

### **Требование к представлению результатов**

1. Полученные зависимости должны быть представлены на одном графике с различными масштабами вычисленных переменных.
2. Масштабы для представления переменных должны в явном виде показывать характер изменения величин.
3. Один вариант расчета представляется в виде текста с описанием примененной математической модели. Все варианты расчета (включая описанный) представляются в таблице.
4. В итоге должен быть приведен анализ полученных результатов расчета.
5. Привести список использованной литературы.

### **ИДЗ №1. Расчет теоретического процесса расширения в соплах.**

#### **ИДЗ №1-01**

Рассматривается суживающееся сопло. Построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сечении сопла; 4) отношения давлений на сопло 5) давления в выходном сечении от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 11,7$  МПа ,  $t_0 = 520$  °С ,  $c_0 = 100$  м/с , площадь выходного сечения  $F = 0,104$  м<sup>2</sup> . Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 3; 18; 40; 75; 185; 266; 350; 430; 590; 730. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

#### **ИДЗ №1-02**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) скорости звука; 4) удельного объема 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 12,0$  МПа ,  $t_0 = 500$  °С ,  $c_0 = 120$  м/с , расход пара через сопло  $G = 90$  кг/с . Изменение теплоперепада в теоретическом процессе обеспечить изменением относительного давления на сопло по точкам: 1; 0,97; 0,93; 0,9; 0,8;  $\epsilon^*$ ; 0,4; 0,32; 0,21; 0,1; 0,05.

#### **ИДЗ №1-03**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) числа Маха; 4) удельного объема; 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 7,2$  МПа ,  $t_0 = 380$  °С ,  $c_0 = 90$  м/с , расход пара через сопло  $G = 100$  кг/с . Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 4; 10; 25; 48; 120; 185; 226; 300; 409; 525. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

#### **ИДЗ №1-04**

Рассматривается суживающееся сопло. Построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сечении сопла; 4) удельного объема в выходном сечении сопла; 5) давления в выходном сечении сопла от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 9,4$  МПа ,  $t_0 = 420$  °С ,  $c_0 = 150$  м/с , площадь выходного сечения  $F = 0,120$  м<sup>2</sup> . Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 3; 17; 35; 69; 180; 255; 320; 415; 560; 670. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-05**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) числа Маха; 4) удельного объема 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 10,2$  МПа,  $t_0 = 360$  °С,  $c_0 = 145$  м/с, расход пара через сопло  $G = 69$  кг/с. Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 5; 13; 24; 42; 115; 170; 220; 290; 400; 504. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-06**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) скорости звука; 4) удельного объема; 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 14,3$  МПа,  $t_0 = 320$  °С,  $c_0 = 110$  м/с, расход пара через сопло  $G = 35$  кг/с. Изменение теплоперепада в теоретическом процессе расширения обеспечить изменением относительного давления на сопло по точкам: 1; 0,98; 0,94; 0,9; 0,78;  $\varepsilon^*$ ; 0,38; 0,3; 0,2; 0,12; 0,05.

### **ИДЗ №1-07**

Для суживающегося сопла построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) числа Маха в выходном сечении сопла; 4) удельного объема в выходном сечении сопла; 5) давления в выходном сечении сопла от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 10,4$  МПа,  $t_0 = 425$  °С,  $c_0 = 60$  м/с, площадь выходного сечения  $F = 0,018$  м<sup>2</sup>. Изменение теплоперепада в теоретическом процессе обеспечить изменением относительного давления на сопло по точкам: 1; 0,98; 0,94; 0,9; 0,78;  $\varepsilon^*$ ; 0,38; 0,3; 0,22; 0,1; 0,05.

### **ИДЗ №1-08**

Для суживающегося сопла построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сечении сопла; 4) удельного объема в выходном сечении сопла; 5) давления в выходном сечении от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 11,4$  МПа,  $t_0 = 505$  °С,  $c_0 = 105$  м/с, площадь выходного сечения  $F = 0,025$  м<sup>2</sup>. Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 5; 22; 35; 70; 168; 245; 310; 395; 525; 640. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-09**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) скорости звука; 4) удельного объема; 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 6,6$  МПа,  $t_0 = 350$  °С,  $c_0 = 95$  м/с, расход пара через сопло  $G = 75$  кг/с. Изменение теплоперепада в теоретическом процессе обеспечить изменением относительного давления на сопло по точкам: 1; 0,97; 0,93; 0,9; 0,8;  $\varepsilon^*$ ; 0,4; 0,32; 0,21; 0,1; 0,05.

### **ИДЗ №1-10**

Рассматривается суживающееся сопло. Построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сече-

нии сопла; 4) давления в выходном сечении от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 6,8 \text{ МПа}$ ,  $t_0 = 480 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c_0 = 120 \text{ м/с}$ , площадь выходного сечения  $F = 0,102 \text{ м}^2$ . Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 3; 22; 45; 79; 190; 270; 360; 440; 580; 740. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-11**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) скорости звука; 4) удельного объема 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 6,8 \text{ МПа}$ ,  $t_0 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c_0 = 80 \text{ м/с}$ , расход пара через сопло  $G = 30 \text{ кг/с}$ . Изменение теплоперепада в теоретическом процессе расширения обеспечить изменением относительного давления на сопло по точкам: 1; 0,98; 0,94; 0,9; 0,78;  $\epsilon^*$ ; 0,38; 0,3; 0,2; 0,12; 0,05.

### **ИДЗ №1-12**

Рассматривается суживающееся сопло. Построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сечении сопла; 4) отношения давлений на сопло 5) давления в выходном сечении от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 15,4 \text{ МПа}$ ,  $t_0 = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c_0 = 110 \text{ м/с}$ , площадь выходного сечения  $F = 0,115 \text{ м}^2$ . Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 3; 22; 45; 79; 190; 270; 360; 440; 580; 740. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-13**

Для суживающегося сопла построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сечении сопла; 4) удельного объема в выходном сечении сопла; 5) давления в выходном сечении от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 12,7 \text{ МПа}$ ,  $t_0 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c_0 = 100 \text{ м/с}$ , площадь выходного сечения  $F = 0,045 \text{ м}^2$ . Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 5; 22; 35; 70; 168; 245; 310; 395; 525; 640. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-14**

Для суживающегося сопла построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сечении сопла; 4) удельного объема на выходе; 5) давления в выходном сечении от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 7,8 \text{ МПа}$ ,  $t_0 = 515 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $c_0 = 95 \text{ м/с}$ , площадь выходного сечения  $F = 0,145 \text{ м}^2$ . Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 7; 22; 37; 77; 198; 280; 340; 448; 600; 740. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-15**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) скорости звука; 4) удельного объема 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 10,3$  МПа,  $t_0 = 370$  °С,  $c_0 = 110$  м/с, расход пара через сопло  $G = 65$  кг/с. Изменение теплоперепада в теоретическом процессе расширения обеспечить изменением относительного давления на сопло по точкам: 1; 0,98; 0,94; 0,9; 0,78;  $\varepsilon^*$ ; 0,38; 0,3; 0,2; 0,12; 0,05.

### **ИДЗ №1-16**

Рассматривается суживающееся сопло. Построить зависимости характеристик: 1) расхода пара через сопло; 2) скорости пара в выходном сечении сопла; 3) скорости звука в выходном сечении сопла; 4) отношения давлений на сопло 5) давления в выходном сечении от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 14,1$  МПа,  $t_0 = 365$  °С,  $c_0 = 180$  м/с, площадь выходного сечения  $F = 0,024$  м<sup>2</sup>. Значения теоретических теплоперепадов по параметрам торможения: 0; 5; 20; 35; 70; 185; 270; 340; 435; 590; 710. Дополнительно определить значение критического теплоперепада и провести расчет при этом значении.

### **ИДЗ №1-17**

Построить зависимости характеристик потока в выходном сечении сопла: 1) площади проходного сечения; 2) скорости пара; 3) скорости звука; 4) удельного объема; 5) давления от давления за соплом (располагаемого теплоперепада по параметрам торможения / отношения давлений на сопло).

Параметры потока на входе сопла  $P_0 = 16,3$  МПа,  $t_0 = 450$  °С,  $c_0 = 60$  м/с, расход пара через сопло  $G = 90$  кг/с. Изменение теплоперепада в теоретическом процессе обеспечить изменением относительного давления на сопло по точкам: 1; 0,97; 0,93; 0,9; 0,8;  $\varepsilon^*$ ; 0,4; 0,32; 0,21; 0,1; 0,05.