосферный воздух в результате работы источников гарантированного питания на УСК 14П221

Для обеспечения гарантированного электропитания при подготовке РН «Ангара-А5» и разгонного блока на УСК 14П221 используются 3 подвижных дизельных электростанций (ДЭС) типа ДЭС-600.

Основные параметры ДЭС-600, принимаемые для расчета выбросов загрязняющих веществ:

- высота трубы – 12 м;
- диаметр трубы – 210 мм;
- температура газов на срезе трубы – 400°С.

Каждая ДЭС предназначена для работы в течение 24 часов на один пуск. Состав и количество выбросов загрязняющих веществ от работы ДЭС при подготовке к пуску РН «Ангара-А5» приведены в таблице 3.2.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

Общая масса выбрасываемых загрязняющих веществ при работе ДЭС на УСК 14П221 составит 1003,622 кг.

Таблица 3.2 - Состав и количество выбросов загрязняющих веществ от работы ДЭС при пуске РКН «Ангара-А5»

| Загрязняющее вещество | Максимальный выброс от одной ДЭС, г/с | Валовый выброс от 3-х ДЭС за один пуск РН, кг/пуск |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Вещества 2-го класса опасности | | |
| Акролеин | 0,025 | 6,480 |
| Азота диоксид | 0,950 | 246,240 |
| Формальдегид | 0,013 | 3,370 |
| Вещества 3-го класса опасности | | |
| Сернистый ангидрид | 0,317 | 82,166 |
| Окись азота | 1,237 | 320,630 |
| Сажа | 0,158 | 40,954 |
| Вещества 4-го класса опасности | | |
| Окись углерода | 0,792 | 205,286 |
| Углеводороды | 0,380 | 98,496 |

3.2.1.3 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке РН «Ангара-А5» на УСК 14П221

Воздействие на атмосферный воздух на УСК 14П221 при заправке РН «Ангара-А5» обусловлено выбросом углеводородного горючего через дренажные клапаны баков горючего РН при заправке.

Основные параметры дренажных клапанов горючего 1-й и 2-й ступеней РН «Ангара-А5» и суммарные дренажные выбросы приведены в таблице 3.3.

Результаты расчета показали, что общая масса выбросов УВГ при одной заправке РН «Ангара-А5» составляет величину порядка 1,66 кг.

Таблица 3.3 - Основные параметры дренажных клапанов горючего и суммарные выбросы при одной заправке РН «Ангара-А5»

| Источник выброса | Основные параметры источника выброса | | Общая масса дренажных выбросов горючего при одной заправке РН, кг |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|
| | Максимальный выброс веществ, г/с | Высота источника, м | |
| Дренажные клапаны горючего ракетных модулей 1-й ступени (ББ и ЦБ на основе УРМ-1) | 0,90 | 23 | 1,64 |
| Дренажные клапаны горючего ракетного модуля 2-й ступени (на основе УРМ-2) | 0,048 | 32 | 0,02 |

3.2.1.4 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке РБ на ЗС 11Г143

На ЗС 11Г143 осуществляется заправка БВД РБ «Бриз-М».

Основными источниками воздействия на атмосферный воздух при заправке РБ на заправочной станции 11Г143 являются подвижные агрегаты нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427.

Данные агрегаты используются на ЗС в период работ по заправке БВД РБ «Бриз-М» для термического обезвреживания (нейтрализации) паров и промстоков, возникающих при заправке РБ токсичными компонентами ракетного топлива – АТИН и НДМГ. Среднее время работы на один цикл работ по заправке РБ на ЗС 11Г143 (с учетом регламентных прокруток) составляет 4 часа для каждого агрегата.

Технические характеристики агрегатов 11Г426 и 11Г427:

- высота источников выбросов - 4 м;
- диаметр источников выбросов - 0,8 м;
- температура отходящих газов – 400°С;
- температура в камере сгорания – 700°С;
- объем выбрасываемой газовой смеси – 2,8 м³/с.

Состав и выбросы загрязняющих веществ от агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427 приведены в таблице 3.4.

Общая масса выбрасываемых загрязняющих веществ при подготовке РБ на ЗС 11Г143 составляет 20,808 кг.

Таблица 3.4 - Состав и выбросы загрязняющих веществ от агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427 при заправке РБ на ЗС 11Г143

| Загрязняющее вещество | Суммарный выброс на один цикл работ, кг | | Всего, кг |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------|
| | Агрегат 11Г427 | Агрегат 11Г426 | |
| Вещества 1-го класса опасности | | | |
| НДМГ | 0,013 | - | 0,013 |
| Вещества 2-го класса опасности | | | |
| Азота диоксид | 2,352 | 0,653 | 3,005 |
| Формальдегид | 0,007 | - | 0,007 |
| Цианистый водород | 0,001 | - | 0,001 |
| Вещества 3-го класса опасности | | | |
| Серы диоксид | 1,801 | 1,801 | 3,602 |
| Окись азота | 4,472 | 4,472 | 8,944 |
| Сажа | 0,040 | 0,018 | 0,058 |
| Вещества 4-го класса опасности | | | |
| Окись углерода | 1,213 | 1,213 | 2,425 |
| Углеводороды | 1,376 | 1,376 | 2,752 |

*3.2.1.5 Оценка воздействия на атмосферный воздух при заправке
БНД РБ «Бриз-М» на комплексе заправки УСК*

Основными источниками воздействия на атмосферный воздух при заправке БНД РБ «Бриз-М» на комплексе заправки УСК (площадка 35) являются подвижные агрегаты нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427.

Данные агрегаты используются в период работ по заправке БНД РБ «Бриз-М» для термического обезвреживания (нейтрализации) паров и промстоков, возникающих при заправке РБ токсичными компонентами ракетного топлива – АТ и НДМГ. Среднее время работы на один цикл работ по заправке РБ

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

на ЗС 11Г143 (с учетом регламентных прокруток) составляет 4 часа для каждого агрегата.

Технические характеристики агрегатов 11Г426 и 11Г427:

- высота источников выбросов - 4 м;
- диаметр источников выбросов - 0,8 м;
- температура отходящих газов – 400°С;
- температура в камере сгорания – 700°С;
- объем выбрасываемой газовой смеси – 2,8 м³/с.

Состав и выбросы загрязняющих веществ от агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427 приведены в таблице 3.5.

Общая масса выбрасываемых загрязняющих веществ при заправке БНД РБ на комплексе заправки УСК составляет 20,808 кг.

Таблица 3.5 - Состав и выбросы загрязняющих веществ от агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427 при заправке РБ

| Загрязняющее вещество | Суммарный выброс на один цикл работ, кг | | Всего, кг |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------|
| | Агрегат 11Г427 | Агрегат 11Г426 | |
| Вещества 1-го класса опасности | | | |
| НДМГ | 0,013 | - | 0,013 |
| Вещества 2-го класса опасности | | | |
| Азота диоксид | 2,352 | 0,653 | 3,005 |
| Формальдегид | 0,007 | - | 0,007 |
| Цианистый водород | 0,001 | - | 0,001 |
| Вещества 3-го класса опасности | | | |
| Серы диоксид | 1,801 | 1,801 | 3,602 |
| Окись азота | 4,472 | 4,472 | 8,944 |
| Сажа | 0,040 | 0,018 | 0,058 |
| Вещества 4-го класса опасности | | | |
| Окись углерода | 1,213 | 1,213 | 2,425 |
| Углеводороды | 1,376 | 1,376 | 2,752 |

3.2.1.6 Оценка воздействия на атмосферный воздух при работе подвижных транспортных средств

Воздействие на атмосферный воздух при использовании транспортных средств, в основном, обусловлено выбросами токсичных соединений, содержащихся в выхлопных газах. При подготовке к проведению запуска КА на космодроме Плесецк предусматривается использование порядка 20 подвижных агрегатов и автотранспортных средств для доставки персонала к объектам космодрома, на которых осуществляется подготовка составных частей РКК 14К248. Автотранспорт для доставки персонала арендуется в Плесецком автотранспортном предприятии. В общем случае загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу при работе транспортных средств в результате неполного сгорания топлива, являются оксиды углерода, оксиды азота, углеводороды, сажа и диоксид серы.

Исходные данные для расчета были выбраны с учетом имеющейся практики эксплуатации аналогичных изделий ракетно-космической техники, а также в соответствии с рекомендациями [2]. Исходными данными для расчетов параметров источников загрязнения являются:

- время работы двигателя на холостом ходу – 1 мин;
- время прогрева двигателя автомобиля для теплого периода года – 4 мин;
- время прогрева двигателя автомобиля для холодного периода года – 30 мин;
- среднечасовой пробег одного автомобиля – 50 км.

Расчеты валовых выбросов загрязняющих веществ от подвижных транспортных средств проведены с использованием программы «АТП-ЭКОЛОГ» (версия 2.55), которая основана на следующих методических документах:

- «Методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)», утвержденной Министерством транспорта Российской Федерации 28.10.1998;
- «Методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом)», утвержденной Министерством транспорта Российской Федерации 28.10.1998;
- дополнении (приложения №№ 1, 3) к перечисленным методикам.

Разовые и суммарные выбросы (на единичный цикл подготовки КА к за-

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

пуску) от задействованных при подготовке на космодроме Плесецк подвижных агрегатов с учетом принятых исходных данных представлены в табл. 3.6, 3.7.

Таблица 3.6 - Разовые выбросы от подвижных агрегатов

| Период года | Разовые выбросы по ингредиентам, г/сек | | | | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------|---------------|--------------------|--------|
| | Окись углерода | Углеводороды | Диоксид азота | Сернистый ангидрид | Сажа |
| <i>Грузовой автомобиль с дизельным двигателем (г/н от 8 т)</i> | | | | | |
| Холодный | 0,146 | 0,020 | 0,054 | 0,0092 | 0,0055 |
| Теплый | 0,012 | 0,0018 | 0,0064 | 0,001 | 0,0005 |
| <i>Грузовой автомобиль с дизельным двигателем (г/н до 8 т)</i> | | | | | |
| Холодный | 3,12 | 0,56 | 1,26 | 0,196 | 0,14 |
| Теплый | 0,33 | 0,053 | 0,165 | 0,022 | 0,011 |

Таблица 3.7 - Суммарные выбросы от подвижных агрегатов

| Период года | Суммарные выбросы по ингредиентам, кг/пуск | | | | | Всего, кг/пуск |
|-------------|--------------------------------------------|--------------|---------------|--------------------|-------|----------------|
| | Окись углерода | Углеводороды | Диоксид азота | Сернистый ангидрид | Сажа | |
| Холодный | 62,682 | 10,039 | 28,235 | 4,518 | 2,635 | 108,109 |
| Теплый | 39,903 | 6,825 | 25,727 | 3,347 | 1,837 | 77,638 |

Следует отметить, что приведенные общие выбросы от подвижных агрегатов распределены по времени технологической подготовки элементов комплекса (общее время подготовки составных частей комплекса составляет около месяца) и по площади, охватывающей маршруты движения агрегатов.

Кроме того, учитывая непосредственно малые объемы данных выбросов, следует говорить о незначительном влиянии транспорта, задействованного при подготовке составных частей РКН, на загрязнение атмосферного воздуха.

3.2.1.7 Расчет рассеивания загрязняющих веществ от основных источников выбросов при подготовке РКН

С помощью программного комплекса УПРЗА «Эколог» (версия 4.60), разработанного НПО «Интеграл» (г. Санкт-Петербург) на основе «Методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» (далее – «Методов») [3], был проведен расчет рассеивания загрязняющих веществ от основных источников выбросов, расположенных на космодроме Плесецк и задействованных для наземной подготовки составных частей РКН к запуску КА.

Следует особо отметить, что «Методы» [3] предназначены для нормирования загрязнений атмосферы, и получаемые с ее помощью расчетные концентрации представляют собой значения концентраций, которые могут наблюдаться только при самых неблагоприятных условиях рассеивания – всего лишь в двух процентах случаев.

Источниками выбросов загрязняющих веществ на УСК 14П221 являются:

- подвижные дизельные электростанции типа ДЭС-600, обеспечивающие гарантированное электропитание при подготовке РКН к запуску;
- дренажные клапаны РН;

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу от расположенных на УСК 14П221 источников, являются: сажа, сернистый ангидрид, окись углерода, диоксид азота, акролеин и углеводороды. Эффектом суммации обладают следующие вещества: сернистый ангидрид, диоксид азота.

Источниками выбросов загрязняющих веществ на ЗС 11Г143 являются агрегаты нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу от расположенных на ЗС 11Г143 источников, являются: сажа, сернистый ангидрид, окись углерода, диоксид азота, синильная кислота (цианистый водород), формальдегид, гидразин, НДМГ. Эффектом суммации обладают сернистый ангидрид и диоксид азота.

Следует отметить, что общие выбросы от подвижных транспортных средств распределены по времени технологической подготовки комплекса и по площади, охватывающей маршруты движения агрегатов. Кроме того, учитывая небольшие объемы данных выбросов, следует говорить о незначительном влиянии автотранспорта, задействованного при подготовке к запуску КА, на за-

грязнение атмосферного воздуха, в связи с чем расчет рассеивания загрязняющих веществ от подвижных агрегатов комплекса нецелесообразен.

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ от источников, расположенных на УСК 14П221 и ЗС 11Г143, были проведены без учета фона для неблагоприятных метеорологических и климатических условий (зима).

Параметры источников загрязнения атмосферы при подготовке составных частей РКН на космодроме Плесецк представлены в таблице 3.8. Метеорологические характеристики рассеивания веществ и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере приведены в таблице 3.9 (данные представлены ФГБУ «Северное УНМС», исх. № 49/21 от 04.02.2021).

В таблице 3.10 приведены основные значения предельно-допустимых концентраций, используемых в расчетах.

Результаты расчета показали следующее:

1. Приземные концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на площадке 151А (ЗС 11Г143), не превышают значений ПДК_{МР} на любом расстоянии от источников выбросов (см. приложение 3).

Приземные концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на площадке 151А (ЗС 11Г143), не превышают значений $0,05 \cdot \text{ПДК}_{\text{МР}}$ на следующих расстояниях от источников выбросов:

- для окиси азота, диоксида азота, диоксида серы – на удалении свыше 1200 м;
- для НДМГ – на удалении свыше 1110 м;
- для гидразина – на удалении свыше 1050 м;
- для углеводородов – на удалении свыше 150 м;
- для других выбрасываемых загрязняющих веществ - на любом удалении.

Ближайший населенный пункт (г. Мирный) расположен к площадке 151А на удалении 8 км.

Таблица 3.8 - Параметры источников загрязнения при подготовке составных частей РКН

| Объект | ЗС 11Г143 | | УСК 14П221 | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Источник загрязнения | Агрегат 11Г426 | Агрегат 11Г427 | Дренажный клапан 1-й ступени РН | Дренажный клапан 2-й ступени РН | Дренажный клапан 3-й ступени РН | ДЭС-600 | ДЭС-600 | ДЭС-600 | Агрегат 11Г426 | Агрегат 11Г427 |
| Высота источника, м | 4 | 4 | 23,0 | 23,0 | 32,0 | 12 | 12 | 12 | 4 | 4 |
| Диаметр источника, м | 0,8 | 0,8 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,8 | 0,8 |
| Объем выброса, м ³ /с | 2,8 | 2,8 | 0,144 | 0,036 | 0,021 | | | | 2,8 | 2,8 |
| Температура на выходе, °С | 400 | 400 | 18 | 18 | 18 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Время работы, ч | 4 | 8 | 0,4167 | 0,4167 | 0,4167 | 24 | 24 | 24 | 4 | 8 |
| Максимально-разовый выброс загрязняющих веществ, г/с: | | | | | | | | | | |
| НДМГ | - | 0,000926 | - | | - | - | - | - | - | 0,000926 |
| Азота диоксид | 0,045324 | 0,163333 | - | | - | 0,025000 | 0,025000 | 0,025000 | 0,0453241 | 0,163333 |
| Азота оксид | 0,310556 | 0,310556 | - | | - | 1,237000 | 1,237000 | 1,237000 | 0,310556 | 0,310556 |

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк. Книга 2

| Объект | ЗС 11Г143 | | УСК 14П221 | | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------|------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Водород циани- стый | - | 0,000093 | - | | - | - | - | - | - | 0,000093 |
| Сажа | 0,001250 | 0,002778 | - | | - | 0,158000 | 0,158000 | 0,158000 | 0,001250 | 0,002778 |
| Серы диоксид | 0,125093 | 0,125093 | - | | - | 0,317000 | 0,317000 | 0,317000 | 0,125093 | 0,125093 |
| Углерод оксид | 0,084213 | 0,084213 | - | | - | 0,792000 | 0,792000 | 0,792000 | 0,084213 | 0,084213 |
| Углеводороды | 0,095556 | 0,095556 | - | | - | 0,380000 | 0,380000 | 0,380000 | 0,095556 | 0,095556 |
| Формальдегид | - | 0,000509 | - | | - | 0,013000 | 0,013000 | 0,013000 | - | 0,000509 |
| Керосин | - | - | 3,600 | 0,90000 | 0,048000 | - | - | - | - | - |
| Акролеин | - | - | - | | - | 0,025000 | 0,025000 | 0,025000 | - | - |

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

Таблица 3.9 - Метеорологические характеристики рассеивания веществ и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

| Наименование характеристик | | | | | | | | Величина |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|--------------|
| Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы, А | | | | | | | | 160,0 |
| Коэффициент рельефа местности в городе | | | | | | | | 1,0 |
| Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, °С | | | | | | | | 22,2 |
| Средняя температура наиболее холодного месяца, °С | | | | | | | | -12,7 |
| Скорость ветра, повторяемость превышения которой по многолетним данным составляет 5%, м/с | | | | | | | | 6,6 |
| Среднегодовая роза ветров, % | | | | | | | | |
| <i>С</i> | <i>СВ</i> | <i>В</i> | <i>ЮВ</i> | <i>Ю</i> | <i>ЮЗ</i> | <i>З</i> | <i>СЗ</i> | <i>Штиль</i> |
| 10 | 10 | 6 | 7 | 21 | 20 | 18 | 8 | 12 |

Таблица 3.10 - Типы предельно-допустимых концентраций и их значения, используемые в расчете рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

| Код вещества | Наименование вещества | ПДК, мг/м ³ | |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| | | Тип ПДК | Значение |
| | Несимметричный диметилгидразин | ПДК _{СС} | 0,0001 |
| 0301 | Азот (IV) оксид (Азота диоксид) | ПДК _{МР} | 0,2 |
| 0304 | Азот (II) оксид (Азота оксид) | ПДК _{МР} | 0,4 |
| 0317 | Гидроцианид (водород цианистый, синильная кислота) | ПДК _{СС} | 0,01 |
| 0328 | Углерод (сажа) | ПДК _{МР} | 0,15 |
| 0330 | Сера диоксид | ПДК _{МР} | 0,5 |
| 0337 | Углерод оксид | ПДК _{МР} | 5 |
| 1301 | Проп-2-ен-1-аль (акролеин) | ПДК _{МР} | 0,03 |
| 1325 | Формальдегид | ПДК _{МР} | 0,05 |
| 1819 | Диметиламин | ПДК _{МР} | 0,005 |
| 2732 | Керосин | ОБУВ | 1,2 |
| 2754 | Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉ | ПДК _{МР} | 1 |
| 2005 | Гидразин гидрат | ОБУВ | 0,001 |
| 6024 | Группа суммации диоксид+серы диоксид неполная (K _{кд} = 1,6) | Группа | - |

Примечание: данные приводятся по СанПиН 1.2.3685-2021

2. Приземные концентрации загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на площадке 35 (УСК 14П221), не превышают значений ПДК_{МР} на следующих расстояниях от источников выбросов (см. приложение 4):

- для окиси азота – на удалении свыше 450 м;
- для сажи – на удалении свыше 10 м;
- для других выбрасываемых загрязняющих веществ - на любом удалении.

Приземные концентрации загрязняющих веществ от источников выбросов, расположенных на площадке 35 (УСК 14П221), не превышают значений $0,05 \cdot \text{ПДК}_{\text{МР}}$ на следующих расстояниях от источников выбросов:

- для окиси азота – на удалении свыше 1560 м;
- для диоксида азота, сажи, диоксида серы, акролеина, окиси углерода – на удалении свыше 1180 м;
- для керосина – на удалении свыше 1050 м;
- для углеводородов – на удалении свыше 715 м;
- для формальдегида – на удалении свыше 620 м;
- для других выбрасываемых загрязняющих веществ - на любом удалении.

Ближайший населенный пункт (г. Мирный) расположен в 14 км от площадки 35.

3.2.1.8 Общая оценка воздействия на атмосферный воздух

В общем случае при подготовке составных частей РКН к запуску КА в атмосферу в общей сложности выбрасывается порядка 1145,474 кг загрязняющих веществ, в том числе:

- при заправке КА – 11,275 кг (1,0%);
- при заправке РБ - 41,616 кг (3,6%);
- при подготовке РКН «Ангара-А5» на УСК 14П221 – 1005,282 кг (86,2%);
- при работе подвижных агрегатов транспортно-установочных и регламентных групп – 108,109 кг (9,2%).

Основными выбрасываемыми загрязняющими веществами являются: окись азота (29,4%), диоксид азота (24,3%), окись углерода (23,5%), углеводороды (9,9%), сернистый ангидрид (8,2%), сажа (3,8%). На долю остальных загрязняющих веществ приходится 0,9%.

Состав и количество выбросов загрязняющих веществ (с разбиением по классам опасности) при проведении конкретных технологических операций и в целом в период подготовки составных частей РКН для различных вариантов комплектации приведены в табл. 3.11.

Учитывая режим работы источников загрязнения, продолжительность цикла подготовки составных частей РКН, а также результаты проведенных расчетов, можно сделать вывод, что наземная подготовка к запуску КА не приведет к ухудшению экологической обстановке в районе размещения космодрома Плесецк.

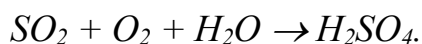
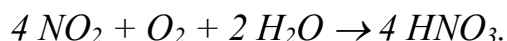
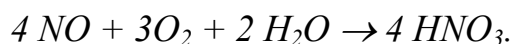
3.2.1.9 Оценка возможности образования кислотных осадков (туманов)

Одним из неблагоприятных последствий выбросов загрязняющих веществ в атмосферу является то, что выбросы таких токсичных веществ, как окислы азота и окислы серы, являются одной из возможных причин повышения кислотности атмосферы в районе выброса, и, как следствие, образования кислотных облаков, туманов и осадков.

При наземной подготовке РКН «Ангара-А5» на УСК 14П221 в результате работы трех ДЭС в атмосферу выбрасываются следующие кислотообразующие вещества (см. табл. 3.11):

- диоксид азота – 246,240 кг
- окись азота – 320,630;
- сернистый ангидрид – 82,166 кг.

Оксиды азота и сернистый ангидрид, взаимодействуя с атмосферным кислородом воздуха и с атмосферной влагой, приводят к образованию азотной и серной кислот:



Кислоты при диссоциации дают положительно заряженные ионы водорода H^+ , которые и определяют кислотность.

Таблица 3.11 - Количество выбросов загрязняющих веществ при подготовке составных частей РКН

| Загрязняющие вещества | Заправка КА на ЗС | Заправка РБ на ЗС | Заправка РБ на комплексе заправки | Работа ДЭС на УСК | Заправка РН на УСК | Транспорт* | Всего | | |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------|----------------|-----------------|------------|
| | | | | | | | кг | % | |
| Вещества 1-го класса опасности | | | | | | | 0,039 | 0,003 | |
| НДМГ | - | 0,013 | 0,013 | - | - | - | 0,026 | 0,002 | |
| Гидразин | 0,013 | - | - | - | - | - | 0,013 | 0,001 | |
| Вещества 2-го класса опасности | | | | | | | 292,711 | 25,1 | |
| Акролеин | - | - | - | 6,480 | - | - | 6,480 | 0,6 | |
| Диоксид азота | 2,352 | 3,005 | 3,005 | 246,240 | - | 28,235 | 282,837 | 24,3 | |
| Формальдегид | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 3,370 | - | - | 3,391 | 0,3 | |
| Цианистый водород | 0,001 | 0,001 | 0,001 | - | - | - | 0,003 | 0,00026 | |
| Вещества 3-го класса опасности | | | | | | | 482,426 | 41,4 | |
| Серы диоксид | 1,801 | 3,603 | 3,603 | 82,166 | - | 4,518 | 95,691 | 8,2 | |
| Азота оксид | 4,472 | 8,944 | 8,944 | 320,630 | - | - | 342,990 | 29,4 | |
| Сажа | 0,040 | 0,058 | 0,058 | 40,954 | - | 2,635 | 43,745 | 3,8 | |
| Вещества 4-го класса опасности | | | | | | | 391,106 | 33,5 | |
| Керосин | - | - | - | - | 1,66 | - | 1,660 | 0,1 | |
| Углерода оксид | 1,213 | 2,425 | 2,425 | 205,286 | - | 62,682 | 274,031 | 23,5 | |
| Углеводороды | 1,376 | 2,752 | 2,752 | 98,496 | - | 10,039 | 115,415 | 9,9 | |
| Всего: | в кг | 11,275 | 20,808 | 20,808 | 1003,622 | 1,660 | 108,109 | 1166,282 | - |
| | в % | 1,0 | 1,8 | 1,8 | 86,1 | 0,1 | 9,3 | - | 100 |

* - с учетом холодного периода времени

Для оценки возможности повышения кислотности атмосферы и, как следствие, образования кислотных облаков, туманов и осадков при старте РН, а также для прогнозирования воздействия этих осадков на космодром и территории, прилегающие к нему, необходимо иметь представление о степени экологической опасности тех или иных уровней кислотности осадков. Анализ проведенных исследований [4, 5] показал, что в качестве допустимого уровня кислотности атмосферных водяных паров, не приводящего к резко негативным последствиям для ОС, можно принять $pH = 3$.

Для исследования процессов повышения уровня кислотности атмосферы в результате выбросов кислотообразующих веществ от источников, задействованных при наземной подготовке к запуску КА, использовался методический подход [6, 7], разработанный в 4 ЦНИИ Минобороны России.

Расчеты образования и распространения кислотных облаков при работе стационарных источников выбросов кислотообразующих осадков проводились с помощью универсального программного модуля «Асид-К» [8] при наиболее неблагоприятных метеорологических и климатических условиях, характерных для района размещения космодрома Плесецк:

- температура воздуха – $22,2^{\circ}\text{C}$ (максимальная температура июля);
- относительная влажность – 73%;
- средняя скорость ветра – 2 м/с.

Результаты расчета показали, что при проведении работ по наземной подготовке РКН для запуска КА на УСК 14П221 космодрома Плесецк максимальное снижение показателя кислотности атмосферы до $\sim 5,4 \dots 5,3$ будет наблюдаться на расстояниях порядка 200 м в течение 2 часов. Учитывая незначительное снижение водородного показателя по сравнению с фоновым значением ($pH_{\text{ф}} \approx 5,6$), а также сравнение данных значений с допустимыми значениями воздействия на окружающую среду ($pH = 3$), можно говорить о полном отсутствии возможности образования кислотных облаков, туманов и осадков при наземной подготовке РКН на УСК 14П221.

С учетом этого, а также с учетом того, что выбросы кислотообразующих веществ от источников загрязнения, расположенных на ЗС и задействованных при заправке КА и РБ, составляют всего лишь 15,552 кг - на порядок меньше чем выбросы кислотообразующих веществ от источников загрязнения на УСК -

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

проведение оценки возможности образования кислотных облаков, туманов и осадков при работе агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427 на ЗС 11Г143 нецелесообразно.

3.2.2 Оценка воздействия на геологическую среду, почвы и растительность

Непосредственного воздействия на геологическую среду при модернизации и эксплуатации РКК 14К248 не оказывается, так как при подготовке его составных частей не предусматривается проведение вскрышных, шахтных и т.п. видов работ, способных оказать существенное воздействие на недра.

Опосредованное воздействие на геологическую среду (текущее расширение площадей мест накопления отходов) оказывается в результате производственной и повседневной деятельности персонала, задействованного в подготовке составных частей РКН.

Проектом создания и эксплуатации РКК 14К248 на космодроме Плесецк планируется использовать только существующие объекты на технологических площадках, железные и автомобильные дороги и другие объекты инфраструктуры космодрома. Для обеспечения подготовки составных частей РКН не предусматривается строительство на производственных площадках космодрома новых сооружений и строительство новых транспортных магистралей на территории космодрома. Также для обеспечения подготовки составных частей РКН не потребуются отведения новых участков местности, на прилегающих к производственным площадкам космодрома территориях, и не будет иметь место сокращение площадей, занятых естественной растительностью.

Непосредственное воздействие на почвы и растительность вне техногенных элементов ландшафта (железных, асфальтированных и бетонированных дорог, а также объектов капитального строительства) на космодроме Плесецк исключается. Однако, негативное влияние на почвы и растительность при наземной подготовке составных частей РКН к запуску КА может иметь место в виде химического загрязнения почвы и растительности в результате:

- возможных оседания и атмосферных выпадений загрязняющих веществ на поверхность от источников загрязнения, расположенных на площадке 151А (ЗС 11Г143), на площадке 35 (УСК 14П221) космодрома;

- возможного загрязнения нефтепродуктами и СПАВ от подвижных

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

транспортных средств при их функционировании и обслуживании (заправке, ремонте и т.д.);

- возможного загрязнения токсичными компонентами ракетного топлива – керосином, АТИН, НДМГ - при возникновении нештатных (аварийных) ситуаций и аварий.

Почвенные покровы в районе расположения космодрома Плесецк характеризуются невысоким природным потенциалом самоочищения. При этом химическое загрязнение почв и растительности в районе космодрома Плесецк при наземной подготовке составных частей РКН к запуску КА возможно лишь в тех случаях, когда загрязняющие вещества от источников выбросов, расположенных на УСК и на ЗС 11Г143 будут поступать в почвенный покров из атмосферных выпадений и далее депонироваться почвой, образуя в верхнем гумусовом горизонте локальные (точечные) очаги загрязнения.

Однако, учитывая природно-климатические характеристики района расположения космодрома Плесецк, а также принимая во внимание небольшие количества общих выбросов в атмосферу, можно говорить о незначительном химическом загрязнении почвенных покровов и растительности в районах расположения объектов инфраструктуры космодрома, на которых проводятся работы с составными частями РКК 14К248.

Проведение работ на космодроме по подготовке составных частей РКН не приведет к сколько-нибудь значимому увеличению транспортно-логистических операций на производственных площадках и не повысит общий уровень воздействия почву и растительность в зоне транспортных магистралей.

3.2.3 Оценка воздействия на животный мир

В общем случае воздействие намечаемой деятельности по эксплуатации РКК 14К248 на животный мир не отличается от воздействия других космических комплексов.

Негативных фактов антропогенного воздействия на животный мир в границах космодрома Плесецк не выявлено. Возможное влияние на животный мир характерно только на участках производственных площадок, где местообитания полностью ликвидированы (забетонирована поверхность, возведены капитальные строения). На участках производственных площадок с ненарушенным или

слабо измененным почвенно-растительным покровом сохраняются условия для обитания мелких животных.

Для обеспечения эксплуатации РКК 14К248 не потребуется отведения новых участков местности, на прилегающих к производственным площадкам космодрома территориях, и, соответственно, не произойдет сокращения мест обитания животных. Так как движение по дорогам космодрома характеризуется крайне малой интенсивностью, а работы по подготовке составных частей РКН проводятся не чаще 1 раз в год и имеют короткие по времени технологические циклы, беспокоящее воздействие составных частей РКК 14К248 на представителей животного мира оценивается как локальное и незначительное.

По результатам наблюдений выявлено, что представители животного мира, в основном, привыкли к присутствию людей, и рядом с объектами космодрома благополучно живут и выводят потомство многие виды фауны. Этому способствует режим безопасности, препятствующий попаданию посторонних людей на территорию этого района. Кроме того, животных и птиц привлекают подсобные хозяйства, где собираются пищевые отходы.

Проведение специальных мероприятий по охране животного мира при реализации проекта создания и эксплуатации РКК 14К248 не требуется.

В случае возникновения аварийных ситуаций на объектах эксплуатации составных частей РКК 14К248, сопровождающихся пожарами и взрывами, воздействие на животный мир будет иметь следствием сокращение мест обитания представителей фауны и их кормовой базы. Крайне низкая плотность мест обитания представителей фауны на территориях производственных площадок космодрома Плесецк, которыми, как правило, ограничивается зона воздействия последствий пожаров и взрывов при возникновении аварийных ситуаций на объектах наземной космической инфраструктуры, обуславливает локальность и незначительность воздействия на животный мир при возможном возникновении аварий на объектах эксплуатации составных частей РКК 14К248.

Так как для обеспечения эксплуатации РКК 14К248 не потребуется отведения новых участков местности, на прилегающих к производственным площадкам космодрома территориях не произойдет сокращения мест обитания животных.

3.2.4 Образование отходов

Технологией подготовки на космодроме Плесецк составных частей РКН к

запуску КА не предусмотрено образование производственных отходов. Вместе с тем, в процессе подготовки составных частей РКН к запуску КА может образовываться незначительное количество отходов: отходы при ремонте и реконструкции оборудования, кабельная продукция, ветошь и др. Отходы образуются также при уборке производственных помещений объектов космодрома Плесецк, задействованных при подготовке составных частей РКН к запуску КА.

Отходы образуются в результате жизнедеятельности обслуживающего персонала, а также в результате эксплуатации оборудования, задействованного при подготовке составных частей комплекса.

Анализ процессов эксплуатации и технического обслуживания агрегатов и оборудования, используемых для подготовки составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк, позволяет выделить следующие виды образующихся отходов:

9 19 204 02 60 4 - обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%);

7 33 100 01 72 4 - мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный);

4 03 101 00 52 4 - обувь кожаная рабочая, утратившая потребительские свойства;

4 81 203 02 52 4 - картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные;

4 02 110 01 62 4 - спецодежда из хлопчатобумажного и смешанных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная;

4 38 112 01 51 4 - тара полиэтиленовая, загрязненная неорганическими нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами;

3 03 111 01 23 5 - обрезки и обрывки хлопчатобумажных тканей;

4 61 200 99 20 5 - лом и отходы стальные несортированные;

4 05 122 02 60 5 - отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства;

4 05 182 01 60 5 - отходы упаковочной бумаги незагрязненные.

Классификация отходов производства и потребления, образующихся в ходе подготовки составных частей РКН на космодроме Плесецк, приведена в соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО), утвержденным приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242.

Следует отметить, что отходы, образующиеся в повседневной жизнедеятельности космодрома (люминесцентные лампы, отходы от эксплуатации автотранспорта и т.д.) в данных расчетах не рассматриваются.

Проведены расчеты по определению количества отходов с учетом среднегодовых норм накопления отходов, количества и типов задействованного автотранспорта, количества персонала, задействованного при подготовке на космодроме Плесецк составных частей РКН к запуску КА, а также длительности их подготовки с учетом рекомендаций нормативно-методической документации [9].

Характеристика отходов, образующихся в ходе подготовки составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк, в табл. 3.12.

Характеристика условий образования и методы (способы) расчета отдельных отходов, образующихся в процессе подготовки составных частей РКН, приведены в таблице 3.13.

Исходные данные для расчета количества образующихся отходов при подготовке составных частей ракеты космического назначения из состава РКК 14К248 приведены в табл. 3.14.

Проведены расчеты по определению количества отходов с учетом среднегодовых норм накопления отходов, количества и типов задействованного автотранспорта, количества персонала, задействованного при подготовке на космодроме Плесецк составных частей РКН к запуску КА, а также длительности их подготовки с учетом рекомендаций нормативно-методической документации [9]. Расчеты норм образования отходов проведены балансовым методом с учетом 1 цикла работ по подготовке составных частей РКН к запуску КА.

Результаты расчетов количества отходов, образующихся в результате подготовки составных частей РКН к запуску КА на объектах наземной инфраструктуры космодрома Плесецк, приведены в табл. 3.15.

Анализ результатов расчета показал, что при разовой подготовке составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк будет образовываться порядка 959,464 кг.

Таблица 3.12 - Характеристика отходов, образующихся в процессе подготовки составных частей РКН

| Код (по ФККО) и наименование отхода | Агрегатное состояние, физическая форма | Опасные свойства | Ориентировочный состав отхода |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отходы IV класса | | | |
| 9 19 204 02 60 4 - обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%) | Изделия из волокон | Пожароопасность | Волокно –75...85%; нефтепродукты - менее 14,99%. Также может содержать: пыль, песок, железо, вода. [10] |
| 7 33 100 01 72 4 - мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) | Смесь твердых материалов (включая волокна) и изделий | отсутствуют | Бумага, картон – 40-50%; полимерные материалы - 25...30% Также может содержаться: металл, текстиль, пищевые отходы, стекло, резина, песок, вода, древесина. [10, 11] |
| 4 03 101 00 52 4 - обувь кожаная рабочая, утратившая потребительские свойства | Изделия из нескольких материалов | отсутствуют | Кожа - 45 - 50%; подошва резиновая - 50 - 55%. Также может содержать: металлические заклепки, крепления, стелька войлочная, текстиль (шнурки). [12] |
| 4 81 203 02 52 4 - картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные | Изделия из нескольких материалов | отсутствуют | |
| 4 02 110 01 62 4 - спецодежда из хлопчатобумажного и смешанных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная | Изделия из нескольких волокон | отсутствуют | |

| Код (по ФККО) и наименование отхода | Агрегатное состояние, физическая форма | Опасные свойства | Ориентировочный состав отхода |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 4 38 112 01 51 4 - тара полиэтиленовая, загрязненная неорганическими нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами | Изделие из одного материала | отсутствуют | Полиэтилен – 92...95%; резина – до 5%; загрязнения – до 3% |
| Отходы V класса | | | |
| 3 03 111 01 23 5 - обрезки и обрывки хлопчатобумажных тканей | Волокно | отсутствуют | Хлопковое волокно – 90%; химические волокна – 10%. [11] |
| 4 61 200 99 20 5 - лом и отходы стальные несортированные | Твердое | отсутствуют | Черные металлы – 95%; цветные металлы – 0,5%; мех. примеси – 4,5%. [12] |
| 4 05 122 02 60 5 - отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства | Изделия из волокон | отсутствуют | Бумага – 99,5%; загрязнения – 0,5%. [13] |
| 4 05 182 01 60 5 - отходы упаковочной бумаги незагрязненные | Изделия из волокон | отсутствуют | Бумага – 99,5%; загрязнения – 0,5%. [12] |

Таблица 3.13 - Характеристика условий образования и методы (способы) расчета отдельных отходов, образующихся в процессе подготовки составных частей РКН

| Код (по ФККО) и наименование отхода | Условия образования. Метод расчета (норматив образования) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отходы IV класса | |
| <p>9 19 204 02 60 4 – обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%)</p> | <p>Обтирочный материал, загрязнённый маслами, образуется при проведении сборочно-монтажных работ, общая продолжительность которых составляет порядка 4-5 суток, а количество проводящих эти работы персонала – 5 человек.</p> <p>Норматив образования этого вида отходов принят 0,150 кг за смену на одного работающего [9] (норматив образования этого вида отхода при ремонте электрооборудования).</p> <p>Плотность отхода – 0,25 т/м³.</p> |
| <p>7 33 100 01 72 4 – мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)</p> | <p>Количество мусора от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный), образующегося в процессе жизнедеятельности персонала, определялось по зависимости:</p> $M = N \cdot K,$ <p>где N - общая численность сотрудников; K - среднегодовая норма накопления на человека.</p> <p>Норматив образования отхода принят 40 кг на одного работающего в год (норматив образования бытовых отходов при работе учреждений, предприятий согласно «Сборнику удельных показателей образования отходов производства и потребления» (Госкомэкология, 1999 г.)).</p> <p>Плотность отхода – 0,2 т/м³.</p> |
| <p>4 03 101 00 52 4 –</p> | <p>Данный вид отхода образуется при списании спецобуви. Расчет массы отхода выполняется в</p> |

| Код (по ФККО) и наименование отхода | Условия образования. Метод расчета (норматив образования) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>обувь кожаная рабочая, утратившая потребительские свойства</p> | <p>соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке объемов образования отходов производства и потребления» (г. Москва, 2003 г., ГУ НИЦПУРО), по формуле:</p> $M = m \cdot K_{изн} \cdot K_{загр} \cdot n / T_n$ <p>где: М – масса отхода;</p> <p>m – масса одной пары спецобуви в исходном состоянии;</p> <p>K_{изн} – коэффициент, учитывающий потери массы спецобуви данного вида в процессе эксплуатации, доли от 1 (для обуви: K_{изн} = 0,85);</p> <p>K_{загр} – коэффициент, учитывающий загрязненность спецобуви данного вида (K_{загр} = 1,03);</p> <p>N – количество пар изделий спецобуви данного вида, находящихся в носке, шт.;</p> <p>T_n — нормативный срок носки спецобуви данного вида.</p> <p>Плотность отхода – 0,25 т/м³</p> |
| <p>4 02 110 01 62 4 – спецодежда из хлопчатобумажного и смешанных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная</p> | <p>Данный отход образуется при списании спецодежды (халатов) и расходных материалов (полотенца и др.).</p> <p>Расчет выполняется в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке объемов образования отходов производства и потребления» (г. Москва, 2003 г., ГУ НИЦПУРО), по формуле:</p> $M = m \cdot K_{изн} \cdot K_{загр} \cdot n / T_n$ <p>где: М – масса отхода;</p> <p>m – масса одного изделия в исходном состоянии;</p> <p>K_{изн} – коэффициент, учитывающий потери массы изделия данного вида в процессе эксплуатации (для одежды: K_{изн} = 0,80);</p> |

| Код (по ФККО) и наименование отхода | Условия образования. Метод расчета (норматив образования) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>Кзагр – коэффициент, учитывающий загрязненность изделия данного вида ($K_{загр} = 1,03$);</p> <p>n – количество изделий данного вида, находящихся в носке, шт.;</p> <p>Tн — нормативный срок носки изделий данного вида, лет.</p> <p>В расчетах принята средняя масса халата 300 грамм.</p> <p>Норматив образования отходов отработанных хлопчатобумажных тканей рассчитывался балансовым методом в соответствии с данными регламента по проведению работ, связанных с подготовкой изделий ракетно-космической техники на космодромах. Норматив образования расходных материалов из хлопчатобумажных тканей (ветошь) составляет 0,5 кг («Сборником удельных показателей образования отходов производства и потребления», 1999 г.).</p> |
| <p>4 81 203 02 52 4 – картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные</p> | <p>Данный вид отхода образуется при подготовке эксплуатационных документов в ходе проведения работ на объектах космодрома.</p> <p>Расчет массы отхода выполняется в соответствии с «МРО-10-01. Методика расчета объемов образования отходов. Отходы при эксплуатации офисной техники» (С-Пб, 2001 г.) по формуле:</p> $M = m \cdot k \cdot n / r,$ <p>где m — вес использованного картриджа (1170 г);</p> <p>k – количество листов в пачке бумаги (500 л.);</p> <p>n – количество использованных пачек бумаги;</p> <p>r – ресурс картриджа, листов на одну заправку (6800 л.).</p> <p>Плотность отхода – 0,15 т/м³.</p> |
| <p>4 38 112 01 51 4 – тара полиэтиленовая, за-</p> | <p>Данный вид отхода образуется при использовании бахил в целях обеспечения требуемой чистоты в помещениях подготовки изделий. Расчет массы отхода выполняется с учетом следу-</p> |

| Код (по ФККО) и наименование отхода | Условия образования. Метод расчета (норматив образования) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| грязненная неорганическими нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами | <p>Ющих исходных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> - масса одной пары бахил в исходном состоянии составляет 3 г.; - использование бахил одноразовое; - коэффициент, учитывающий потери массы в процессе эксплуатации составляет 0,85; - коэффициент, учитывающий загрязненность составляет 1,03. |
| Отходы V класса | |
| 4 61 200 99 20 5 - лом и отходы стальные несортированные | <p>Масса данного вида отхода рассчитывалась балансовым методом в соответствии с фактическими значениями отходов, образующихся ежегодно от общего количества эксплуатируемой ракетно-космической техники, отнесенными к количеству используемых при подготовке составных частей комплекса единиц техники и времени подготовки составных частей комплекса. Масса данного вида отхода составляет порядка 1% от мусора от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный).</p> |
| 4 05 122 02 60 5 – отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства | <p>Расчет массы данного отхода выполняется в соответствии со «Сборником удельных показателей образования отходов производства и потребления» (Госкомэкология, 1999 г.) по формуле:</p> $M = n \cdot Q \cdot m,$ <p>где n – количество израсходованных пачек бумаги; Q - масса одной пачки бумаги (500 листов – 2,5 кг); m — удельный норматив образования отхода (8%). Плотность отхода – 0,06 т/м³.</p> |
| 4 05 182 01 60 5 - отходы упаковочной бумаги неза- | <p>Данный вид отхода образуется при распаковке оборудования, находящегося в контейнерах и ящиках с ЗИП, прибывающего на космодром с завода-изготовителя.</p> |

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк. Книга 2

| Код (по ФККО) и наименование отхода | Условия образования. Метод расчета (норматив образования) |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| грязненные | Норматив образования незагрязненных отходов упаковочной бумаги рассчитывался балансовым методом в соответствии с фактическим расходом материалов и данными о видах используемой упаковочной бумаги при подготовке изделий РКТ – аналогов составных частей рассматриваемого образца и фактическим временем подготовки составных частей комплекса (100 кг/год). |

Таблица 3.14 - Исходные данные для расчета количества образующихся отходов при подготовке составных частей ракеты космического назначения из состава РКК 14К248

| Составная часть РКН | объект космодрома | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|-------|--------|--------|-------------|----|-----|
| | ТК КА | ТК РБ | ТК РН | ТК КГЧ | ТК РКН | ЗС, в части | | УСК |
| | | | | | | КА | РБ | |
| Общее время подготовки на объектах наземной инфраструктуры космодрома, сут. | | | | | | | | |
| КА | 43 | - | - | 8 | 5 | 3 | - | 4 |
| РБ | - | 30 | - | 8 | 5 | - | 3 | 6 |
| РН | - | - | 25 | - | 5 | - | - | 7 |
| Количество персонала, участвующего в работах при подготовке различных частей РКН | | | | | | | | |
| КА | 40 | - | - | 20 | 15 | 10 | - | 15 |
| РБ | - | 30 | - | 15 | 15 | - | 10 | 15 |
| РН | - | - | 60 | - | 45 | - | - | 60 |

При разовой подготовке только лишь КА на объектах наземной инфраструктуры комплекса на космодроме Плесецк будет образовываться порядка 377,108 кг отходов (38,5 % от общего количества образующихся при подготовке составных частей РКН отходов).

В ходе подготовки составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк образуются малотоксичные, слаболетучие, малорастворимые отходы класса опасности не выше IV. Отходы IV-V классов опасности, образующиеся в ходе подготовки составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк, складироваться на установленных местах накопления и по мере накопления вывозятся на полигон ТКО.

Проведенный расчет платы за отходы, образующиеся при подготовке составных частей ракеты космического назначения из состава РКК 14К248, показал, что значение платы составляет 632,73 руб. Результаты расчёта платы за отходы приведены в таблице 3.16. Расчет платы за размещение отходов проведен с учетом требований правовых документов [14-16].

Таблица 3.15 - Ориентировочный состав и количество отходов при подготовке составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк (на один цикл подготовки)

| Класс, наименование отхода | При подготовке КА | | При подготовке СЧ РКН | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | Масса отхода, кг | Доля в общем количестве, % | Масса отхода, кг | Доля в общем количестве, % |
| IV класс опасности | 341,556 | 90,57 | 890,208 | 92,78 |
| обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%) | 3,360 | 0,89 | 6,660 | 0,69 |
| мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) | 334,400 | 88,67 | 874,400 | 91,13 |
| обувь кожаная рабочая, утратившая потребительские свойства | 2,567 | 0,68 | 6,271 | 0,65 |
| картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные | 0,227 | 0,06 | 0,427 | 0,04 |
| спецодежда из хлопчатобумажного и смешанных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная | 0,967 | 0,26 | 2,361 | 0,25 |
| тара полиэтиленовая, загрязненная неорганическими нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами | 0,034 | 0,01 | 0,090 | 0,01 |
| V класс опасности | 35,552 | 9,43 | 69,256 | 7,22 |
| обрезки и обрывки тканей хлопчатобумажных | 5,280 | 1,40 | 9,920 | 1,03 |
| лом стальной несортированный | 3,344 | 0,89 | 8,744 | 0,91 |
| отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства | 0,528 | 0,14 | 0,992 | 0,10 |
| отходы упаковочной бумаги незагрязненные | 26,400 | 7,00 | 49,600 | 5,17 |
| Всего | 377,108 | 100,00 | 959,464 | 100,00 |

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

Таблица 3.16 - Результаты расчёта платы за размещение отходов

| Наименование отхода | Масса отхода, кг | Ставка платы, руб./тонна | Коэффициент | Плата, руб. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------|-------------|---------------|
| IV класс опасности | | | | |
| обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов менее 15%) | 6,660 | Не подлежит размещению на полигоне | | |
| мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) | 874,400 | 663,2 | 1,08 | 626,29 |
| обувь кожаная рабочая, утратившая потребительские свойства | 6,271 | 663,2 | 1,08 | 4,49 |
| картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные | 0,427 | Не подлежат размещению на полигоне | | |
| спецодежда из хлопчатобумажного и смешанных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная | 2,361 | 663,2 | 1,08 | 1,69 |
| тара полиэтиленовая, загрязненная неорганическими нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами | 0,090 | 663,2 | 1,08 | 0,06 |
| V класс опасности | | | | |
| обрезки и обрывки тканей хлопчатобумажных | 9,920 | 17,3 | 1,08 | 0,19 |
| лом стальной несортированный | 8,744 | Не подлежат размещению на полигоне | | |
| отходы бумаги и картона от канцелярской деятельности и делопроизводства | 0,992 | | | |
| отходы упаковочной бумаги незагрязненные | 49,600 | | | |
| Итого: | | | | 632,73 |

3.2.5 Оценка воздействия на подземные и поверхностные воды

Подготовка составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк предусматривает использование существующих, функционирующих в настоящее время в интересах всего космодрома инженерных систем, в том числе водоснабжения и канализации. Поэтому дополнительного воздействия на подземные и поверхностные воды при подготовке составных частей РКН к запуску КА не предполагается.

Источниками водоснабжения площадок, на которых размещаются объекты РКК 14К248, служат подземные воды, забираемые из действующих скважин. Водозаборные скважины расположены на благоустроенной территории с зелеными насаждениями, имеют огражденные зоны санитарной охраны I пояса. Хозяйственно-бытовые стоки от сооружений УСК по напорным и самотечным трубопроводам поступают в наружную канализационную сеть площадки и направляются в КНС. Далее по напорному трубопроводу прокачиваются в существующую КНС (соор. 37), откуда по напорному коллектору поступают на очистные сооружения канализации площадки 112 космодрома полной биологической очистки с доочисткой - производительностью 700,0 м³/сут.

Степень очистки по всем показателям соответствует требованиям Сан-ПиН 2.1.3685-21, что позволяет осуществлять сброс сточных вод без учета их разбавления.

Очищенные стоки поступают в пониженные места рельефа.

Основные показатели после очистки хозяйственно-бытовых стоков объектов КРК «Ангара» составляют:

- БПК_{полн} - 3,0 мг/л;
- взвешенные вещества 2,0 мг/л;
- азот нитратов - 7,0 мг/л;
- азот аммония - 1,0 мг/л;
- фосфаты - 0,3 мг/л;
- СПАВ - 0,3 мг/л;
- нефтепродукты - 0,01 мг/л;
- коли-индекс - 1000 колоний в литре;
- остаточный активный хлор - 1,5 мг/л.

Для отвода дождевых вод на ТК и УСК предусмотрена система ливневой канализации с дождеприемными колодцами вдоль дорог, с последующим отводом дождевых стоков в реку.

В целях сбора промстоков, образующихся при возможных проливах КРТ подачи промстоков и паров КРТ в агрегаты нейтрализации на УСК предусмотрена система промсточной канализации.

При эксплуатации РКК увеличение объема отводимых сточных вод не планируется.

Ориентировочные объемы бытовых стоков от объектов наземной инфраструктуры РКК за 1 цикл подготовки на космодроме Плесецк представлены в табл. 3.17.

Таблица 3.17 - Ориентировочные объемы бытовых стоков от объектов наземной инфраструктуры РКК за 1 цикл подготовки РКН на космодроме Плесецк

| № п/п | Наименование источника | Объемы хозяйственно-бытовых стоков, м ³ /сутки |
|-------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1. | ТК РН, ТК РКН | 13,0 |
| 2. | ТК КА, ТК РБ, УНТК | 1,5 |
| 3. | УСК | 1,0 |
| 4. | Наземно-измерительный комплекс | 2,0 |
| 5. | Административно бытовая зона | 1,5 |

Образующиеся при проведении регламентных работ на заправочном оборудовании водные растворы компонентов топлива (промстоки) поступают в емкость сбора промстоков и далее – в систему нейтрализации, где подвергаются термическому разложению (сжиганием в пламени углеводородного топлива) с использованием агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ 11Г426 и 11Г427. Помещения с технологическим оборудованием заправочных систем оснащены сливными трапами и приямками, забетонированными в полах, для сбора аварийных проливов компонентов топлива, а также колонками для выдачи воды для смыва проливов. Коммуникации сбора промстоков выполнены

изолированно от бытовой канализации производственных площадок и попадание промстоков на очистные сооружения исключено.

Проведение технологических операций по подготовке составных частей РКН к запуску не приведет к увеличению объемов водопотребления и водоотведения на территории космодрома Плесецк и не ухудшит качество поверхностных и подземных вод в регионе.

3.2.6 Оценка акустического воздействия на окружающую среду

Акустическое воздействие на окружающую среду в районе космодрома Плесецк при наземной подготовке составных частей РКН к запуску КА обусловлено распространением акустических волн, возникающих при работе подвижных транспортных средств, ДЭС и агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ, являющихся источниками шума.

При наземной подготовке составных частей РКН к запуску КА источниками шума являются подвижные транспортные средства, ДЭС и агрегаты нейтрализации паров и промстоков КРТ. Уровень шума, создаваемого подвижными транспортными средствами, определен расчетным путем в соответствии с рекомендациями [17]. В качестве расчетного принят уровень звука, создаваемый при движении автомобиля на 1 передаче со скоростью 10 км/час. Значение эквивалентного уровня звука при движении со скоростью 10 км/час на 1 передаче составляет:

- для легкового автомобиля – 60 дБА;
- для грузового автомобиля – 78 дБА;

На холостом ходу эти значения ниже.

Добавка при движении автомобиля с ускорением составляет:

- для легковых автомобилей - до 10 дБА;
- для грузовых - до 12 дБА.

Учитывая то, что движение подвижных транспортных средств, задействованных при подготовке составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк, значительно разнесено по времени и проходит на большом удалении от населенных пунктов, акустический расчет для данного типа источников нецелесообразен.

Агрегаты нейтрализации паров и промстоков КРТ и ДЭС размещаются внутри контейнеров, конструкции которых обеспечивают необходимую степень защиты от шума. Эквивалентный уровень звука от данных источников при проведении штатных работ не превышает 90 дБА. Расчет эквивалентных уровней звука, создаваемых агрегатами нейтрализации паров и промстоков КРТ и ДЭС проведен в соответствии с рекомендациями СП 51.13330.2011 «Свод правил. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [18]. Расчет затухания уровня звукового давления, создаваемого на объектах подготовки составных частей РКН из состава РКК 14К248 источниками шума, произведен в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996) «Шум. Затухание звука при распространении на местности».

Результаты расчетов уровня звукового давления при работе ДЭС и агрегатов нейтрализации паров и промстоков КРТ представлены в табл. 3.18.

Таблица 3.18 - Результаты расчета уровня звукового давления от источников шума, дБА

| Источники шума | Расстояние от источника шума, м | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 2 | 20 | 41 | 75 | 100 | 150 | 200 | 300 | 500 |
| Агрегат 11Г427 (11Г426) | 90 | 75,2 | 58,9 | 49,2 | 43,0 | 40,1 | 37,1 | 35,1 | 32,0 | 25,1 |
| ДЭС | 90 | 75,2 | 58,9 | 49,2 | 43,0 | 40,1 | 37,1 | 35,1 | 32,0 | 25,1 |

Результаты расчета показали, что уже на расстоянии 100 м от каждого из данных источников шума эквивалентный уровень звука составляет порядка 40 дБА, а на расстоянии около 315 м эквивалентный уровень звука не превышает фоновые значения (30 дБА) – см. рис. 3.2.

Результаты расчетов подтверждены результатами выполнения экспериментальных работ по контролю воздействия на окружающую среду перспективных образцов ракетно-космической техники соответственно в 2009 г., 2011 г., 2013 г., 2015 г. и 2021 г. – см. рис. 3.2 [19-23].

С учетом того, что поблизости от ЗС 11Г143 и от УСК 14П221 отсутствуют зоны жилой застройки, а время работы источников шума не превышает нескольких часов, можно говорить о незначительном, локальном и непродолжительном акустическом воздействии на окружающую среду при наземной подготовке составных частей РКН к запуску КА на космодроме Плесецк.

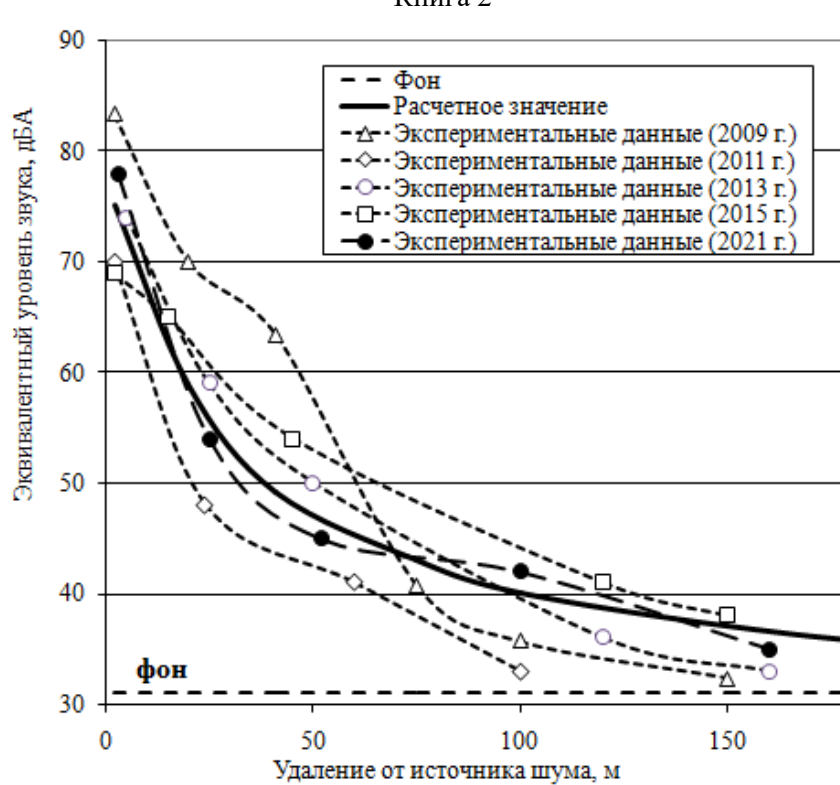


Рисунок 3.2 - Зависимость эквивалентного уровня звука от агрегата 11Г427 от расстояния (экспериментальные и расчетные значения)

3.2.7 Оценка электромагнитного воздействия

Электромагнитное воздействия при наземной подготовке составных частей РКН обусловлено проведением проверок телеметрических систем РН, РБ и КА.

В соответствии с ГОСТ 12.1.006 для передатчиков, использующихся в составе РН, РБ и КА, установлены следующие нормативные показатели:

- для передатчиков метрового диапазона – напряженность электрического поля (В/м);
- для передатчиков дециметрового диапазона – плотность потока энергии (10 Вт/м²).

Установленные в ГОСТ 12.1.006 нормативы воздействия ЭМИ на обслуживающий персонал, местное население и объекты окружающей среды представлены в табл. 3.19.

Расчетные значения нормируемых показателей ЭМИ для различных расстояний от антенно-фидерного устройства, показаны на рис. 3.3 и 3.4.

На рис. 3.3 и 3.4 верхняя горизонтальная линия показывает предельно допустимый уровень характеристики в рабочей зоне, нижняя – для населения и

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

окружающей среды (для напряженности электрического поля – 68 В/м и 5 В/м соответственно, для плотности потока мощности – 10 Вт/м² и 0,01 Вт/м² соответственно).

Анализ полученных результатов показывает, что при приведении контрольных проверок превышение установленных нормативов воздействия ЭМИ на обслуживающий персонал и объекты окружающей среды исключается. Следует особо отметить, что местное население на прилегающих к ТК и СК территориях, где проводится проверка работоспособности передатчиков, отсутствует.

Параметры электромагнитного воздействия от систем, установленных на изделия, аналогичны параметрам электромагнитного воздействия от систем, установленных на РКН.

Таблица 3.19 - Нормативы воздействия ЭМИ на обслуживающий персонал, местное население и объекты окружающей среды для метровых и дециметровых передатчиков

| Нормируемые показатели | Предельно-допустимые уровни показателей | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| | Для персонала в рабочих помещениях | Для населения и объектов ОС |
| Напряженность электрического поля, В/м | 68,0 | 5,0 |
| Плотность потока энергии, Вт/м ² | 10,0 | 0,01 |

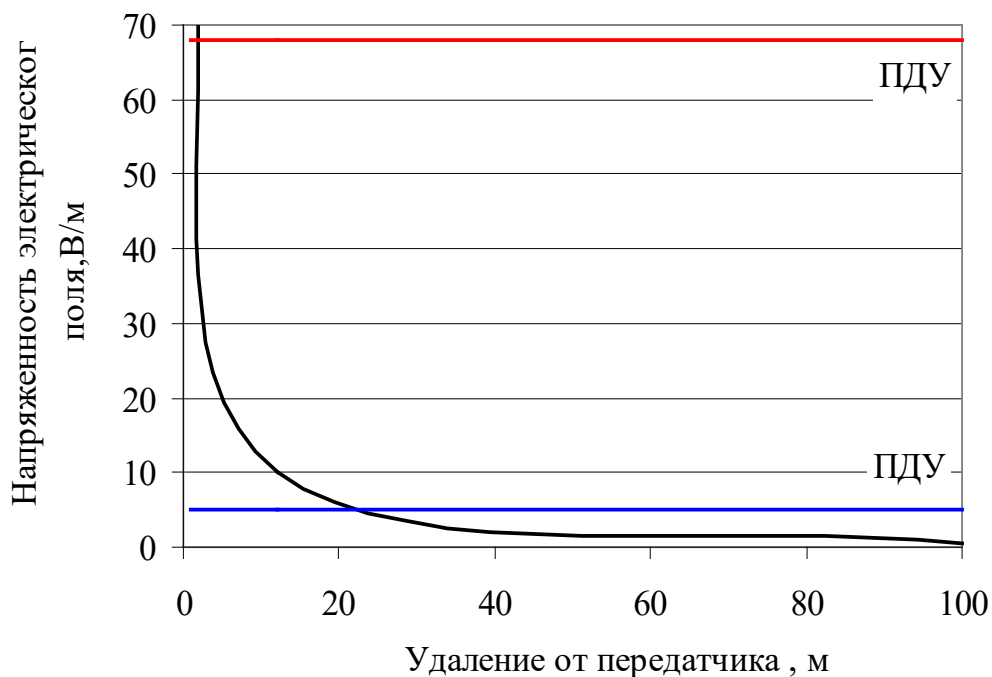


Рисунок 3.3 - Зависимость напряженности электромагнитного поля от расстояния при проведении проверки работоспособности передатчика в метровом диапазоне

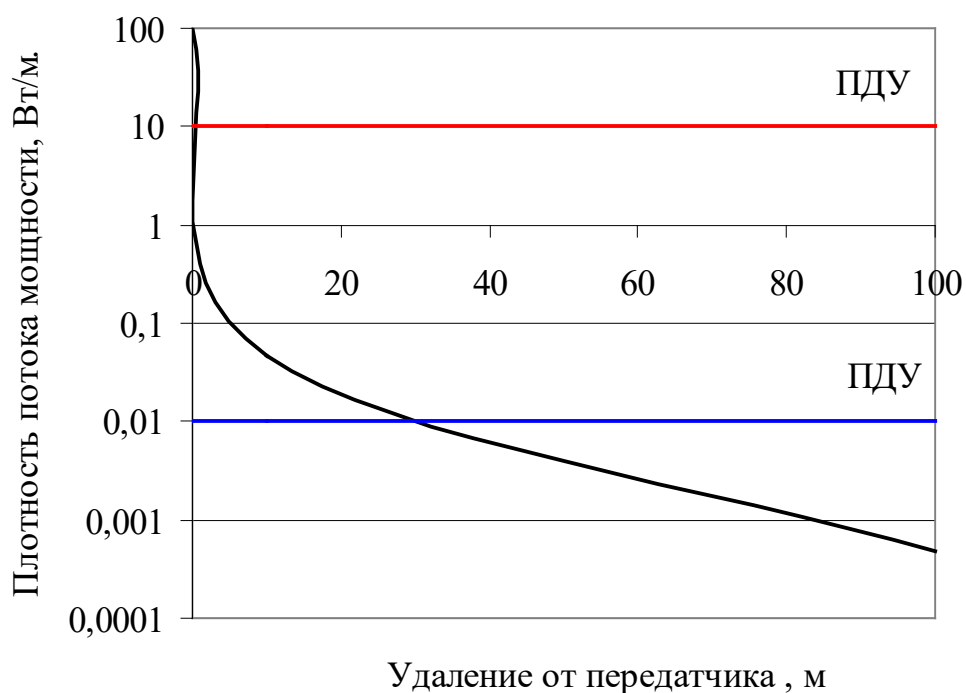


Рисунок 3.4 - Зависимость плотности потока энергии от расстояния при проведении проверки работоспособности передатчика в дециметровом диапазоне

3.2.8 Оценка воздействия на особоохраняемые природные территории

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) выполняют важные ландшафтно-экологические и социально-экономические функции (сохранение природного разнообразия, средообразующие, регулирование природопользования, обеспечение рекреационной деятельности, мониторинг природных систем и объектов), что обеспечивает экологическую стабильность региона.

На территории Архангельской области находится 111 ООПТ общей площадью, включая акваторию морей – 11 206 146,12 га, в том числе:

ООПТ федерального значения:

1 заповедник федерального значения: Пинежский (34);

4 национальных парка федерального значения: Кенозерский (35), Водлозерский (36), Русская Арктика (37), Онежское поморье (38);

1 ботанический сад: Ботанический сад Соловецкого историко-архитектурного музея-заповедника (39);

2 дендрологических сада: Дендрарий Северного (арктического) федерального университета (40), Дендрологический сад ФБУ «СевНИИЛХ» (41);

ООПТ регионального значения:

8 ландшафтных заказников: Приморский (1), Мудьюгский (2), Чугский (3), Веркольский (4), Пучкомский (5), Усть-Четласский (6), Кожозерский (7), Ленский (8),

23 биологических заказника: Соянский (9), Двинской (10), Беломорский (11), Кулойский (12), Онский (13), Монастырский (14), Сурский (15), Шилковский (16), Яренский (17), Сольвычегодский (18), Плесецкий (19), Вилегодский (20), Клоновский (21), Важский (22), Устьянский (23), Селенгинский (24), Коношский (25), Лачский (26), Филатовский (27), Шултусский (28), Котласский (29), Сийский (30);

1 гидрогеологический заказник: Пермиловский (31);

2 комплексных заказника: Железные Ворота (32), Устюго-Илешский (33);

66 памятников природы.

На рис. 3.5. показано расположение космодрома Плесецк (отмечено звездочкой) и ООПТ Архангельской области (в скобках указаны обозначения ООПТ на рисунке).

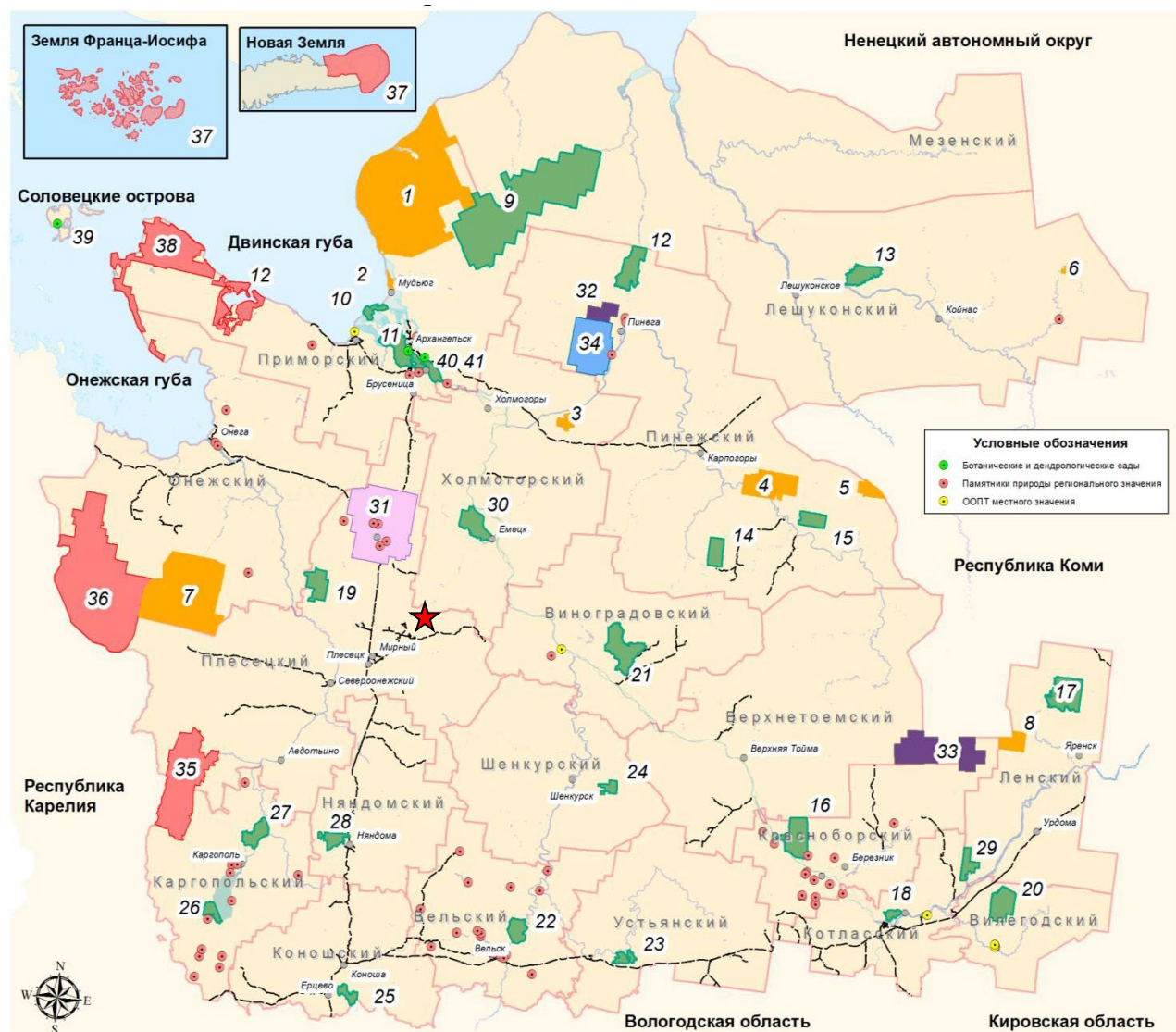


Рисунок 3.5 – Карта-схема расположения ООПТ Архангельской области (расположение космодрома Плесецк отмечено ★)

По данным ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны природы» (исх. № 200 от 12.02.2021) ближайшими к границам ЗТО «Мирный» (космодрома Плесецк) ООПТ являются (см. рис. 3.6):

- Пермиловский государственный геологический заказник регионального значения (удаление границ ООПТ от космодрома составляет порядка 30 км);
- Плесецкий государственный природный биологический заказник регионального значения (удаление границ ООПТ от космодрома составляет порядка 37 км);

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

- Памятник природы регионального значения «Лесные культуры кедра «Совьи горы»» (удаление границ ООПТ от космодрома составляет порядка 37 км);

- Памятник природы местного значения «Лапажинка» (удаление границ ООПТ от космодрома составляет порядка 43 км).

В этой связи непосредственное воздействие на окружающую среду особо охраняемых природных территорий Архангельской области при штатной подготовке и функционировании составных частей РКН из состава космического комплекса РКК 14К248 не происходит.

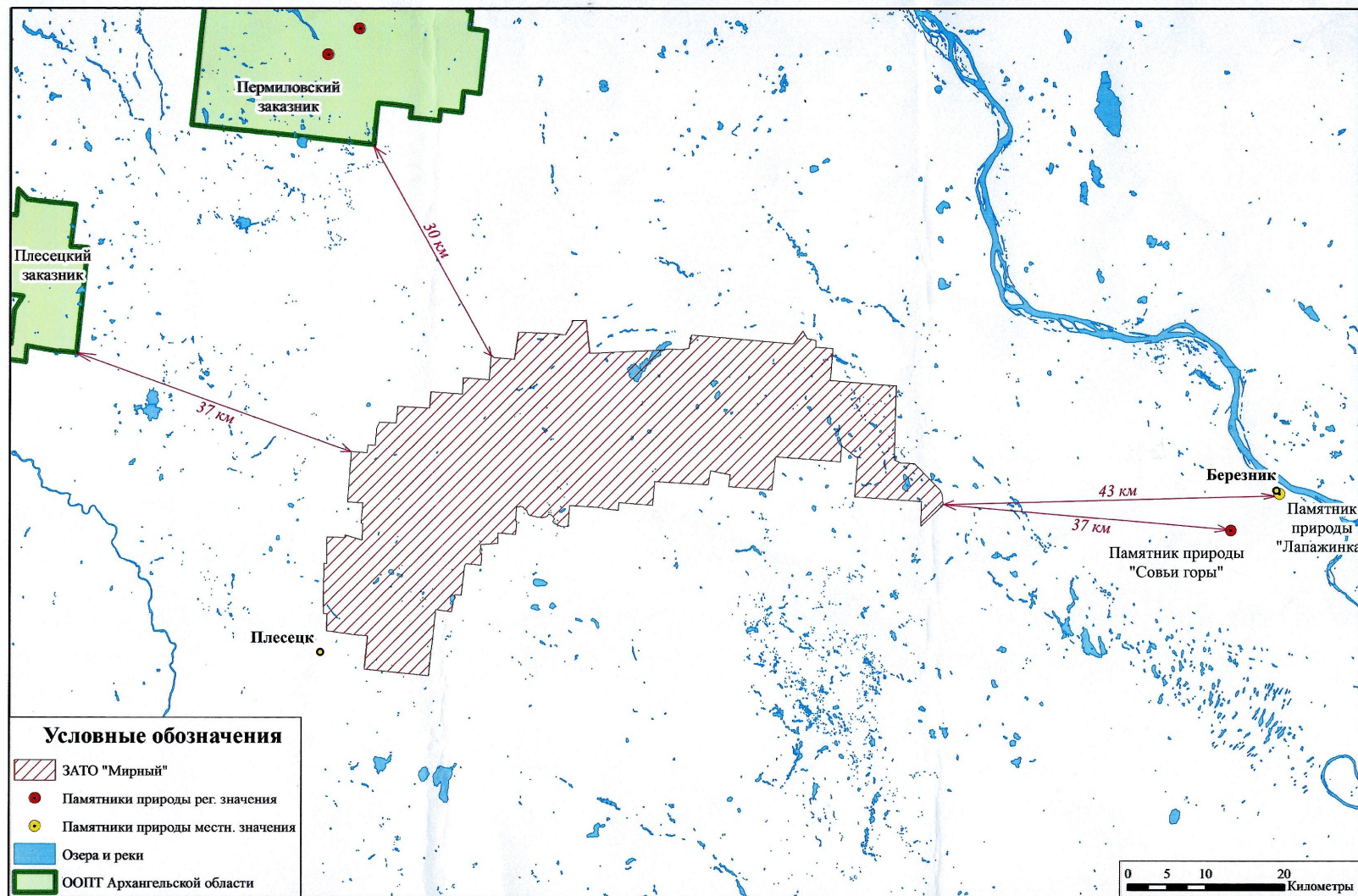


Рисунок 3.6 – Схема расположения ближайших ООПТ к ЗАТО «Мирный» (космодрому Плесецк)

3.3 Оценка воздействия на окружающую среду при функционировании космического аппарата на рабочей орбите

При функционировании КА непосредственно на рабочей орбите в результате работы ДУ происходит выброс в ОКП таких продуктов разложения гидразина, как аммиак, молекулярный азот и молекулярный водород. Следует отметить, что из-за неполного разложения гидразина в составе продуктов сгорания возможно его наличие в количестве менее 0,02% по массе. Принцип работы двигательных установок КА основан на разложении в камере двигателя на катализаторе гидразина. Химическая реакция такого процесса может быть описана следующим уравнением:



В табл. 3.20 приведены основные характеристики выбросов продуктов разложения гидразина в ДУ КА:

- массовый и процентный составы выбрасываемых продуктов разложения гидразина;
- удельная масса (в расчете на километр траектории) и соответствующее ей удельное количество молекул выбрасываемых продуктов разложения ДУ.

Таблица 3.20 - Основные характеристики выбросов продуктов разложения гидразина в КА 14Ф166А (14Ф166)

| Характеристика выброса | | Продукты разложения гидразина | | | |
|-----------------------------------------------|------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | | H ₂ | N ₂ | NH ₃ | N ₂ H ₄ |
| Массовая доля выброса, % | | 3,13 | 43,75 | 53,12 | 0,02 |
| Масса выброса, кг | КА 14Ф166А | 5,008 | 70,000 | 84,992 | 0,032 |
| | КА 14Ф166 | 8,013 | 112,000 | 135,987 | 0,051 |
| Максимальная удельная масса выброса, г/км | КА 14Ф166А | 5,2·10 ⁻³ | 7,6·10 ⁻² | 8,8·10 ⁻² | 1,5·10 ⁻⁵ |
| | КА 14Ф166 | 8,3·10 ⁻³ | 1,2·10 ⁻¹ | 1,4·10 ⁻¹ | 2,4·10 ⁻⁵ |
| Удельное количество молекул, км ⁻¹ | КА 14Ф166А | 1,56·10 ²² | 1,62·10 ²² | 3,09·10 ²² | 6,24·10 ¹⁸ |
| | КА 14Ф166 | 2,50·10 ²² | 2,60·10 ²² | 4,94·10 ²² | 9,98·10 ¹⁸ |

В общем случае в результате функционирования КА 14Ф166А (14Ф166) в околоземное космическое пространство выбрасывается порядка 100 кг (160 кг) продуктов разложения гидразина (за 10 лет).

Основным видом воздействия КА в ходе функционирования на рабочей орбите является воздействие на околоземного космическое пространство.

Засорение ОКП - это непрерывный процесс. Пока что не приходится говорить о снижении засоряемости космоса в результате реализации различных космических программ [24]. Количество «космического мусора» определяется по величине прогнозируемого периода; по ежегодному количеству запусков космических средств, которое в настоящее время достигает 120; по количеству образующихся при каждом запуске фрагментов и частиц космического мусора (в среднем 4 - 6 шт.); по количеству аварийных запусков КА с орбитальными взрывами, приводящих к образованию сотен фрагментов при каждом взрыве и, наконец, по количеству космического мусора, удаленному из ОКП за счет действия естественных факторов (торможение атмосферой, особенно в периоды повышенной солнечной активности) и искусственных способов очистки, которые пока что не разработаны.

Прогнозы засоренности проводятся на различные периоды и преследуют различные цели [25]. Так, например, прогноз на ближайшие 40 лет показывает, что не приходится ожидать уменьшения степени засоренности космоса, а потому необходимо не только проводить оценку засоряемости пространства при эксплуатации объектов РКД, но и рассчитывать безопасность функционирования данного изделия в реально ухудшающихся со временем условиях окружающей среды в части повышения механического засорения космоса.

Наконец, при оценке воздействия КА на ОКП нельзя не учитывать возможность качественных, или скачкообразных, экологических изменений. Критическое состояние¹ космоса при современных уровнях его использования может быть достигнуто уже через 2 века, а при более интенсивном использовании - даже через 50 лет. На срок достижения этого критического уровня, когда ис-

¹ Под критическим состоянием космоса понимают достижение такой критической плотности мусора в космосе или некоторых орбитальных областях, при которой в результате возрастающего числа столкновений может начаться стремительно расширяющийся цепной процесс образования вторичных осколков, то есть так называемый «каскадный эффект» или «синдром Кесслера».

пользование космических средств станет проблематичным из-за большой вероятности повреждения их частицами, оказывает большое влияние ненаблюдаемая группировка космического мусора. Действительно, частиц может оказаться больше, чем мы предполагаем, а значит и критический уровень может оказаться достигнутым намного раньше, чем мы думаем, ссылаясь на результаты наблюдений за космическим пространством.

В общем случае критичность вопроса засоренности ОКП обусловлена также тем, что пока не существует технических средств и даже теоретических методов для его очистки. Вопрос очистки космического пространства искусственными методами сейчас ни теоретически, ни, тем более, практически не исследован. Более того, даже косвенный метод уменьшения засоренности орбит путем регламентации процесса освоения космоса различными нормативно-техническими документами сейчас только разрабатывается.

Исследования проблемы засорения показали, что естественный механизм очистки космоса (за счет аэродинамического торможения) эффективен только в пределах высот до 600-700 км, а искусственные способы очистки настолько дороги, что данная проблема может быть решена только в международном масштабе.

Кроме того, установлено, что снижение темпов запусков не является решением этой проблемы, так как по ряду оценок отечественных и зарубежных ученых даже после полного прекращения запусков в настоящее время уровень техногенного засорения космоса будет возрастать вследствие разрушений существующих космических аппаратов и объектов из-за взрывов и столкновений с ненаблюдаемыми частицами космического мусора (с поперечным размером менее 10 см). В настоящее время реально возможны следующие методы снижения техногенного засорения ОКП:

- исключение запланированных взрывов космической техники в космическом пространстве;
- увод космической техники (ступеней ракет, разгонных блоков, космических аппаратов) из космического пространства сразу после выполнения ею своей задачи. Причем увод может быть осуществлен или в плотные слои атмосферы или на высокие орбиты и отлетные траектории;
- снижение количества отделяемых частей ракетно-космической техники.

Если в ближайшие годы не удастся снизить количество остающихся на орбитах фрагментов, то, по оценкам экспертов, может начаться самопроизвольное каскадное столкновение обломков. Проще говоря, пойдет цепная реакция. Это приведет к такому засорению околоземного пространства, что станет невозможной космическая деятельность.

Проблемой занимаются ООН и специально созданные международные организации. Определены общие подходы, есть конкретные рекомендации, согласовываются международные стандарты. Принципиальный путь таков: выводимые в космос конструкции должны иметь специальный запас топлива и системы управления, чтобы после выполнения задач отправить ненужные объекты или в плотные слои земной атмосферы, или на так называемое космическое кладбище.

В 2007 году на геостационарной орбите прекратили активное существование 12 аппаратов, 11 КА в соответствии с правилами, выработанными Межагентским координационным комитетом по космическому мусору были переведены на «космическое кладбище». Так что ситуация на геостационарной орбите начинает улучшаться. А вот на низких орбитах дела похуже. С одной стороны, идет естественное очищение, потому что летающие фрагменты, опускаясь, входят в атмосферу [26].

На сессии Межагентского координационного комитета по космическому мусору в 2008 году приводились такие цифры. В течение 2007 года с орбит сошли более 170 КА, ступеней ракет-носителей и других объектов. Но с другой стороны, количество появляющихся новых осколков гораздо больше. Например, 10 КА и ракет-носителей распались, образовав более 3800 фрагментов мусора размером более 5 см. Половина этих объектов будут существовать в течение многих лет. Ясно, что необходимо энергичнее принимать меры. В 2000 году NASA объявило о намерении очистить орбиту МКС от мусора с помощью лазерных лучей, которые смогут удалять фрагменты диаметром от 1 до 10 см. Утверждалось, что за два года система полностью очистит орбит. Однако, проведенные расчеты показали, что расплавленный металл, остывая, породит большое количество металлических брызг, которые еще больше замусорят космос.

Вероятность столкновений с беспилотными аппаратами резко увеличилась. По информации NASA каждая из 11 наземных систем наблюдения фиксирует ежемесячно в среднем два сближения мусорных фрагментов с космическими аппаратами на расстояние до 1 км. А один раз в месяц какой-нибудь объект подходит на 500 м.

С целью предотвращения столкновения 3-й ступени РКН «Ангара-А5» с орбитальным блоком после их разделения по завершении вывода орбитального блока на опорную орбиту предусматривается торможение 3-й ступени РН и ее увод с орбиты. В последующем 3-я ступень РН будет снижаться и сгорит при входе в плотные слои атмосферы.

С целью предотвращения столкновения РБ с КА после их разделения предусматривается его увод за счет выдачи соответствующего импульса. По окончании функционирования РБ и после его перевода на орбиту захоронения предусмотрено проведение принудительного разряда аккумуляторных батарей.

После окончания активного существования КА уводится на орбиту захоронения высотой выше ГСО не менее чем на 200 км. Заданный срок существования КА на ГСО – 10 лет, на орбите захоронения – в соответствии с баллистическим сроком существования. По окончании функционирования КА и после его перевода на орбиту увода предусмотрено проведение принудительного разряда аккумуляторных батарей.

Разгонный блок «Бриз-М» после завершения выведения «пассивируется» путем сброса давления из всех газовых и топливных емкостей, с выбросом компонентов топлива в окружающее пространство и мгновенное рассеивание до неощутимых (не определяемых) концентраций.

Сведение к минимуму возможности разрушений РБ при выведении обеспечивается за счёт:

- контролируемого запуска маршевого двигателя с выдачей команды на аварийное выключение двигателя при нештатной ситуации;
- наличия дренажных предохранительных клапанов на топливных баках и баллонах;
- уменьшения вероятности случайного столкновения на орбите.
- обеспечения гарантированного увода РБ от выводимого КА, исключая возможность случайного столкновения между ними;

- исключения преднамеренного разрушения и других причиняющих вред действий.

Сведение к минимуму возможности разрушений РБ после выполнения программы полёта, вызываемых запасом энергии реализовано за счет:

- удаления остатков компонентов топлива и газов наддува из топливных баков и магистралей маршевого двигателя после выполнения задачи;

- удаления гелия из погруженных баллонов маршевой двигательной установки;

- выжигание остатков топлива в «негативном» режиме из ДУСООЗ после отделения КА;

- разряда бортовых батарей;

- ограничения длительности нахождения РБ в районе геопереходной орбиты после завершения их программы полёта.

РБ «Бриз-М» после завершения импульса увода переводится в безопасное состояние путем сбрасывания давления из всех ёмкостей. В дальнейшем РБ блок находится в неуправляемом полете на орбите увода.

Преднамеренное разрушение РБ не применяется.

Реализация перечисленных выше мероприятий обеспечивает недопущение взрывного разрушения в ОКП КА и РБ и тем самым способствует снижению темпов возникновения на орбитах «пассивных» космических объектов искусственного происхождения.

В процессе функционирования КА на орбите и после окончания функционирования изменяется состояние засоренности ОКП. Такое изменение сказывается на безопасности функционирования других аппаратов в облаке частиц «космического мусора».

Учитывая активный срок существования КА 14Ф166А (14Ф166), его вклад в общее загрязнение ОКП составит порядка 0,03%. Спустя 10 лет после окончания функционирования КА доля вклада при сохранившемся приросте объектов космического мусора размером более 20 см будет оцениваться величиной порядка 0,02%.

Проблемой «космического мусора» занимаются ООН и специально созданные международные организации. Определены общие подходы, есть конкретные рекомендации, согласовываются международные стандарты. Принци-

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

специальный путь таков: выводимые в космос конструкции должны иметь специальный запас топлива и системы управления, чтобы после выполнения задач отправить ненужные объекты или в плотные слои земной атмосферы, или на так называемое космическое кладбище.

В 2007 году на геостационарной орбите прекратили активное существование 12 аппаратов, 11 КА в соответствии с Принципами, выработанными Межагентским координационным комитетом по космическому мусору, были переведены на «космическое кладбище». Так что ситуация на геостационарной орбите начинает улучшаться.

3.4 Оценка воздействия ракетно-космической техники на климат Земли

В 1999 году Росавиакосмосом и Гидрометцентром РФ были проведены исследования по изучению влияния процесса эксплуатации космических ракетных комплексов на аномальные погодные и климатические явления [27, 28].

Исследования были проведены с использованием статистики пусков ракет, а также данных 23 станций по изменению метеорологических условий на территории Республики Казахстан за 50-летний период (с 1949 г. по 1998 г.). Результаты исследований показали, что в крупномасштабном плане пуски ракет не оказывают влияния на изменение метеорологических условий. Изменчивость температуры воздуха и изменчивость количества осадков подчиняются глобальным закономерностям. Кроме того, было установлено, что цикличность характера поведения атмосферы никоим образом не зависит от пусков РН.

Список использованных источников к разделу 3

1. Комплект технической документации на КРК «Ангара», представляемый на ГЭЭ. Материалы оценки воздействия на окружающую среду в составе технической документации КРК «Ангара». - ООО «ЭБПЭТ», 2016.

2. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров (утв. приказом Госкомэкологии №199 от 09.04.1998).

3. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утв. приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273).

4. Хорват Л. Кислотный дождь - М.: Стройиздат, 1990.

5. Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.Л. Кислотные дожди и окружающая среда - М.: Химия, 1991.

6. Овсянников Д.А. Оценка возможного выпадения кислотных дождей при пусках ракет-носителей //В сб. Космос на страже Родины. Первые научные чтения по военной космонавтике памяти М.К. Тихонравова - М: Космо, 1998.- с. 340-342.

7. Овсянников Д.А. Физико-химический подход к вопросу исследования возможности образования кислотных осадков (туманов) при пусках ракет //В сб. Космос на страже Родины. Вторые научные чтения памяти М.К. Тихонравова по военной космонавтике. В 2-х т. - М:НИИЦ «Космо», 1999, т.2.- с.37-45.

8. Асид-К. Программный комплекс по расчету изменения кислотности природообразующих сред при выбросах загрязняющих веществ. - 4 ЦНИИ Минобороны России, 2000.

9. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. – М. Госкомэкология, 1999. – 55 с.

10. Перечень среднестатистических значений для компонентного состава и условия образования некоторых отходов, включенных в федеральный классификационный каталог отходов (утвержден приказом Росприроднадзора от 13.10.2015 №810).

11. ГОСТ 21790-2005. Ткани хлопчатобумажные и смешанные одежные. Общие технические условия.

12. ГОСТ 1639-93. Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия.

13. ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия.

14. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

15. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.01.2020 № 39 «О применении в 2020 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду».

16. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.07.2017 № 1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается».

17. Экологическая безопасность транспортных потоков. – М.:Транспорт, 1989.

18. СП 51.13330.2011 «Свод правил. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003».

19. Отчет по оценке экологической безопасности комплекса 14К159 на этапе летных испытаний. – ФГУП «КБ «Арсенал» им. М.В. Фрунзе», ОАО «ЭКА», 2009. – 195 с.

20. Отчет по оценке воздействия на окружающую среду при летных испытаниях космического комплекса 14К157 с изделием 11Ф695 №562. – ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», ОАО «ЭКА», 2011. - 178 с.

21. Отчет о результатах инструментального контроля воздействия на окружающую среду комплекса блока выведения «Волга» на этапе летных испытаний на космодроме «Плесецк» – ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», ОАО «ЭКА», 2014. - 173 с.

22. Отчет о результатах оценки воздействия изделия 14К035 на окружающую среду на этапе летных испытаний – АО «РКЦ «Прогресс», АО «ЭКА», 2015. – 99 с.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

23. Отчет о результатах оценки воздействия изделия 14К160 на окружающую среду на этапе летных испытаний – АО «КБ «Арсенал», АО «ЭКА», 2021. – 132 с.

24. Иванов В.Л., Меньшиков В.А., Пчелинцев Л.А., Лебедев В.В. Космический мусор. – В 3-х томах. – Том 1: Проблема и пути её решения. – М.: Патриот, 1996. – 360 с.

25. Предложения в/ч 73790 по вопросам исследования проблемы засорения околоземного космического пространства. // Пакет документов для слушания в Государственной думе 18 июля 1995 г. – М.: ВКС МО РФ, 1995.

26. В.Головачев. На орбите стало тесно от мусора // «Российский космос», № 7, 2008.

27. Оценка влияния процесса эксплуатации РКК «Протон», «Днепр», «Рокот» на аномальные погодные условия и климатические явления в Республике Казахстан. Отчет – М.: Гидрометеорологический НИИ РФ, НТЦ «Экон-ЦНИИМаш», 1999. – 85 с.

28. Шатров Я.Т. Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности. Часть 1. Виды и масштабы воздействия РКТ на окружающую среду. Нормативное и правовое обеспечение экологической безопасности. Трассы пусков и районы падения отделяющихся частей ракет-носителей. Нейтрализация токсичных КРТ. Проектно-конструкторские решения. – Королев: ЦНИИмаш, 2010.

4. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 14К248 ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

4.1 Общие положения

Негативные последствия аварийных ситуаций (АС), которые могут возникнуть при эксплуатации РКК 14К248, обусловлены, в первую очередь, большими запасами токсичных, химически активных и пожароопасных веществ, используемых в составе РКН (см. табл. 4.1).

Таблица 4.1 - Сводка масс КРТ, используемых в составе РКН

| Составные части РКН | Масса токсичных, пожаро-взрывоопасных и химически активных веществ | |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| | общая масса | по компонентам |
| РН «Ангара-А5» | 697,95 тонн | - жидкий кислород – 502,45т; - керосин РГ-1 – 195,5 т; |
| РБ «Бриз-М» | 18,797 тонн | - АТ (АТИН) – 12,500 т; - НДМГ – 6,297 т; |
| КА 14Ф166А | 0,10 тонн | - амидол (гидразин-«осч») – 100 кг |
| КА 14Ф166 | 0,16 тонн | - амидол (гидразин-«осч») – 160 кг |

При этом компоненты ракетного топлива, использующиеся в составе средств выведения (РН и РБ) и КА (НДМГ, гидразин, АТ (АТИН), керосин РГ-1), являются токсичными компонентами.

В общем случае аварийные ситуации, связанные эксплуатацией РКК 14К248, могут возникать при наземной подготовке составных частей комплекса на космодроме Плесецк, а также в процессе их функционирования (при выведении КА на орбиту).

В результате возникновения АС при эксплуатации РКК 14К248 с точки зрения воздействия на окружающую среду возможны 3 сценария их развития:

- отдельные проливы КРТ или аварийные выбросы КРТ;
- пожары вследствие совместных проливов КРТ;

- взрывы элементов комплекса на старте, в процессе полета РКН.

Следует отметить, что результаты оценки последствий аварийных ситуаций при наземной подготовке на космодроме Плесецк РН «Ангара-А5» и РБ «Бриз-М», входящих в состав РКК 14К248, приведены в соответствующих материалах ОВОС [1].

В перечисленных случаях возникновение АС, как правило, влечет за собой массированное воздействие на различные средообразующие компоненты: токсичное загрязнение атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод токсичными химическими веществами, механическое загрязнение поверхности земли и т.д. Основные ситуационные схемы развития аварийных ситуаций, возникающих при подготовке КА, РН и РБ, а также при пуске РКН и последствия их воздействия на окружающую среду и человека представлены на рис. 4.1.

В связи с этим с точки зрения воздействия на окружающую среду, аварийные ситуации, происходящие при подготовке и эксплуатации составных частей РКК 14К248, могут быть разделены на следующие группы:

- аварийные ситуации, приводящие к отдельным проливам КРТ;
- аварийные ситуации, приводящие к пожарам;
- аварийные ситуации, приводящие к взрывам.

Следует отметить, что это чисто условная классификация аварийных ситуаций, так как в реальных условиях при возникновении аварий различного рода происходит «смешанный» вариант развития ситуации, то есть в некоторой степени проявляются все эти три группы аварийных ситуаций, каждый из которых уменьшает «долю» (следовательно, и последствия) другого из рассмотренных случаев. Вероятность возникновения аварийных ситуаций, приводящих к катастрофическим последствиям для человека и окружающей среды, крайне низка, что достигается высоким уровнем надежности ракетно-космической техники, а также высоким уровнем отработки технологий по подготовке и запуску изделий подобного класса.

Аварийная ситуация

| | |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Отказ элементов КА, РН, РБ при наземной подготовке | Отказ элементов РКН при полете |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------|

Развитие аварийной ситуации

| | | | | |
|-------|-------|------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Взрыв | Пожар | Пролив КРТ | Взрыв РКН на активном участке полета | Падение аварийной РКН на поверх- ность Земли с последующим взрывом |
|-------|-------|------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|

Поражающие факторы

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - ударная волна; - тепловое излучение; - токсичные продукты взрыва; - элементы конструкции | <ul style="list-style-type: none"> - тепловое излучение; - токсичные продукты горения | <ul style="list-style-type: none"> - токсичные КРТ | <ul style="list-style-type: none"> - ударная волна; - тепловое излучение; - токсичные продукты взрыва; - элементы конструкции |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Возможные последствия воздействия на окружающую среду

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - загрязнение атмосферы, почв, растительности, поверхностных и грунтовых вод; - загрязнение (захламление) поверхности Земли элементами конструкции; - нарушение почвенных покровов; - гибель (травмирование) персонала; - разрушение зданий и сооружений | <ul style="list-style-type: none"> - разрушение озона (на высотах ниже 60 км); - загрязнение атмосферы токсичными продуктами взрыва; - изменение электронной плотности ионосферы | <ul style="list-style-type: none"> - загрязнение атмосферы, почв, растительности, поверхностных и грунтовых вод; - захламление поверхности Земли элементами конструкции; - нарушение почвенных покровов; - гибель (травмирование) населения; - разрушение зданий и сооружений |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Рисунок 4.1 - Схема возможных последствий при возникновении аварийных ситуаций при подготовке к пуску и пуске РКН

4.2 Оценка последствий аварийных ситуаций при наземной подготовке составных частей ракеты космического назначения на космодроме Плесецк

4.2.1 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к отдельным проливам КРТ

Конструктивное исполнение заправочно-сливного оборудования объектов космодрома Плесецк при правильной их эксплуатации обеспечивает высокую степень защиты окружающей среды от проливов КРТ.

Следует отметить, что отдельные проливы КРТ в больших объемах, так называемые «аварийные большие проливы» (АБП) - проливы КРТ массой более 1000 кг - даже гипотетически невозможны. Это связано с тем, что АБП возможны только лишь в результате падения заправленной РН на поверхность Земли при пуске (или в подобных ситуациях), однако в данном случае последствиями таких аварий являются взрыв и пожар КРТ.

Отдельные проливы КРТ в случае возникновения каких либо АС возможны, однако при этом объемы проливов не превысят нескольких десятков килограммов.

Как правило, характерными АС являются проливы нескольких килограммов КРТ при отстыковке заправочных магистралей. Следует также отметить, что отдельные проливы КРТ могут иметь место в результате возникновения аварийных ситуаций, приводящих к разгерметизации топливных баков составных частей РКК 14К248 (РН, РБ), при механическом повреждении конструкции составных частей РКН в результате транспортировки и при их случайном падении.

Вероятность возникновения разгерметизации заправочного оборудования и топливных баков изделий РКТ при одном цикле подготовки к запуску оценивается величиной $2,7 \cdot 10^{-8}$. Подобных ситуаций на аналогичных образцах ракетно-космической техники за весь период их эксплуатации не было.

В случае отдельного пролива происходит попадание КРТ на грунт, испарение их с поверхности грунта, миграция по профилю грунта, сорбция КРТ составными частями грунта и взаимодействие с кислородом, водой и химическими элементами грунта.

При попадании на грунт КРТ могут длительное время (месяцы, годы) сохраняться в почве, создавая своего рода «депо», которое может быть источником загрязнения атмосферы, причиной загрязнения воды рек и открытых водоемов (озер, прудов) вследствие поступления КРТ с тальми и ливневыми стоками, а также источником загрязнения трав, культурных растений, которые являются продуктами питания домашних животных и человека. Например, горючее НДМГ хорошо мигрирует по профилю почвы и обнаруживается во всех слоях почвы на большой глубине. Отрицательное воздействие аварий такого типа (раздельный пролив небольшого количества КРТ), вследствие токсичности КРТ, заключается в локальном загрязнении атмосферы, грунта и водоемов.

При проливах углеводородного горючего (УВГ) РГ-1, вследствие его высокой стабильности, сохраняется длительное время. Основным средством переноса горючего из почвы являются воздушные массы (испарение и выветривание), грунтовые и поверхностные воды. Интенсивно испаряясь в первые часы после пролива, молекулы горючего поступают в приземный слой атмосферы, где разносятся ветром. Их дальнейшее распространение обусловлено процессами диффузии. Однако низкие температуры воздуха, большое количество осадков и значительная обводненность территории препятствуют испарению УВГ.

Размеры пролива горючего обусловлены его начальной концентрацией, особенностями климата, ландшафта, свойствами почв. Большое количество осадков способствует промыванию почвы, а равнинный характер местности затрудняет сток избыточной влаги, что приводит к накоплению загрязнения.

Как правило, основное количество горючего при проливе будет сосредотачиваться в верхнем горизонте, ниже содержание горючего уменьшается почти на порядок. Максимальное накопление в поверхностных слоях связано с тем, что гумусовый горизонт, содержащий наибольшее количество органических веществ, обладает более высокой сорбционной способностью. Скорость и глубина проникновения УВГ вглубь почвы, прочность связывания почвенными частицами, протекание химических реакций определяется свойствами поглощающего комплекса почвы. При просачивании керосина в нижнюю часть профиля почвы происходит неблагоприятное длительное воздействие на поверхностные и грунтовые воды. Длительному сохранению УВГ в глубинных слоях почвы способствует наличие вечномерзлотных участков.

Моделировалась ситуация пролива 100 кг горючего УВГ на различные типы поверхности. С целью получения максимальных оценок при проведении расчетов были приняты наиболее неблагоприятные для данного случая условия состояния атмосферного воздуха - инверсия, скорость ветра 1 м/с, летнее время года. Проведенные расчеты показали, что в случае пролива на торф 100 кг горючего РГ-1 площадь пролива составит величину порядка 7 м². При удельной скорости испарения 0,08 г/(с·м²) с учетом впитывания в грунт время существования пролива составит около 18 часов. За это время испарится 36 кг горючего, остальная часть горючего впитается. При проливе 100 кг РГ-1 на бетонную площадку площадь пролива составит 23 м², а время существования пролива - 14 часов, при этом испарится 93 кг.

В случае возникновения *проливов жидкого кислорода* происходит «ожоговое» поражение растительности. Данный фактор оказывает только локальное и непродолжительное воздействие. Загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных слоев не происходит.

Проливы гидразина возможны только в условиях положительных температур окружающей природной среды. Это обусловлено тем, что температура плавления гидразина составляет +2°С. Моделировалась ситуация пролива на бетонную площадку 160 кг гидразина, что соответствует полной массе заправки КА.

С целью получения максимальных оценок при проведении расчетов были приняты наиболее неблагоприятные для данного случая условия состояния атмосферного воздуха - инверсия, скорость ветра 1 м/с, летнее время года.

Проведенные расчеты показали, что в случае пролива на бетонную площадку 160 кг гидразина площадь пролива составит величину порядка 13 м². При удельной скорости испарения 0,25 г/(с·м²) с учетом впитывания в грунт время существования пролива гидразина составит около 12,3 часов. За это время испарится около 90% горючего (144 кг), остальная часть горючего впитается.

Зоны загрязнения воздуха на уровне ПДК_{РЗ} при проливах на бетонную площадку гидразина рассчитывались в соответствии с методическими рекомендациями РД 52.04.253-90 [2] при следующих условиях: инверсия, скорость ветра 1 м/с, летнее время года (температура воздуха 20°С).

Результаты расчетов радиусов загрязнения воздуха на уровне ПДК_{РЗ} при проливах на бетонную площадку гидразина максимальной массы заправки КА (160 кг) приведены на рис. 4.2.

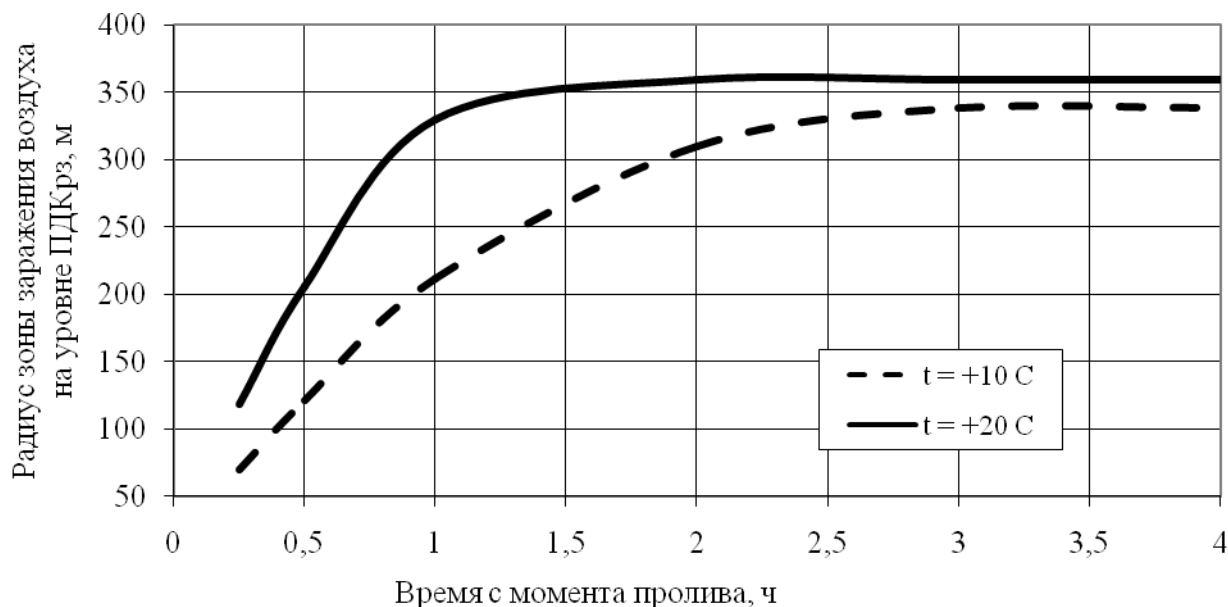


Рисунок 4.2 - Зависимость радиуса загрязнения воздуха на уровне ПДК_{РЗ} при проливе гидразина полной массы заправки КА от времени с момента пролива при различных температурах воздуха

Анализ результатов расчета показал, что при проливе гидразина максимальной массы заправки КА (160 кг) при самых неблагоприятных условиях максимальная глубина зоны возможного загрязнения воздуха на уровне ПДК_{РЗ} составит порядка 360 м.

Случаи отдельных проливов высокотоксичных КРТ – АТИН (АТ) и НДМГ наиболее опасны.

При проведении исследований воздействия аварийных отдельных проливов высокотоксичных КРТ (АТИН и НДМГ) на человека используют ряд показателей, характеризующих степень возможного токсичного поражения человека [3]. В частности, в качестве показателя широко применяется расстояние от эпицентра пролива до внешней границы зоны, характеризующей определенную степень поражения человека (см. табл. 4.2). Приведенным в табл. 4.2 номерам

зоны соответствуют значения пороговых доз воздействия и концентрации токсичных КРТ.

Таблица 4.2 - Характерные зоны опасного поражения человека АТИН и НДМГ

| № зоны | Характеристика зоны опасного поражения | Значение пороговой дозы КРТ, мг·мин/л | | Концентрации КРТ, мг/дм ³ | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------|--------------------------------------|---------------------|
| | | АТИН | НДМГ | АТИН | НДМГ |
| 1 | Смерть человека с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин. | 8,00 | 2,45 | 0,49 | 1,6 |
| 2 | Тяжелое поражение с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин. | 5,60 | 1,65 | 0,33 | 1,12 |
| 3 | Поражение средней тяжести с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин. | 4,07 | 1,08 | 0,216 | 0,813 |
| 4 | Поражение легкой степени с вероятностью 0,5 при времени экспозиции 5 мин. | 1,45 | 0,21 | $4,2 \cdot 10^{-2}$ | 0,29 |
| 5 | Поражение человека легкой степени с вероятностью 0,01 при времени экспозиции 5 мин. | 0,27 | 0,04 | $7,7 \cdot 10^{-3}$ | $5,3 \cdot 10^{-2}$ |

Для расчетов радиусов зон опасного поражения человека необходимо учитывать такие внешние условия, как степень вертикальной устойчивости атмосферы, скорость ветра, тип местности и т.д. Расчет зон опасного поражения человека при отдельных проливах КРТ осуществляется в соответствии с методическими рекомендациями [3-6].

Для исследования процессов загрязнения территории при проливах КРТ, находящихся в РБ «Бриз-М», моделировались следующие ситуации:

- разгерметизация одного из баков высокого давления (окислителя или горючего) РБ «Бриз-М»;
- разгерметизация баков высокого и низкого давления (окислителя или горючего) РБ «Бриз-М».

При проведении расчетов с целью получения максимальных оценок в соответствии с методическими рекомендациями РД 52.04.253-90 [3] рассматривались наиболее неблагоприятные условия состояния атмосферного воздуха - инверсия, скорость ветра 1 м/с, летнее время года (температура воздуха 20°C).

Анализ результатов расчета показал, что при самых неблагоприятных условиях максимальная глубина зоны возможного загрязнения (радиус 5-й зоны) составит:

- при проливе АТИН полной массы заправки БВД РБ «Бриз-М» (95 кг) – 216 м;
- при проливе НДМГ полной массы заправки БВД РБ «Бриз-М» (51 кг) – 170 м.
- при проливе АТ (АТИН) полной массы заправки РБ «Бриз-М» - 2,0 км;
- при проливе НДМГ полной массы заправки РБ «Бриз-М» - 1,8 км.

При этом зоны токсичного воздействия в случае возникновения пролива КРТ полной массы заправки РБ ограничиваются границами космодрома Плесецк. Следует отметить, что вероятность возникновения каждой из рассматриваемых аварийных ситуаций оценивается величиной менее 10^{-8} .

Как показывают результаты расчетов, аварийные проливы КРТ даже в небольших масштабах оказывают опасное воздействие на человека (от поражения легкой степени до летального исхода) на значительных расстояниях от места пролива. Следует отметить, что расчеты проведены на моделях, дающих максимально неблагоприятные последствия.

Однако использование отработанной технологии подготовки образцов РКТ на космодроме Плесецк сводит вероятность возникновения таких ситуаций к малым величинам.

4.2.2 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к пожару КРТ

Возможной причиной возникновения пожаров на объектах РКК может служить совместный пролив КРТ. Под совместным проливом КРТ будем понимать такой пролив, в результате которого происходит смешение пролитых окислителя и горючего и их паров.

Вместе с тем, следует отметить, что непосредственно совместный пролив КРТ – жидкого кислорода и керосина, использующихся в составе РН «Ангара-

А5», не может послужить причиной возникновения пожара. Связано это с тем, что горючее РГ-1, используемое в составе данных РН и РБ, при контакте с кислородом не воспламеняются (без дополнительных источников воспламенения). Однако в случае случайного воспламенения смеси кислорода и горючего РГ-1 неминуем пожар (данная ситуация с точки зрения воздействия на окружающую среду наиболее опасна в связи с тем, что на борту РН используется несколько сотен тонн жидкого кислорода и горючего РГ-1).

Совместный пролив компонентов РБ «Бриз-М» – АТ (АТИН) и НДМГ – практически всегда пожароопасен. С АТ (АТИН) НДМГ взаимодействует очень активно, с самовоспламенением (период задержки при температуре 20°C составляет порядка 0,004 с). Пары этих компонентов при достаточной их концентрации также могут самовоспламеняться уже при обычных температурах (выше 15°C).

Очевидно, что на размеры и последствия такой аварии, как пожар, оказывают влияние ряд факторов: характер и степень смешения компонентов, кинетические параметры компонентов и внешние условия (давление и температура).

Источниками возникновения совместных проливов КРТ могут служить:

- падение заправленных КА, РБ и РН на поверхность Земли при пуске,
- механическое разрушение баков и заправочных магистралей в результате возникновения неисправностей различных систем (например, системы дренажа при подаче КРТ в баки РН), прогара стенок топливного отсека под действием высокотемпературной струи пламени;
- разгерметизация заправленных баков КА, РБ и РН вследствие механических воздействий (ударов, сотрясений) и т.п.;
- разгерметизация заправленных баков КА, РБ при транспортировке с ЗС на ТК и т.п.

Наиболее пожароопасна ситуация, связанная с потерей устойчивости РКН в начальный момент пуска, которая приводит к ее горизонтальному падению на стартовый комплекс. В этом случае в момент удара происходит практически полное разрушение топливных баков. Компоненты топлива, содержащиеся в них, выливаются частично, перемешиваются и воспламеняются. Как правило, наблюдается полное сгорание всего заправленного топлива. Вначале зона пожара имеет полусферическую форму, затем, по мере образования горячих продуктов сгорания, начинают действовать выталкивающие силы, зона пожара

поднимается, расширяясь, и ее форма приближается к сферической. После того, как основная часть топлива прореагирует, скорость радиального расширения уменьшается, основную роль начинают играть выталкивающие силы, причем они могут вызвать отрыв зоны пожара от поверхности земли. После этого под воздействием конвективных токов и сил сопротивления зона пожара может принять грибовидную форму. По аналогичному сценарию развивается авария, инициирующим событием которой является горизонтальное падение заправленной РН до начала пуска, например, вследствие штормовых ветровых нагрузок.

Обратное падение РКН, когда угол между осью РН и вертикалью равен 0° , приводит к детонации топлива 1-й ступени, и данная аварийная ситуация будет подробно рассмотрена ниже.

Горение КРТ, кроме того, сопровождается выделением токсичных веществ (окислами азота, окисью углерода, сажей и т.д.). Состав и количество токсичных соединений, выделяющихся при пожаре, зависит от множества факторов (характера возникновения пожара, природно-климатических характеристик местности и т.д.). При самых неблагоприятных условиях при пожарах может образовываться до 40% (от общей массы компонентов, участвующих в реакции) токсичных соединений. В случае воспламенения перекиси водорода токсичного загрязнения воздуха не происходит, так как основным продуктом сгорания является вода.

Основным поражающим фактором воздействия для человека и ОС при пожаре является тепловое излучение. Воздействия от других поражающих факторов пожара - искры, продукты горения, недостаток кислорода и т.д. - несоизмеримо мало по уровню и масштабам по сравнению с воздействием от теплового излучения. Поэтому в дальнейшем при оценке воздействия пожаров на ОС ограничимся рассмотрением только такого поражающего фактора, как тепловое излучение.

Общепринятым является тот факт, что при температуре окружающего воздуха более 25°C из-за значительного испарения образовавшегося горящего разлива и вовлечения в этот процесс большей части топлива (порядка 60% от пролитой массы топлива) наиболее вероятно образование «огневой полусферы», которая быстро трансформируется в «огневой шар». В динамике «огневой шар» можно представить как сферическое «тепловое» образование, состоящее из горючих газов в верхней его части и вовлеченного воздуха в нижней. Тепло-

вое излучение «огненных шаров» при проливах жидких ракетных топлив может достигать значений более 260 кВт/м^2 [7, 8] (для сравнения: для воспламенения деревьев мощность теплового излучения должна составлять $20\text{-}40 \text{ кВт/м}^2$ [9]). Наиболее вероятным сценарием аварийного пролива КРТ при температурах окружающего воздуха ниже 5°C является «пожар разлития». При возникновении проливов КРТ при температурах ниже 25°C и выше 5°C имеет место смешанный вариант рассмотренных выше двух механизмов развития пожара.

В качестве показателя воздействия тепловых потоков на человека принято количество пострадавших, получивших различные степени воздействия. При этом определенной степени воздействия тепловых потоков на людей соответствует определенный индекс дозы теплового излучения [7]. В связи с этим при воздействии тепловых потоков на человека различают 6 зон опасности (см. табл. 4.3). Оценка параметров «огненного шара» и «пожара разлития» проводится в соответствии с рекомендациями методик [10-12] (использование ГОСТ Р 12.3.047-2012 [10] для ориентировочных оценок считается вполне допустимым в связи с отсутствием в отрасли нормативно-методического документа, позволяющего прогнозировать тепловые потоки при пожарах ракетной техники на стартовых комплексах).

Таблица 4.3 - Зоны опасного воздействия тепловых потоков на человека

| Номер зоны поражения | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|------------------|
| Последствия для людей | 100% погибших | 99% погибших | 50% погибших | 1% погибших | ожоги III степени | ожоги II степени |

Для оценки максимально возможных неблагоприятных последствий рассматривались следующие гипотетические аварийные ситуации:

Ситуация 1: пожар вследствие совместного пролива КРТ полной массы заправки, находящихся в КГЧ (РБ + КА) в результате разгерметизации топливных баков. Общая масса КРТ составляет 19 тонн. Такая ситуация гипотетически возможна при проведении работ с заправленным РБ и с КГЧ.

Ситуация 2: пожар вследствие совместного пролива полной массы заправки КРТ, находящихся в составе РКН «Ангара-А5». Общая масса КРТ со-

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

составляет 717 тонн. Данная ситуация возможна в случае потери устойчивости РКН на старте.

Ситуация, непосредственно связанная с пожаром вследствие совместного пролива полной массы заправки КРТ, находящихся в составе КА, не рассматривается в связи с тем, что доля КРТ, находящихся в КА составляет незначительную часть по сравнению с КРТ, находящимися в РБ и РКН (соответственно 0,8 % и 0,03 % соответственно).

Масштабы поражения от воздействия «огневым шаром» и «пожара разлития» при возникновении рассматриваемых выше ситуаций приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4 - Радиусы зон поражения (в метрах) при возникновении пожаров вследствие совместных проливов КРТ

| Сценарий пожара | Номер зоны поражения | | | | | |
|-----------------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ситуация 1 | | | | | | |
| «огневой шар» | 73,4* | 117,7 | 172,6 | 240,5 | 707,2 | 867,6 |
| «пожар разлития» | 9,5** | 67,2 | 92,5 | 109,8 | 172,9 | 181,4 |
| Ситуация 2 | | | | | | |
| «огневой шар» | 246,2* | 395,0 | 579,0 | 806,9 | 2372,1 | 2910,4 |
| «пожар разлития» | 58,6** | 116,2 | 141,5 | 158,8 | 222,0 | 230,5 |
| Примечание: * - радиус «огневого шара»; | | | | | | |
| ** - радиус очага «пожара разлития» | | | | | | |

Анализ результатов проведенных расчетов показывает, что наиболее неблагоприятной ситуацией является ситуация 2, связанная с пожаром, в котором участвует максимальный объем заправки пожароопасных и химически активных веществ в составных частях РКК.

Анализ результатов расчетов показал, что непосредственно пожар КРТ, находящихся в составных частях РКН, представляет опасность для обслуживающего персонала (по тепловому излучению) на следующих расстояниях:

- для ситуации 1 – в случае «огневого шара» - на расстоянии 868 м от эпицентра пожара; в случае «пожара разлития» - на расстоянии 181,4 м;

- для ситуации 2 - в случае развития «огневого шара» - на расстоянии – 2910,4 м от эпицентра пожара; в случае развития «пожара разлития» - на расстоянии – 230,5 м.

Согласно расчетам, наиболее неблагоприятным исходом развития рассматриваемой аварийной ситуации является возникновение «огневого шара» (площадь поражения от «огневого шара» в десятки раз больше, чем зона поражения от «пожара разлития»).

В случае возникновения пожара КРТ, находящихся в РБ и РКН в целом, происходит значительный выброс таких токсичных веществ, как окись углерода, окислы азота и сажа (до 99% от общей массы выбрасываемых токсичных соединений). В табл. 4.5 приведены следующие основные характеристики последствий при пожаре КРТ, находящихся в КГЧ и РКН в целом:

- масса загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу;
- объем воздуха, загрязненного на уровне ПДК_{МР} токсичными веществами;
- глубина зоны загрязнения токсичными веществами до уровня ПДК_{МР}.

Анализ результатов расчета показал, что масса токсичных веществ, выбрасываемых в атмосферу, составляет:

- при пожаре КРТ, находящихся в КГЧ, - порядка 4,8 тонн;
- при пожаре КРТ, находящихся в РКН «Ангара-А5», - порядка 184 тонн.

При этом максимальный радиус зоны воздействия токсичных продуктов пожара составит:

- при пожаре КРТ, находящихся в КГЧ, – 1,9 км;
- при пожаре КРТ, находящихся в РКН, – 8,7 км.

Возникающие пожары опасны не только для человека, но и для флоры и фауны района. В результате возникновения рассмотренных ситуаций может произойти полное (или частичное, в зависимости от условий) уничтожение растительности:

- для ситуаций 1– в случае «огневого шара» - на расстоянии 241 м от эпицентра пожара; в случае «пожара разлития» - на расстоянии 110 м;

- для ситуации 2 - в случае развития «огневого шара» - на расстоянии - 807 м от эпицентра пожара; в случае развития «пожара разлития» - на расстоянии – 159 м.

Таблица 4.5 - Основные характеристики последствий при пожаре КРТ, находящихся в КГЧ и РКН в целом

| Характеристика последствий при возникновении ситуации | Тип аварийной ситуации | Токсичные продукты взрыва | | | Максимальное (итоговое значение) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------|---------------|----------------------------------|
| | | Окись углерода | Сажа | Окислы азота* | |
| Масса загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, тонн | Ситуация 1 | 3,80 | 0,95 | 4,75 | 4,8 |
| | Ситуация 2 | 143,40 | 35,85 | 4,75 | 184,0 |
| Объем воздуха, загрязненного на уровне ПДК _{МР} токсичными веществами, км ⁻³ | Ситуация 1 | 0,760 | 6,333 | 11,875 | 11,9 |
| | Ситуация 2 | 28,680 | 239,000 | 11,875 | 239,0 |
| Глубина зоны загрязнения токсичными веществами до уровня ПДК _{МР} , км | Ситуация 1 | 0,492 | 1,420 | 1,944 | 1,9 |
| | Ситуация 2 | 3,021 | 8,722 | 1,944 | 8,7 |
| Примечание: * - в пересчете на NO | | | | | |

Территория космодрома Плесецк, а также территории Архангельской области и Республики Коми, на которых расположены районы падения первых ступеней РН «Ангара-А5» и проходят подтрассовые участки полета РН, по показателю В.Г. Нестерова относятся к I-II классам по общероссийской шкале пожарной опасности погоды. Для I класса характерно отсутствие пожарной опасности, а величина показателя горимости леса не превышает 300; для II класса характерна малая пожарная опасность, показатель горимости леса изменяется в диапазоне от 300 до 1000.

Пожароопасным для территорий космодрома Плесецк, подтрассовых участков полета 1-й ступени РКН «Ангара-А5», РП 1-й ступени РКН считается период с момента схода снежного покрова до наступления устойчивой дождливой осенней погоды или образования снежного покрова – то есть это период с конца мая до начала ноября. Наибольший уровень пожарной опасности на рассматриваемых территориях приходится на июль. Именно в июле наблюдается совпадение пика засушливости с пиком грозовой активности, и возможно возникновение крупных верховых пожаров. Для справки: по официальным данным МЧС в среднем в России от гроз возникает 17,2 % всех лесных пожаров.

Кроме рассмотренных климатических предпосылок, важнейшими факторами при определении пожарной опасности являются наличие горючих растительных материалов, их состав и запас, готовность к горению и наличие источников огня. Рассматриваемые территории зачастую представляют собой сильно заболоченную территорию, почвы и растительные материалы которой могут быть отнесены к негоримым. Сфагновые мхи, составляющие основу болотной растительности, считаются совершенно негоримыми, так как обладают высокой пористостью (97%) благодаря чему активно впитывают влагу, а их высыхание может произойти только при понижении уровня грунтовых вод.

Таким образом, достаточное количество осадков, выпадающих в пожароопасный период, густая гидрографическая сеть и сильная заболоченность местности позволяют отнести рассматриваемые территории к участкам незначительной пожарной опасности.

При образовании локальных пожаров вследствие возгорания компонентов топлива при аварийном падении конструкции РН или при падении ОЧ РН в РП дальнейшее распространение пожара по данным участкам практически невозможно.

Однако следует отметить, что на рассматриваемых территориях имеется большое количество хвойных лесов, которые относятся к наиболее пожароопасным участкам данных территорий. Это обусловлено наличием древостоя, а следовательно, большим количеством крупных и мелких древесных остатков, поддерживающих и усиливающих горение (валежник, сухостой, пни, порубочные остатки, смолистая кора, дуплистые деревья и т.д.).

В связи с этим был проведен расчет масштабов распространения лесных пожаров вследствие возникновения локальных пожаров, обусловленных совместными проливами КРТ, использующихся в составе рассматриваемой РКН. Расчеты были проведены для территорий, относящихся ко II классу по шкале горимости в соответствии с рекомендациями [12, 13]. Для этих территорий характерны следующие средние скорости распространения пожара (при скорости ветра в приземном слое 6...10 м/с, средней и сильной захламленности леса) [14]:

- в направлении ветра - 50 м в час;
- по флангам - 20 м в час;
- в направлении, противоположном направлению ветра - 15 м в час.

Результаты расчета приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6 - Динамика развития пожаров, обусловленных совместными аварийными проливами КРТ

| | Время с момента начала пожара, ч | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 5 | 10 | 24 | 48 |
| Ситуация 1 («огневой шар») | | | | | | |
| Площадь участка пожара, га | 3,1 | 4,9 | 12,8 | 34,2 | 148,4 | 530,3 |
| Глубина распространения пожара по направлению ветра, м | 123,4 | 173,4 | 323,4 | 573,4 | 1273,4 | 2473,4 |
| Глубина распространения пожара по флангам, м | 93,4 | 113,4 | 173,4 | 273,4 | 553,4 | 1033,4 |
| Глубина распространения пожара в направлении, противоположном направлению ветра, м | 88,4 | 103,4 | 148,4 | 223,4 | 433,4 | 793,4 |
| Ситуация 1 («пожар разлития») | | | | | | |
| Площадь участка пожара, га | 0,4 | 1,2 | 5,9 | 22,0 | 121,4 | 478,1 |
| Глубина распространения пожара по направлению ветра, м | 59,5 | 109,5 | 259,5 | 509,5 | 1209,5 | 2409,5 |
| Глубина распространения пожара по флангам, м | 29,5 | 49,5 | 109,5 | 209,5 | 489,5 | 969,5 |
| Глубина распространения пожара в направлении, противоположном направлению ветра, м | 24,5 | 39,5 | 84,5 | 159,5 | 369,5 | 729,5 |
| Ситуация 2 («огневой шар») | | | | | | |
| Площадь участка пожара, га | 23,3 | 28,0 | 44,4 | 80,1 | 234,1 | 684,4 |
| Глубина распространения пожара по направлению ветра, м | 296,2 | 346,2 | 496,2 | 746,2 | 1446,2 | 2646,2 |
| Глубина распространения пожара по флангам, м | 266,2 | 286,2 | 346,2 | 446,2 | 726,2 | 1206,2 |
| Глубина распространения пожара в направлении, противоположном направлению ветра, м | 261,2 | 276,2 | 321,2 | 396,2 | 606,2 | 966,2 |
| Ситуация 2 («пожар разлития») | | | | | | |
| Площадь участка пожара, га | 2,2 | 3,8 | 11,0 | 31,2 | 141,9 | 517,9 |

| | Время с момента начала пожара, ч | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 5 | 10 | 24 | 48 |
| Глубина распространения пожара по направлению ветра, м | 108,6 | 158,6 | 308,6 | 558,6 | 1258,6 | 2458,6 |
| Глубина распространения пожара по флангам, м | 78,6 | 98,6 | 158,6 | 258,6 | 538,6 | 1018,6 |
| Глубина распространения пожара в направлении, противоположном направлению ветра, м | 73,6 | 88,6 | 133,6 | 208,6 | 418,6 | 778,6 |

Особо следует отметить, что сложившаяся на космодроме Плесецк система мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, а также система мероприятий по эвакуации обслуживающего персонала достаточно эффективны и отработаны, что снижает вероятность возникновения пожаров при эксплуатации ракетно-космической техники до минимума.

4.2.3 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к взрыву

Следует отметить, что возникновение взрывов при подготовке составных частей РКН к запуску КА весьма маловероятное событие, что подтверждено большим опытом подготовки и эксплуатации изделий подобного класса.

В случае возникновения взрыв, с точки зрения воздействия на окружающую среду, является наиболее неблагоприятным событием. Помимо того, что взрывы на поверхности Земли несут опасность гибели (нарушения здоровья) человеку и опасность разрушения зданий и сооружений как инфраструктуры космодрома, так и народнохозяйственных объектов, они оказывают негативное воздействие на экосистемы.

Основными поражающими факторами в случае возникновения взрыва являются:

- воздушная ударная волна (ВУВ);
- тепловое излучение от «огневого шара»;
- токсичные продукты взрыва;
- разлетающиеся с большими скоростями (до нескольких км/с) элементы конструкции РН, РБ, КА.

ВУВ при взрыве оказывает наиболее интенсивное воздействие на наземные экосистемы. Ее действие распространяется радиально во всех направлениях от точки взрыва. Однако интенсивность и, следовательно, поражающее действие взрыва резко уменьшаются с расстоянием, а характерные особенности рельефа окружающей местности могут создавать защитный эффект. Почва является жизненно важным связующим звеном между биотическими и абиотическими компонентами экосистемы. Поэтому наиболее опасно для экосистемы разрушение именно почвы. Выделяют два основных типа нарушения почвы в результате взрыва: перемещение грунта и изменение структуры и состава почвы.

Показателем ВУВ является избыточное давление во фронте ударной волны (Δp_{ϕ}). Распространение ВУВ во многом определяется мощностью взрыва (тротиловым эквивалентом взрыва). Степени воздействия различных уровней избыточного давления во фронте ВУВ на человека и на строительные сооружения приведены в табл. 4.7, 4.8 [11, 15].

Таблица 4.7 - Уровни воздействия избыточного давления во фронте ударной волны на здоровье человека

| Уровень Δp_{ϕ} , МПа | Степень воздействия на человека |
|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0,002 | Безопасно для людей |
| 0,02 | Легкие травмы (ушибы, вывихи, контузии) |
| 0,03 | Средние травмы (потеря слуха, кровотечения) |
| 0,05 | Тяжелые травмы (переломы, сильные кровотечения) |
| 0,07 | Летальный исход |

Таблица 4.8 - Уровни воздействия избыточного давления во фронте ударной волны ($\Delta p_{\text{ф}}$, МПа) на строительные объекты

| Характеристика объекта | Степень разрушения | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------|-------------|-------------|
| | слабая | средняя | сильная | полная |
| Стекло | менее 0,0015 | 0,0015-0,002 | 0,002-0,003 | свыше 0,003 |
| Кирпичная стена (толщина в 2 кирпича) | менее 0,025 | 0,025-0,03 | 0,03-0,04 | свыше 0,04 |
| Железобетонная стена (толщина 25 см) | менее 0,3 | 0,3-0,5 | 0,5-0,6 | свыше 0,6 |

При взрыве образуется мощный «огненный шар», являющийся мощным источником теплового излучения. В данном случае тепловое излучение представляет опасность в связи с возможностью гибели человека, разрушения сооружений и возникновения крупномасштабных пожаров. Расчеты параметров «огненного шара», возникающего при наземном взрыве, аналогичны расчетам параметров «огненного шара», возникающего при пожаре КРТ (см. выше).

В общем случае состав продуктов взрыва во многом определяется внешними и внутренними параметрами взрыва. К внешним параметрам можно отнести природно-климатические характеристики (температура воздуха, влажность, наличие осадков и т.д.), к внутренним - условия возникновения взрыва, мощность взрыва и т.д. Основными токсичными продуктами взрыва являются - окись углерода, сажа и окислы азота.

Расчеты показали, что при самых неблагоприятных условиях в случае взрыва топливной пары «АТ + НДМГ», использующихся в составе РБ «Бриз-М», в составе продуктов детонации могут находиться до 15% (по массе) окиси углерода, до 5% (по массе) сажи и до 5% (по массе) окислов азота, остальные продукты взрыва - молекулярный азот, углекислый газ и вода.

В случае детонации топливной пары «жидкий кислород + керосин», использующейся в составе РН «Ангара-А5», при самых неблагоприятных условиях возможно образование до 25% (по массе) окиси углерода, до 10,5% (по массе) сажи, остальную часть продуктов взрыва составляют биологически нейтральные вещества: вода, углекислый газ, водород.

Геометрия конструкций составных частей РКН «Ангара-А5» очень сложна и весьма своеобразна. Прямое численное моделирование разрушения объек-

тов РКТ, учитывая неоднозначности в описании самого процесса гипотетического взрыва, крайне затруднено.

В общем случае, ВУВ является наиболее опасным фактором для человека и ОС по сравнению с другими факторами воздействия взрыва.

С целью определения масштабов отрицательного воздействия возможных взрывов (и в первую очередь такого фактора взрыва, как ударная волна) на окружающую среду при эксплуатации РКК были рассмотрены следующие ситуации:

ситуация 1: взрыв КРТ, находящегося в КГЧ;

ситуация 2: взрыв заправленной РКН на УСК 14П221.

В связи с тем, что объем компонентов, находящихся в КА, несоизмеримо мал по сравнению с объемом РБ (масса КРТ в КА составляет около 0,8% от химически активных, пожаро- и взрывоопасных веществ в КГЧ) масштабы последствий от взрыва РБ будут совпадать с масштабами последствий от взрыва КГЧ в случае возникновения аварийной ситуации такого рода при транспортировке, стыковке и т.д.

Взрыв КРТ, находящихся в составе КГЧ с РБ 14С43 (**ситуация 1**), является гипотетической ситуацией. Это обусловлено тем, что компоненты топлива «АТ + НДМГ», используемые в РБ, относятся к самовоспламеняющимся. В связи с этим как таковой классической детонации при их контакте не происходит. Процесс взаимодействия данной топливной пары в замкнутом объеме можно характеризовать как «объемное горение». Вместе с тем, рассмотрим последствия при возникновении такой ситуации.

В принципе гипотетически такая ситуация возможна при падении КГЧ при транспортировке, сборке КГЧ, стыковке с РН или при подъеме РКН на старте, в результате чего первоначально происходит «внутреннее» (без разрушения внешней конструкции изделия) разрушение баков ДУ и смешение КРТ. При смешивании компонентов топлива происходит их «объемное горение» с высокой скоростью, так как объемы реагирующих компонентов относительно велики. Образовавшиеся продукты «объемного горения» под действием сил давления разрывают внешние оболочки аппарата, создавая эффект взрыва.

В соответствии с рекомендациями [9] расчетное значение тротилового эквивалента взрыва КРТ, находящихся в КГЧ, составляет величину порядка 2,2

тонн. Зависимость избыточного давления во фронте ударной волны при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ, от расстояния приведена на рис. 4.3.

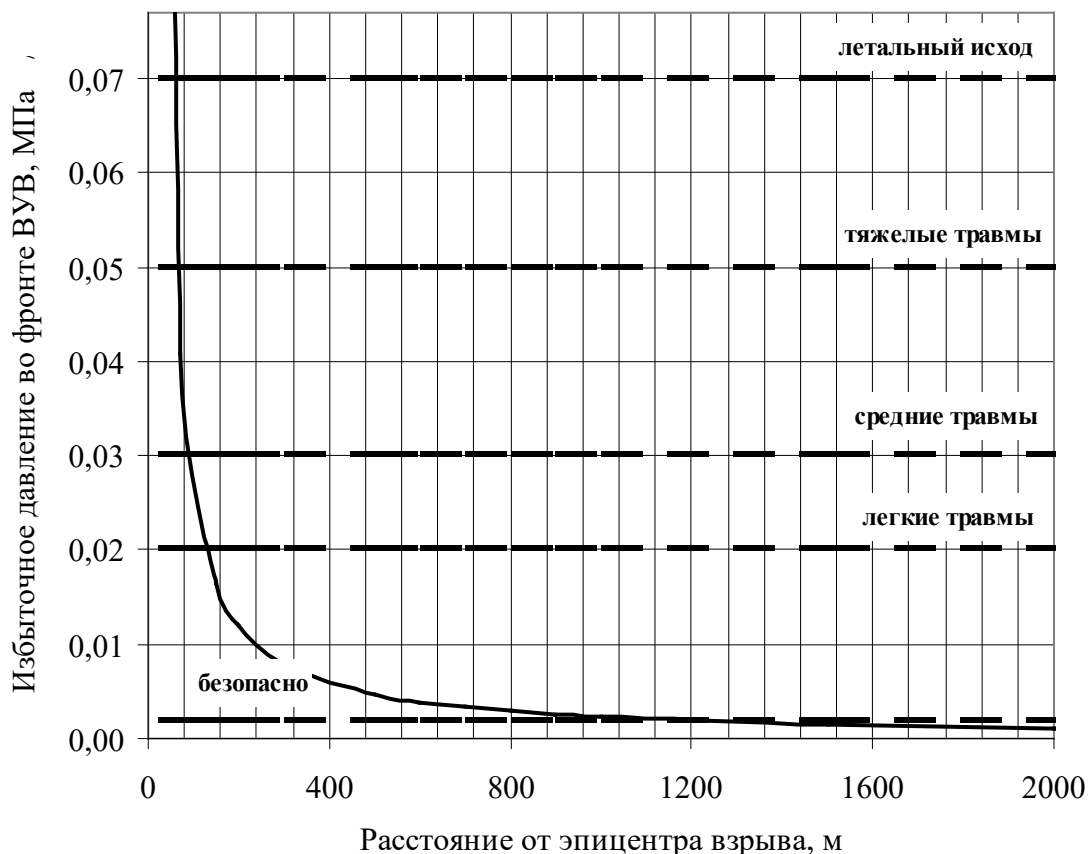


Рисунок 4.3 - Зависимость избыточного давления во фронте ударной волны при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ, от расстояния

Следует отметить, что реальные значения тротилового эквивалента взрыва изделий РКТ, оценка которых проведена на основе имеющих место взрывов при эксплуатации ракетно-космической техники подобного класса, составляют 30-50% от расчетных значений. Это обусловлено тем, что во взрывных процессах участвуют не вся масса КРТ, а лишь некоторая их часть, оставшаяся же часть КРТ разбрасывается ударной волной и сгорает. Однако в расчетах будем использовать максимальные (расчетные) значения тротилового эквивалента взрыва заправленного изделия для получения максимально неблагоприятных оценок последствий подобных аварий. При взрыве любого изделия РКТ на Земле параметры ударных волн рассчитываются в соответствии с «Правилами безопасности при взрывных работах» [16].

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

Результаты воздействия взрыва КРТ, находящихся в КГЧ, на человека и строительные сооружения представлены в таблицах 4.9, 4.10.

Таблица 4.9 - Радиус воздействия ударной волны на здоровье человека при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ и РКН

| Радиус воздействия, м | | Степень воздействия на человека |
|-----------------------|------------|-------------------------------------------------|
| Ситуация 1 | Ситуация 2 | |
| 562 | 2483 | Безопасная зона для людей |
| 140 | 248 | Легкие травмы (ушибы, вывихи, контузии) |
| 94 | 166 | Средние травмы (потеря слуха, кровотечения) |
| 56 | 99 | Тяжелые травмы (переломы, сильные кровотечения) |
| 40 | 71 | Летальный исход |

Таблица 4.10 - Радиусы зон воздействия ударной волны (в метрах) на строительные сооружения при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ и РКН

| Характеристика объекта | Степень разрушения | | | |
|---------------------------------------|--------------------|---------|---------|--------|
| | слабая | средняя | сильная | полная |
| Ситуация 1 | | | | |
| Стекло | 1178 | 841 | 589 | 280 |
| Кирпичная стена (толщина в 2 кирпича) | 59 | 54 | 42 | 37 |
| Железобетонная стена (толщина 25 см) | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Ситуация 2 | | | | |
| Стекло | 3310 | 2921 | 1986 | 1655 |
| Кирпичная стена (толщина в 2 кирпича) | 199 | 184 | 142 | 124 |
| Железобетонная стена (толщина 25 см) | 17 | 12 | 9 | 8 |

Анализ результатов расчетов показал, что непосредственно взрыв КРТ, находящихся в КГЧ, представляет опасность для находящегося в радиусе до

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

562 м обслуживающего персонала и объектов наземной инфраструктуры (с точки зрения различной степени их разрушения). Вместе с тем, следует отметить, что для стеклянных перекрытий взрыв КРТ, находящихся в КГЧ, представляет опасность в радиусе до 1178 м. На таком расстоянии возможно опосредованное поражение человека осколками стекла.

Как показывают результаты расчетов, зоны опасного воздействия на человека и строительные сооружения при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ, при наземной подготовке на космодроме Плесецк являются небольшими, что позволит в случае реализации такого рода аварийных ситуаций обеспечить минимум негативных последствий.

Взрыв заправленной РКН «Ангара-А5» на старте (**ситуация 2**) может произойти в результате потери устойчивости РКН в начальный момент пуска, которая приводит к ее «обратному» падению на стартовый комплекс («хвостом» ракеты вниз, когда угол между осью РКН и вертикалью равен 0°). Ситуация «горизонтального» падения РКН на стартовый комплекс (под углом 90° между осью РКН и вертикалью) рассмотрена выше.

Известные экспериментальные исследования показывают, что в этом случае в момент удара о поверхность стартового стола кислородный бак 1-й ступени, находящейся сверху, «вдавливается» в бак горючего. Днища топливных баков 1 ступени разрушаются по периферии. При таком сценарии развития аварийной ситуации в результате смешения жидких криогенных компонентов топлива образуется суррогатированное взрывчатое вещество. Инициирование его, как и любого взрывчатого вещества, приводит к возникновению детонации, т.е. к практически мгновенному превращению конденсированного взрывчатого вещества в высокотемпературные продукты сгорания. Расширяясь, продукты сгорания формируют ударную волну, распространяющуюся в окружающем воздухе со сверхзвуковой скоростью. Боковые стенки баков не разрушаются вплоть до момента воспламенения образовавшейся смеси. Воспламенение и сгорание топлива 1-й ступени сопровождается образованием ударной волны. Топливо 2-й и 3-й ступеней частично разбрасывается при начальной детонации топлива 1-й ступени с последующим его воспламенением и полным выгоранием.

Расчетное значение тротилового эквивалента такого взрыва заправленной РКН «Ангара-А5» составляет величину порядка 124 тонны. Зависимость избы-

точного давления во фронте ударной волны при взрыве КРТ, находящихся в заправленной РКН на старте, от расстояния приведена на рис. 4.4.

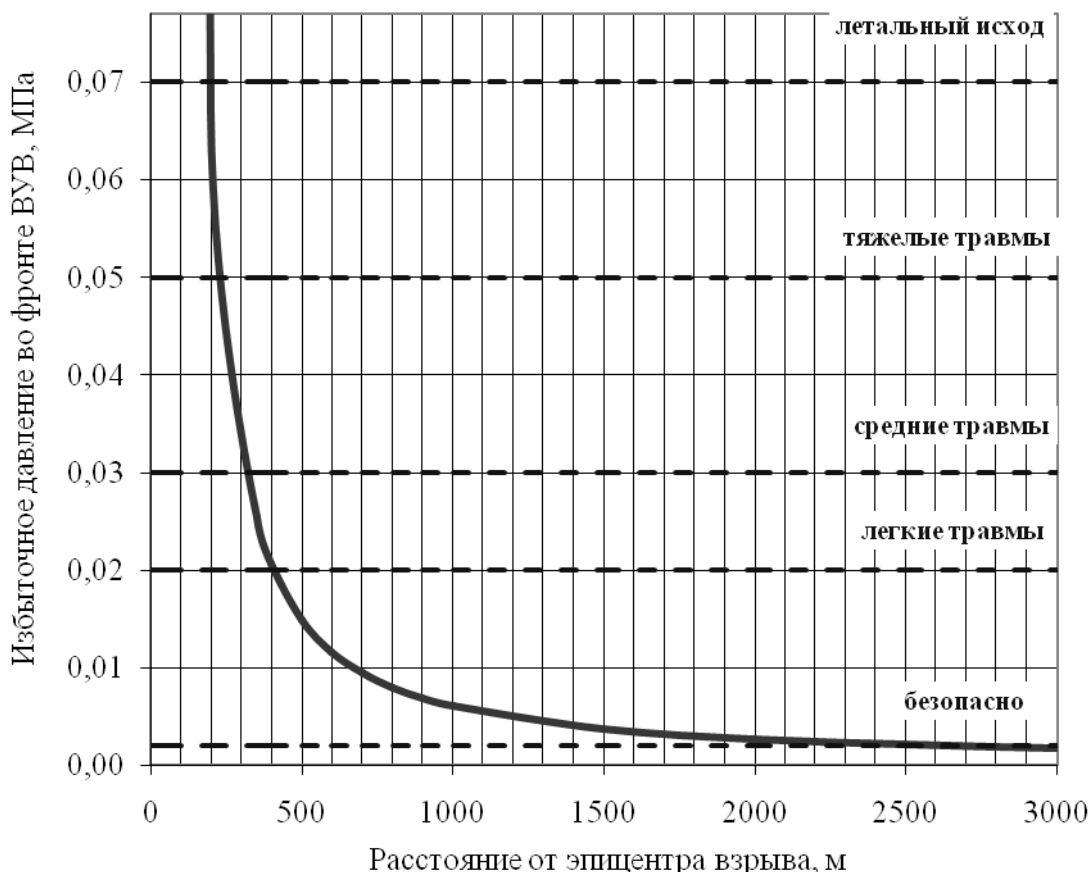


Рисунок 4.4 - Зависимость избыточного давления во фронте ударной волны при взрыве КРТ, находящихся в заправленной РКН на старте, от расстояния

Анализ результатов расчетов показал, что непосредственно взрыв КРТ, находящихся в заправленной РКН «Ангара-А5» на старте, представляет опасность для находящегося в радиусе до 2,5 км обслуживающего персонала и объектов наземной инфраструктуры (с точки зрения различной степени их разрушения). Вместе с тем, следует отметить, что для стеклянных перекрытий взрыв КРТ, находящихся в заправленной РКН «Ангара-А5» на старте, представляет опасность в радиусе до 3,3 км. На таком расстоянии возможно опосредованное поражение человека осколками стекла.

Поэтому глубину зоны возможного поражения человека при взрыве КРТ, находящихся в заправленной РКН «Ангара-А5» на старте, следует принимать равной 3,3 км. Следует отметить, что зона эвакуации обслуживающего персо-

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

нала при старте РКН составляет 5 км, что позволит исключить воздействие на обслуживающий персонал в результате возникновения аварийных ситуаций.

В случае возникновения взрыва КРТ, находящихся в РБ и РКН в целом, происходит значительный выброс таких токсичных веществ, как окись углерода, окислы азота и сажа. В табл. 4.11 приведены следующие основные характеристики последствий при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ и РКН в целом:

- масса загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу;
- объем воздуха, загрязненного на уровне ПДК_{МР} токсичными веществами;
- глубина зоны загрязнения токсичными веществами до уровня ПДК_{МР}.

Таблица 4.11 - Основные характеристики последствий при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ и РКН в целом

| Характеристика последствий при возникновении ситуации | Тип аварийной ситуации | Токсичные продукты взрыва | | | Максимальное (итоговое значение) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------|---------------|----------------------------------|
| | | Окись углерода | Сажа | Окислы азота* | |
| Масса загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, тонн | Ситуация 1 | 1,141 | 0,381 | 1,012 | 2,5 |
| | Ситуация 2 | 175,640 | 73,670 | 0,950 | 250,3 |
| Объем воздуха, загрязненного на уровне ПДК _{МР} токсичными веществами, км ⁻³ | Ситуация 1 | 0,228 | 2,533 | 2,375 | 2,5 |
| | Ситуация 2 | 35,128 | 491,133 | 2,375 | 491,1 |
| Глубина зоны загрязнения токсичными веществами до уровня ПДК _{МР} , км | Ситуация 1 | 0,269 | 0,898 | 0,869 | 0,9 |
| | Ситуация 2 | 3,344 | 12,503 | 0,869 | 12,5 |
| Примечание: * - в пересчете на NO | | | | | |

Анализ результатов расчета показал, что масса токсичных веществ, выбрасываемых в атмосферу, составляет:

- при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ, - порядка 2,5 тонн;
- при взрыве КРТ, находящихся в РКН, - порядка 250 тонн.

При этом максимальный радиус зоны воздействия токсичных продуктов взрыва составит:

- при взрыве КРТ, находящихся в КГЧ, – 0,9 км;

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

- при взрыве КРТ, находящихся в РКН, – 12,5 км.

4.3 Оценка экологических последствий аварийных ситуаций, возникающих при полете ракеты космического назначения

4.3.1 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к взрыву РКН в полете

Взрывы РН в атмосфере (особенно на высотах около 20 км) оказывают влияние, в первую очередь, на озоновый слой и ионосферу. При взрыве РН в полете воздействующими факторами являются ударная волна, которая распространяется на десятки километров, и тепловое излучение. В случае возникновения аварии на высотах максимума озонового слоя (20-30 км) значительное влияние ударная волна и тепловое излучение оказывают на разрушение озона. Известно, что молекула озона имеет небольшой потенциал диссоциации, $\sim 1\text{эВ}$, что в 5 раз меньше потенциала диссоциации молекулы кислорода, поэтому сравнительно легко разрушается при нагревании воздуха.

Для оценки воздействия взрыва РКН на состояние озонового слоя применен подход, предложенный в [9].

Для оценки воздействия взрыва РКН на состояние озонового слоя будем считать, что озон разрушается полностью при нагреве атмосферного воздуха выше температуры $\sim 500\text{К}$. Радиус нагретой области и масса разрушенного озона оцениваются из соотношений, приведенных в [9].

Зависимости тротилового эквивалента взрыва РКН с КА (в тоннах) от массы КРТ, находящихся на борту ракеты, представлены на рис. 4.5.

В случае детонации (взрыва) всего топлива, входящего в состав РКН, на высотах 20-30 км тротильный эквивалент взрыва составит порядка 25-27 тонн.

Радиусы нагретых областей до температуры более 500 К и оценка максимально возможной массы разрушенного озона при взрыве РКН в полете на различных высотах представлены на рис. 4.6, 4.7.

Кроме того, в данном случае образуется термик с температурой, в 2 раза превышающей температуру окружающей среды, а также относительно малой плотностью. Под действием Архимедовой силы термик «всплывает». Оценивая

скорость подъема и скорость падения температуры с высотой, можно прогнозировать разрушение озона еще на 10 – 15 км над «местом» взрыва.

Анализ полученных расчетов показывает, что максимальная масса озона, который может быть разрушен при взрыве РКН на различных высотах, не превышает 85 кг, что составляет величину порядка $3 \cdot 10^{-11}\%$ от общего содержания озона в стратосфере.

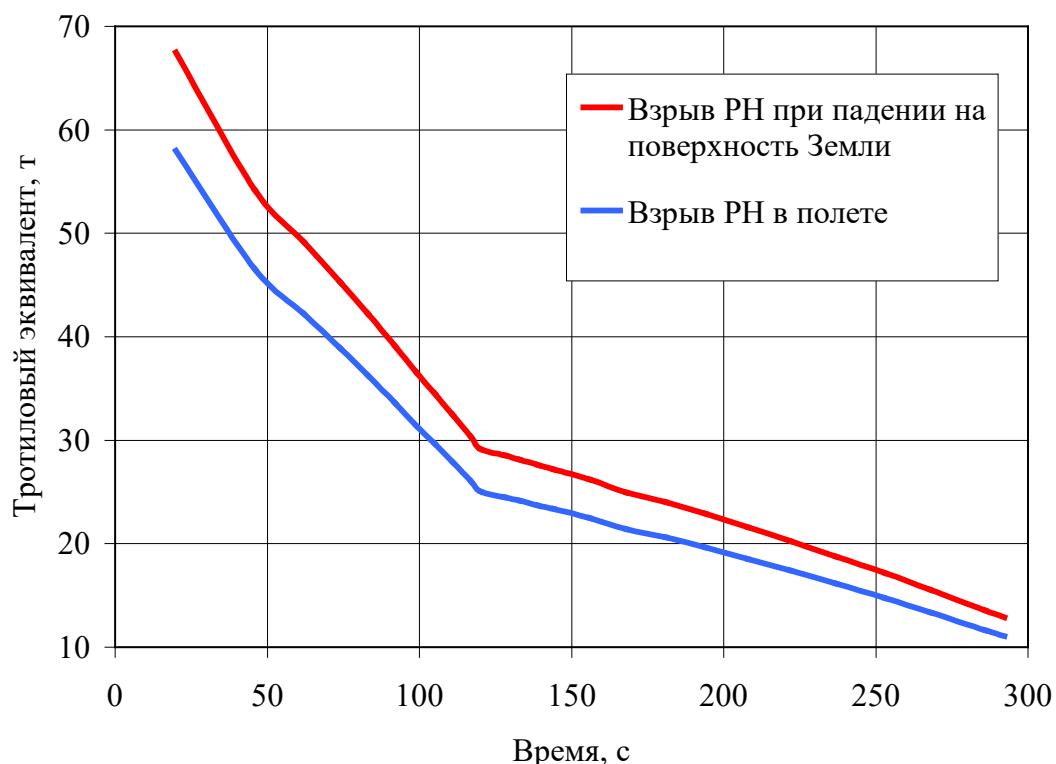


Рисунок 4.5 - Зависимость тротилового эквивалента взрыва КРТ РКН в полете и в результате аварийного падения на поверхность Земли от времени возникновения аварийной ситуации

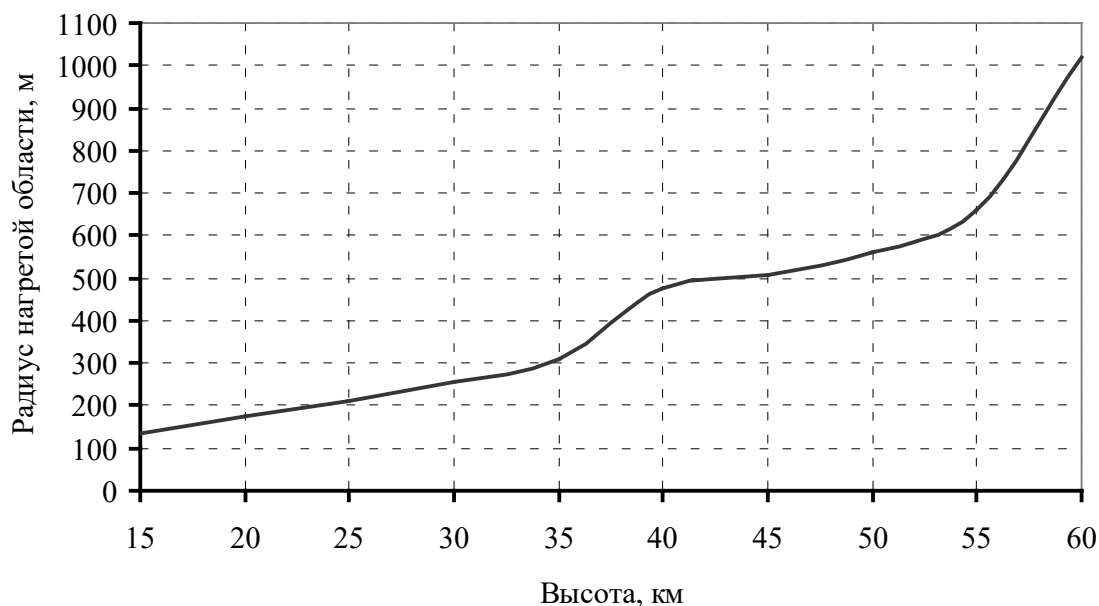


Рисунок 4.6 - Зависимость радиуса области нагретой более 500 К при взрыве РКН от высоты взрыва

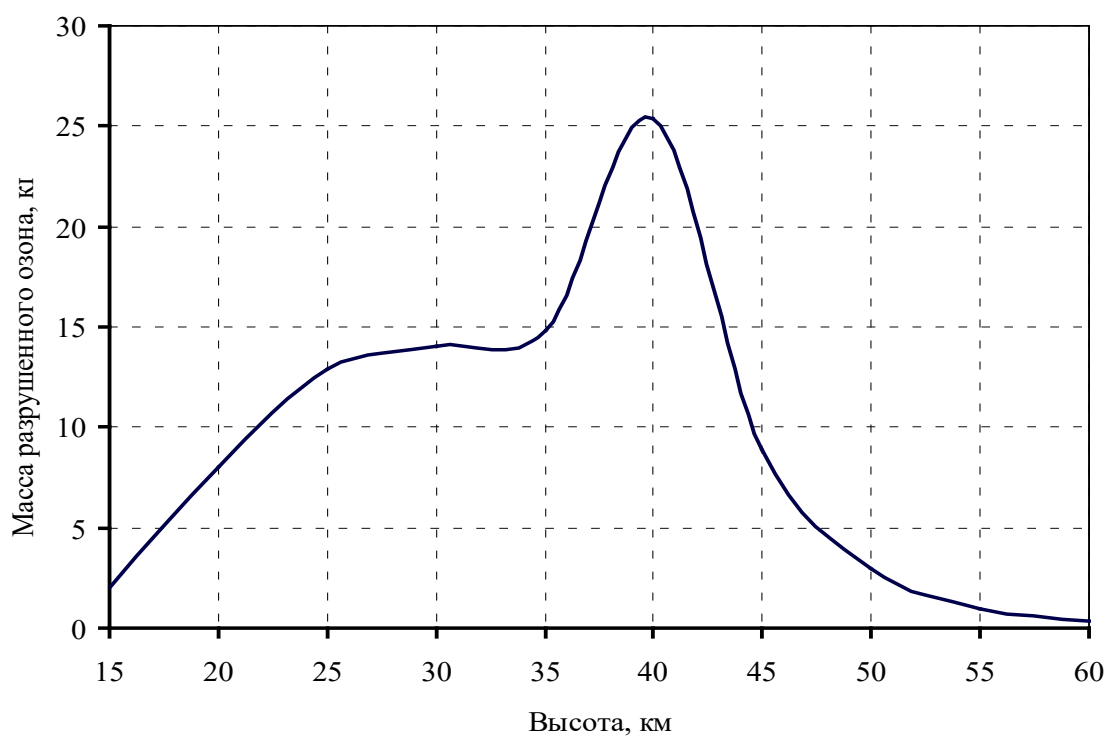


Рисунок 4.7 - Максимальная масса разрушенного озона на различных высотах при возникновении взрыва РКН при полете

Следует отметить, что образованная при взрыве зона пониженной концентрации озона с радиусом несколько сот метров заполняется окружающим озоном за 15-25 мин (для высот свыше 40 км – за 1,5...2 часа). С увеличением

высоты радиус зоны и время ее существования увеличиваются, но здесь фоновые концентрации озона уже в 20-40 раз ниже, чем в максимуме озонного слоя. Согласно проведенным расчетам, через 2,5 часа содержание озона в центре образованной при взрыве зоны близко к 90% от фонового значения, что можно принять за практически полное восстановление озона.

В целом уменьшение общего содержания озона в вертикальном столбе атмосферы при взрыве РКН не превысит 4-7%, а вызванные ими всплески потока УФ-излучения не обнаружимы на фоне естественных вариаций (зафиксировать эти всплески существующими в настоящее время средствами проблематично, так как для надежного определения увеличения потока солнечной радиации необходимо не менее, чем 10%-ное уменьшение озона по линии визирования «прибор-Солнце»).

Время прохождения РКН озонового слоя (высот от 15 км до 50 км) составляет порядка 50-55 с. С учетом плотности распределения отказов, характерной для данного интервала полета РН «Ангара-А5», вероятность возникновения аварии в период прохождения ракетой озонового слоя не превысит 0,002.

Вероятность возникновения взрыва при возникновении аварийной ситуации при прохождении РКН озонового слоя, еще меньше полученных для РН «Ангара-А5» значений вероятности возникновения аварии.

Таким образом, возникновение аварийных ситуаций, приводящих к взрыву РКН в стратосфере, оказывает незначительное воздействие на озоновый слой Земли. Разрушение озона в данных случаях не может ухудшить экологическую обстановку в подтрассовых районах.

Одним из неблагоприятных последствий взрыва РКН при полете на высотах свыше 50 км является воздействие на ионосферу. Взрывы РН на данных высотах приводят к тем же эффектам, что и при штатном полете РН. Однако принципиальным отличием в данных случаях является большая продолжительность и масштабность существования таких эффектов [9].

4.3.2 Оценка последствий аварийных ситуаций, приводящих к падению на поверхность Земли РКН и КА

Отдельное падение элементов аварийной РКН (КА, КГЧ) на поверхность Земли в результате аварийной ситуации с РКН в процессе полета является точечным. Учитывая, что трасса полета РН «Ангара-А5» определена из условия слабой заселенности и минимума объектов инфраструктуры на подтрассовых участках полета, а РН «Ангара-А5» имеет высокие показатели надежности, риск нанесения ущерба жизни и здоровью людей, а также промышленным и жилым объектам незначителен.

Следует отметить, что в случае возникновения аварии с РКН «Ангара-А5» на высотах более 70-80 км, вероятнее всего КА при падении сгорит в плотных слоях атмосферы на высотах порядка 30-20 км. В случае возникновения подобной аварии на ракете на высотах менее 70 км вероятнее всего, что изделие упадет на поверхность Земли.

Одним из негативных последствий для окружающей среды, связанных с аварийным падением КА (КГЧ) на поверхность Земли, является сейсмическое воздействие на почвы и грунты. В данном случае сейсмическое воздействие будет связано с распространением в грунте ударных волн, образованных в результате падения конструкции КА.

Падение КА на поверхность Земли по уровню воздействия на грунт эквивалентно взрыву в грунте 0,5 кг тротила (данная оценка получена при условии полного перехода кинетической энергии падения изделия в энергию удара и является максимально возможной).

Одним из аспектов устойчивости природной среды к механическому воздействию является прочность грунтов на одноосное сжатие. Возможность образования воронок напрямую зависит от типа грунтов, на которые происходит падение. Прочностные свойства почв и грунтов территорий расположенных на подтрассовых участках полета РКН «Ангара-А5» соизмеримы с силой механического воздействия удара, возникающего при падении КА и КГЧ (10 кг/см^2), что уже обеспечивает устойчивость грунтов от удара во время падения, более того, повышенная обводненность почв и грунтов рассматриваемых территорий еще больше нивелирует возможные негативные последствия такого воздействия. Следует отметить, что максимальное значение объема поврежденного

грунта в случае падения на поверхность Земли КА может составлять до 5 м³, радиус образовавшейся воронки – до 1,5 м, ее глубина – до 1,6 м. Данные расчетные значения достаточно хорошо согласуются с фактическими значениями, полученными в ходе обследования мест падения аварийных образцов РКТ (см. рис. 4.8).

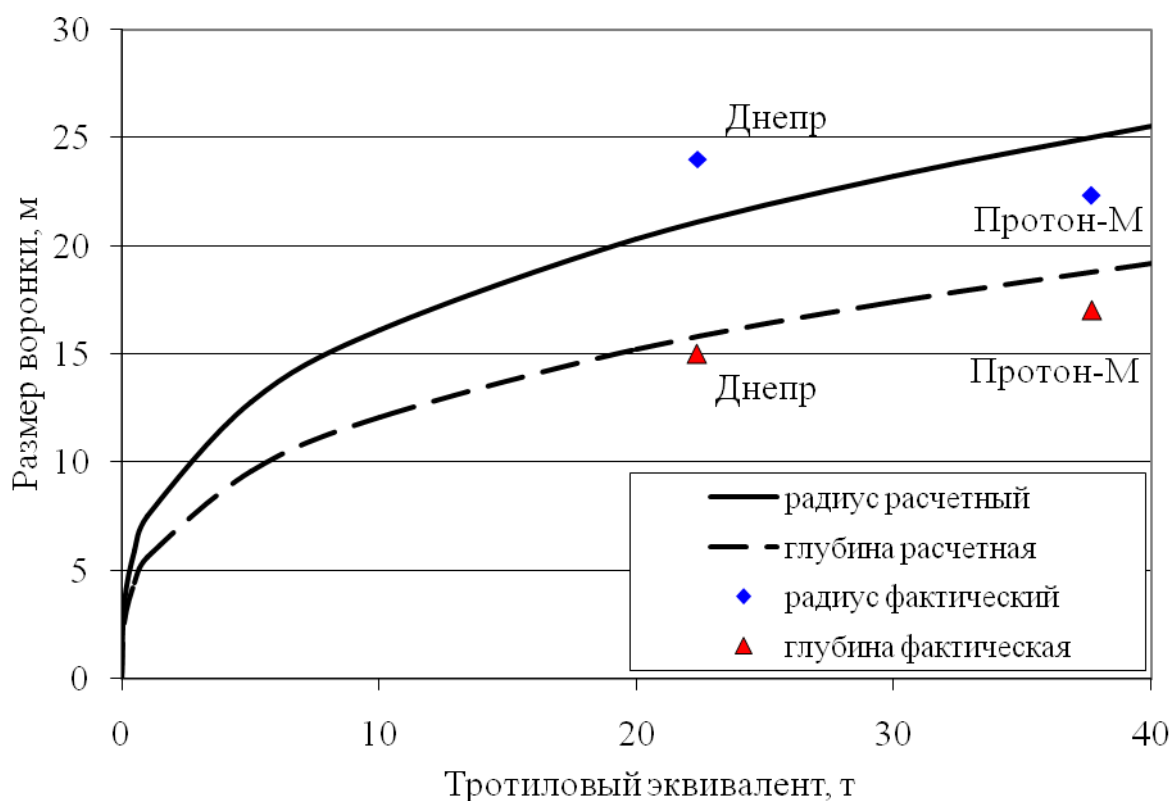


Рисунок 4.8 - Зависимость радиуса и глубины воронки от тротилового эквивалента взрыва аварийных образцов РКТ на поверхности Земли

В результате аварийного падения РКН «Ангара-А5» с КА на поверхность Земли наиболее вероятным процессом является взрыв. Однако, возможен такой вариант развития ситуации, при котором происходит разгерметизация (разрушение) элементов конструкций (в первую очередь, топливных баков КРТ) в процессе падения РКН «Ангара-А5».

В случае, если авария с РКН происходит на высотах до 10 км, ракета падает на расстоянии 5-7 км от места старта. Скорость падения не превышает 500 м/с. До высоты 10 км вырабатывается около трети первоначально заправленного в РН топлива. В результате удара о Землю аварийной ракетой и разру-

шения баков до 70-80% КРТ, находящиеся в РН, смешиваются и реагируют между собой. Оставшаяся часть горючего сгорает в воздухе, и лишь незначительная доля попадает в поверхностные слои грунта (на глубину в пределах до 0,5 м). Следует учесть, что часть попавшего в поверхностные слои грунта КРТ может находиться в зоне горения (на площади порядка 1000 м²), тем самым подвергаясь действию высоких температур, что является одним из наиболее эффективных факторов детоксикации грунта.

Для оценки наиболее неблагоприятных последствий моделировались аварийные ситуации, приводившие к падению РКН на поверхность Земли, в различные участки времени полета РН. При этом рассматривались ситуации возникновения аварийных (приводящих к падению на поверхность Земли) отказов на этапе работы ДУ 1-й ступени РН. Это объясняется тем, что наиболее вероятным вариантом развития ситуации, связанной с отказом элементов 2-й и 3-й ступеней РН и последующим падением, является сгорание конструкции этих ступеней при входе в плотные слои атмосферы на высотах свыше 50 км. При этом следует ожидать, что большая часть топлива, содержащегося на этот момент в баках блока 2-й ступени, также сгорит, а незначительная часть попадет в атмосферу и будет подвержена рассеиванию под воздействием турбулентных потоков и разложению. Данное утверждение реально подкреплено последствиями произошедших на подобных образцах РКТ аварий.

Опасной ситуацией является падение аварийной РКН «Ангара-А5» в водные объекты. Наиболее опасна ситуация падения РКН в реку Емца, находящуюся в нескольких ста метрах от стартовой площадки. В результате попадания КРТ полной массы заправки РН, РБ и КА может быть загрязнено большое количество воды. В частности, объем загрязненной воды на уровне ПДК_{РХ} составит: по углеводородному горючему объем загрязненной воды может составить до 4 км³; по НДМГ – до 0,344 км³; по АТИН – до 278 тыс. м³, по гидразину – до 2,5 тыс. м³. Загрязненная вода р. Емца может попасть в воды р. Сев. Двина, крупнейшей реки Северо-Западного региона. В результате реализации такого сценария аварии следует говорить о чрезвычайной ситуации регионального масштаба. Последствия такой аварии могут проявляться в течение нескольких лет с момента аварии.

Моделировалась ситуация падения аварийной ракеты в реку Емца [1].

Для данной ситуации характерны следующие последствия:

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

- на расстоянии 3 км от места аварии - начало экстремально опасной ситуации наступит через 3,15 часа после начала аварии и продлится около 2,1 часа. При этом максимальное значение концентрации керосина РГ-1 составит 12,5 мг/л. В данном случае степень загрязнения воды характеризуется как экстремально высокая;

- на расстоянии 5 км от места аварии - начало экстремально опасной ситуации наступит через 6,04 часа после начала аварии и продлится около 0,6 часа. При этом максимальное значение концентрации керосина РГ-1 составит 10,4 мг/л, то есть степень загрязнения воды характеризуется как экстремально высокая;

- на расстоянии 10 км от места аварии - начало опасной ситуации наступит через 2 часа после начала аварии и продлится более 15 часов. При этом максимальное значение концентрации керосина РГ-1 составит 7,3 мг/л, то есть степень загрязнения характеризуется как высокая;

- на расстоянии 30 км от места аварии - начало опасной ситуации наступит через 25,2 часа после начала аварии и продлится 15,6 часов. При этом максимальное значение концентрации керосина РГ-1 составит 1,3 мг/л, то есть степень загрязнения характеризуется как высокая;

- на расстоянии 50 км от места аварии - начало опасной ситуации не наступит, так как максимальное значение концентрации керосина РГ-1 составит 0,5 мг/л (степень загрязнения не может характеризоваться как высокая и тем более экстремально высокая).

Расчеты проведены для следующих исходных данных:

- средняя глубина участка – 1,5 м;
- средняя ширина участка – 8 м;
- температура воды - 20°С
- средняя скорость течения реки на расчетном участке - 3 м/с;
- расход воды на расчетном участке – 36 м³/с.

Таким образом, аварийное падение РКН «Ангара-А5» в реку может привести к экстремально опасному загрязнению на протяжении до 10 км по течению реки, к высокому загрязнению – до 30 км по течению реки.

Однако вероятность возникновения такой ситуации крайне мала (менее 10⁻⁶), так как аварийная трасса полета РКН «Ангара-А5» проходит почти перпендикулярно направлению течения реки. Более того, предусмотренные мероприя-

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

тия по снижению последствий аварийных ситуаций в процессе полета РКН также позволяют снизить и без того малый уровень риска попадания заправленной РКН в реку Емца. В частности, в систему управления движением ракеты введен запрет на аварийное выключение двигателей в течение 30 сек. с момента старта. За это время в РКН «Ангара-А5» вырабатывается порядка 18% топлива, РКН поднимается на высоту порядка 4 км и падение аварийной РКН после 30 с полета уже происходит за р. Емца на удалении порядка 1 км от старта.

4.3.3 Оценка возможности выпадения КРТ на поверхность Земли в результате аварийных выбросов при полете РКН

При аварийных выбросах на высотах до 70-80 км керосин РГ-1 с большой вероятностью будет находиться в капельножидком состоянии; капли при падении будут дробиться и испаряться. Моделирование процессов поведения жидкостей (в частности керосина) на высотах свыше 80 км весьма затруднено. В первую очередь это связано с тем, что в случае выбросов керосина на данных высотах вследствие низкой температуры атмосферы следует ожидать быстрого замерзания капель РГ-1. Кроме того, при рассмотрении теплового баланса капли необходимо учитывать такой немаловажный фактор как поглощение каплей излучения от Солнца и Земли. Для этого необходимы такие параметры, которые отсутствуют в доступных литературных источниках (например, зависимость комплексного показателя преломления от длины волны, давление насыщенного пара керосина, находящегося в твердом состоянии, и т.д.).

В связи с этим ограничимся рассмотрением вопросов, связанных с оценкой возможности выпадения на поверхность Земли выбрасываемого керосина при аварийных ситуациях на высотах до 70 км.

Возможность выпадения на поверхность Земли капель жидкости, выбрасываемой на высотах до 70 км, определяется в основном двумя процессами – процессом испарения капель жидкости, а также процессами их движения в атмосфере.

Для оценки возможного выпадения керосина РГ-1 на поверхность Земли в результате аварийных выбросов при полете РН разработана модель, описывающая следующие физико-химические процессы: при падении в атмосфере капли жидкости неустойчивы и дробятся в результате колебаний, вызываемых,

в первую очередь, атмосферными турбулентными вихрями, а также гидродинамической неустойчивости. Кроме того, происходит испарение капли. Скорость испарения капель жидкости в атмосфере до высоты примерно 70 км лимитируется процессами диффузии. При этом размер капель зависит от физико-химических свойств жидкости и параметров окружающей атмосферы. Для определения скорости падения капель использовалось непосредственно уравнение движения капли [17]. Параметры насыщенного пара керосина (температуры, давления и плотности) рассчитывались в соответствии с методическими рекомендациями [9]. Расчеты были проведены для стандартной атмосферы (ГОСТ 4401-81).

Результаты расчета показали, что массивное загрязнение грунта и биоты керосином РГ-1 возможно в результате аварийного выброса на высотах менее 20 км. Это объясняется тем, что капли керосина, падающие с больших высот, не достигают поверхности Земли в результате дробления и испарения, а газообразное облако испарившихся токсичных веществ достаточно быстро будет рассеиваться под действием турбулентной диффузии и атмосферных ветров. Это свидетельствует о том, что диспергированное топливо, на высотах более 20 км превращенное в капли, испаряется и не попадает в приземные слои.

В случае аварийного выброса керосина на высоте 5 км поверхности Земли могут достигать только капли, начальный размер которых составляет более 1,25 мм, при выбросах на высоте 10 км – капли с начальным размером 1,5 мм, при выбросах на высоте 15 км – капли с начальным размером 2 мм; при выбросах на высоте 20 км – капли с минимальным начальным размером около 3 мм (см. рис. 4.9)

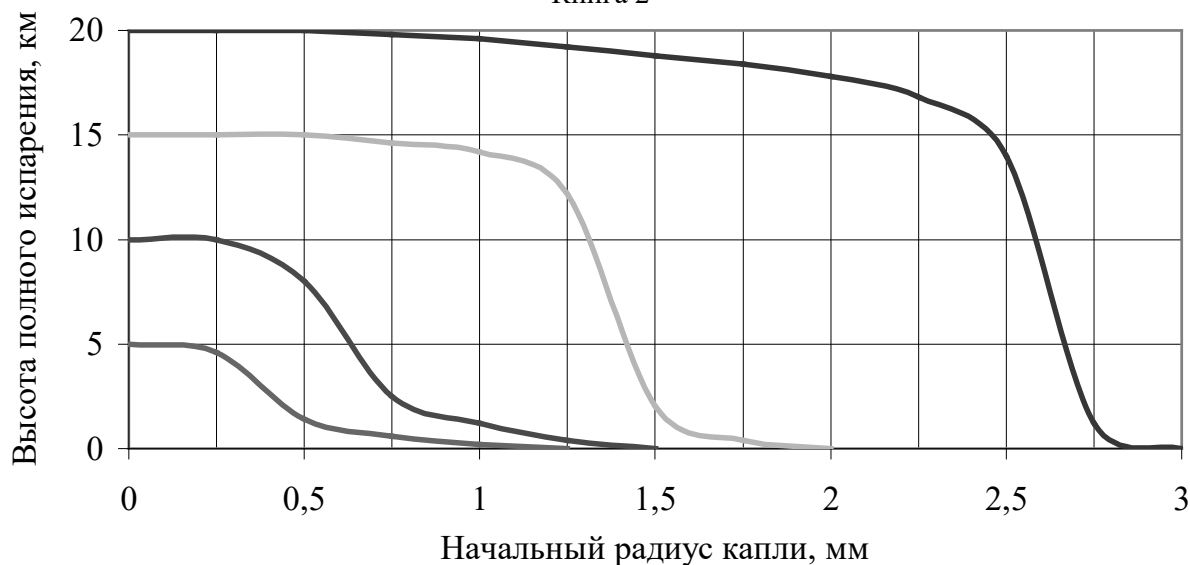


Рисунок 4.9 - Зависимость высоты испарения капель керосина РГ-1 различного размера от высоты аварийного выброса

В общем случае время оседания капель керосина в результате аварийных выбросов на высотах до 20 км может достигать нескольких суток. С учетом этого оседание капель может происходить на значительных расстояниях (до 1000 км) от места выброса. Зависимость оседающего на поверхность Земли количества РГ-1 от высоты выброса приведена на рис. 4.10.

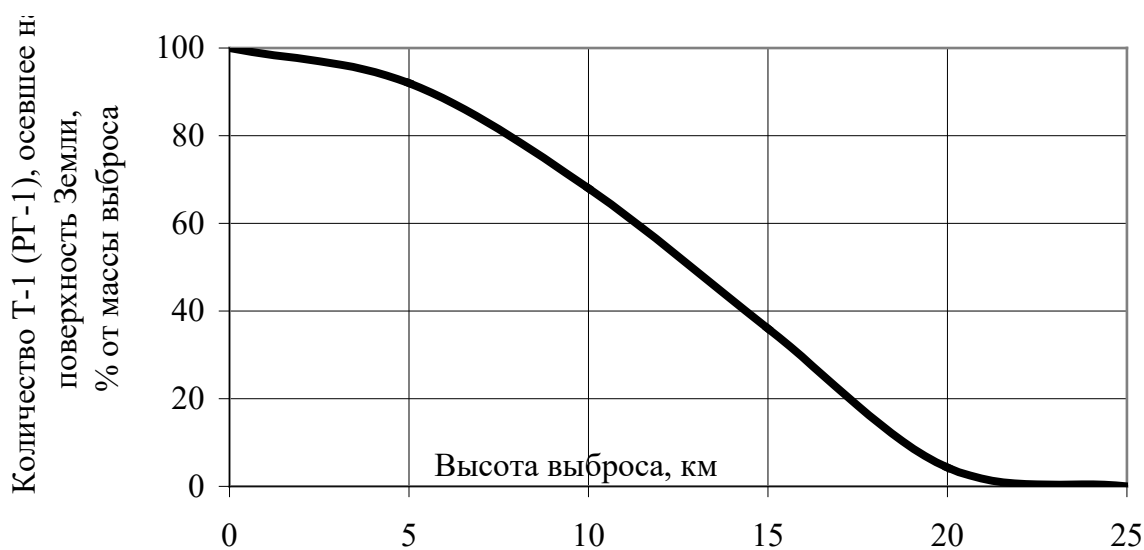


Рисунок 4.10 - Зависимость массы оседающего на поверхность Земли керосина от высоты аварийного выброса

4.4 Анализ безопасности трассы полета ракеты космического назначения при выведении космических аппаратов

В данном разделе приведены результаты оценки безопасности трассы полета РКН «Ангара-А5» при выведении КА. При подготовке раздела использовались результаты, полученные НТЦ «Экон ЦНИИМаш» в рамках ОКР «Комплекс-РП» [18].

Трассы пусков и прилегающие к ним территории являются зонами потенциальной опасности в связи с возможностью отказов РКН на всем активном участке полета и падения аварийных изделий или их фрагментов вдоль трасс на неотчужденные территории, где не принимаются меры безопасности.

Под **трассой пуска** понимается проекция траектории полета РКН на земную поверхность. Полагается, что при аварии ракета-носитель вместе с космической головной частью в целом или разрушенном состоянии падает на поверхность Земли вдоль трассы пуска. В результате влияния случайных факторов характеристики фрагментов и координаты точки (или точек) падения фрагментов РКН также являются случайными величинами.

Под **аварийной трассой** пуска понимается линия на поверхности Земли, образованная центрами группирования точек падения аварийной РН или ее фрагментов для различных моментов времени отказа или аварийного выключения двигателей (АВД).

Под **аварийной зоной трассы** понимается фигура на поверхности земли, вытянутая вдоль аварийной трассы и ограниченная левой и правой границами максимального (с заданной вероятностью) бокового разброса точек падения РН. Ширина аварийной зоны определяется нештатными ситуациями, приводящими к максимальному отклонению полёта РН в боковом направлении.

Учитывая отсутствие статистики по отказам РН «Ангара-А5», для оценки вероятностей аварий РН на характерных участках траектории выведения использовались результаты анализа статистики отказов отечественных ракет-носителей, которые показывают следующее:

1. Отказы различных систем, приводящие к аварии РКН, с определенной вероятностью, независимо от уровня отработанности изделия, могут возникнуть практически на любом отрезке активного участка. Это приводит к определенной вероятности падения аварийных РКН на любом участке по трассе полета.

2. Характер распределения отказов по времени работы первых и последующих ступеней различается несущественно: наибольшее количество в начале и конце работы, некоторое увеличение в сравнении со средним количеством отказов в конце первой половины времени работы ступени. Это может быть объяснено с точки зрения физической сущности явления и позволяет принять закон распределения отказов по времени работы одинаковым для всех ступеней.

3. На основе анализа статистики можно говорить о примерно равной статистической вероятности отказа каждой ступени в составе РКН.

Проектная вероятность безотказной работы на активном участке полета РКН составляет 0,993. Соответственно, за вероятность отказа принята величина, равная 0,007. Указанная вероятность отказа была распределена поровну между двумя ступенями, а внутри ступеней в соответствии со следующей пропорцией:

- 25% отказов приходятся на первые 10% времени работы ступени;
- 20% отказов приходятся на последние 10% времени работы ступени;
- остальные 55% отказов равномерно распределялись по оставшемуся времени работы ступени.

Плотность распределения риска аварийного исхода применения по времени полета РН «Ангара А5» приведена на рис. 4.11, а с учетом расчетной зависимости дальности падения аварийного изделия от времени отказа (см. рис. 4.12) плотность и функция распределения дальности падения аварийного изделия приведена на рис. 4.13.

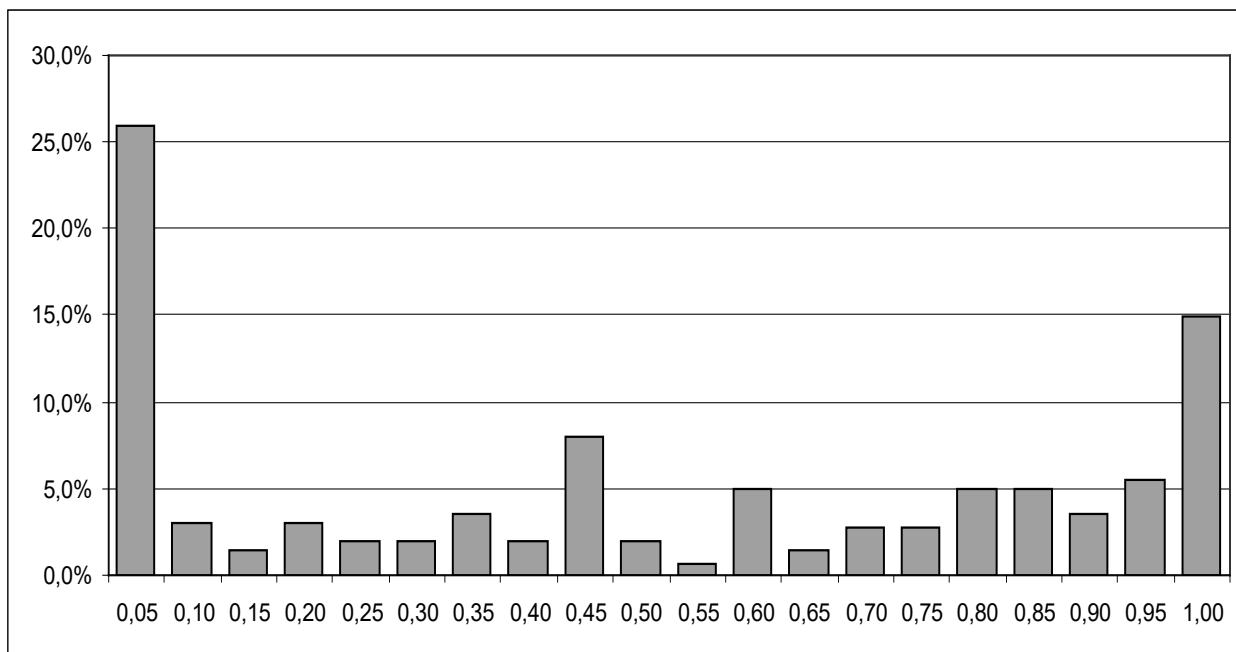


Рисунок 4.11 - Распределение распределения числа отказов по интервалам относительного времени полета (для «типовой» ступени РН)

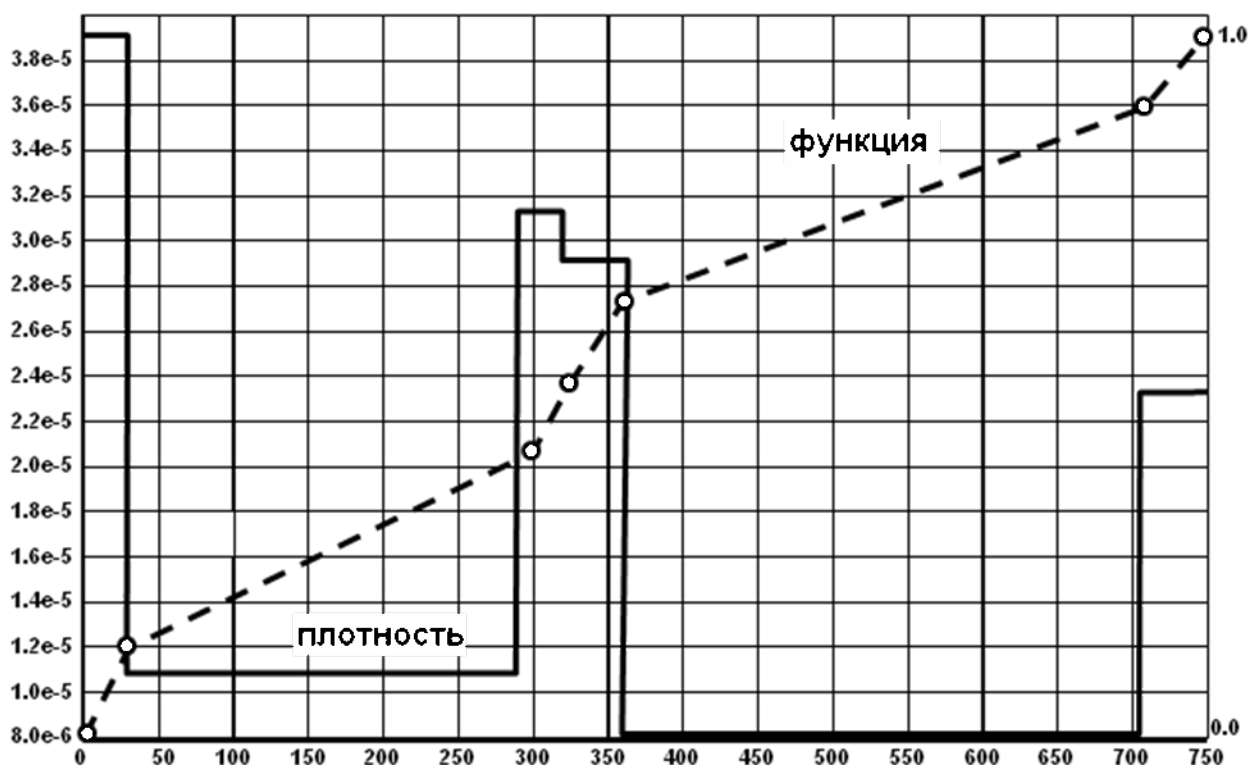


Рисунок 4.12 - Зависимости функции и плотности распределения отказов РН от времени полета

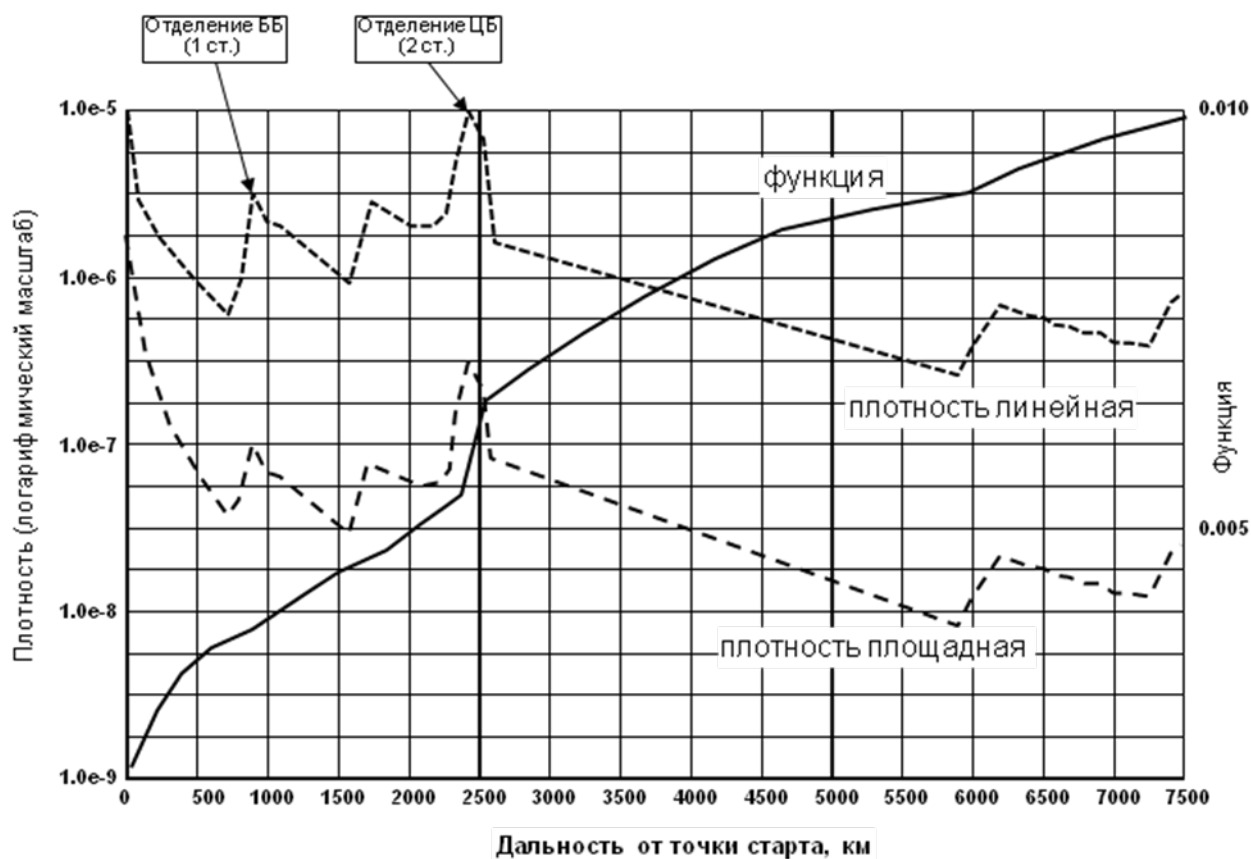


Рисунок 4.13 - Плотность и функция распределения отказов РКН по дальности от точки старта дальностей падения аварийной на участке работы 1-й ступени

Безопасность трассы пуска РН для единичного пуска оценивалась по следующим показателям:

- *вероятность падения РН или ее фрагментов на определенную территорию при возникновении аварии;*
- *максимальный потенциальный риск* - вероятность попадания в зону поражения аварийным изделием точечного объекта (человека), в случае его нахождения непосредственно на трассе пуска РН (нулевое боковое удаление от трассы);
- *вероятность падения аварийного изделия на конкретные наземные объекты* (населенные пункты и др.) с учетом их расположения относительно трассы и размеров;
- *индивидуальный риск в населенных пунктах* - вероятность попадания в зону поражения аварийным изделием человека, находящегося в конкретном населенном пункте.

Таблица 4.12 - Анализ сухопутных участков трассы полета РН «Ангара-А5»

| Удаление от старта, км | Наименование региона/ населенного пункта | Государство | Средняя плотность населения, чел/км ² |
|------------------------|------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|
| 191,7 | Архангельская обл. | Россия | 3,4 |
| 674,0 | Республика Коми | | 2,9 |
| 1413,4 | Ханты-Мансийский АО | | 2,6 |
| 2292,7 | Томская область | | 3,7 |
| 2962,1 | Красноярский край | | 1,3 |
| 3312,4 | Иркутская область | | 3,6 |
| 3421,1 | Республика Тыва | | 1,8 |
| 3608,5 | Республика Бурятия | | 3,9 |
| 3740,0 | Hovsgol | Монголия | 1,2 |
| 3972,6 | Bulgan | | 1,3 |
| 4095,1 | Selenge | | 2,5 |
| 4272,1 | Tov | | 9,3 |
| 4494,3 | Dundgovi | | 0,8 |
| 4714,2 | Dornogovi | | 0,6 |
| 5067,1 | Nei Mongol | Китай | 20,7 |
| 5322,7 | Shanxi | | 204,2 |
| 5507,8 | Hebei | | 362,7 |
| 5842,2 | Shadong | | 601,0 |
| 6233,8 | Anhui | | 444,0 |
| 6252,4 | Jiangsu | | 745,5 |
| 6508,6 | Shanghai | | 2466,4 |
| 6606,4 | Zhejiang | | 457,2 |
| 7287,6 | Okinawa | Япония | 557,4 |

В значительной степени безопасность трасс пусков любой РН определяется расположением конкретных населенных пунктов и других возможных объектов риска относительно трассы и районов падения отделяющихся частей.

В качестве основных поражающих факторов, представляющих угрозу населению или другим объектам, при полете РН в общем случае могут рассматриваться [9, 19]:

- *прямое попадание* аварийного изделия или его фрагментов;
- *воздействие ударной волны* при взрыве не разрушенного аварийного изделия с остатками компонентов топлива при ударе о землю;
- *воздействие токсичных остатков топлива* после падения аварийного изделия вследствие их пролива на землю и испарения.

В общем случае все эти факторы могут воздействовать совместно. Однако вероятность реализации, мощность и последствия воздействия каждого фактора во многом определяются условиями наступления отказа (высота, скорость, масса остатков компонентов топлива и другие параметры полета РН, причина отказа и др.), а также конкретными условиями в месте падения аварийного изделия.

Поскольку на участке работы второй ступени наиболее вероятным сценарием при аварии является разрушение РН (вследствие взрыва при аварии или разрушения при спуске из-за аэродинамических нагрузок), то для участка работы второй ступени в качестве основного поражающего фактора следует рассматривать прямое попадание аварийного изделия или его фрагментов.

Размеры зон поражения в точке падения рассчитывались в зависимости от массы невыработанных остатков топлива на момент отказа, их тротилового эквивалента и предельно-допустимой концентрации (ПДК) паров в воздухе. При этом предполагалось, что при падении аварийного изделия на землю до 80% остатков компонентов топлива взрываются и сгорают, а остальные – не смешиваясь, испаряются в воздухе.

В качестве расчетных случаев при определении границ зон поражения принимались:

- *для взрыва* – избыточное давление, приводящее к тяжелым баротравмам, возможно со смертельным исходом;
- *для воздействия продуктов испарения топлива* – зона с превышением предельно-допустимой концентрации (ПДК) паров компонентов топлива при полном их испарении без горения и самонейтрализации.

В качестве ПДК, превышение которой может представлять угрозу здоровью человека, принималась ПДК в воздухе рабочей зоны (ПДК_{РЗ}). Для компонентов топлива РН «Ангара-А5» (горючее – керосин и окислитель – жидкий

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

кислород) тротиловый эквивалент полагался равным 0,2 [9, 19], ПДК_{РЗ} – 300 мг/м³ (для керосина) [9].

Размеры зоны возможного разброса точек падения изделия (или его фрагментов) при аварии принимались, в первом приближении, пропорциональными размерам районов падения ОЧ РН в зависимости от расчетной дальности падения аварийного изделия.

Предполагалось, что величины продольного и бокового разбросов точек падения аварийного изделия подчиняются нормальному закону распределения. Расчеты показателей безопасности проводились ФГУП ЦНИИМаш и НТЦ «Экон ЦНИИМаш» [19, 20].

Картографический анализ трассы полета РКН «Ангара-А5» при выведении КА на орбиты наклоном $\sim 63^\circ$ показал, что трасса полета на участке работы первой и второй ступеней РКН проходит по территориям РФ, Монголии, Китая и Японии (см. табл. 4.12). Морские участки трассы проходят над акваториями Тихого океана (Восточно-Китайского и Филиппинского морей). Общая протяженность сухопутных участков трассы составляет ~ 6660 км, в том числе на территории РФ – 3640 км, территориях иностранных государств 3020 км.

Вдоль трассы в зоне возможного падения аварийной РКН на территории РФ расположено 412 населенных пунктов (НП) различных типов (см. табл. 4.13). Наиболее крупные населенные пункты (НП) РФ, расположенные вблизи трассы – города Красноярск (875,5 тыс. жителей), Нижневартовск (234 тыс. жит.), Ачинск (122 тыс. жит.) (см. табл. 4.14).

Также следует отметить высокую плотность населения на участках трассы, проходящим по территории Китая (от 200 до 2500 чел./км²), особенно в провинции Шанхай. Вблизи трассы расположен ряд крупных городов Китая.

Результаты расчета риска для наиболее крупных населенных пунктов, находящихся в аварийной зоне трассы выведения РКН «Ангара-А5», приведены в таблице 4.15.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

Таблица 4.13 - Распределение числа НП по типам по трассе полета РКН «Ангара-А5»

| Тип | Количество |
|--------------------------------------------|------------|
| Города с населением 50000 чел. и более | 3 |
| Города и ПГТ с населением менее 50000 чел. | 21 |
| Поселки в черте города | 3 |
| ПСТ с населением более 1000 чел. | 36 |
| ПСТ с населением менее 1000 чел. | 317 |
| Отдельные дворы (хутора) | 19 |
| Постоянные стоянки юрт и чумов | 2 |
| Прочие поселения | 11 |
| Общее количество | 412 |

Таблица 4.14 - Перечень наиболее крупных населенных пунктов РФ, находящихся в аварийной зоне трассы РКН «Ангара-А5»

| Удаление НП от точки старта, км | Наименование НП | Численность населения, тыс. чел. | Субъект РФ | Район |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|--------------|
| 621,2 | пгт Боровый | 2,2 | Республика Коми | Ухта |
| 646,4 | пгт Водный | 7,8 | | Ухта |
| 653,6 | пгт Ярега | 10,1 | | Ухта |
| 1270,2 | пгт Приобье | 7,7 | Ханты-Мансийский АО | Октябрьский |
| 1283,3 | пгт Андра | 2,2 | | Октябрьский |
| 1291,3 | пгт Октябрь- | 3,4 | | Октябрьский |
| 1624,1 | г.Лянторский | 32,2 | | Сургутский |
| 1690,2 | пгт Федоров- | 16,4 | | Сургутский |
| 1788,6 | г.Лангепас | 40,2 | | Нижневартов- |
| 1831,9 | пгт Высокий | 7,7 | | Нижневартов- |
| 1845,2 | г.Мегион | 41,5 | | Нижневартов- |
| 1870,9 | г.Нижневарто | 233,9 | | Нижневартов- |
| 1931,4 | г.Стрежевой | 42,9 | | Томская обл. |
| 2421,2 | пгт Белый Яр | 9,3 | Верхнекетский | |
| 2815,0 | Ачинск | 121,6 | Краснояр- | Ачинский |

| Удаление НП от точки старта, км | Наименование НП | Численность населения, тыс. чел. | Субъект РФ | Район |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------|---------------|
| 2856,5 | пгт Новочерночеренский | 4,0 | ский край | Козульский |
| 2878,2 | пгт Козулька | 8,9 | | Козульский |
| 2921,1 | пгт Памяти 13 борцов | 3,3 | | Емельяновский |
| 2951,8 | пгт Овсянка | 4,2 | | Березовский |
| 2959,3 | г.Красноярск | 875,5 | | Емельяновский |

Оценка суммарной вероятности падения аварийной РКН на территорию РФ при одном пуске составляет $4,9 \cdot 10^{-3}$ (77% возможных отказов). При этом вероятность падения на территорию Архангельской области и Республики Коми составляет $1,8 \cdot 10^{-3}$ (28% возможных отказов). Анализ данных, приведенных в таблице 4.16 показывает, что трасса на данном участке трассы (работа первой ступени РН) проходит по малонаселенным территориям со средней плотностью сельского населения (по районам) – $0,6 \dots 0,7$ чел./км². На начальном участке трассы, расположенном в Архангельской области жилые населенные пункты практически отсутствуют (за исключением участка трассы, пересекающего реку Северная Двина на удалении 85...105 км от точки старта). В республике Коми населенные пункты, попадающие в границы аварийной зоны трассы (всего 58 НП, из них 5 – ПГТ и города), группируются вдоль рек Вашка и Мезень, а также в междуречье рек Ижмы и Печоры. Наибольшее количество НП попадает в границы аварийной зоны трассы на участке работы 2-й ступени в Ханты-Мансийском АО (84 НП, из них 8 – ПГТ и города) и Красноярском крае (192 НП, из них 7 – ПГТ и города).

На удалении 2950 км аварийная зона трассы захватывает небольшой участок Красноярского водохранилища (~80 км²) и Красноярскую ГЭС. Кроме того, трасса проходит по территориям 3-х заповедников (см. табл. 4.17).

Таблица 4.15 - Результаты расчета риска для населенных пунктов, находящихся в аварийной зоне трассы выведения РКН «Ангара-А5»

| Населенный пункт | Численность населения, тыс.чел. | Дальность по трассе, км | Боковое удаление от следа трассы, км | Оценка рисков для поражающих факторов | | | | | |
|------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------------------|
| | | | | взрыв | | токсичность | | прямое попадание | |
| | | | | вероятность попадания НП в зону поражения | риск поражения | вероятность попадания НП в зону поражения | риск поражения | вероятность попадания НП в зону поражения | риск поражения |
| пгт БЛАГОЕВО | 3,5 | 375,7 | 15,5 | $1,4 \cdot 10^{-9}$ | $1,3 \cdot 10^{-10}$ | $9,5 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^{-11}$ | $9,4 \cdot 10^{-9}$ | $2,1 \cdot 10^{-11}$ |
| пгт МЕЖДУРЕЧЕНСК | 2,7 | 405,4 | 2,1 | $6,3 \cdot 10^{-8}$ | $6,3 \cdot 10^{-9}$ | $4,4 \cdot 10^{-8}$ | $8,7 \cdot 10^{-10}$ | $2,0 \cdot 10^{-8}$ | $4,6 \cdot 10^{-11}$ |
| пгт БОРОВОЙ | 2,2 | 621,3 | 12,6 | $2,9 \cdot 10^{-8}$ | $1,2 \cdot 10^{-9}$ | $2,4 \cdot 10^{-8}$ | $1,7 \cdot 10^{-10}$ | $3,0 \cdot 10^{-8}$ | $1,8 \cdot 10^{-11}$ |
| пгт ВОДНЫЙ | 8,8 | 647,0 | 18,8 | $6,7 \cdot 10^{-9}$ | $2,2 \cdot 10^{-10}$ | $5,6 \cdot 10^{-9}$ | $3,1 \cdot 10^{-11}$ | $5,02 \cdot 10^{-9}$ | $1,3 \cdot 10^{-11}$ |
| пгт ЯРЕГА | 10,1 | 654,0 | 10,4 | $4,1 \cdot 10^{-8}$ | $1,5 \cdot 10^{-9}$ | $3,3 \cdot 10^{-8}$ | $2,1 \cdot 10^{-10}$ | $1,64 \cdot 10^{-7}$ | $1,9 \cdot 10^{-11}$ |
| Г.УХТА | 107,4 | 661,8 | 25,2 | $8,3 \cdot 10^{-9}$ | $8,5 \cdot 10^{-11}$ | $7,7 \cdot 10^{-9}$ | $9,9 \cdot 10^{-12}$ | $5,46 \cdot 10^{-9}$ | $8,1 \cdot 10^{-12}$ |
| Г.СОСНОГОРСК | 31,5 | 670,0 | 28,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | $3,78 \cdot 10^{-10}$ | $5,2 \cdot 10^{-12}$ |
| Г.ЛЯНТОР | 32,2 | 1625,3 | 13,2 | | | | | $2,3 \cdot 10^{-8}$ | $1,4 \cdot 10^{-11}$ |
| пгт БЕЛЫЙ ЯР | 13,2 | 1693,5 | 29,1 | | | | | $2,1 \cdot 10^{-8}$ | $1,2 \cdot 10^{-11}$ |
| Г.СУРГУТ | 274,9 | 1701,3 | 27,4 | | | | | $2,05 \cdot 10^{-8}$ | $1,9 \cdot 10^{-11}$ |
| Г.ЛАНГЕПАС | 40,2 | 1789,1 | 7,2 | | | | | $9,1 \cdot 10^{-8}$ | $4,2 \cdot 10^{-11}$ |
| пгт ВЫСОКИЙ | 7,7 | 1832,3 | 14,6 | | | | | $1,5 \cdot 10^{-8}$ | $3,4 \cdot 10^{-11}$ |
| Г.МЕГИОН | 35,1 | 1846,4 | 0,6 | | | | | $3,16 \cdot 10^{-7}$ | $4,4 \cdot 10^{-11}$ |

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк. Книга 2

| Населенный пункт | Численность населения, тыс.чел. | Дальность по трассе, км | Боковое удаление от следа трассы, км | Оценка рисков для поражающих факторов | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------------|
| | | | | взрыв | | токсичность | | прямое попадание | |
| | | | | вероятность попадания НП в зону поражения | риск поражения | вероятность попадания НП в зону поражения | риск поражения | вероятность попадания НП в зону поражения | риск поражения |
| Г.НИЖНЕВАРТОВСК | 220,5 | 1880,3 | 11,3 | | | | | $1,65 \cdot 10^{-6}$ | $3,9 \cdot 10^{-11}$ |
| ПГТ БЕЛЫЙ ЯР | 9,3 | 2422,6 | 24,1 | | | | | $1,19 \cdot 10^{-8}$ | $7,3 \cdot 10^{-11}$ |
| Г.АЧИНСК | 121,6 | 2828,7 | 44,7 | | | | | $5,7 \cdot 10^{-9}$ | $3,3 \cdot 10^{-12}$ |
| ПГТ НОВОЧЕРНО-РЕЧЕНСКИЙ | 4,0 | 2857,3 | 21,8 | | | | | $2,21 \cdot 10^{-8}$ | $2,3 \cdot 10^{-11}$ |
| ПГТ КОЗУЛЬКА | 8,9 | 2879,2 | 19,5 | | | | | $4,43 \cdot 10^{-8}$ | $2,3 \cdot 10^{-11}$ |
| Г.ДИВНОГОРСК | 33,4 | 2942,0 | 1,2 | | | | | $1,07 \cdot 10^{-7}$ | $3,8 \cdot 10^{-11}$ |
| ПГТ ОВСЯНКА | 4,2 | 2951,7 | 7,0 | | | | | $1,4 \cdot 10^{-7}$ | $3,4 \cdot 10^{-11}$ |
| Г. КРАСНОЯРСК | 875,5 | 2959,5 | 20,9 | | | | | $4,03 \cdot 10^{-7}$ | $2,9 \cdot 10^{-11}$ |

Таблица 4.16 - Показатели безопасности для участков трассы полета РН «Ангара-А5», проходящих по территории РФ

| Субъект РФ | Вероятность падения аварийной РН на территорию региона | | Средняя плотность населения, чел./км ² | Число НП | | Число жителей, тыс.чел. |
|---------------------|--------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|----------|--------------|-------------------------|
| | абсолютная | относительная, % | | Всего | ПГТ и города | |
| Архангельская обл. | $1,38 \cdot 10^{-3}$ | 21,87 | 3,4 | 18 | 0 | – |
| Республика Коми | $4,39 \cdot 10^{-4}$ | 6,96 | 2,9 | 58 | 5 | 24 |
| Ханты-Мансийский АО | $7,74 \cdot 10^{-4}$ | 12,27 | 2,6 | 84 | 8 | 385 |
| Томская обл. | $1,45 \cdot 10^{-3}$ | 22,98 | 3,7 | 48 | 2 | 52 |
| Красноярский край | $5,20 \cdot 10^{-4}$ | 8,24 | 1,3 | 192 | 7 | 1018 |
| Иркутская обл. | $1,09 \cdot 10^{-4}$ | 1,73 | 3,6 | 0 | 0 | – |
| Республика Тыва | $9,73 \cdot 10^{-5}$ | 1,54 | 1,8 | 0 | 0 | – |
| Республика Бурятия | $1,08 \cdot 10^{-4}$ | 1,71 | 3,9 | 12 | 0 | – |
| Всего по трассе: | $4,88 \cdot 10^{-3}$ | | | 412 | 22 | 1479 |

Таблица 4.17 - Оценка вероятности падения аварийной РКН на территории заповедников

| Удаление от старта, км | Вероятность падения | Наименование |
|------------------------|----------------------|-----------------|
| 924,2 | $2,44 \cdot 10^{-5}$ | Печоро-Илычский |
| 2975,2 | $1,19 \cdot 10^{-5}$ | Столбы |
| 3254,7 | $5,38 \cdot 10^{-5}$ | Саянский |

Оценки максимальной вероятности (риска) попадания в зону поражения для точечных объектов, расположенных на трассе (нулевое боковое отклонение), показаны на рис. 4.14. Максимальный риск для точечных объектов не превышает значения $\sim 1 \cdot 10^{-6}$ практически для всей трассы, за исключением короткого участка вблизи точки старта.

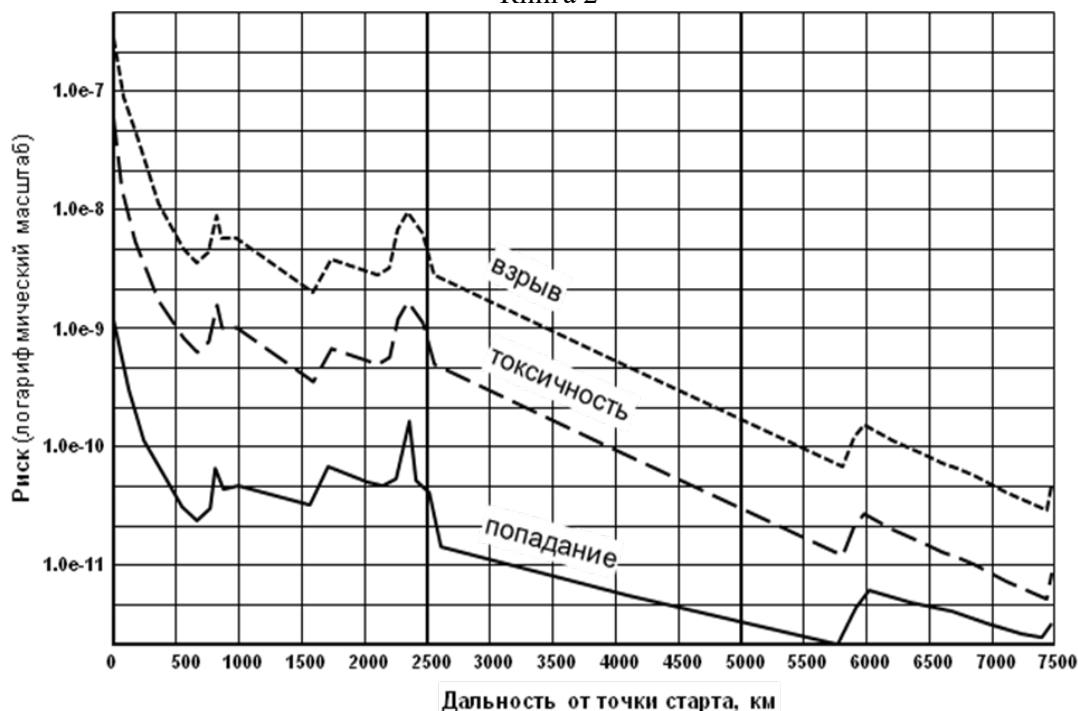


Рисунок 4.14 - Зависимость потенциального индивидуального риска от различных факторов по трассе полета РКН «Ангара-А5»

Максимальные значения уровней риска для населения, проживающего в населенных пунктах, расположенных вдоль рассматриваемой трассы при аварии РКН, по фактору поражения от взрыва не превышает $\sim 1 \cdot 10^{-7}$, а по фактору поражения фрагментами в основном менее $\sim 1 \cdot 10^{-6}$.

Трасса РН «Ангара А5» наклонение $\sim 63^\circ$ на первом полувитке проходит по территориям Монголии и Китая и островам Японии. Общая протяженность сухопутных участков трассы на территориях иностранных государств составляет для активного участка полета 3-й ступени РН ~ 3020 км.

Оценка вероятности падения фрагментов 3-й ступени РН и КА в случае аварии (в предположении достижения ими поверхности Земли) на территории иностранных государств при одном пуске составляет $\sim 1,1 \cdot 10^{-3}$ ($\sim 18\%$ от суммарной вероятности). По территориям Монголии и Китая эта вероятность распределена приблизительно поровну, для территории Японии вероятность падения пренебрежимо мала. На территории Китая трасса проходит по ряду регионов с высокой средней плотностью населения ($200 \dots 745$ чел./км²), захватывая территорию мегаполиса Шанхай со средней плотностью населения 2500 чел./км².

Максимальные оценки потенциального риска для населения (в случае нахождения человека непосредственно на трассе полета) для различных поражающих факторов не превышают $\sim 1,0 \cdot 10^{-10}$.

Опыт эксплуатации отечественных средств выведения КА показывают, что после входа в плотные слои атмосферы, как правило, наблюдается разрушение конструкции верхних ступеней, выгорание остатков топлива и падение отдельных фрагментов ступени по трассе полета на поверхность земли. В связи с этим, для участков трассы на территориях иностранных государств в качестве основного можно принять фактор поражения от прямого попадания фрагментов конструкции РН и КА. Учитывая это, для рассматриваемых участков трассы в качестве наиболее реальной оценки потенциального риска для населения можно принять величину $\sim 10^{-10}$.

Максимальные оценки вероятностей попадания фрагментов РКН на территорию наиболее крупных НП иностранных государств не превышают $\sim 4,0 \cdot 10^{-6}$, рисков для населения, проживающего в НП на территориях иностранных государств $\sim 10^{-11}$.

Таким образом, на всем протяжении рассматриваемой трассы максимальный индивидуальный риск не превышает уровень приемлемого риска (10^{-6}), не требующего принятия дополнительных мер обеспечения безопасности. Максимальные риски по трассе полета РКН «Ангара-А5» ниже фоновых уровней рисков для территории РФ. Анализ статистических данных показывает, что фоновый уровень риска для территории РФ близок к 10^{-3} (см. табл. 4.18).

Для сравнения в табл. 4.19 приведены полученные американскими и отечественными специалистами оценки вероятности получения смертельной травмы в различных отраслях производства.

Для количественной оценки рисков вводятся следующие понятия [21]:

- индивидуальный риск – частота (вероятность) поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий;
- коллективный риск – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени;
- социальный риск – зависимость частоты (вероятности) возникновения событий, состоящих в поражении определенного числа людей, подвергшимся поражающим воздействиям, от числа этих людей.

Таблица 4.18 - Данные по фоновому уровню техногенного риска в РФ

| Факторы риска | Риск ежегодного смертельного исхода |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Неестественные причины на территории РФ, в том числе: | $(1,0-1,7) \cdot 10^{-3}$ |
| гибель от подвижного состава | $1,6 \cdot 10^{-4}$ |
| гибель в ДТП в Московской области | $2,7 \cdot 10^{-4}$ |
| гибель персонала на опасном производстве | $1,9 \cdot 10^{-5}$ |
| гибель населения от чрезвычайных природных ситуаций | $1,2 \cdot 10^{-6}$ |
| гибель населения от техногенной сферы | $2,4 \cdot 10^{-6}$ |
| гибель в авиакатастрофе: - на самолете компании «Аэрофлот» - на самолете компании «Боинг» | $8 \cdot 10^{-7}$ $4,3 \cdot 10^{-7}$ |

Таблица 4.19 - Оценка риска смертельного исхода в течение года для представителей различных профессий

| Профессия (отрасль производства) | Риск смертельного исхода | Степень возрастания риска по сравнению со стихийным бедствием |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <i>По данным исследований, проводившихся в США</i> | | |
| Пилот военного вертолета (максимальный риск) | $3,0 \cdot 10^{-2}$ | 3000,0 |
| Пилот самолета-истребителя | $2,5 \cdot 10^{-2}$ | 2500,0 |
| Летчик-испытатель | $2,0 \cdot 10^{-2}$ | 2000,0 |
| Механизатор в сельском хозяйстве | $9,0 \cdot 10^{-3}$ | 900,0 |
| Верхолаз | $8,0 \cdot 10^{-3}$ | 800,0 |
| Космонавт | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | 500,0 |
| Пилот самолета-бомбардировщика | $3,0 \cdot 10^{-3}$ | 300,0 |
| Пилот пассажирского самолета (максимальный риск) | $2,0 \cdot 10^{-3}$ | 200,0 |
| Водитель автомобиля (при пробеге не менее 20 тыс.км в год) | $8,0 \cdot 10^{-4}$ | 80,0 |
| Пилот пассажирского самолета (нормальный риск) | $6,0 \cdot 10^{-4}$ | 60,0 |
| Рабочий-строитель | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | 50,0 |
| Пожарный | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | 20,0 |

| Профессия (отрасль производства) | Риск смертельного исхода | Степень возрастания риска по сравнению со стихийным бедствием |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Промышленный рабочий | $9,0 \cdot 10^{-5}$ | 9,0 |
| Стихийное бедствие | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | 1,0 |
| <i>По данным исследований, проводившихся в Архангельской области</i> | | |
| Сельское хозяйство | $4,7 \cdot 10^{-4}$ | 46,6 |
| Лесозаготовительная | $4,3 \cdot 10^{-4}$ | 43,0 |
| Деревообрабатывающая | $2,7 \cdot 10^{-4}$ | 27,4 |
| Строительство | $2,0 \cdot 10^{-4}$ | 19,6 |
| Целлюлозно-бумажная | $1,8 \cdot 10^{-4}$ | 17,7 |
| Электроэнергетика | $4,8 \cdot 10^{-5}$ | 4,8 |
| В среднем по области | $1,6 \cdot 10^{-4}$ | 16,2 |

При этом в ряде стран критерии допустимости риска задаются директивно. Так, например, в Нидерландах максимально допустимое значение индивидуального риска гибели человека составляет 10^{-6} год⁻¹, социального - 10^{-5} год⁻¹.

В России в соответствии со стандартом [10] пожарная безопасность технологических процессов считается безусловно выполненной, если для населения индивидуальный риск меньше 10^{-8} год⁻¹, и является недопустимой, если индивидуальный риск больше 10^{-6} год⁻¹. В то же время, фактический уровень гибели при пожаре в России в настоящее время составляет $1,3 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹ [22].

Критерии допустимости риска в зависимости от социального и материального ущерба при реализации опасности в соответствии с рекомендациями нормативных документов МЧС России и Ростехнадзора [21, 23] приведены в табл. 4.20, 4.21 соответственно. Указанные в данных таблицах критерии использованы для оценки безопасности трасс запусков РКН и РП ОЧ РН.

В таблицах 4.20, 4.21 используются следующие обозначения зон:

- зона 1 - зона неприемлемого риска, необходимы неотложные меры по уменьшению риска;
- зона 2- зона жесткого контроля, необходима оценка целесообразности мер по уменьшению риска;

- зона 3 - зона приемлемого риска, нет необходимости в мероприятиях по уменьшению риска.

Таблица 4.20 - Критерии уровней риска в зависимости от социального ущерба при реализации опасности

| Вероятность реализации опасности в год | Тяжесть последствий | | | | |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| | Погибло более одного человека, имеются пострадавшие | Погиб один человек, имеются пострадавшие | Погибших нет, имеются серьезно пострадавшие | Серьезно пострадавших нет, имеются потери трудоспособности | Лиц с потерей трудоспособности нет |
| > 1 | 1 | | | | |
| 1- 10 ⁻¹ | | | | | |
| 10 ⁻¹ - 10 ⁻² | 2 | | | 3 | |
| 10 ⁻² - 10 ⁻³ | | | | | |
| 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴ | 3 | | | | |
| 10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵ | | | | | |
| 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶ | | | | | |

Таблица 4.21 - Критерии уровней риска в зависимости от материального ущерба при реализации опасности

| Вероятность реализации опасности в год | Материальный ущерб, МРОТ | | | | |
|----------------------------------------|--------------------------|--------------|------------|----------|-----------|
| | Более 200000 | 20000-200000 | 2000-20000 | 200-2000 | Менее 200 |
| > 1 | 1 | | | | |
| 1- 10 ⁻¹ | | | | | |
| 10 ⁻¹ - 10 ⁻² | 2 | | | 3 | |
| 10 ⁻² - 10 ⁻³ | | | | | |
| 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴ | 3 | | | | |
| 10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵ | | | | | |
| 10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶ | | | | | |

Примечание: МРОТ – минимальный размер оплаты труда, установленный законодательством Российской Федерации

Очевидно, что проведение пусков РН не должно приводить к значительному увеличению рисков для населения, персонала и объектов наземной инфраструктуры в сравнении с фоновым или общепринятым уровнем. В качестве шкалы приемлемости уровней рисков можно принять значение фактического риска в современных условиях в Российской Федерации от всех причин соответствующее $1,4 \cdot 10^{-2}$ (см. табл. 4.22) [24].

Таблица 4.22 - Данные по уровню риска смертельного исхода в РФ [24]

| Факторы риска смертельного исхода | Риск ежегодного смертельного исхода |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Все причины | $1,4 \cdot 10^{-2}$ |
| из них: | |
| некоторые инфекционные и паразитарные болезни | $2,4 \cdot 10^{-4}$ |
| новообразования | $2,1 \cdot 10^{-3}$ |
| болезни системы кровообращения | $8,1 \cdot 10^{-3}$ |
| болезни органов дыхания | $5,2 \cdot 10^{-4}$ |
| болезни органов пищеварения | $6,4 \cdot 10^{-4}$ |
| Внешние причины | $1,5 \cdot 10^{-3}$ |
| из них: | |
| случайные отравления алкоголем | $1,3 \cdot 10^{-4}$ |
| все виды транспортных несчастных случаев | $2,0 \cdot 10^{-4}$ |
| из них дорожно-транспортные происшествия | $1,4 \cdot 10^{-4}$ |
| самоубийства | $2,3 \cdot 10^{-4}$ |
| убийства | $1,3 \cdot 10^{-4}$ |
| стихийное бедствие | $1,0 \cdot 10^{-5}$ |

Оценка риска получения травм и гибели в течение года по видам экономической деятельности в Российской Федерации приведена в табл. 4.23.

Таблица 4.23 - Оценка риска получения травм и гибели в течение года по видам экономической деятельности [24]

| Виды экономической деятельности | Риск получения травмы и гибели | Риск гибели |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство | $3,6 \cdot 10^{-3}$ | $1,72 \cdot 10^{-4}$ |
| Добыча полезных ископаемых | $3,0 \cdot 10^{-3}$ | $2,74 \cdot 10^{-4}$ |
| Обрабатывающие производства | $2,9 \cdot 10^{-3}$ | $7,2 \cdot 10^{-5}$ |
| Производство и распределение электроэнергии, газа и воды | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | $8,9 \cdot 10^{-5}$ |
| Строительство | $3,0 \cdot 10^{-3}$ | $2,34 \cdot 10^{-4}$ |
| Транспорт и связь | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | $8,6 \cdot 10^{-4}$ |
| Всего | $2,2 \cdot 10^{-3}$ | $9,4 \cdot 10^{-5}$ |

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Рассмотренная трасса полета РН «Ангара-А5» с космодрома Плесецк для выведения КА на орбиты наклонением $\sim 63^\circ$ на участке работы первой и второй ступеней проходит по территориям РФ, Монголии, Китая. Морские участки трассы проходят по акватории Тихого океана, захватывая отдельные острова Японии. Общая протяженность сухопутных участков трассы на первом полувитке составляет ~ 6660 км, в том числе на территории РФ ~ 3640 км, на территориях иностранных государств ~ 3020 км.

2. На участке работы 1-й ступени РКН трасса проходит по малонаселенным территориям Архангельской области и Республики Коми со средней плотностью сельского населения $0,6 \dots 0,7$ чел./км², жилые населенные пункты практически отсутствуют. Наибольшее количество населенных пунктов попадает в границы аварийной зоны трассы на участке работы 2-й ступени в Ханты-Мансийском АО (84 НП, из них 8 – пгт и города) и Красноярском крае (192 НП, из них 7 – пгт и города). В том числе, в аварийную зону трассы попадают крупные и большие города: г. Красноярск (876 тыс. жит.), г. Нижневартовск (234 тыс. жит.), г. Ачинск (122 тыс. жит.) и некоторые другие.

3. При принятом показателе надежности оценка суммарной вероятности падения аварийной РКН на территорию РФ при одном пуске составляет $\sim 5 \cdot 10^{-3}$ (~ 77 % возможных отказов). Оценка вероятности падения фрагментов РН и КА в случае аварии (в предположении достижения ими поверхности Земли) на территории иностранных государств (Монголии и Китая) при одном пуске составляет $\sim 1 \cdot 10^{-3}$ (18 % отказов).

4. Максимальные значения уровней риска для населения, проживающего в населенных пунктах, расположенных вдоль рассматриваемых трасс при аварии РН на территории РФ, при заявленном уровне надежности не превышает $\sim 1 \cdot 10^{-3}$ по фактору поражения от взрыва, по фактору поражения фрагментами – в основном менее $\sim 1 \cdot 10^{-6}$. Максимальная оценка риска для населения, проживающего в НП вдоль трассы пуска на территориях иностранных государств, не превышает 10^{-10} , вероятность попадания фрагментов на территории НП не превышает 10^{-6} .

5. Анализ размещения промышленных объектов с повышенной опасностью в соответствующих регионах РФ показал, что из всех рассмотренных объектов на минимальном удалении от трассы пусков РН «Ангара-А5» на наклонение $\sim 63^\circ$ потенциально находятся Сосногорский ГП ЗАО «Севергазпром» (РАО «Газпром»), АО «Красноярский завод синтетического каучука» и Красноярская ГЭС. Оценка вероятности падения фрагментов аварийного изделия (активный участок полета второй ступени) на данные объекты не превышает $\sim 5 \cdot 10^{-8}$.

6. В целом оценки рисков для населения при одном пуске РН и при условии подтверждения заявленной надежности находятся на приемлемом уровне. В то же время, следует еще раз отметить наличие ряда крупных и больших населенных пунктов (г. Красноярск, г. Нижневартовск и др.) и значительное число жителей (более 1,5 млн. чел.), расположенных в аварийной зоне трассы, высокую плотность населения на участке трассы, проходящем по территории Китая.

4.5 Анализ экологических последствий возможных орбитальных взрывов космического аппарата

Количество частиц космического мусора и их распределение в околоземном космическом пространстве определяют вероятность повреждения активных КА. В свою очередь, потенциальная возможность столкновения активного КА с частицами космического мусора предопределяют дополнительное увеличение группировки «космического мусора». В связи с этим основным показателем воздействия «космического мусора» на качество функционирования КА и наоборот, воздействия КА на увеличение общей популяции «космического мусора», является вероятность столкновения КА с частицами «космического мусора» или число столкновений с частицами космического мусора.

Число столкновений зависит от концентрации частиц в пространстве вдоль траектории движения космического средства, от продолжительности нахождения КА в той или иной области засоренного пространства, от скорости движения частиц относительно аппарата, и, наконец, от формы конструкции. Последний тезис подтверждается, например, таким случаем: поток частиц «космического мусора» через громадную солнечную батарею может оказаться нулевым, если указанная конструкция расположена торцом к вектору скорости относительного сближения всех частиц с аппаратом.

При этом, как уже отмечалось выше, под «опасными» частицами понимаются частицы «космического мусора», имеющие характерные размеры в диапазоне 0,1-1,0 см. Связано это с тем, что пространственное распределение крупных фрагментов (с характерным размером более 1 см) в настоящее время достаточно хорошо изучено в связи с возможностью их регистрации радиолокационными средствами. Поэтому данный факт особо учитывают при выборе рабочих орбит функционирования КА, так как при столкновении с крупными фрагментами наиболее вероятным исходом для КА будет полное разрушение конструкции. Напротив, мелкие частицы в настоящее время практически не могут быть зарегистрированы, а потому их распределение получают с теоретическими методами. Кроме того, при столкновении с мелкими частицами можно говорить о частных повреждениях КА или бортовых систем. В связи с этим повреждение КА в результате столкновения с мелкими частицами космического

мусора носит вероятностный характер и во многом зависит от значения вероятности столкновения.

Столкновение с частицами «космического мусора» может привести к повреждению КА или орбитальному взрыву. Орбитальные взрывы являются мощным источником частиц и фрагментов космического мусора. Особенностью орбитального взрыва является образование множества частиц и фрагментов космического мусора, которые первоначально концентрируются в эллипсоидальной области, движущейся по орбите взорвавшегося объекта. Затем происходит распределение объектов вдоль всей орбиты взорвавшегося КА. Наконец, через 1-4 года облако взрывных фрагментов распределяется практически равномерно по географической долготе в диапазоне географических широт, которые по величине не превосходят наклона плоскости орбиты взорвавшегося КА к плоскости экватора Земли [25]. В результате взрыва образовавшиеся фрагменты получают некоторое приращение скорости, которое изменяет величину наклона плоскостей их орбит к плоскости экватора Земли. При взрыве объектов приращения скорости, как правило, редко превышают 0,5-1,0 км/с, причем ориентация этих приращений случайна, что также уменьшает вероятность большого изменения величины наклона плоскостей орбит взрывных фрагментов в их совокупности.

Так, например, с 1990 по 1993 г. в ОКП произошло одиннадцать взрывов (из них восемь взрывов с верхними ступенями РН и РБ). Примечательно, что опасность взрывов сохраняется довольно долго. Например, разгонный блок «Titan 3с Transtage» был запущен в 1968 г., а разрушился в результате взрыва в 1992 г. Таким образом, срок пассивного нахождения объекта в ОКП не играет роли с точки зрения возможности возникновения взрыва.

В общем случае КА представляет собой сложную конструкцию разнесенных в пространстве оболочек, экранов, жгутов, приборов и т. д. и оценивать масштаб разрушения изделия, основываясь только на величине внесенной в конструкцию энергии, было бы некорректно. Картина высокоскоростного взаимодействия осколка с изделием будет выглядеть следующим образом. При скоростях удара более 10 км/с образуется мощная ударная волна (давление во фронте может достигать единиц Мбар). Вещество ударника и преграды в области контакта плавится и может частично испаряться в волне разгрузки. Однако линейный размер разрушаемой ударом области составляет 3—10 размеров

ударника (т. е. составляет ~ 10 см). На больших расстояниях от места контакта ударные волны затухают, разгружаясь на свободной поверхности, и уже не вызывают разрушений элементов конструкции КА. В сторону, противоположную направлению удара, выбрасывается часть материала преграды, по массе в несколько раз превышающая массу осколка. Это в основном мелкие (менее 0,1 см) частицы, хотя могут откалываться и более крупные. Мелкие осколки непосредственной опасности для других объектов РКТ практически не представляют, однако их следует учитывать при исследовании эрозионного воздействия мелких частиц на объекты в космосе.

Эффект полного разрушения изделия при соударении с осколком будет наблюдаться в случае, если осколок малых размеров (~ 1 см) попадет в топливный отсек КА и произойдет возгорание (и как следствие объемный взрыв) топлива, либо в случае, если размер осколка будет сравним с размером КА. В качестве примера, характеризующего масштаб разрушения элементов конструкций изделий ракетно-космической техники при попадании в них частиц «космического мусора», можно привести следующий факт: теплозащитное покрытие КА «Солар макс» площадью 2 м^2 после четырехлетнего пребывания на орбите высотой 570 км имело 1900 сквозных отверстий и выбоин диаметром от 40 до 300 мкм.

Сейчас известны около 20 тыс. обломков «космического мусора», и предсказать столкновение с одним из них почти невозможно.

В качестве примеров ниже приводятся сведения о зафиксированных фактах столкновения космических аппаратов с «космическим мусором».

В 1983 году маленькая песчинка (менее 1 мм в диаметре) оставила серьёзную трещину на иллюминаторе «Шаттла».

В период с 1990 г. по 1993 г. в околоземном космическом пространстве произошло одиннадцать взрывов (из них восемь взрывов с верхними ступенями РН и РБ). В качестве примера: 1 мая 1991 года взорвался спутник «Nimbus-6», находившийся на орбите 16 лет. В результате взрыва образовалось 400 обломков с перигеем орбиты ниже 800 км и апогеем свыше 4000 км. Теперь 80% всех искусственных объектов в окрестностях Земли проходят через это растекающееся облако «космического мусора». Опасность взрывов объектов космической техники сохраняется достаточно долго.

В июле 1995 года был запущен французский спутник-шпион «Сепзе», который предназначался для ведения радиоперехвата переговоров, ведущихся в диапазонах 500 МГц и 20 ГГц в течение 2,5 лет. Однако в августе 1996 г. станция слежения при Университете графства Серей в Великобритании (Гилфорд) обнаружила, что спутник внезапно сошел с орбиты высотой около 660 км и начал кувыркаться. Было установлено, что космический аппарат столкнулся с фрагментом третьей ступени французской ракеты «Ariane», запущенной еще 10 лет назад. Обломок двигался со скоростью около 8,3 км/с по той же орбите, что и французский спутник. В результате столкновения выносная штанга, стабилизирувавшая спутник в полете, разрушилась, космический аппарат потерял управление и перешел на низкую орбиту.

В 2001 году МКС едва не столкнулась с семикилограммовым прибором, утерянным американскими астронавтами.

29 марта 2006 года произошла авария спутника «Экспресс-АМ11»: в результате внешнего воздействия «космического мусора» произошла разгерметизация жидкостного контура системы терморегулирования. Космический аппарат получил значительный динамический импульс, потерял ориентацию в пространстве и начал неконтролируемое вращение. Учитывая угрозу полной потери управляемости, спутник был выведен на орбиту захоронения.

11 января 2007 г. на высоте 865 км китайская ракета уничтожила отработавший свой срок китайский спутник «Фэнъюнь», столкнувшись с ним встречным курсом. В результате появилось более 2000 новых обломков размером в несколько сантиметров и более, то есть, засорённость космоса поднялась сразу на 22 %.

20 февраля 2008 г. на высоте 250 км американская ракета SM-3 из-за опасности рассекречивания уничтожила неисправный КА разведки, имеющий в баках около 400 кг гидразина. Большинство осколков сгорели в плотных слоях атмосферы.

10 февраля 2009 года на высоте около 790 километров коммерческий спутник американской компании спутниковой связи «Iridium», выведенный на орбиту в 1997 году, случайно столкнулся с военным российским спутником связи «Космос-2251», запущенным в 1993 году и выведенным из эксплуатации в 1995 году. В результате столкновения образовалось около 600 обломков, большая часть которых останется на прежней орбите.

Космический аппарат военного назначения «Космос-2421» был запущен 25 июня 2006 года с космодрома Байконур с помощью ракеты-носителя «Циклон-2». КА «Космос-2421» находился в режиме активного функционирования около 2 лет. За это время запланированная программа его полета была полностью выполнена. В феврале 2008 г. после отключения бортовой аппаратуры «Космос-2421» в установленном порядке был выведен из эксплуатации и переведен в категорию недействующих космических аппаратов. Проведенный анализ информации, полученной от средств системы контроля космического пространства (СККП), показал, что КА частично разрушен. Наиболее вероятный механизм разрушения - частичное мелкофрагментное разрушение солнечной батареи, возможно от столкновения с каким-либо малоразмерным космическим объектом. По состоянию на 20 марта 2009 г. на околоземных орбитах сопровождалось около 30 фрагментов данного КА. По имеющимся данным сгорание КА «Космос-2421» в плотных слоях атмосферы произошло в конце 2009 года.

С целью оценки воздействия КА на засорение ОКП в ходе функционирования были выполнены расчеты по количеству столкновений КА с частицами космического мусора различного размера (от 0,1 см до более 20 см) на орбите функционирования КА.

В табл. 4.24 представлены расчетные значения количества и вероятности КА с космическими объектами различных размеров в процессе функционирования на целевой орбите.

Таблица 4.24 - Количество и вероятность столкновений КА с космическими объектами различных размеров в процессе функционирования на целевой орбите

| | Диапазон размеров космических объектов (см) | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 0,1–0,25 | 0,25–0,5 | 0,5–1,0 | 1,0–2,0 | 2,0–4,0 | 4,0–8,0 | 8,0–20 | > 20 |
| Количество столкновений | $8,4 \cdot 10^{-2}$ | $5,7 \cdot 10^{-3}$ | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | $3,9 \cdot 10^{-4}$ | $5,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,5 \cdot 10^{-5}$ | $9,6 \cdot 10^{-6}$ | $9,7 \cdot 10^{-6}$ |
| Вероятность столкновений | $8,1 \cdot 10^{-2}$ | $5,7 \cdot 10^{-3}$ | $1,3 \cdot 10^{-3}$ | $3,9 \cdot 10^{-4}$ | $5,0 \cdot 10^{-5}$ | $2,5 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ |

Анализ результатов расчетов, представленных в табл. 4.24, показывает, что столкновений КА с частицами «космического мусора» в процессе функционирования КА на рабочей орбите наблюдаться не будет. Вместе с тем результаты расчетов показывают, что наиболее вероятно столкновение с частицами

космического мусора размером 0,1-0,25 см, чем с частицами других размеров. При этом кинетическая энергия столкновения КА с космическими объектами размера 0,1-0,25 см составляет 550-750 Дж (для сравнения: кинетическая скорость пули пистолета марки «ПМ» составляет ~ 350 Дж). Такой уровень кинетической энергии удара в принципе может вызвать серьезные разрушения в корпусе, бортовой аппаратуре КА и может привести к возникновению орбитального взрыва КА. Однако, в основном в результате таких столкновений могут иметь локальные повреждения элементов изделия (например, солнечных батарей и др.). Кинетическая энергия столкновения КА с частицами больших размеров существенно выше – кинетическая энергия столкновения с частицами размером 20 см в десятки тысяч раз больше энергии столкновения с частицами размером 0,1-0,25 см и составляет порядка 25 МДж. Однако, при этом вероятность столкновения КА с частицами больших размеров существенно ниже (вероятность столкновения с частицами размером 20 см на 4 порядка ниже вероятности столкновения с частицами размером 0,1-0,25 см).

Вероятность возникновения орбитального взрыва КА за весь срок его активного существования на орбите составляет порядка 10^{-5} . При этом с учетом существующих зависимостей количественно-массового распределения осколков при взрывах можно прогнозировать, что в случае возможного орбитального взрыва образуется до сотни осколков размеров более 20 см в диапазоне масс 1,5...20 кг. Учитывая, что ежегодно в ОКП от возникновения орбитальных взрывов образуется около 117 объектов размером более 20 см [9], «потенциальный вклад» в загрязнение ОКП объектами космического мусора размером более 20 см при возникновении орбитального взрыва от КА в течение всего срока активного существования КА составит около 0,004%.

С целью исключения (снижения вероятности возникновения) орбитального взрыва при функционировании КА и после окончания функционирования предусмотрены следующие основные мероприятия:

- реализация конструктивного исполнения пиротехнических средств, исключающего их самопроизвольное срабатывание;
- реализация мероприятий защиты пиротехнических средств от действий статического электричества;

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

- обеспечение запасов прочности корпусов аккумуляторных батарей, ее герметичности и реализация мероприятий по предотвращению короткого замыкания;

- пассивация КА по окончании срока активного существования.

С учетом специфики функционирования и предназначения КА исключение орбитальных взрывов за счет повышения надежности функционирования КА, и, тем более, полное исключение преднамеренных орбитальных взрывов остается приоритетным направлением при ограничении засорения ОКП.

Таким образом, анализ результатов проведенной оценки последствий возможных аварийных ситуаций при подготовке и функционировании составных частей РКН из состава РКК 14К248 показал, что вероятность возникновения данных ситуаций крайне мала, а уровень воздействия на окружающую среду характеризуется как локальный и незначительный.

Список использованных источников к разделу 4

1. Комплект технической документации на КРК «Ангара», представляемый на ГЭЭ. Материалы оценки воздействия на окружающую среду в составе технической документации КРК «Ангара». - ООО «ЭБПЭТ», 2016.
2. Оценка воздействия на окружающую среду космического ракетного комплекса «Ангара» – ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», 2007.
3. РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – С.-Пб.: Интеграл, 2000.
4. Руководящий материал по ликвидации аварийных больших проливов окислителя АТ (АК) и горючего НДМГ - Л.:ГИПХ, 1981, 172 с.
5. Овсянников Д.А., Сильянов Н.О. Алгоритм расчета параметров зон токсичного заражения при проливах компонентов ракетного топлива. / В сб. материалов 7-го научно-практического семинара «Экологические проблемы разработки и эксплуатации ракетно-космической техники» // Двойные технологии, 2006. №3. - с. 28-32.
6. Пеньков М.М., Софьин А.П., Кириченко М.А. Проблема анализа и прогноза миграции токсичных КРТ в окружающей природной среде. Доклад на межвидовой конференции. – С.-Пб.: ВИКА им. А.Ф.Можайского, 1995.
7. Оценка последствий аварийных ситуаций с РН «Рокот». Отчет о НИР – С.Пб:РНЦ «Прикладная химия», 1997. 46 с.
8. Маршалл В. Основные опасности химических производств – М.:Мир, 1989.
9. Кузин А.И., Овсянников Д.А., Попов В.В. и др. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду. Справочное пособие / Под общей ред. В.В.Адушкина, С.И.Козлова, А.В.Петрова - М.:Изд-во «Анкил», 2000. - 640 с.
10. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
11. Юткин В.Н. Алгоритм расчета параметров детонации взрывоопасных газовых смесей / В сб. Системы автоматизированного проектирования технологического оборудования - М.:МАДИ, 1998, с. 94-102.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

12. Овсянников Д.А., Иваненко С.И. и др. Методический подход к оценке экологических последствий пожаров, возникающих при эксплуатации ракетно-космической техники / в сб. материалов 5-го научно-практического семинара «Экологические проблемы разработки и эксплуатации ракетно-космической техники». Сб. тр. СИП РИА. Выпуск №11. - М.: СИП РИА, 2004. – С.43-48.

13. Овсянников Д.А. Оценка и прогнозирование масштабов последствий пожаров, возникающих при осуществлении ракетно-космической деятельности // Материалы IV научно-практической конференции МЧС 19-20 октября 2004 г. – М.: МТП-инвест, 2005. – С.393-400.

14. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х книгах. Книга 3. / Под ред. В.А. Котляревского и А.В. Забегаева. – М.: Из-во АСВ, 1998. – 413 с.

15. Овсянников Д.А. Методический подход к оценке последствий взрывов, возникающих при эксплуатации ракетно-космической техники / в сб. материалов 6-го научно-практического семинара «Экологические проблемы разработки и эксплуатации ракетно-космической техники». Сб. тр. СИП РИА. Выпуск №12. - М.: СИП РИА, 2004. – С.70-74.

16. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при взрывных работах» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 декабря 2013 г. № 605).

17. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы.- Л.: Гидрометеиздат, 1984.- 751с.

18. Научно-технический отчет № ТР2-06/01-НЦ-13 по ОКР «Комплекс-РП». Книга 1. Оценка рисков по трассе полета и в районах падения отделяющихся частей РН «Ангара». – г. Королёв: НТЦ «Экон ЦНИИМаш», 2006. - 57 с.

19. Шатров Я.Т. Исследование проблем выбора трасс пусков и сокращения зон отчуждения для перспективных средств выведения с учетом факторов безопасности и экономичности. Кандидатская диссертация, ЦНИИМаш, 1980.

20. НТО по ОКР «Экос-К». Автоматизированное рабочее место для сбора, хранения, автоматизированного поиска, обработки, анализа и отображения информации по районам падения отделяющихся частей и трассам полетов эксплуатируемых и перспективных средств выведения. – г. Королёв, ЦНИИМаш, НТЦ «Экон ЦНИИМаш», 1995.

Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду ракетно-космического комплекса 14К248 с изделиями 14Ф166А, 14Ф166 при создании и эксплуатации на космодроме Плесецк.

Книга 2

21. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (утв. постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.01 № 30).

22. Быков А.А., Акимов В.А., Фалеев М.И. Нормативно-экономические модели управления риском // в сборнике «Проблемы анализа риска», Том 1, № 2, 2004.

23. СП 11-112-2001. Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» градостроительной документации для территорий городских и сельских поселений, других муниципальных образований (принят приказом МЧС России от 29.10.2001 г. № 471 ДПС).

24. Российский статистический ежегодник. 2011. - М.: Росстат, 2011. – 795 с.

25. Kessler D. J. Reynolds R.S., Anz – Meador P.D. Orbital debris environment for spacecraft design to operate in low Earth orbit. – NASA. – TM – 100 – 471. – 1988.