|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н. Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н. Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ «СПЕЦИАЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

КАФЕДРА «РАКЕТНЫЕ И ИМПУЛЬСНЫЕ СИСТЕМЫ» (СМ-6)

**Отчет по лабораторной работе**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

|  |
| --- |
| Баллистика ракетного и ствольного оружия |
|  |

НА ТЕМУ:

|  |
| --- |
| Определение массы навески воспламенителя |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студенты группы | СМ6-71 |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | |  |  |  | Большаков А. Н. |
|  | |  | |  |  |  | Галоян Д. В. |
|  | |  | |  |  |  | Гарпинич Д. Н. |
|  | |  | |  |  |  | Гудков И. А. |
|  | |  | |  |  |  | Зеленский А. О. |
|  | |  | |  |  |  |  |
|  |  | |
|  |
| Проверил | |  | |  |  |  | О. С. Серпинский |
|  | |  | |  | (подпись, дата) |  | (И.О. Фамилия) |

Москва, 2021 г.

**Цель работы** – для индивидуальных исходных данных определить необходимую массу навески воспламенительного состава, обеспечивающую воспламенение основного топливного заряда при начальной температуре заряда −50°C. Подобрать толщину свода зерна воспламенителя из условия минимизации массы навески. Построить кривые давления горения воспламенителя и ТРТ для начальных температур заряда −50°C, +20°C и +50°C.

**Общие исходные данные:**

* номинальное давление в КС: ;
* атмосферное давление в КС: ;
* пороговое значение Победоносцева: ;
* удельная теплоемкость топлива: ;
* газовая постоянная продуктов сгорания: ;
* начальная температура основного заряда СТРТ: ;
* опорное значение температуры: ;

**Исходные данные щелевого заряда:**

* Марка: ANB-3066;
* внутренний диаметр КС: ;
* масса топлива: ;
* плотность топлива основного заряда: ;
* толщина свода: ;
* количество щелей: ;
* глубина щелей: ;
* ширина щелей: ;
* зависимость скорости горения при :
* коэффициент температурной чувствительности скорости горения:

**Исходные данные для воспламенителя:**

* Марка: ДРП;
* плотность топлива основного заряда: ;
* зависимость скорости горения:
* коэффициент температурной чувствительности скорости горения:

**Последовательность выполнения работы**

1. Для заданного состава воспламенителя проводится термодинамический расчет в программе Terra при эталонных условиях (давление в КС *p* = 4 МПа, равновесное расширение продуктов сгорания до *pe*= 0,1 МПа), по итогам которого определяются следующие характеристики ПС воспламенительного состава:
2. В камере сгорания:
   * равновесная температура *Tp*;
   * газовая постоянная *Rg*;
   * массовая доля конденсированной фазы ξ;
   * коэффициент теплопроводности λ*g*;
   * коэффициент динамической вязкости μ*g*.
3. В критическом сечении сопла:
   * Удельная теплоёмкость.

По равновесному составу ПС в критическом сечении сопла определяется теплотворная способность воспламенительного состава *Qign*, на основе которой рассчитываются средние значения удельной теплоемкости и показателя адиабаты , *k*.

1. Составляется зависимость площади поверхности горения единичного зерна воспламенительного состава от толщины сгоревшего свода. Форма зерна – двояковыпуклая таблетка (рис. 1).

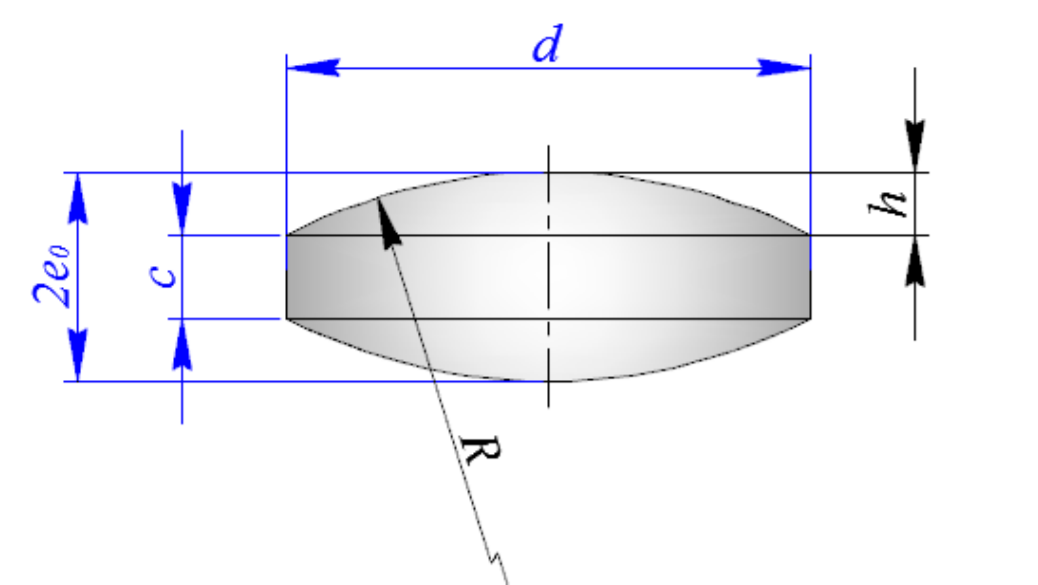


Рис. 1. Зерно воспламенительного состава

Геометрические параметры зерна:

* Толщина свода: ;
* Высота цилиндрического элемента: *c* = 0,4...0,8 (принять *c* = 0,8);
* Диаметр таблетки: *d* = 5...10 (принять *d* = 5).

1. Проводится интегрирование системы уравнений внутренней баллистики РДТТ.

Математическая модель:

Данную систему уравнений также необходимо дополнить:

Начальные условия:

1. Интегрирование проводится в 2 этапа:

* Первый этап. Шаг интегрирования Система уравнений интегрируется до момента Начальные условия записаны выше.
* Второй этап. Шаг интегрирования . Система уравнений интегрируется до момента пока давление не упадёт до критического, при котором . Начальными условиями являются параметры в конце первого этапа.

Необходимые алгебраические соотношения для решения системы:

**Итоговые графики**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис. 2. Зависимость давления и температуры горения зарядов первые 250 мс | |
|  |  |
| Рис. 3. Зависимость давления и температуры горения зарядов за все время | |
|  |  |

Таблица 1. Результаты вычислений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *N*min | *e*вс 0 min, м | *pmax* / *p*ном (-50) | *pmax* / *p*ном (+50) | ωвс / ωвс 0 | *t*, с |
| 960 | 0,00182 | 1,065 | 1,282 | 0,888 | 0,062 |

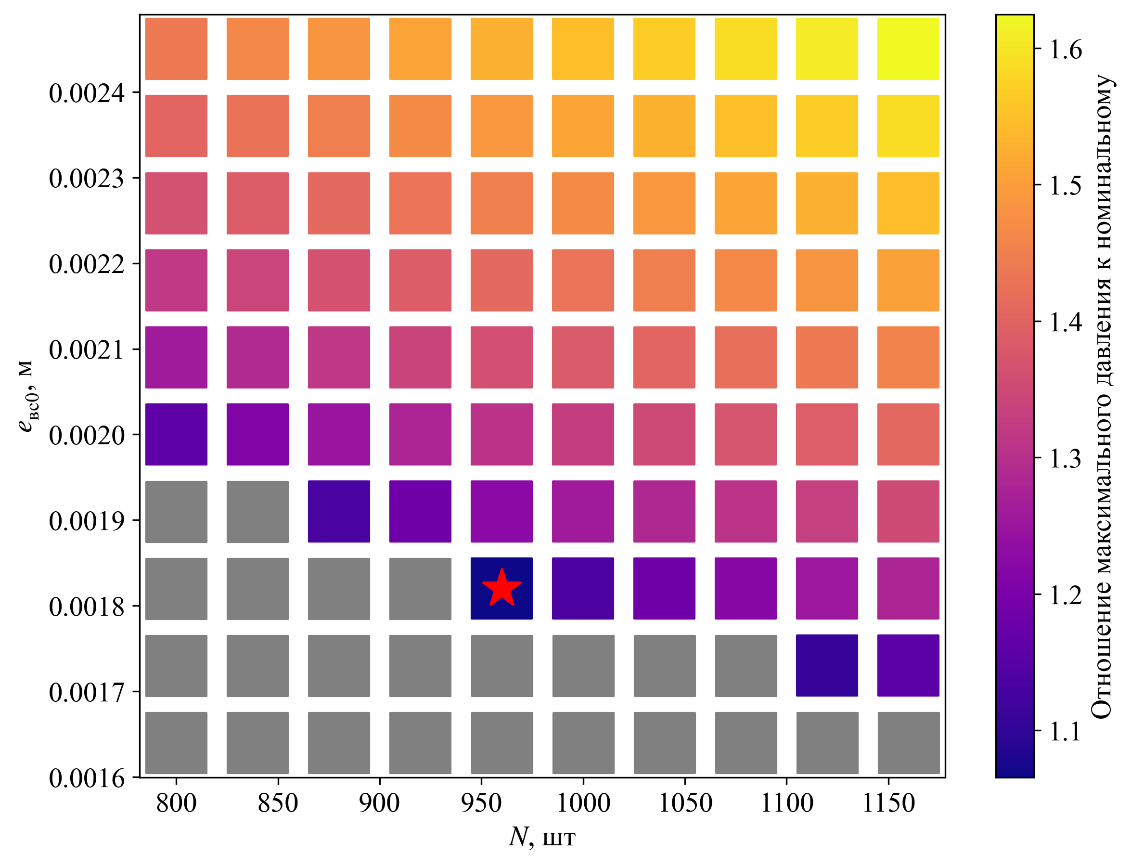


Рис. 4. Отношение максимального давления к номинальному при -50

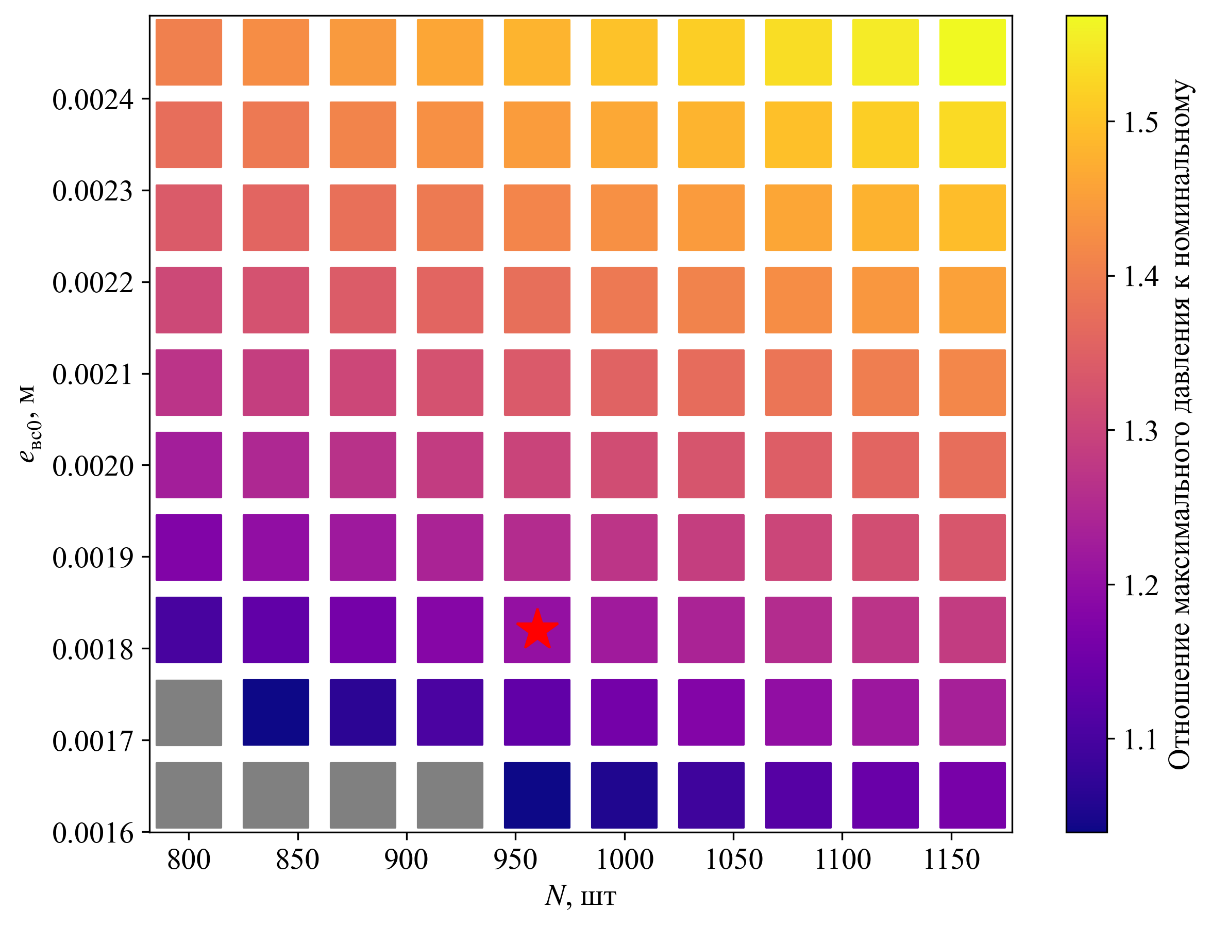


Рис. 5. Отношение максимального давления к номинальному при +50

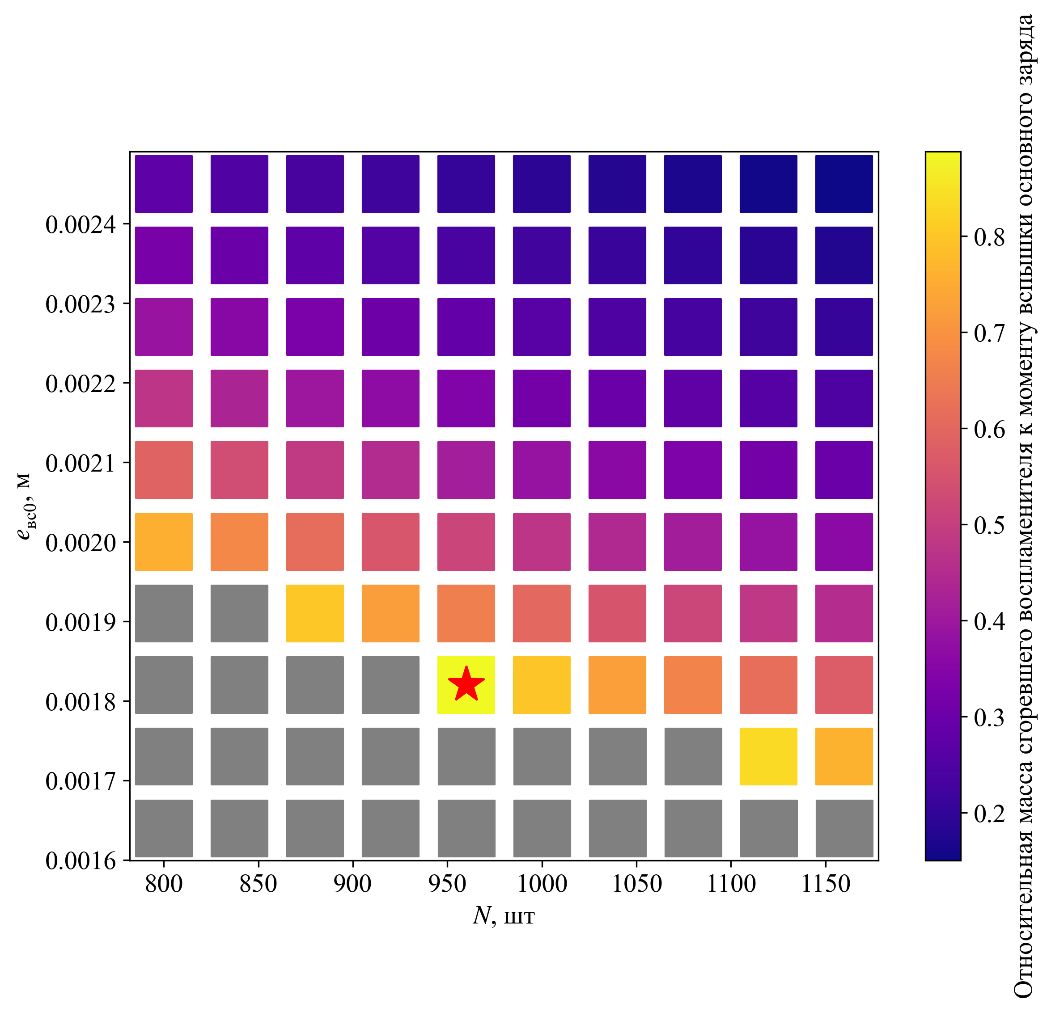


Рис. 6. Относительная масса сгоревшего воспламенителя до момента вспышки

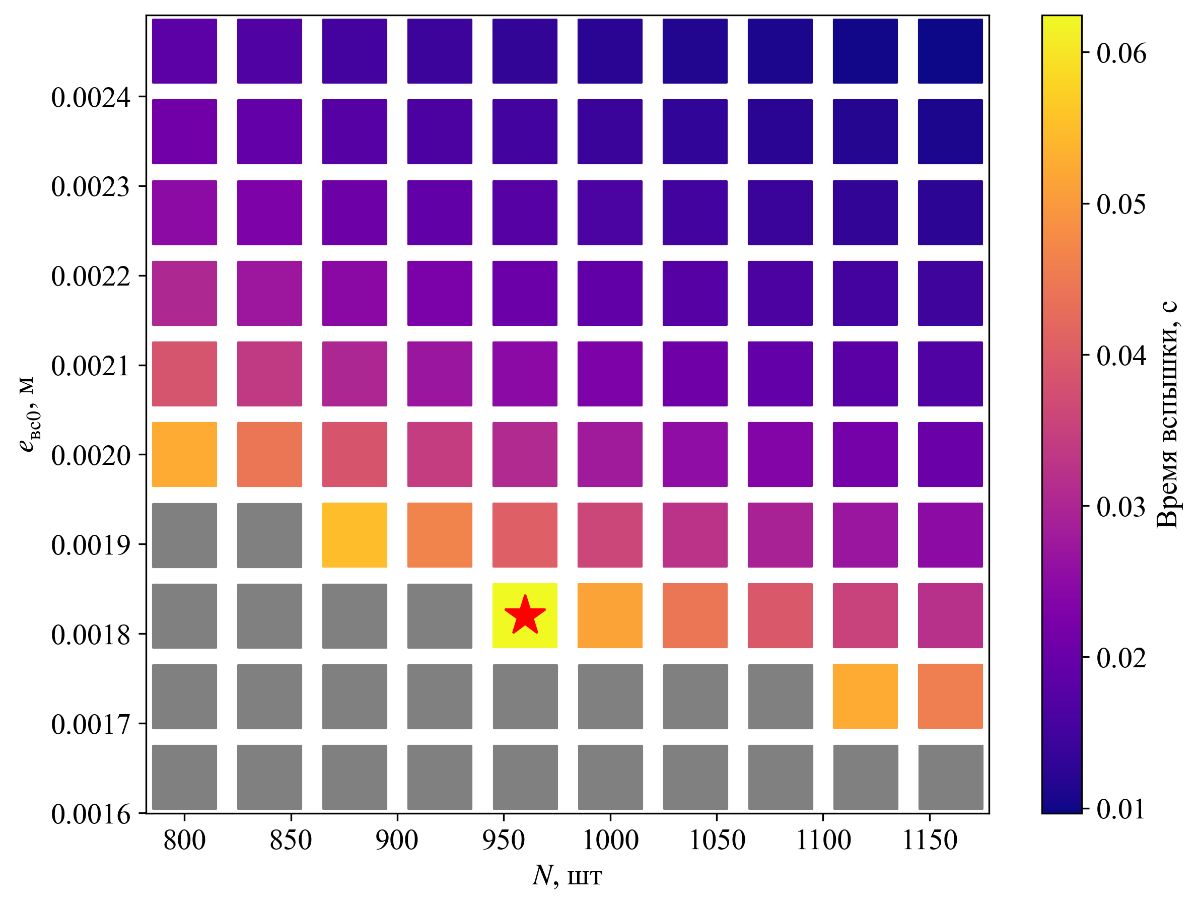


Рис. 7. Время воспламенения

**Список литературы**

1. Шишков А. А., Панин С. Д., Румянцев Б. В. Рабочие процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива. М.: Машиностроение, 1988.
2. Соркин Р. Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных системах на твердом топливе: внутренняя баллистика. М.: Наука, 1983.
3. Бахман Н. Н., Беляев А. Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. М.: Наука, 1967.