

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по Отраслевой олимпиаде студентов «Газпром»**  
**профиль «ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»**

Учебное пособие для подготовки к олимпиаде

Второй этап

Под редакцией начальника УМУ КНИТУ, профессора Ежковой Г.О.

## Методические рекомендации по подготовке ко второму этапу

**ВТОРОЙ ЭТАП** олимпиады состоит из двух практических заданий:

- решение задач;
- решение ситуационной задачи.

Практические задания предполагают решение задач по трем базовым предметам профили “Химическая технология”:

1. **ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ** - фазовые равновесия: равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах; расчет тепловых эффектов физических и химических превращений
2. **ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ** - составление материального баланса химических процессов и оценкой критериев эффективности химических процессов.
3. **ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ** - прикладная гидравлика. гидравлические сети, гидравлическое сопротивление, насосы; разделение неоднородных систем. осаждение, фильтрование; теплообмен. расчёт теплообменников; массообменные процессы (абсорбция, перегонка, экстракция).

Ситуационная задача связана с предметом **БЕЗОПАСНОСТЬ**

**ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ** и включает вопросы:

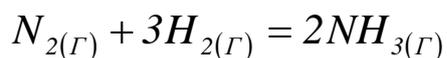
- идентификации опасности распознавания и количественная оценка негативных воздействий среды обитания;
- предупреждения воздействия негативных факторов на человека;
- защиты от опасности;
- ликвидации отрицательных последствий воздействия опасных и вредных факторов;
- создания нормального, то есть комфортного состояния среды обитания человека.

Продолжительность выполнения практического этапа – 3 астрономических часа.

# ПРИМЕРЫ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ И РЕШЕНИЙ:

## I. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**Задача 1.** Определить тепловой эффект реакции при стандартных условиях и температуре  $T = 298 \text{ К}$ .



**Решение:** Согласно следствию из закона Гесса, тепловой эффект реакции при стандартных условиях равен разности сумм стандартных теплот образования продуктов и исходных веществ:

$$\Delta H_{298}^0 = \left( \sum n_i \cdot \Delta H_{f,i}^0 \right)_{\text{прод}} - \left( \sum n_i \cdot \Delta H_{f,i}^0 \right)_{\text{исх}},$$

где  $n_i$  – стехиометрические коэффициенты веществ в уравнении реакции.

Теплотой образования называется изменение энтальпии  $H$  в реакции образования одного моля данного вещества из простых веществ при стандартных условиях.

Комиссия Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) по термодинамике (1975 г.) определила в качестве основного стандартного состояния для всех газообразных веществ – чистое вещество в состоянии идеального газа с давлением  $P^0 = 1 \text{ атм}$ . при любой фиксированной температуре. Для веществ в конденсированной фазе (твердых и жидких) основное стандартное состояние – это состояние чистого вещества, находящегося под внешним давлением  $P^0 = 1 \text{ атм}$ .

Простое вещество состоит из атомов одного химического элемента. Например, простыми веществами являются алмаз, графит, уголь, поскольку они состоят из атомов элемента углерода (отличаются по кристаллическому строению и свойствам). Простыми веществами являются кислород  $O_2$  и озон  $O_3$ . При определении теплот образования простые вещества рассматриваются в том агрегатном состоянии и в той кристаллической модификации, в которых они

наиболее устойчивы при стандартных условиях: кислород – в газообразной и молекулярной форме  $O_2$ , углерод – графит и т.д.

Исключением является фосфор: более устойчивой модификацией является красный фосфор ( $\beta_{IV}$ , триклинный), но ввиду того, что он недостаточно изучен, в большинстве справочников в качестве стандартной формы принят белый ( $\alpha$ ) фосфор.

Теплота образования простых веществ принимается равной нулю.

Для расчета следует воспользоваться справочными данными:

Вещество	$\Delta H_{f,i}^0$ , кДж/моль
$N_2$	0
$H_2$	0
$NH_3$	-45,94

$$\Delta H_{r,298}^0 = 2 \cdot \Delta H_{f(NH_3)}^0 - (\Delta H_{f(N_2)}^0 + 3 \cdot \Delta H_{f(H_2)}^0),$$

$$\Delta H_{298}^0 = 2 \cdot (-45,94) - (0 + 3 \cdot 0) = -91,88 \text{ кДж.}$$

**Ответ:** Тепловой эффект реакции составил -91,88 кДж

#### Рекомендуемая литература:

1. А.В. Вишняков, Н.Ф. Кизим, Физическая химия, М.: Химия, 2012. – 840 с.
2. П. Эткинс, Дж. де Паула, Физическая химия, М.: Мир, 2007, 494 с.
3. А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко. Физическая химия: Учеб. для хим. спец. вузов, М.: Высшая школа, 2009. - 527 с.
4. Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская, В.П. Барабанов Физическая химия (Учебник для вузов) в 2 томах, 2016, М.: «КДУ».
5. И.В. Кудряшов, П.С. Каретников Сборник примеров и задач по физической химии, М.: Вышш. Школа, 1991, 521 с.

## II. ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Задача 2.** В жидкофазном химическом процессе получают вещество В:



Потери веществ А и С составляют:  $\Pi_A = 1,5\%$ ;  $\Pi_C = 3\%$ . Содержание основных компонентов в технических веществах (чистота): А – 59%; С – 35%; В – 95%. Плотности веществ А и С:  $\rho_A = 1,794 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_C = 1,7 \text{ кг/м}^3$ .  $M(A)=30 \text{ г/моль}$ ;  $M(C)=80 \text{ г/моль}$ ;  $M(B)=100 \text{ г/моль}$ . Цена исходных реагентов:  $\text{Ц}_A = 10 \text{ руб./м}^3$ ;  $\text{Ц}_C = 20 \text{ руб./м}^3$ . Рассчитать расходные коэффициенты для веществ А и С на получение 1 тонны вещества В, выраженные в [т/т] и [м<sup>3</sup>/т] и затраты для получения 1 тонны В.

**Решение:**

1. Теоретический расходный коэффициент А с учетом чистоты веществ:

$$\gamma_A^T = \frac{M(A) * \nu_A * C_B}{M(B) * \nu_B * C_A} = \frac{30 * 1 * 0,95}{100 * 1 * 0,59} = 0,483 \text{ т/т}$$

2. Т.к. конверсия и селективность процесса по веществу А равны единице, то переходим сразу к расчету расходного коэффициента А с учетом потерь:

$$\gamma_A^{\text{факт}} = \gamma_A^T * \left(1 + \frac{\Pi_A}{100}\right) = 0,483 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) = 0,49 \text{ т/т}$$

3. Рассчитаем расходный коэффициент А в [м<sup>3</sup>/т]:

$$\gamma_A^{\text{факт}} = \frac{\gamma_A^{\text{факт}} * 1000}{\rho_A} = \frac{0,49 * 1000}{1,794} = 273,13 \text{ м}^3/\text{т}$$

4. Теоретический расходный коэффициент С с учетом чистоты веществ:

$$\gamma_A^T = \frac{M(C) * \nu_C * C_B}{M(B) * \nu_B * C_C} = \frac{80 * 1 * 0,95}{100 * 1 * 0,35} = 2,171 \text{ т/т}$$

5. Т.к. конверсия и селективность процесса по веществу С равна единице, то переходим сразу к расчету расходного коэффициента С с учетом потерь:

$$\gamma_B^{\text{факт}} = \gamma_B^T * \left(1 + \frac{П_C}{100}\right) = 2,171 * \left(1 + \frac{3}{100}\right) = 2,236 \text{ т/т}$$

6. Рассчитаем расходный коэффициент С в [м<sup>3</sup>/т]:

$$\gamma_C^{\text{факт}} = \frac{\gamma_C^{\text{факт}} * 1000}{\rho_C} = \frac{2,236 * 1000}{1,7} = 1315,29 \text{ м}^3/\text{т}$$

7. Рассчитаем затраты на получение 1 тонны технического В:

$$З = 273,13 * 10 + 1315,29 * 20 = 29037,1 \text{ руб}$$

**Ответ:** на получение 1 тонны технического вещества В требуется 0,49 т или 273,13 м<sup>3</sup> технического вещества А и 2,236 т или 1315,29 м<sup>3</sup> технического вещества С. Затраты составят 29037,1 руб./т В.

### **Рекомендуемая литература:**

1. В. И. Игнатенков, В. С. Бесков. Примеры и задачи по общей химической технологии: Учеб. пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. -198 с.
2. И. И. Беляева, В. А. Трофимов, М. Ю. Тихвинская и др. Сборник задач по химической технологии: Учеб. пособие для студентов хим. и хим. - биол. спец. пед. ин-тов. - М.: Просвещение, 1982. -143 с.

### III. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Задача 3.** Определить число полок и высоту пылеосадительной камеры полочного типа, в которой происходит отстаивание частиц твердого тела из воздуха. Минимальный размер улавливаемых твердых частиц  $d$ , мкм. Средняя температура в камере  $T$ , К; давление атмосферное. Расход воздуха  $\dot{V}_0$ , м<sup>3</sup>/с при нормальных условиях. Размеры камеры: длина  $L$ , м, ширина  $B$ , м. Расстояние между полками  $h$ , м.

#### Решение:

1. Определяем скорость осаждения для ламинарного режима:

$$w_{oc} = \frac{d^2 \rho_c T g}{18 \mu_c}$$

$$Re = \frac{w \rho d}{\mu} \leq 2$$

с последующей проверкой критерия Рейнольдса:

Значения вязкости воздуха от температуры можно взять из справочной

литературы или рассчитать по выражению

$$\mu(T) := \mu_0 \cdot \frac{273 + 124}{T + 124} \cdot \left( \frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}},$$

где  $\mu_0 = 17.3 \cdot 10^{-6}$  Па с

2. Время осаждения частиц в пространстве между полками : 
$$\tau_{oc} = \frac{h}{w_{oc}}$$

3. Время пребывания  $\tau_A = \frac{V_A}{\dot{V}}$  разделяемой среды в аппарате должно быть не меньше чем  $\tau_{oc}$ .

Откуда учитывая что объем аппарата  $V_A = LBH = LBh(N+1)$ , определяем

$$N = \frac{\tau_{oc} \dot{V}}{LBh} - 1$$

число полок:

Результат округляем до целого в большую сторону. При расчете необходимо

$$\dot{V}(T) = \dot{V}_0 \frac{T}{T_0}$$

учесть изменение расхода воздуха от температуры

4. Высота пылеосадительной камеры  $H = h(N + 1)$

### Варианты заданий:

№ задания	Наименование твердых частиц	V, м <sup>3</sup> /с	d, мкм	T, К	L, м	B, м	h, м
1	гипс	10	30	423	4	3	0,1
2	известняк	15	40	373	5	3,5	0,2
3	песок	20	50	323	6	4	0,3
4	кварц	50	100	303	4	3,5	0,4
5	кварц	60	150	293	6	3	0,5
6	кокс	70	75	393	5	3	0,25

### Рекомендуемая литература:

#### Задачник

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии

#### Теория

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн.
3. Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие

#### IV. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Ситуационная задача 4.** В цехе длиной  $A=47\text{м}$ , шириной  $B=22\text{м}$  и высотой  $H=5,5\text{м}$  установлена общеобменная система вентиляции. В результате повреждения трубопровода по подаче одного из компонентов, необходимых для технологического процесса, произошла аварийная разгерметизация оборудования, и включилась аварийная вентиляция.

##### Вопросы к ситуационной задаче:

- 1) Какое минимальное значение воздухообмена должна создавать совместная работа общеобменной и аварийной вентиляции в данном случае?
- 2) Когда должна включиться аварийная вентиляция и кто её включает?
- 3) Что показывает кратность воздухообмена и в каких единицах она измеряется?

##### Решение:

1) Объём цеха составляет  $V=A*B*H=47\text{м}*22\text{м}*5,5\text{м}=5687\text{м}^3$ .

Т.к. кратность воздухообмена  $K=L/V$  при совместной работе аварийной и общеобменной вентиляции должна быть не менее  $8\text{ }^1/\text{час}$ , то минимальное значение воздухообмена, создаваемого в помещении, рассчитывается по следующей формуле:

$$L=K*V=8^1/\text{час}*5687\text{м}^3=45496\text{ м}^3/\text{час}.$$

Следовательно, минимальная кратность воздухообмена при совместной работе общеобменной и аварийной вентиляции должна быть в данном случае  $45496\text{ м}^3/\text{час}$ .

2) Аварийная вентиляция должна включаться **АВТОМАТИЧЕСКИ** при достижении значения ПДК химических веществ в воздухе рабочей зоны или при достижении нижнего концентрационного предела распространения пламени.

3) Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение часа происходит смена воздуха в помещении. Кратность измеряется в  $1/\text{час}$ .

### **Рекомендуемая литература:**

1. Титова Г.Н. Сборник производственных ситуаций и деловых игр по курсу «Охрана труда»: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Химия, 2006. – 216с.
2. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие для вузов / Е.В. Глебова. – 2-е издание, переработанное и дополненное – М.: Высшая школа, 2018. – 382с.
3. Мастрюков Б.С. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них. Учебник для вузов / Б.С. Мастрюков. – М.: Академия, 2017. – 320с.
4. Кукин П.П. Основы безопасности жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: Учебное пособие для вузов / П.П. Кукин, Н.Л. Лапин. Н.Л. Пономарёв. – Изд.4-е, перераб. – М.: Высшая школа, 2016. – 335с.
5. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Издат. Дом Дашков и К, 2017. – 678с.
6. Каракеян, В.И. Безопасность Жизнедеятельности 2-е изд., пер. и доп. Учебник и Практикум для Академического Бакалавриата / В.И. Каракеян, И.М. Никулина. — Люберцы: Юрайт, 2015. — 330 с.