Здравствуйте, Анна Алексеевна.

Студент гр. Э1-122, Гусев Егор.

Тема диплома: проектирование 2-ой ступени межконтинентальной баллистической ракеты Тополь-М.

**Охрана труда и экологическая безопасность**

**Экологическая безопасность разрабатываемого РДТТ**

1. **Анализ неблагоприятных факторов**

На всех стадиях жизненного цикла двигателя (разработки (испытания), производства и утилизации) человек часто подвергается опасным воздействиям со стороны РДТТ. Выполняемые при подготовке и проведении отработки РДТТ, являются взрыво- и огнеопасными, как следствие на участках осуществляются специальный режим техники безопасности.

Во время самого испытания человек не находится непосредственно рядом с двигателем, но при всем том существуют вредные для жизни и деятельности человека факторы:

* Механическое воздействие

Данное воздействие проявляется в выпадении твердых частиц (конденсированной фазы), капель, падение фрагментов изделия на обширной территории после штатного окончания работы ступеней, а также после возможных аварийных ситуаций.

* Вибрационное воздействие

Вибрации в широком поле амплитуд и частот. При частоте колебаний, близкой к собственным частотам внутренних органов, возможны механические повреждения или даже разрывы. Систематическое воздействие общих вибраций, характеризующихся весом уровнем скорости, приводит к вибрационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением центральной нервной системы. Эти нарушения вызывают головные боли, головокружения, нарушения сна, снижение работоспособности, ухудшение самочувствия, нарушения деятельности. Местная вибрация малой интенсивности может воздействовать на организм человека, трофические изменения, улучшать функциональное состояние центральной нервной системы, ускорять зрение ран и т. п.

* Тепловое воздействие

Наличие высоких удельных тепловых потоков при работе РДТТ. Соответственно конструкция и узлы двигателя являются теплонапряженными, с большими перепадами температур.

* Химическое воздействие

При работе РДТТ образуются продукты сгорания высокой температуры и химической активности, среди которых присутствуют .

* Акустическое воздействие

РДТТ при своей работе является источником мощных акустических шумов. Причиной возникновения этих шумов являются турбулентные вихри и скачки уплотнения в продуктах сгорания, выходящих из сопла двигателя. Звуковая мощность струи может превышать 160 дБ.

Шум отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь на его центральную нервную и сердечно-сосудистую системы. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях работающего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться также причиной несчастного случая.

Органы слуха человека воспринимают звуковые волны с частотой  
16...20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше  
20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают  
биологическое воздействие на организм.

За единицу измерения уровней звукового давления и интенсивности звука принят децибел (дБ). Диапазон звуков, воспринимаемых органом слуха человека. 0... 140 дБ.

По характеру спектра шум подразделяется на;

- широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы

- тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона.

По временным характеристикам шум подразделяется на постоянный и  
непостоянный (колеблющийся во времени, прерывистый, импульсный).

Постоянным считается шум, уровень которого за восьмичасовой  
рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБ, непостоянным - более чем на 5 дБ. ГОСТ 12.1.003-83 устанавливает предельно-допустимые условия постоянного шума на рабочих местах, при которых  
шум, действуя на работающего в течение восьмичасового рабочего дня,  
не приносит вреда здоровью. Нормирование ведется в октавных полосах  
частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000,  
4000, 8000Гц.

Производственный шум нарушает информационные связи, что  
вызывает снижение эффективности и безопасности деятельности  
человека, так как высокий уровень шума мешает услышать предупреждающий сигнал опасности. Кроме того, шум вызывает обычную усталость. При действии шума снижаются способность сосредоточения внимания, точность выполнения работ, связанных с приемом и анализам информации, и производительность труда. При постоянном воздействии шума работающие жалуются на бессонницу, нарушение зрения, вкусовых ощущений, расстройство органов пищеварения и т.д. У них отмечается повышенная склонность к неврозам. Энергозатраты организма при выполнении работы в условиях шума больше, т.е. работа оказывается более тяжелой. Шум, отрицательно воздействуя на слух человека, может вызвать три возможных варианта исхода: временно (от минуты до нескольких месяцев) снизить чувствительность к звукам определенных частот, вызвать повреждение органов слуха, вызвать мгновенную глухоту.

Уровень звука в 130 дБ вызывает болевое ощущение, а в 150дБ приводит к поражению слуха при любой частоте.

Для обеспечения требуемого уровня шумовой и вибрационной  
защиты, обеспечения требуемых уровней температурно-влажностного  
режима требуется проведение капитального строительства, причем  
капитальные сооружения должны проектироваться с учетом действующих  
шумовых и вибрационных нагрузок.

**2. Оценка воздействия веществ**

Расчеты проводится для двух режимов работы: сопловое сжигание (используется при эксплуатации и отработке) и бессопловое сжигание (используется при утилизации отходов и изделий с истекшим сроком технической пригодности).

Выбор бессоплового сжигания обоснован с точки зрения безопасности персонала, по причине простоты процесса, но его недостатком является увеличение образующихся вредных веществ по сравнению с сопловым сжиганием.

**2.1 Опасные вещества**

2.1.1 Угарный газ

Оксид углерода СО (угарный газ). Образуется в результате неполного сгорания углерода в топливе. Ядовитый газ без цвета и запаха. При вдыхании связывается с гемоглобином крови, вытесняя из нее кислород, в результате чего наступает кислородное голодание, сказывающееся, прежде всего, на центральной нервной системе.

2.1.2 Диоксид азота

Представляет собой газ желто-бурого цвета. В условиях низких температур становится бесцветным. При температуре большей, чем 150°С, происходит диссоциация диоксида на оксид азота и кислород. Данное соединение характеризуется специфическим запахом, который в значительных концентрациях становится удушливым. Имеет высокую химическую активность. Взаимодействует с неметаллами, в реакциях с которыми выступает окислителем. При контакте с водой превращается в азотную кислоту, со щелочной средой – образует нитриты и нитраты.

2.1.3 Синильная кислота

Синильная кислота (HCN) – это легкая летучая жидкость с характерным запахом горького миндаля. Она является весьма сильным ядом. При контакте человека с синильной кислотой происходит угнетение тканевого дыхания. Этот процесс возникает во всех тканях и ведёт к дефициту энергии, что пагубно отражается, прежде всего, на деятельности центральной нервной системы, а особенно — головном мозге.

2.1.4 Аммиак

Химическое соединение азота и водорода с формулой {\displaystyle {\ce {NH3}}}, при [нормальных условиях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%8F) — бесцветный газ с резким характерным запахом. Аммиак опасен при вдыхании. При остром отравлении аммиаком поражаются глаза и дыхательные пути, при высоких концентрациях возможен смертельный исход. Вызывает сильный кашель, удушье, при высокой концентрации паров — возбуждение, бред. При контакте с кожей — жгучая боль, отек, ожег с пузырями. При хронических отравлениях наблюдаются расстройство пищеварения, катар верхних дыхательных путей, ослабление слуха.

2.1.5 Хлор

Хлор - газ желто-зеленого цвета, с резким запахом (запах хлорной извести), в 2,5 раза тяжелее воздуха, поэтому при утечках хлор прежде всего заполняет овраги, подвалы, первые этажи зданий, стелется по полу. Неспецифическое раздражение хлором рецепторов слизистой оболочки дыхательных путей вызывает рефлекторные защитные симптомы (кашель, першение в горле, слезотечение и др.). В результате взаимодействия хлора с влагой слизистой оболочки дыхательных путей образуется соляная кислота и активный кислород, которые и оказывают токсическое действие на организм.

2.1.6 Соляная кислота

Хлороводород — это бесцветный газ, обладающий резким запахом. Он легко растворяется в воде, образуя соляную кислоту. Химическая формула хлористого водорода — HCl. Он несколько тяжелее воздуха, а также обладает гигроскопичностью, т. е. притягивает пары воды прямо из воздуха, образуя при этом густое облака пара. **Отравление соляной кислотой проявляется моментально после контакта с ней.** Состояние пострадавшего стремительно ухудшается, он нуждается в неотложной помощи.

**2.2 Расчет концентрации вредных веществ в испытательном боксе**

Условная химическая формула топлива:

;

Расход топлива: ;

Размеры бокса: 15 × 30 × 10 м;

В таблицах 1 и 2 представлены результаты расчета массовых долей вредных веществ, образующихся при сгорании топлива, в программном комплексе «Terra» при сжигании c соплом и без сопла соответственно.

Таблица 1 – Содержание вредных веществ при сжигании с соплом

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Массовая доля, % | Масса, кг |
|  | 4,80E-05 | 0,01 |
|  | 2,29E+01 | 5402,11 |
|  | 2,42E-14 | 0,00 |
|  | 3,90E-05 | 0,01 |
|  | 2,68E+01 | 6314,46 |
|  | 4,94E-04 | 0,12 |

Таблица 2 – Содержание вредных веществ при сжигании без сопла

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Массовая доля, % | Масса, кг |
|  | 3,25E-03 | 0,77 |
|  | 1,63E+01 | 3856,39 |
|  | 3,44E-07 | 0,00 |
|  | 1,48E-03 | 0,35 |
|  | 2,64E+01 | 6224,71 |
|  | 4,63E-03 | 1,09 |

Далее определим концентрации вредных веществ в боксе по формуле:

А также предельно допустимые концентрации (ПДК) разовой максимальной дозы в рабочей зоне и класс опасности согласно ГОСТу 12.1.005-88 и ГН 2.2.5.3532-18

Результаты расчетов, ПДК и класс опасности занесем в таблицы 3 и 4.

Таблица 3 – Содержание вредных веществ при сжигании с соплом

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Содержание, | ПДК, | Класс опасности |
|  | 2,5 | 1 | 2 |
|  | 1200468,0 | 5 | 3 |
|  | 0,0 | 2 | 3 |
|  | 2,0 | 20 | 4 |
|  | 1403213,8 | 20 | 4 |
|  | 25,9 | 0,3 | 1 |

Таблица 4 – Содержание вредных веществ при сжигании без сопла

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Содержание, | ПДК, | Класс опасности |
|  | 170,4 | 1 | 2 |
|  | 856976,0 | 5 | 3 |
|  | 0,0 | 2 | 3 |
|  | 77,6 | 20 | 4 |
|  | 1383269,0 | 20 | 4 |
|  | 242,8 | 0,3 | 1 |

Для соплового и безсоплового сжигания превышают концентрации таких веществ как. Некоторые из них превышают на 5 порядков. Исходя из этого следует вывод, что в огневом боксе испытания данного типа двигателя проводить нежелательно. Лучше проводить данные испытания на открытом воздухе.

**2.3 Расчет концентрации вредных веществ на открытом пространстве**

Решающим требованием, обеспечивающим экологическую безопасность, является отсутствие превышения ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе.

Перечень веществ, оказывающих воздействие на окружающую среду, согласно термодинамическому расчету в программном комплексе «Terra», распоряжению правительства РФ от 08.07.2015 г. №1315-р (ред. 10.05.2019 г.) «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» и ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений», представлен в таблице 5.

Для оценки воздействия вредных веществ на окружающую среду определим объем воздуха , потребный для их разбавления до нормативного уровня, и примерный радиус рассеивания .

Оценка проводится для сжигания с соплом и без сопла.

Таблица 5 – ПДК веществ в атмосферном воздухе

|  |  |
| --- | --- |
| Вещество | ПДК, |
| Cl2 | 0,1 |
| HCl | 0,2 |
| NO2 | 0,6 |
| NH3 | 0,2 |
| CO | 5 |
| HCN | 0,01 |

Потребный объем воздуха определяется по формуле:

Ориентировочный радиус рассеивания в объеме полушария с центром, расположенным в месте проведения наземных испытаний определяется по формуле:

Результаты расчётов потребного объёма рассеивания и радиуса рассеивания представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Потребные характеристики при сжигании с соплом

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество |  |  |
| Cl2 | 1,13E+05 | 37,8 |
| HCl | 2,70E+10 | 2345,1 |
| NO2 | 9,52E-06 | 0,0 |
| NH3 | 4,61E+04 | 28,0 |
| CO | 1,26E+09 | 844,8 |
| HCN | 1,16E+07 | 177,2 |

Таблица 7 – Потребные характеристики при сжигании без сопла

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество |  |  |
| Cl2 | 7,67E+06 | 154,1 |
| HCl | 1,93E+10 | 2095,9 |
| NO2 | 1,35E+02 | 4,0 |
| NH3 | 1,75E+06 | 94,1 |
| CO | 1,24E+09 | 840,8 |
| HCN | 1,09E+08 | 373,6 |

Из данных таблиц видно, что санитарно-защитная зона полигона должна составлять не менее 2,5 км. При таком расстоянии концентрация вредных веществ, выделяющихся при сжигании топлива как с соплом, так и без разбавляются до достаточного уровня ПДК атмосферного воздуха.

Также не нужно забывать про уровень шума в управляющей кабине при испытании на открытом воздухе.

**3. Расчет шума**

В данном разделе рассчитывается уровень звукового давления при испытании двигателя на открытом стенде, а также необходимое расстояние до управляющей кабины, исходя из шумовой безопасности персонала.

**Исходные данные:**

**Расчет:**

Уровень звуковой мощности шума на срезе сопла:

Поправка для струи реактивного газа:

Поправка, учитывающая направленность источника шума:

Суммарный уровень звукового давления на срезе сопла с учетом поправок:

Нормативные уровни звукового давления октавной полосы частот по

ГОСТ 12.1.003-83

Суммарный уровень звукового давления нормативного спектра:

Требуемая величина снижения суммарного шума:

Снижение уровня шума, в открытом пространстве на расстоянии R от источника определяем по формуле:

Где – звукоизоляция стены в зависимости от частоты.

Зависимость звукоизоляции от частоты представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Звукоизоляция стены

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Конструкция | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Железобетонная  плита (400 мм) | 45 | 47 | 55 | 61 | 67 | 70 | 70 | 70 |

Зависимость расстояния снижения шума до нормальных значений в зависимости от частот представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Зависимость расстояния от частоты

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 63 | 1092 |
| 125 | 2349 |
| 250 | 1860 |
| 500 | 1406 |
| 1000 | 945 |
| 2000 | 695 |
| 4000 | 529 |
| 8000 | 370 |

Как видно из результатов расстояние от места испытания до управляющей кабины должно быть не менее 2350 м. Если же расстояние менее этого значения, персоналу во время испытания необходимо находиться в наушниках.