

этом НДС всей лопатки рассчитывался по МКЭ. Геометрические характеристики всех лопатках:  $R_1 = 517$  м,  $R_2 = 667$  м. Для закрученной лопатки угол поворота хвостового сечения относительно корневого составил  $18^\circ$ . Детальный анализ проводился для четырёх сечений лопатки: 1 – корневое; 2, 3 – сечения, отстоящие от корневого на расстоянии  $1/3$  и  $2/3$  длины лопатки; 4 – хвостовое сечение.

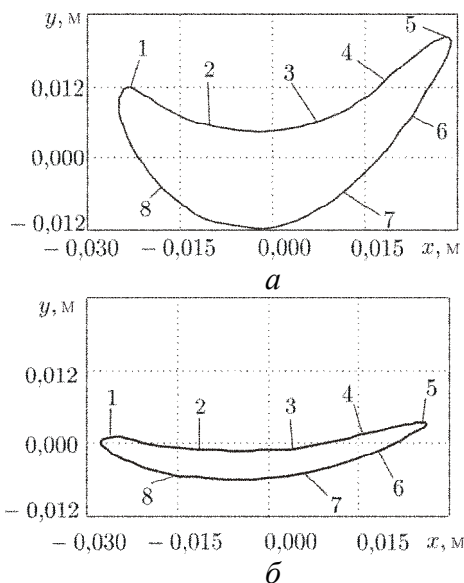


Рис. 2 Корневое (а) и хвостовое (б) сечения прямолинейной лопатки: цифры – характерные точки поверхности

Проанализированы зависимости всех компонент тензора остаточных напряжений  $S_q(r,t)$ ,  $S_z(r,t)$  и  $S_r(r,t)$  (в локальной цилиндрической системе координат) по периметру сечений и по длине лопатки.

В качестве примера на рис. 3 представлены типичные зависимости, отражающие процесс релаксации остаточных напряжений в закрученной лопатке по периметру сечений.

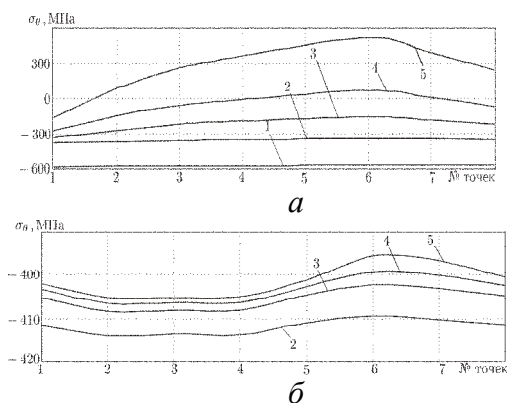


Рис. 3 Кинетика напряжений  $S_q$  на поверхности закрученной лопатки по периметру сечений (сплав ЖС6КП,  $T = 1000^\circ\text{C}$ ,  $w = 450$  рад/сек): а – сечение №2; б – сечение №4. Цифры: 1 –  $t = 0$ ; 2 –  $t = 20$ ; 3 –  $t = 50$ ; 4 –  $t = 100$ ; 5 –  $t = 200$  часов

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках АВЦП “Развитие научного потенциала высшей школы” (проект 2.1.1/13944).

УДК 629.7.018

## АНАЛИЗ И БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИСОЕДИНЕННЫМИ КАМЕРАМИ ПОДГОНА

Сафронов А.И.<sup>1</sup>, Зоркин В.А.<sup>1</sup>, Потапенко В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тольяттинский государственный университет

<sup>2</sup>Военный инженерный технический институт, г. С.-Петербург

## ANALYSIS AND BALLISTICS DESIGN OF A LABORATORY INSTALLATION SYSTEM WITH A JOINED DRIVE ON CHAMBERS

Safronov A.I., Zorkin V.A., Potapenko V.V. This article discusses issues of designing systems with two a joined drive on chambers. These systems give a greater gain in the initial speeds than systems with single-camera about 9%, as compared with the classical scheme more 25%. Ballistics Project, Gun Tube System, Joined Drive on Chamber

Для высокоскоростного метания представляет интерес применение систем с одной или двумя камерами подгона при

реализации перспективного уровня давлений в 2-3 раза превышающих традиционные максимумы в ствольных системах. В [1]

рассмотрена схема метания с присоединёнными камерами подгона рис. 1.

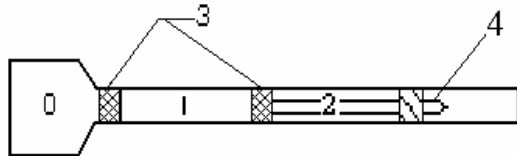


Рис. 1. Схема метания СПК: 0 – камера основного заряда; 1 – первая камера подгона; 2 – вторая камера подгона; 3 – поршни; 4 – метаемое тело

За счет управления параметрами давления в канале системы СПК возможно регулирование ускорения метаемого тела до момента выхода из канала ствола.

В [2] было отмечено, что поршни, используемые в СПК, могут быть сгораемыми. Важно обеспечить воспламенение поршней к моменту резкого повышения давления за счет горения зарядов в областях присоединенных камер.

Проведенные ранее исследования показали эффективность управления скоростью поршня для повышения начальной скорости метания СПК. При этом улучшается перераспределение энергии на ускорение метаемого тела. В данном случае рассматривается воспламенение первого поршня синхронно с ростом давления в первой присоединенной камере подгона.

Результаты расчётов для метаемого тела с коэффициентом относительного веса  $C_q=3,0$  кг/дм<sup>3</sup> показали возможность достижения расчетной скорости метания  $V=3642$  м/с при применении СПК.

Прямая задача внутренней баллистики для рассмотренной схемы решалась совместным эйлера-лагранжевым методом (СЭЛ) [3] при допущениях модели газопороховой смеси.

Время задержки воспламенения для первой камеры подгона  $t_{31}=2,576$  мс. После воспламенения давление в камере подгона предполагается равным 5 МПа, а затем, при горении заряда в первой камере, давление перед поршнем возрастает до 830 МПа. Торможению поршня препятствует давление за поршнем, возрастающее примерно до 540 МПа. Это давление реализуется за счет горения первого поршня, а также повышения давления при торможении поршня. При этом медленнее падает скорость поршня, чем в случае без сгорающего поршня. Расчётное давление на сборку второй камеры достигает 1000 МПа.

Через некоторое время после воспламенения заряда во второй камере подгона ( $t_{32}=3,116$  мс) происходит разделение сборки второй камеры подгона (поршень + заряд + метаемое тело), и метаемое тело дополнительно ускоряется.

В результате подгона за счет срабатывания первой присоединённой камеры скорость сборки второй камеры подгона увеличивается на 592 м/с. После разделения сборки второй камеры подгона скорость метаемого тела увеличивается дополнительно на 969 м/с.

Необходимо отметить, что расчетной скорости 3642 м/с метаемый элемент с  $C_q=3,0$  кг/дм<sup>3</sup> достигает при использовании обычных штатных порохов. Эффект может быть увеличен при применении новых высокоэнергетических составов. С момента разделения первой камеры подгона скорость метаемого элемента возрастает более чем в 2,1 раза с 1689 м/с до 3642 м/с.

При классическом выстреле из той же модельной пороховой пушки с заданными ограничениями на давление в камере не более 1000 МПа расчетная скорость метаемого тела составила 2897 м/с. Таким образом, расчетное повышение скорости метания при применении СПК на рассматриваемой системе достигает 25,7 процентов.

При использовании сгорающего первого поршня падение скорости менее резкое, чем в случае несгораемого поршня до подхода волны разрежения. При этом происходит интенсивное перераспределение энергии на ускорение сборки второй камеры подгона.

При воспламенении заряда второй камеры подгона скорость сборки составляет 2281 м/с. Поэтому торможение второго поршня менее значительное, чем первого. Подъем давления за счет торможения потока также меньше, чем на первом поршне. Энергия заряда второй камеры подгона, в основном, идет на ускорение метаемого тела.

Рассмотрим баллистические возможности системы с двумя камерами подгона приведенные в таблице 1. В таблице приведены результаты баллистических расчетов при метании тел с  $C_q=0,9, 1, 2, 3$  кг/дм<sup>3</sup>.

Здесь обозначены:  $q$  – масса метаемого тела;  $V$  – начальная скорость метаемого тела;

$P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  – давления на дно канала, максимальное в 1-й камере подгона, на метаемое тело, соответственно;  $t_{31}$  – время

задержки воспламенения заряда первой камеры подгона;

Таблица 1- Баллистические возможности системы с двумя камерами подгона

q, г	V, м/с	$P_0$ , МПа	$P_1$ , МПа	$P_2$ , МПа	$t_{31}$ , мс	$t_{32}$ , мс	F, МДж/кг	$\Delta V/V$ %
50	5432	1022	1010	1026	2,358	2,840	0,9996	7,1
74,1	4891	1007	1018	998	2,425	2,924	0,9996	6,0
148,2	4117	1007	1008	1012	2,530	3,058	0,9996	8,4
222,3	3642	1000	1004	1350	2,576	3,116	0,9996	8,8

$t_{32}$  - время задержки воспламенения заряда второй камеры подгона; F – сила порохов зарядов в камерах СПК;  $\Delta V/V$  - выигрыш в начальной скорости метаемого тела.

В правом столбце приведен выигрыш в начальной скорости метаемого тела в сравнении с расчетными скоростями при использовании только одной камеры подгона. При сравнении с расчетными скоростями при классической схеме метания выигрыш в начальной скорости метаемого тела в случае одинаковых максимальных давлений на дно канала модельной пороховой пушки составляет примерно 30%.

Важным моментом при обсуждении применения систем СПК является то, что выигрыш в скорости с повышением давлений для рассматриваемой схемы остается значительным.

При давлениях в перспективных системах в 2-3 раза превышающих традиционные максимумы давлений применяемых в штатных артиллерийских орудиях схема с присоединёнными камерами подгона также будет обеспечивать значительный выигрыш в скорости метания

по сравнению с расчетными начальными скоростями, получаемыми при классической схеме выстрела.

### Библиографический список

1. Комаровский, Л.В. Использование нетрадиционной схемы метания в баллистических системах / Л.В. Комаровский, А.И. Сафронов // Международная конференция по математике и механике: Избранные доклады / Под общ. ред. Н.Р. Щербакова. - Томск, 2003. - С.182–187.

2. Комаровский, Л.В. Анализ внутренней баллистики систем с подгоном модели в пусковой трубе / Л.В. Комаровский, А.И. Сафронов // Четвёртая Всероссийская конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики». - Томск. Изд-во Том. Ун-та. 2004. - С.107.

3. Нох, В.Ф. СЭЛ – совместный эйлерово-лагранжев метод для расчета нестационарных двумерных задач / В.Ф. Нох // Вычислительные методы в гидродинамике. - М., 1967. - С. 128–189.

УДК 628.517.2

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМЕ ВПУСКА ДЛЯ ШУМОВОЙ ДОВОДКИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Старобинский Р.Н., Мещерякова М.А., Назаров А.Г., Соколов А.В.

Тольяттинский государственный университет

### USING OF RESONANCE OSCILLATIONS IN INTAKE SYSTEM FOR A CAR NOISE TUNING

Starobinski R., Mescheriakova M., Nazarov A., Sokolov A.. The acoustical-mechanical system for creating of informative sound in passenger compartment based on resonance excitation in car intake system is considered. It is shown that acoustical connection of aircleaner cavity with engine