

Оглавление

Введение.....	2
1.1. Анализ вредных и опасных факторов.....	3
1.2. Оценка выбросов при огневых стендовых испытаниях	4
1.2.1. Состав продуктов сгорания	4
1.3. Акустический расчет. Расчет звукоизоляции кабины для персонала.....	7
Список литературы	12
Приложение Б. Термодинамический расчет	13

Введение

В данном разделе дипломного проекта рассмотрены вопросы безопасности и охраны окружающей среды и персонала при проведении огневых стендовых испытаний проектируемого двигателя. Испытания могут проводиться как для образца в целом, так и для отдельных узлов и агрегатов. С точки зрения безопасности и экологии наибольший интерес представляют огневые стендовые испытания.

Работы, выполняемые в процессе подготовки и проведения огневых стендовых испытаний РДТТ, являются огне- и взрывоопасными, поэтому на производственных участках испытательных баз необходимо осуществлять специальный режим техники безопасности, а также режим повышенной требовательности и тщательного исполнения положений и норм соответствующих нормативных документов. Кроме того, для возможного проведения комплекса работ с использованием зарядов твёрдого топлива и средств пиротехники, представляющих собой высокоэнергетические конденсированные системы, необходимы специально аттестованные помещения, а также лицензии и разрешения соответствующих органов.

Огневые стендовые испытания предполагается проводить на горизонтальном стенде, который размещается в закрытом боксе. Отсеки стенда представляют собой отделенные друг от друга монолитными железобетонными перегородками помещения, вход в которые производится через бронедвери. При этом предусмотрены системы, предотвращающие прохождение команд на включение двигателя при наличии открытых бронедверей, также предусмотрена световая и звуковая сигнализация при превышении предельно допустимой концентрации вредных веществ в отсеках стенда. С целью уменьшения разрушений стендового корпуса при аномальных огневых испытаниях потолки отсеков выполнены легкосбросными.

1.1. Анализ вредных и опасных факторов

Стадия огневых стендовых испытаний РДТТ содержит в себе этапы, сопровождающиеся влиянием вредных и опасных факторов на человека и окружающую среду.

Вредный фактор может стать опасным в зависимости от уровня и продолжительности воздействия на человека.

Применительно к огневым стендовым испытаниям РДТТ можно выделить:

1. Опасные факторы:
 - взрывоопасность;
 - пожароопасность.
2. Вредные факторы:
 - шум реактивной струи истекающих из сопла ПС;
 - токсичность топлив и ПС.

Смесевое ракетное топливо обладает повышенной взрыво- и пожароопасностью. В соответствии с [1] производство, связанное с ракетными топливами, можно отнести к категории А – взрывоопасные.

Вибрации возникают непосредственно при проведении эксперимента. Источником их является объект испытаний. Виброколебания при испытаниях крупногабаритных РДТТ не влияют на обслуживающий персонал, поскольку он должен быть удалён со стенда в специальный защитный пультовой бокс.

В рассматриваемом помещении применено искусственное освещение, которое осуществляется люминесцентными лампами дневного света установленных на открытых светильниках. По конструктивному исполнению освещение является общим – светильники располагаются равномерно по потолку.

Возможным источником поражения электрическим током являются провода осветительной системы. В помещении поставлены металлические

полы, существует высокая вероятность соприкосновения с металлическими предметами. Таким образом, помещение относится к разряду помещений с повышенной опасностью поражения электрическим током. Исходя из этого, в соответствии с [3] приняты следующие меры:

- электропровода проходят в местах наименьшей вероятности их повреждения и контакта с металлическими предметами и человеком;
- испытательный стенд и пульт заземлены.

1.2. Оценка выбросов при огневых стендовых испытаниях

При огневых стендовых испытаниях двигателей основной проблемой с точки зрения охраны окружающей среды является выброс в окружающую среду вредных веществ, содержащихся в продуктах сгорания ракетного топлива.

1.2.1. Состав продуктов сгорания

Состав продуктов сгорания получен с помощью программы «TERRA» и приведен в приложении Б.

В программе «TERRA» содержание компонентов в продуктах сгорания имеет размерность [моль/кг] (количество вещества на 1 кг продуктов сгорания). Умножая эту величину на молярную массу вещества, можно получить массовое содержание m_i . Зная массу стартового заряда, можно определить, сколько килограммов каждого вещества выделилось в процессе работы РДТТ.

Результаты представлены в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1

№	Вещество	$C_i, \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}}$	$\mu_i, \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}$	$m_i = C_i \cdot \frac{\mu_i}{10^3}, 100\%$	$M_i = M_T \cdot m_i, \text{КГ}$
1	H ₂	2,1375	2,016	0,431	1,865
2	HCl	2,5207	36,461	9,191	39,787
3	CO	3,3809	28,010	9,470	40,995
4	Al ₂ O ₃ (к)	3,9018	101,960	39,783	172,220
5	N ₂	3,8553	28,014	10,800	46,754
6	CO ₂	2,0946	44,009	9,218	39,905
7	H ₂ O	8,9243	18,015	16,077	69,598
8	AlCl	0,0022	62,435	0,014	0,059

По гигиеническим нормативам ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» ПДК веществ, входящих в состав ПС рассмотренного топлива, принимают значения, представленные в таблице 1.2.2.

Таблица 1.2.2 – Предельно допустимые концентрации

№	Вещество	ПДК, $\frac{\text{МГ}}{\text{М}^3}$
1	H ₂	не норм.
2	HCl	0,2
3	CO	3
4	Al ₂ O ₃ (к)	6
5	N ₂	не норм.
6	CO ₂	27000
7	H ₂ O	не норм.
8	AlCl	не норм.

Из таблицы 1.2.2 видно, что при работе РДТТ наиболее вредными являются следующие компоненты HCl , CO , Al_2O_3 (к), CO_2 . Рассмотрим влияние этих веществ на здоровье человека и окружающую среду.

Оксид углерода крайне опасен для здоровья. CO вдыхается вместе с воздухом и поступает в кровь, где конкурирует с кислородом за молекулы гемоглобина. Оксид углерода, имея двойную химическую связь, соединяется с гемоглобином более прочно, чем молекула кислорода. Нарушается способность крови доставлять кислород к тканям и органам, в результате чего возможна потеря сознания и смерть. Опасность усугубляется отсутствием у оксида углерода цвета и запаха. Относится к веществам II класса опасности.

Хлороводород также очень опасен. Он оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки и дыхательные пути. Относится к веществам II класса опасности.

Оксид алюминия пожаро- и взрывобезопасен, по степени воздействия на организм человека относится к веществам III класса опасности. Но следует учитывать, что в составе ПС оксид алюминия присутствует в виде мелкодисперсных частиц, которые могут нанести вред здоровью человека. Поэтому следует принять меры по очистке воздуха от твёрдых частиц.

Диоксид углерода относится к IV классу опасности. Диоксид углерода не является токсичным веществом, поэтому считается безвредным для организма человека. Но является ускорителем процесса всасывания веществ в слизистую желудка.

Требуемое состояние рабочей зоны может быть обеспечено следующими мероприятиями:

- дистанционное управление процессами испытаний;
- применение средств индивидуальной защиты;
- использование автоматической системы сигнализации о превышении уровня ПДК вредных веществ.

Потребный объем воздуха определяется по формуле:

$$V_{\text{потр}} = \frac{M_i \cdot 10^6}{\text{ПДК}_i},$$

Радиус рассеивания ПС:

$$R_{\text{рас}} = \sqrt[3]{V_{\text{потр}} \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{\pi}}.$$

Таблица 1.2.3 – Потребные характеристики

№	Вещество	$V_{\text{потр}}, \text{ м}^3$	$R_{\text{рас}}, \text{ м}$
1	H ₂	—	—
2	HCl	$1,989 \cdot 10^8$	456,3
3	CO	$1,367 \cdot 10^7$	186,861
4	Al ₂ O ₃ (к)	$2,870 \cdot 10^7$	239,308
5	N ₂	—	—
6	CO ₂	$1,478 \cdot 10^3$	8,903
7	H ₂ O	—	—
8	AlCl	—	—

Из данных таблицы 1.2.3 видно, что санитарно-защитная зона полигона должна составлять не менее 250 м. При таком расстоянии концентрация вредных веществ достигает достаточного уровня ПДК атмосферного воздуха.

1.3. Акустический расчет. Расчет звукоизоляции кабины для персонала

РДТТ является источником мощных акустических шумов.

Шум – это сочетание звуков различных по силе и частоте, способное оказывать воздействие на организм. Шум создаёт значительную нагрузку на органы слуха человека, а также угнетает центральную нервную систему, оказывая негативное воздействие. Для реактивных двигателей характерны

высокие уровни шума (свыше 140 дБ), опасные для здоровья человека. Следовательно, необходимо рассчитать безопасное расстояние, на котором следует организовать пульт управления и наблюдения при испытаниях двигателя.

Исходные данные для расчета:

- диаметр среза сопла $D_a = 0,314$ м, $F_a = 0,77$ м²;
- скорость истечения газа $W_a = 2728,74 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
- плотность струи газа $\rho_a = 0,052 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

При проведении испытаний главным источником шума является высокоскоростная выхлопная струя.

Общий уровень звуковой мощности выхлопной струи двигателя [4]:

$$\begin{aligned} L_{\text{р.общ}} &= 80 \cdot \lg(W_a) + 20 \cdot \lg(\rho_a) + 10 \cdot \lg(F_a) - k = \\ &= 80 \cdot \lg(2728,74) + 20 \cdot \lg(0,052) + 10 \cdot \lg(0,077) - 44 = 194,161 \text{ дБ}, \end{aligned}$$

где k – величина, зависящая от температуры струи газ, $k = 44$ дБ.

Октавные уровни звуковой мощности струи:

$$L_p = L_{\text{р.общ}} - \Delta L_p,$$

где ΔL_p – разность между общим уровнем звуковой мощности и октавным уровнем звуковой мощности со среднегеометрической частотой f , значение которой находят в зависимости от безразмерного параметра – числа Струхала, определяемого для каждой третьоктавной частоты [5]:

$$Sh = \frac{f \cdot D_a}{W_a}.$$

Соответствующие значения представлены в таблице 1.3.1.

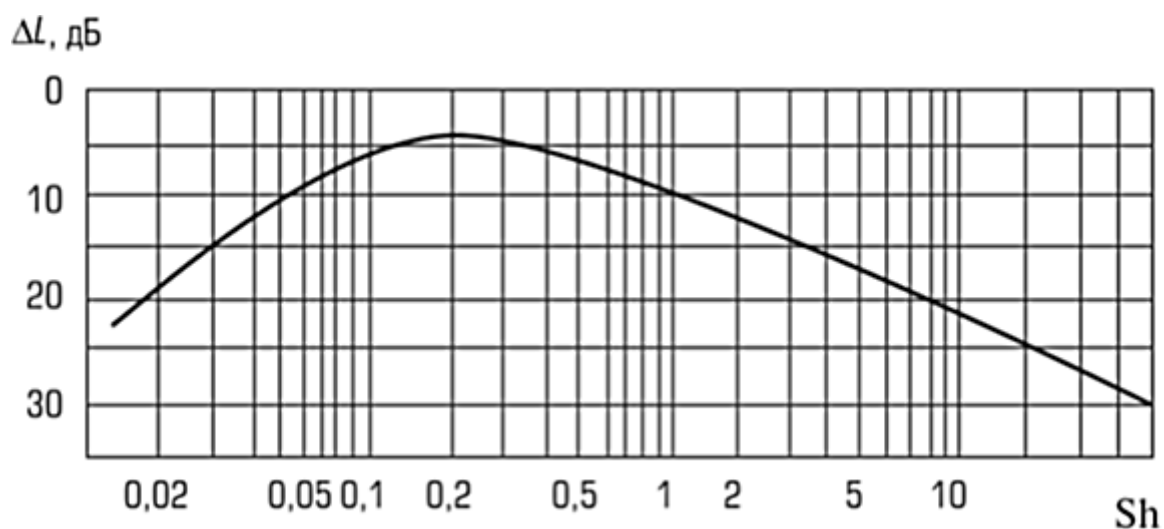


Рисунок 1.3.1 – Зависимость относительного спектра звуковой мощности струи от числа Струхаля

Таблица 1.3.1- Зависимость разности уровня звуковой мощности от числа Струхаля

f , Гц	Sh	ΔL_p , дБ	L_p , дБ
31,5	0,003625	25	169,161
63	0,007249	23	171,161
125	0,014384	21	173,161
500	0,057536	9	185,161
1000	0,115071	5	189,161
2000	0,230143	4,5	189,661
4000	0,460286	6	188,161
6000	0,690429	7	187,161
8000	0,920571	9	185,161

Нормативные значения L_n устанавливаем по ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности», полагая, что помещение относится к помещениям с речевой связью по телефону.

Таблица 1.3.2 – Допустимые уровни шума на рабочих местах для соответствующих среднегеометрических частот

f , Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_n , дБ	96	83	74	68	63	60	57	55	54

Для дальнейшего расчета потребуется задаться расстоянием от источника шума до пункта управления, а также материалом, из которого он построен, пусть стена будет выполнена из железобетонных плит толщиной 500 мм.

Уровень снижения шума будет определяться по следующей формуле:

$$L_{\text{сниж}} = 20 \cdot \lg \left(\frac{R}{R_0} \right) + 20 \cdot \lg(m \cdot f) - C,$$

где R – расстояние от источника шума до расчетной точки, $R = 300$ м; R_0 – расстояние замера уровня шума от источника, $R_0 = 1$; m – поверхностная плотность железобетонной плиты, $m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$; C – постоянная, зависящая от размеров и формы звукоизолирующей перегородки, $C = 40$.

Фактическое значение уровня шума от источника:

$$L_{\text{факт}} = L_p - L_{\text{сниж}}.$$

Таблица 1.3.3 – Уровень снижение шума и нормативные значения

f , Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p , дБ	169,2	171,2	173,2	185,2	189,2	189,7	188,2	187,2	185,2
$L_{\text{сниж}}$, дБ	99,5	105,5	111,5	123,5	129,5	135,6	141,6	145,1	147,6
$L_{\text{факт}}$, дБ	69,7	65,6	61,7	61,6	59,6	54,1	46,6	42,1	37,6
L_n , дБ	96	83	74	68	63	60	57	55	54

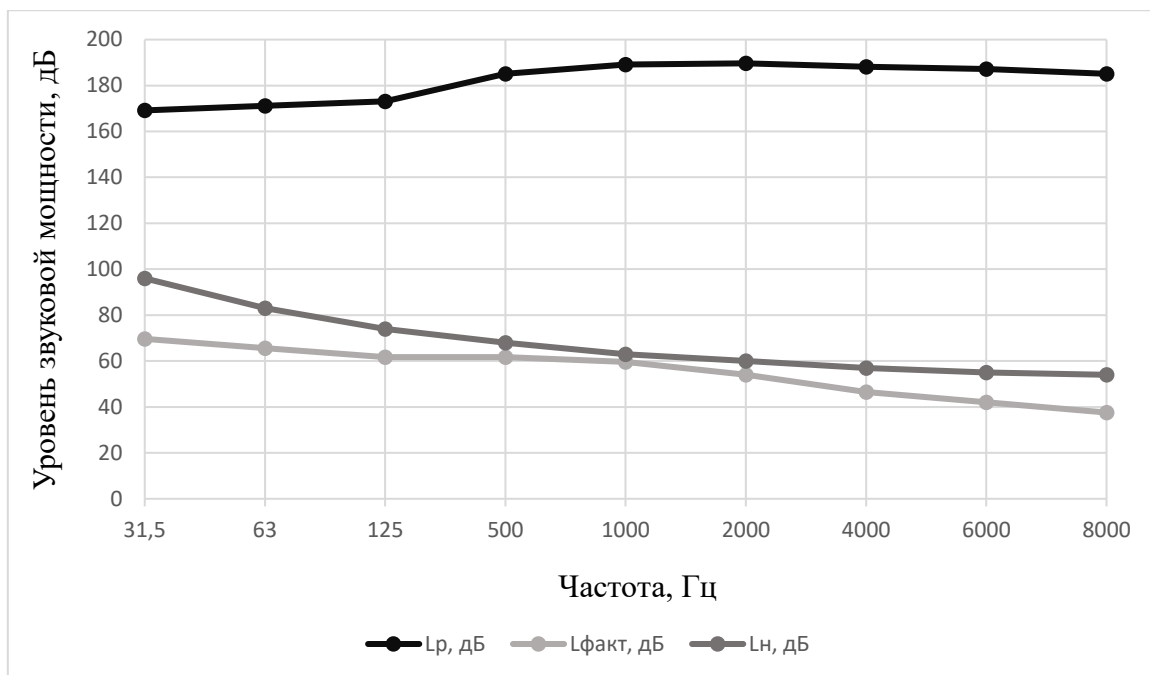


Рисунок 1.3.2 – Уровень звуковой мощности выхлопной струи

На всех среднегеометрических частотах уровень звуковой мощности меньше допустимых значений для данного типа выполняемых работ.

Следовательно, можно сделать вывод, что выбранное местоположение и материал звукоизоляции позволяют снизить уровень шумового воздействия до нормативных значений.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность».
2. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
3. ГОСТ 12.1.019-79 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
4. Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / Н. И. Иванов, Москва: Логос, 2016. 424 с.
5. Белов С.В., Барбинов Ф.А., Козьяков А.Ф., Павлихин Г.П. Охрана окружающей среды – Москва: «Высшая школа», 1983 - с.264
6. Бобылев, В.Н. Изоляция воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Бобылев, В.А. Тишков, Д.В. Монич. – Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2014. – 67 с.

Приложение Б. Термодинамический расчет

Исходный состав:

(C5.213H24.948O28.408N7.428Cl2.979Al7.413[-2034] - 0.998) +

(C5.268H4.800O12.375N2.062Cl3.663Al22.237[-64.39] - 0.002)

Состав, моль/кг: C 5.4755 H 26.1645 O 29.8067 N 7.7914 Cl3.1303 Al7.8151

1-й параметр: $p(\text{кам}) = 5$

2-й параметр: $I = -2030.061$

Расширение: $p(a)$, МПа = 0.03 (равновесное)

Равновесные параметры при $p(\text{кам}) = 5$ МПа, $p = 5$ МПа (камера, СИ):

$p = 5$ $T = 3906.2$ $v = 0.183784$ $S = 8.87345$ $I = -2030.06$

$U = -2878.85$ $M = 31.9669$ $C_p = 1.81663$ $k = 1.14876$ $C_p' = 6.49239$

$k' = 1.18683$ $A_p = 0.0005576$ $B_v = 0.0005198$ $G_t = 0.218428e-6$ $MM_g = 22.1076$

$R_g = 376.087$ $C_{p_g} = 1.94772$ $k_g = 1.2393$ $C_{p_g}' = 7.84797$ $k_g' = 1.2147$

$M_u = 0.0001035$ $L_t = 0.355691$ $L_t' = 2.19692$ $Pr = 0.566496$ $Pr' = 0.36956$

$A = 1008.29$ $z = 0.374489$ $B_m = 0.140977$ $n = -$ $w = 0$

$Mach = 0$ $F_{rel} = -$ $F' = -$ $\alpha = 0.877379$ $Dens = -$

Равновесные концентрации (моль/кг):

$e^- = 0.1763e-4$ $O = 0.75926$ $O^+ = 0.1903e-10$ $O^- = 0.1925e-5$

$O_2 = 0.66859$ $O_2^+ = 0.3311e-8$ $O_2^- = 0.2681e-6$ $O_3 = 0.6176e-5$

$H = 1.7385$ $H^+ = 0.5057e-10$ $H^- = 0.4006e-6$ $H_2 = 2.9299$

$H_2^+ = 0.4980e-11$ $H_3^+ = 0.2307e-9$ $OH = 2.2669$ $OH^+ = 0.1011e-8$

$OH^- = 0.6179e-5$ $HO_2 = 0.00369$ $HO_2^- = 0.2324e-8$ $H_2O = 6.8972$

$H_2O^+ = 0.1836e-7$ $H_2O_2 = 0.3782e-3$ $H_3O^+ = 0.6359e-6$ $Cl = 0.8259$

$Cl^+ = 0.4649e-9$ $Cl^- = 0.3415e-3$ $Cl_2 = 0.00121$ $ClO = 0.00636$

$ClO_2 = 0.1040e-5$ $Cl_2O = 0.1411e-6$ $HCl = 2.1448$ $HOCl = 0.00166$

$N = 0.0018$ $N_2 = 3.6807$ $N_2^+ = 0.1407e-11$ $N_3 = 0.9000e-8$

$NO = 0.42609$ $NO^+ = 0.1801e-5$ $NO_2 = 0.3703e-3$ $NO_2^+ = 0.7581e-10$

$NO_2^- = 0.1265e-7$ $NO_3^- = 0.7657e-11$ $N_2O = 0.7474e-4$ $N_2O_3 = 0.2847e-9$

NH = 0.5990e-3 NH2 = 0.2041e-3 NH3 = 0.7342e-4 NH4+ = 0.1076e-9
 N2H2 = 0.4018e-7 N2H4 = 0.4661e-11 HN = 0.2700e-8 HNO = 0.5472e-3
 CINO = 0.6171e-4 CINO2 = 0.4729e-8 C = 0.1988e-6 C2 = 0.2852e-11
 CO = 4.3293 CO+ = 0.1414e-9 CO2 = 1.1454 CO2+ = 0.3645e-9
 C2O = 0.1326e-7 C3O2 = 0.3724e-11 CH = 0.6470e-7 CH2 = 0.4623e-7
 CH3 = 0.4132e-7 CH4 = 0.6017e-8 C2H = 0.1785e-10 C2H2 = 0.1249e-9
 HCO = 0.4915e-3 HCO+ = 0.3964e-7 COOH = 0.2144e-3 H2CO = 0.9655e-5
 CH2OH = 0.2178e-7 CCl = 0.1051e-6 CCl2 = 0.6990e-9 ClCO = 0.6937e-4
 Cl2CO = 0.3928e-7 CHCl = 0.8576e-8 CH2Cl = 0.5135e-8 CH3Cl = 0.2316e-9
 CN = 0.2395e-5 CN- = 0.4361e-8 NCN = 0.6690e-9 CNN = 0.1243e-10
 ClCN = 0.2148e-6 Al = 0.00585 Al+ = 0.3873e-3 Al2 = 0.1606e-6
 AlO = 0.05109 AlO- = 0.2132e-4 AlO2 = 0.00751 AlO2- = 0.6171e-6
 Al2O = 0.00201 Al2O2 = 0.00406 Al2O3(c) = 3.6729 Al2O3 = 0.1708e-3
 AlH = 0.6295e-3 AlH2 = 0.2841e-5 AlH3 = 0.1001e-6 AlOH = 0.21227
 HAlO = 0.4356e-3 HAlO2 = 0.00553 Al(OH)2 = 0.02454 Al(OH)3 = 0.01162
 AlCl = 0.0653 AlCl2 = 0.00325 AlCl3 = 0.3629e-3 Al2Cl6 = 0.2360e-11
 ClAlO = 0.02986 Cl2AlO = 0.1618e-3 AlHCl = 0.2127e-3 AlH2Cl = 0.3556e-5
 AlN = 0.1330e-4 AlC = 0.5165e-9

Равновесные параметры при p(кам)=5 МПа, p=2.9199 МПа (кр. сечение, СИ):

p=2.91985 T=3745.24 v=0.298465 S=8.87345 I=-2511.45
 U=-3313.55 M=31.7231 Cp=1.81432 k=1.14712 Cp'=6.40452
 k'=1.1794 Ap=0.0005698 Bv=0.0005338 Gt=0.372558e-6 MMg=22.1177
 Rg=375.915 Cpg=1.94768 kg=1.23917 Cp'g=8.09876 k'g=1.2064
 Mu=0.0001007 Lt=0.344362 Lt'=2.19376 Pr=0.569505 Pr'=0.371725
 A=981.214 z=0.381007 Bm=0.141254 n=1.10933 w=981.214
 Mach=1 Frel=1 F'=0.0003042 Isp=1869.37 B=1520.9

Равновесные концентрации (моль/кг):

e- = 0.1198e-4 O = 0.68983 O+ = 0.6825e-11 O- = 0.9407e-6
 O2 = 0.64372 O2+ = 0.1539e-8 O2- = 0.1215e-6 O3 = 0.3381e-5

H = 1.6493	H ₊ = 0.1896e-10	H ⁻ = 0.1866e-6	H ₂ = 2.8714
H ₂ ⁺ = 0.1499e-11	H ₃ ⁺ = 0.9081e-10	OH = 2.1042	OH ⁺ = 0.4034e-9
OH ⁻ = 0.3231e-5	HO ₂ = 0.00268	HO ₂ ⁻ = 0.8699e-9	H ₂ O = 7.1094
H ₂ O ⁺ = 0.8444e-8	H ₂ O ₂ = 0.2529e-3	H ₃ O ⁺ = 0.3715e-6	Cl = 0.8214
Cl ⁺ = 0.1976e-9	Cl ⁻ = 0.2411e-3	Cl ₂ = 0.9920e-3	ClO = 0.00494
ClO ₂ = 0.6039e-6	Cl ₂ O = 0.7881e-7	HCl = 2.1899	HOCl = 0.00125
N = 0.00124	N ₂ = 3.7081	N ₃ = 0.3840e-8	NO = 0.37263
NH ₂ = 0.1197e-3	NH ₃ = 0.4496e-4	NH ₄ ⁺ = 0.4552e-10	N ₂ H ₂ = 0.1704e-7
C = 0.8503e-7	CO = 4.2618	CO ⁺ = 0.5214e-10	CO ₂ = 1.2132
CH ₂ = 0.1798e-7	CH ₃ = 0.1679e-7	CH ₄ = 0.2396e-8	C ₂ H = 0.4593e-11
C ₂ H ₂ = 0.3832e-10	HCO = 0.3005e-3	HCO ⁺ = 0.1924e-7	COOH = 0.1365e-3
CH ₄ O = 0.1566e-9	CH ₂ OH = 0.8171e-8	CCl = 0.4575e-7	CCl ₂ = 0.2795e-9
ClCO = 0.4176e-4	Cl ₂ CO = 0.2113e-7	CHCl = 0.3349e-8	CH ₂ Cl = 0.1975e-8
HClCO = 0.7862e-6	CN = 0.1144e-5	CN ⁻ = 0.1529e-8	NCN = 0.2214e-9
CNN = 0.3469e-11	C ₂ N ₂ = 0.1526e-11	NCO = 0.1084e-5	HCN = 0.1214e-4
Al ₂ = 0.5108e-7	AlO = 0.03536	AlO ⁻ = 0.1053e-4	AlO ₂ = 0.00452
AlO ₂ ⁻ = 0.2848e-6	Al ₂ O = 0.00113	Al ₂ O ₂ = 0.00235	Al ₂ O ₃ (c) = 3.7368
Al ₂ O ₃ = 0.8785e-4	AlH = 0.3503e-3	AlH ₂ = 0.1167e-5	AlH ₃ = 0.3747e-7
AlOH = 0.15982	HAIO = 0.2516e-3	HAIO ₂ = 0.00389	Al(OH) ₂ = 0.01578
Al(OH) ₃ = 0.00805	AlCl = 0.05001	AlCl ₂ = 0.00223	AlCl ₃ = 0.2671e-3
ClAlO = 0.02361	Cl ₂ AlO = 0.1011e-3	AlHCl = 0.1140e-3	AlH ₂ Cl = 0.1664e-5
AlN = 0.5755e-5	AlC = 0.1402e-9		

Равновесные параметры при p(кам)=5 МПа, p=0.03 МПа (вых. сечение, СИ):

p=0.03 T=2689.63 v=19.0665 S=8.87345 I=-5753.08
 U=-6261.67 M=29.4801 Cp=1.77501 k=1.13612 Cp'=5.33012
 k'=1.12573 Ap=0.0006401 Bv=0.0006205 Gt=0.0000353 MMg=23.5421
 Rg=353.17 Cpg=1.89218 kg=1.22948 Cp'g=7.726 k'g=1.14572
 Mu=0.0000805 Lt=0.25341 Lt'=1.58326 Pr=0.601173 Pr'=0.392882
 A=790.025 z=0.397834 Bm=0.147118 n=1.10213 w=2728.74

Mach=3.454 Frel=22.9709 F'=0.0069873 Isp=2938.36 B= -

Равновесные концентрации (моль/кг):

e- = 0.1461e-6	O = 0.17032	O- = 0.4335e-9	O2 = 0.28558
O2- = 0.2806e-10	O3 = 0.1059e-7	H = 0.73826	H- = 0.6554e-10
H2 = 2.1375	OH = 0.77374	OH- = 0.3457e-8	HO2 = 0.1005e-3
H2O = 8.9243	H2O+ = 0.7154e-11	H2O2 = 0.5408e-5	H3O+ = 0.3778e-8
Cl = 0.6041	Cl- = 0.4659e-5	Cl2 = 0.1538e-3	ClO = 0.3514e-3
ClO2 = 0.2843e-8	Cl2O = 0.3155e-9	HCl = 2.5207	HOCl = 0.8604e-4
N = 0.2712e-4	N2 = 3.8553	N3 = 0.1501e-11	NO = 0.08074
NO+ = 0.9966e-8	NO2 = 0.7658e-5	N2O = 0.1088e-5	NH = 0.3493e-5
ClNO2 = 0.3292e-11	C = 0.2405e-10	CO = 3.3809	CO2 = 2.0946
CH = 0.3019e-11	CH2 = 0.3096e-11	CH3 = 0.5552e-11	HCO = 0.3198e-5
HCN = 0.5464e-7	HNC = 0.6481e-8	ClCN = 0.1976e-9	Al = 0.3119e-4
Al+ = 0.4800e-5	AlO = 0.5010e-3	AlO- = 0.3816e-8	AlO2 = 0.1674e-4
AlO2- = 0.5808e-10	Al2O = 0.1515e-5	Al2O2 = 0.4566e-5	Al2O3(c) = 3.9018
Al2O3 = 0.5970e-7	AlH = 0.7250e-6	AlH2 = 0.1623e-9	AlH3 = 0.2730e-11
AlOH = 0.00596	HALO = 0.7577e-6	HALO2 = 0.7900e-4	Al(OH)2 = 0.1757e-3
Al(OH)3 = 0.2529e-3	AlCl = 0.0022	AlCl2 = 0.4449e-4	AlCl3 = 0.1410e-4
AlN = 0.1142e-8			