

## **ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАВЕСКИ ПИРОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОСПЛАМЕНИТЕЛЯ НА ПРОЦЕСС ЗАПУСКА РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА**

В.А. Бородавка  
(представил д.т.н., проф. И.М. Приходько)

*Рассматривается влияние некоторых факторов на процессы, происходящие в камере сгорания при автономном горении воспламенителя, и на запуск двигателя.*

Запуск двигателя на твердом топливе является наиболее ответственным динамическим режимом работы, во время которого параметры рабочего процесса, давление и температура в камере сгорания изменяются в широких диапазонах – от нуля до номинальных значений.

Для обеспечения надёжного воспламенения заряда РДТТ в процессе горения воспламенителя необходимо выполнение определённых условий:

- нагревание поверхности заряда твердого топлива до определённого уровня температуры, выше которой в реакционной зоне возникает самоподдерживающаяся реакция разложения твердого топлива;
- накопление в прогревом слое топлива количества тепла, соответствующего стационарному горению;
- достижение уровня давления в камере, превышающего минимальное давление устойчивого горения твердого топлива.

На процессы, происходящие в камере сгорания при автономном горении воспламенителя, оказывают существенное влияние факторы, которые можно разбить на следующие группы:

- параметры камеры сгорания (КС) (свободный объём КС, коэффициент теплоотдачи в стенку КС, не покрытую топливом и омываемую горячими газами, а также её площадь);
- параметры навески пиротехнического состава (ПС) воспламенителя (начальная площадь горения пиротехнического состава и его время горения);
- теплофизические параметры ПС навески воспламенителя (теплотворная способность, скорость горения, плотность ПС, а также плотность продуктов сгорания и доля твердых частиц в продуктах сгорания ПС).

Влияние первой группы факторов была рассмотрена ранее [1]. Рассмотрим влияние остальных факторов, для этого используем систему дифференциальных уравнений, представленную в [2] и решаемую методом

Рунге-Куты четвертого порядка с помощью программы, выполненной на

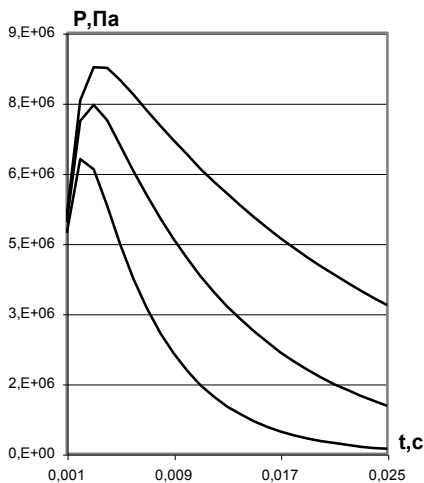


Рис. 1. График изменения давления КС в зависимости от толщины горящего свода зерна ПС

алгоритми-ческом языке TURBO PASCAL. Результаты расчёта приведены на графиках, характеризующих влияние рассматриваемых параметров на процесс роста давления в КС при автономном горении воспламенителя. При проведении расчётов во всех случаях параметры КС брались одинаковыми. Масса воспламенителя и закон изменения площади горения воспламенителя во всех случаях приняты одинаковыми. На рис. 1 показаны графики изменения давления в КС для различных толщин горящего свода зерна ПС и при одинаковых начальных площадях горения. Из графиков следует, что при увеличении толщины горящего свода зерна ПС происходит увеличение времени горения ПС воспламенителя и, как

следствие, увеличение давления, создаваемого воспламенителем в КС. На рис. 2 приведены графики роста давления в КС при одинаковой толщине горящего свода зерна ПС для разных начальных площадей поверхности горения. Из анализа графиков следует, что при увеличении начальной площади поверхности горения происходит увеличение как самого давления, так и скорости нарастания давления в КС при автономном горении ПС воспламенителя, но при этом пики давления совпадают по времени. На рис. 3 изображены графики роста давления в КС для ПС с различной теплотворностью [3] при одинаковой начальной площади поверхности горения пиротехнического состава и толщине горящего свода зерна пиротехнического состава. Из графиков следует, что ПС, имеющие более высокие теплотворные способности, при прочих равных условиях создают большее давление и скорость нарастания давления в КС.

Проведённый анализ графиков показывает, что на величину давления в КС при автономной работе воспламенителя оказывают влияние факторы, которые необходимо учитывать при выборе навески ПС воспламенителя при проектировании РДТТ и которые зачастую существующими эмпирическими формулами практически не учитываются. Это может привести к тому, что при одинаковых полученных значениях массы навески ПС воспламенителя они могут иметь различное время и начальную площадь горения ПС, а это может привести к осечке запуска

РДТТ или к разрушению заряда и взрыву.

В целом запуск РДТТ зависит от совместного воздействия многих факторов и является в значительной степени экспериментально отработываемым процессом [4]. Это требует больших экономических затрат и, как следствие,

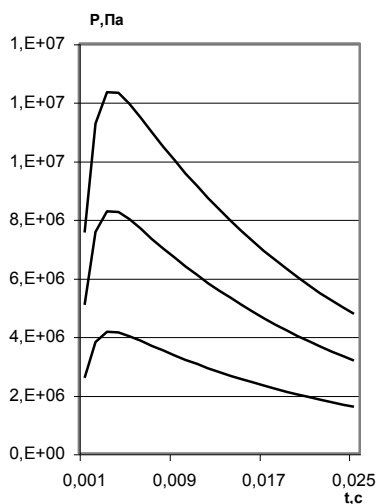


Рис. 2. Графики изменения давления КС в зависимости от величины начальной площади поверхности горения ПС

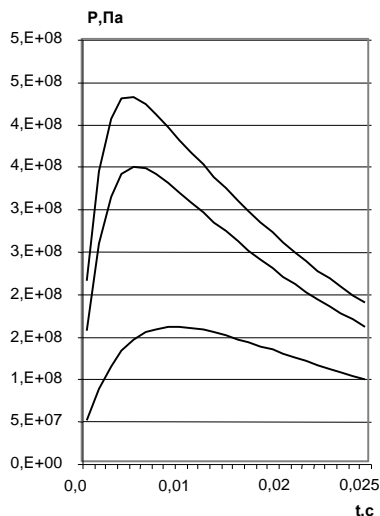


Рис. 3. Графики изменения давления КС в зависимости от теплотворной способности ПС воспламенителя

необходимости разработки достаточно простого математического аппарата, позволяющего произвести выбор параметров навески пиротехнического состава воспламенителя с учётом параметров камеры сгорания, теплофизических свойств твердого топлива заряда двигателя и пиротехнического состава навески воспламенителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бородавка В.А. Вплив вільного об'єму камери згорання, коефіцієнта тепловіддачі та площі стінки, яка омивається гарячими газами, на процес запуску РДТП // *Ракетно-космічна техніка*. – Х.: ХВУ. – 1999. – Вип. 1. – С. 17 - 19.
2. Приходько И.М., Бородавка В.А. Термогазодинамические процессы при запуске РДТТ // *Системы обработки информации*. – Х.: ХФВ "Транспорт України". – 2000. – Вип. 4(10). – С. 6-9.
3. Ерохин Б.Т. Теория внутрикамерных процессов и проектирование РДТТ – М.: Машиностроение, 1991. – 560 с.
4. Шишков А.А., Панин С.Д., Румянцев Б.В. Рабочие процессы в ракетных двигателях твёрдого топлива. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

Поступила 16.07.2002

**БОРОДАВКА Вадим Анатольевич**, адъюнкт ХВУ. В 1994 году окончил ХВУ. Область научных интересов – внутренняя баллистика ракетных двигателей твердого топлива.

---