

# Влияние начала закрытия впускных клапанов (окон) на параметры работы поршневого детандера

Канд. техн. наук А.Ю. ГРИГОРЬЕВ  
СПбГУН и ПТ

*The results of calculation of the influence of beginning of inlet valves (windows) closing on the integral operation parameters of reciprocating expansion engines stages are presented and analyzed. It is found that for reciprocating expansion engines the optimum angle of closing of the inlet windows (valves) can be determined, when the temperature efficiency is maximum, and the temperature of gas in the outlet from the working chamber is minimum.*

В данной работе представлены и проанализированы расчетные результаты оценки влияния начала закрытия впускных клапанов (окон) на интегральные параметры работы ступеней поршневых детандеров (ПД), полученные с помощью ранее разработанной модели турбулентного нестационарного течения вязкого газа в рабочей камере (РК) рассматриваемых машин [2 – 4]. Математическая модель апробирована для расчета параметров работы воздушных детандеров низкого (ДКА20-10/1С), среднего (ДПВ-70/5) и высокого давлений (ДПВ4,2-200/6-3) с клапанным газораспределением и экспериментального бесклапанного гелиевого поршневого детандера.

Основные исходные данные для расчета детандерных ступеней:

**ДКА20-10/1С:** ход поршня 45 мм; диаметр поршня 50 мм; относительная длина кривошипа 0,196; относительное мертвое пространство 0,19; частота вращения вала 1500 об/мин; давление на всасывании 1 МПа; давление в выпускной камере 0,1 МПа; температура всасываемого газа 303 К; температура стенок рабочей камеры 273 К; угол начала открытия выхлопных окон  $\varphi = 135^\circ$ ;

**ДПВ-70/5:** ход поршня 90 мм; диаметр поршня 55 мм; относительная длина кривошипа 0,2; относительное мертвое пространство 0,1; частота вращения вала 400 об/мин; давление на всасывании 7,0 МПа; давление в выпускной камере 0,5 МПа; температура всасываемого газа 300 К; температура стенок рабочей камеры 230 К; угол начала открытия выхлопных окон  $\varphi = 146^\circ$ ;

**ДПВ4,2-200/6-3:** ход поршня 90 мм; диаметр поршня 55 мм; относительная длина кривошипа 0,2; относительное мертвое пространство 0,057; частота вращения вала 400 об/мин; давление на всасывании 20 МПа; давление в выпускной камере 0,6 МПа; температура всасываемого газа 300 К; температура стенок рабочей камеры 227 К; угол начала открытия выхлопных окон  $\varphi = 146^\circ$ ;

**гелиевый ПД:** ход поршня 20 мм; диаметр поршня 49,5 мм; относительная длина кривошипа 0,2; относительное мертвое пространство 0,93; частота вращения вала 400 об/мин; давление на всасывании 2,5 МПа; давление в выпускной камере 0,161 МПа; температура всасываемого газа 25 К; тем-

пература стенок РК 19 К; угол закрытия впускных окон  $\varphi = 37^\circ$ ; угол начала открытия выхлопных окон  $\varphi = 139^\circ$ .

Момент закрытия клапанов задавался величиной безразмерного относительного хода поршня  $C_2 = S_{\varphi_2}/S_n$  (где  $S_{\varphi_2}$  – доля хода поршня в момент закрытия клапана;  $S_n$  – ход поршня), которая изменялась в пределах, близких к реально существующим для данных детандеров.

На рис. 1 показано изменение массовой производительности  $m$  (кг/ч) изученных машин в зависимости от начала закрытия впускных клапанов (окон). Получен ожидаемый результат: с увеличением  $C_2$ , т.е. при затягивании момента закрытия клапанов (окон), массовая производительность всех машин растет. Увеличивается и холодопроизводитель-

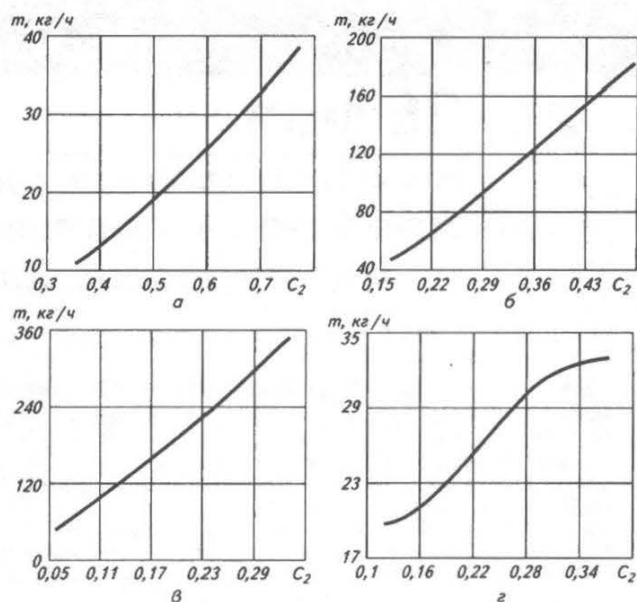


Рис. 1. Изменение массовой производительности детандеров в зависимости от начала закрытия впускных клапанов (окон): а – ДКА20-10/1С; б – ДПВ-70/5; в – ДПВ4,2-200/6-3; г – гелиевый ПД

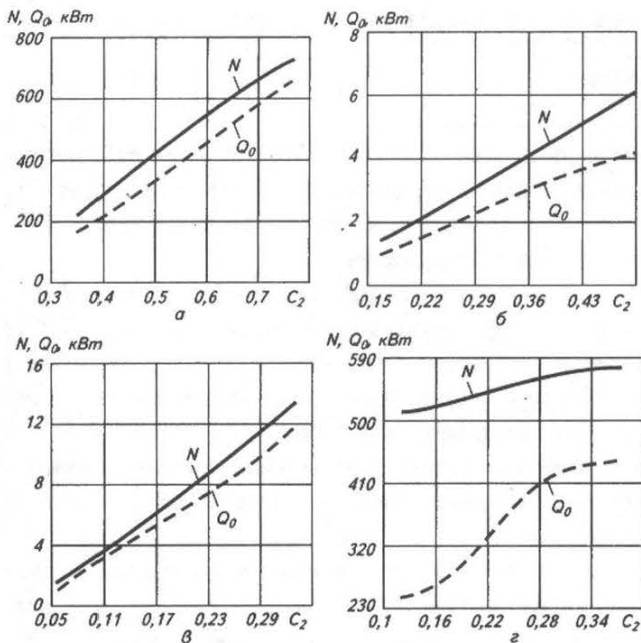


Рис. 2. Изменение индикаторной мощности  $N$  и холодопроизводительности  $Q_0$  ПД в зависимости от начала закрытия впускных клапанов (окон):  
 а – ДКА20-10/1С; б – ДПВ-70/5; в – ДПВ4, 2-200/6-3;  
 г – гелиевый ПД

ность детандеров (рис. 2), так как относительные изменения среднemasовой температуры газа на выходе из РК для всех машин невелики. Вместе с тем абсолютные изменения температуры газа заметны и они (в расчетных

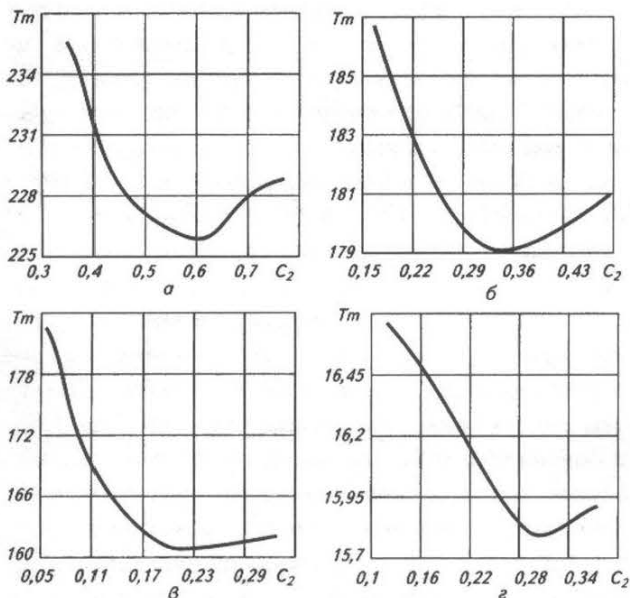


Рис. 3. Изменение среднemasовой температуры газа  $T_m$  на выходе из РК ПД в зависимости от начала закрытия впускных клапанов (окон):  
 а – ДКА20-10/1С, б – ДПВ-70/5, в – ДПВ4, 2-200/6-3,  
 г – гелиевый ПД

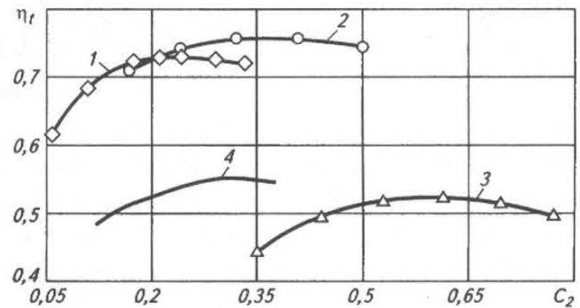


Рис. 4. Изменение температурного КПД  $\eta_t$  в зависимости от начала закрытия впускных клапанов (окон):  
 1 – ДПВ 4,2-200/6-3; 2 – ДПВ-70/5; 3 – ДКА20-10/1С;  
 4 – гелиевый ПД

пределах изменения  $C_2$ ) для воздушных детандеров составляют 7 – 13 К (рис. 3, а, б, в), а для гелиевого низкотемпературного детандера 1 К (рис. 3, г).

Зависимость среднemasовой за цикл температуры газа на выходе из РК для всех машин имеет минимум (см. рис. 3). При малых  $C_2$  среднemasовая температура газа на выходе из РК выше наименьшего значения, так как велико отношение площади теплообмена к поступившей за цикл массе газа. Здесь хотя суммарные тепловые потоки стали меньше, но их значения на единицу массы поступившего газа выросли. При больших  $C_2$  тепловые потоки растут быстрее поступающей массы газа из-за увеличения коэффициентов теплоотдачи во время процесса наполнения.

Наличие минимума среднemasовой температуры газа на выходе из рабочей камеры детандера при некотором  $C_2$  определяет существование максимального значения температурного КПД (изотропный внутренний КПД для идеального газа [1]). Он для каждой машины свой (рис. 4).

Таким образом, для всех ПД существует и может быть определен с помощью разработанной методики оптимальный угол закрытия впускных клапанов (окон), при котором машина будет иметь наивысший температурный КПД и наименьшую температуру газа на выходе из РК детандера.

#### Список литературы

1. Бараненко А.В., Бухарин Н.Н., Пекарев В.И., Сакун И.А., Тимофеевский Л.С. Холодильные машины. – СПб.: Политехника.
2. Григорьев А.Ю., Куликов К.А. Математическая модель течения газа в рабочей камере поршневого детандера // Совершенствование процессов и аппаратного оформления пищевой технологии и холодильной техники. СПбГУН и ПТ, 2000. Деп. ВИНТИ № 2722, 26.10.2000.
3. Григорьев А.Ю., Прилуцкий И.К. Постановка задачи течения газа в рабочей камере поршневого детандера // Вестник МАХ. 2000. № 3.
4. Григорьев А.Ю., Приходько С.А. Конечно-разностный метод решения задачи течения газа в рабочей камере поршневого детандера // Совершенствование процессов и аппаратного оформления пищевой технологии и холодильной техники. СПбГУН и ПТ. 2000. Деп. ВИНТИ № 2722, 26.10.2000.