

### **Задание. КР\_1.МНК**

По табличным данным [1] рассчитать термодинамические свойства газообразных веществ и их смесей при различных температурах и давлениях.

Вещества:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $OH$ ,  $H$ ,  $O$ .

Свойства: теплоемкость ( $C_p$ ), энтальпия ( $H$ ), энтропия ( $S$ ), температурная часть приведенного потенциала Гиббса ( $\Phi$ ) [1,4].

С использованием МНК подобрать аппроксимацию для  $C_p$  при  $100 < T < 10000$  К, остальные свойства вычислить по формулам. Сравнить с данными справочника [1].

### **Задание. КР\_2.МНК**

По табличным данным [1] рассчитать термодинамические свойства газообразных веществ и их смесей при различных температурах и давлениях.

Вещества:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $OH$ ,  $H$ ,  $O$ .

Свойства: теплоемкость ( $C_p$ ), энтальпия ( $H$ ), энтропия ( $S$ ), температурная часть приведенного потенциала Гиббса ( $\Phi$ ) [1,4]. [1,4].

С использованием МНК подобрать аппроксимацию для температурной части приведенного потенциала Гиббса ( $\Phi$ ) при  $100 < T < 10000$  К, остальные свойства вычислить по формулам. Сравнить с данными справочника [1].

### **Задание. КР\_3.МНК**

По табличным данным [1] рассчитать термодинамические свойства газообразных веществ и их смесей при различных температурах и давлениях.

Вещества:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $OH$ ,  $H$ ,  $O$ .

Свойства: теплоемкость ( $C_p$ ), энтальпия ( $H$ ), энтропия ( $S$ ), температурная часть приведенного потенциала Гиббса ( $\Phi$ ) [1,4].

С использованием МНК подобрать аппроксимации для теплоемкости ( $C_p$ ), энтальпии ( $H$ ), энтропии ( $S$ ), температурной части приведенного потенциала Гиббса ( $\Phi$ ) при  $100 < T < 10000$  К, провести вычисления по формулам. Сравнить с табличными данными справочника [1].

### **Задание. КР\_4.МНК**

По табличным данным [1] рассчитать термодинамические свойства газообразных веществ и их смесей при различных температурах и давлениях.

Вещества:  $H_2$ ,  $O_2$ .

Свойства: теплоемкость ( $C_p$ ), энтальпия ( $H$ ), энтропия ( $S$ ), температурная часть приведенного потенциала Гиббса ( $\Phi$ ) [1,4].

С использованием МНК подобрать аппроксимации для теплоемкости ( $C_p$ ) при  $100 < T < 1000$  К, и при  $1000 < T < 10000$  К со стыковкой аппроксимационных формул при  $T = 1000$  К. Провести вычисления по формулам. Сравнить с табличными данными справочника [1].

### **Задание. КР\_5.МНК**

По данным справочника [1] рассчитать кривую насыщения воды (H<sub>2</sub>O). Вычислить (МНК) коэффициенты, входящие в аппроксимационные формулы для кривой насыщения. Провести сравнение со справочными данными.

### Задание. КР\_6.МНК

Рассчитать скорости обратных химических реакций с использованием данных таблицы 1 и “константы равновесия” [1] при  $300 < T < 6000$ . С использованием МНК подобрать параметры, входящие в формулу Аррениуса для обратной реакции [4]. Сравнить с данными таблицы 1.

Таблица 1.

Реакция	$A_f$ , моль/(см <sup>3</sup> /с)	$n_f$	$E_f$ , К	$A_r$ , моль/(см <sup>3</sup> /с)	$N_r$	$E_r$ , К
1 H <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> =OH+OH	0.17000E+14	0.00000E+00	0.24000E+05	0.39217E+14	0.00000E+00	-0.54697E+04
2 H+O <sub>2</sub> =OH+O	0.12000E+17	-0.91000E+00	0.50650E+04	0.10819E+18	-0.91000E+00	-0.34057E+04
3 OH+H <sub>2</sub> =H <sub>2</sub> O+H	0.22000E+14	0.00000E+00	0.25500E+04	0.30723E+16	-0.10000E+01	-0.99512E+04
4 O+H <sub>2</sub> =OH+H	0.50600E+05	0.26700E+01	0.31900E+04	0.10789E+07	0.26700E+01	-0.17809E+05
5 OH+OH=O+H <sub>2</sub> O	0.63000E+13	0.00000E+00	0.54000E+03	0.34384E+16	-0.10000E+01	0.90378E+04
6 H+OH+ N <sub>2</sub> =H <sub>2</sub> O+ N <sub>2</sub>	0.22100E+23	-0.20000E+01	0.00000E+00	0.81442E+31	-0.20000E+01	0.60077E+05
7 H+H+ N <sub>2</sub> =H <sub>2</sub> + N <sub>2</sub>	0.73000E+18	-0.10000E+01	0.00000E+00	0.16053E+27	0.00000E+00	0.72579E+05

### Задание. КР\_7.СЗ

Используя данные таблицы 1 рассчитать скорости образования H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, OH, H, O при плотности равной 1 кг/м<sup>3</sup>, температуре  $300 < T < 6000$  К при различных концентрациях компонентов (считать, что количество атомов H и O в системе остается неизменным) [4]. С использованием QR алгоритма найти собственные числа матрицы Якоби при различных температурах и концентрациях.

### Задание. КР\_8.СЗ

Используя данные таблицы 1 рассчитать скорости образования H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, OH, H, O при плотности равной 1 кг/м<sup>3</sup>, температуре  $300 < T < 6000$  К при различных концентрациях компонентов (считать, что количество атомов H и O в системе остается неизменным). Численно решить систему ОДУ, описывающую изменение концентраций во времени при заданных плотности и температуре [4].

### Задание. КР\_9.сплайн

По табличным данным [1] рассчитать термодинамические свойства газообразных веществ и их смесей при различных температурах и давлениях.

Вещества: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>.

Свойства: теплоемкость (C<sub>p</sub>), энтальпия (H), энтропия (S), температурная часть приведенного потенциала Гиббса (Φ) [1,4].

Построить сплайн 3-его порядка для температурной части приведенного потенциала Гиббса (Φ) при  $300 < T < 6000$  К с шагом 200 К. Вычислить значения теплоемкости (C<sub>p</sub>), энтальпии (H), энтропии (S), температурной части приведенного потенциала Гиббса (Φ) с шагом 100 К. Сравнить с табличными данными справочника [1]

### Задание. КР\_10.НУ

Для различных начальных данных решить задачу о Распаде произвольного разрыва [2,6] в газе с постоянными показателем адиабаты и молекулярном весе.

#### **Задание. КР\_11.НУ**

Для различных начальных данных рассчитать параметры одномерного стационарного течения газа (с постоянным показателем адиабаты и молекулярном весе) [3, 4] в сопле с переходом через скорость звука.

#### **Задание. КР\_12.СНУ**

Для смеси веществ рассчитать равновесный состав при заданных плотности и температуре ( $1000 < T < 6000$ ) и различном соотношении элементов [4].

Вещества:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $OH$ ,  $H$ ,  $O$ .

#### **Задание. КР\_13.ЧИ**

Численно рассчитать параметры потока газа (с постоянными показателем адиабаты и молекулярном весом) при расширении в веере волн разрежения до заданного давления. Сравнить с аналитическим решением [2, 3, 6].

#### **Задание. КР\_14.НУ**

Вычислить параметры потока за стационарной ударной волной при взаимодействии равномерного высокоскоростного потока с плоским клином [2, 3].

#### **Задание. КР\_15.ДУ**

При различных начальных данных рассчитать параметры стационарного потока идеального газа в канале переменного сечения [2,3,4]. Газ : воздух.

#### **Задание. КР\_16.ОДУ**

Рассчитать параметры скоростной релаксации дисперсной частицы (различного диаметра) в постоянном газовом поле (без учета обратного влияния частицы на газовое поле). Частица: железо. Газ: воздух. [3]

#### **Задание. КР\_17.ОДУ**

Рассчитать параметры тепловой релаксации дисперсной частицы (различного диаметра) в постоянном газовом поле (без учета обратного влияния частицы на газовое поле). Частица: железо. Газ: воздух [3].

#### **Литература.**

1. Гурвич Л.В., Вейц И.В., Медведев В.А. и др. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочник в 4-х томах под ред. акад. В. П. Глушко.-М.:Наука, 1978.
2. Годунов С. К. , Забродин А. В. , Иванов М. Я., Крайко А. Н. , Прокопов Г. П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. Под ред. С. К. Годунова.- М.: Наука, 1976, 400 с

3. Пирумов У. Г., Росляков Г. С. Газовая динамика сопел. -М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. - 368 с.

Дополнительная литература.

4. В.Ю.Гидаспов, Н.С.Северина. Элементарные модели и вычислительные алгоритмы физической газовой динамики. Термодинамика и химическая кинетика. Учебное пособие. Москва.: Факториал, 2014.- 84 с.
5. В.Ю.Гидаспов, Н.С.Северина. Элементарные модели и вычислительные алгоритмы физической газовой динамики. Ударные и детонационные волны. Учебное пособие. Москва.: Факториал, 2016.- 84 с.
6. В.Ю.Гидаспов, Н.С.Северина. Элементарные модели и вычислительные алгоритмы физической газовой динамики. Одномерные нестационарные течения. Учебное пособие. Москва: Факториал, 2015.- 84 с.