

**Министерство науки и высшего образования Российской  
Федерации**

федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа ядерных технологий  
Направление – Ядерные физика и технологии  
Отделение ядерно-топливного цикла

**Отчет**

по лабораторной работе № 2 «Изучение рабочих параметров газовой  
центрифуги»

по дисциплине «Теория газовых центрифуг»

Исполнитель:

Студент, гр. 0А8Д

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

дата

А.С. Кузьменко

Проверил:

Доцент ОЯТЦ

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

дата

С.Н. Тимченко

Томск – 2022

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучить основные рабочие параметры газовой центрифуги.

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Введение**

Газовая центрифуга, как разделительное устройство, является определяющим звеном в центробежном методе разделения изотопов. От качества самой центрифуги и ее параметров зависят: объем оборудования, капитальные вложения, энергозатраты, эксплуатационные расходы, время установления стационарного состояния разделительного завода.

### **1.1. Рабочие параметры газовой центрифуги**

К рабочим параметрам газовой центрифуги относятся:

1. Первичный коэффициент разделения;
2. Первичный коэффициент обогащения;
3. Полный коэффициент разделения;
4. Полный коэффициент обогащения;
5. Объемная производительность;
6. Весовая производительность;
7. Разделительная способность (мощность разделения).

### **1.2. Формулировка рабочих параметров газовой центрифуги и факторы, влияющие на них**

Первичный коэффициент разделения,  $\alpha_0$ , полностью определяется действием поля центробежных сил и показывает во сколько раз относительная концентрация легкого изотопа у оси ротора больше относительной концентрации того же изотопа на периферии ротора.

$$\alpha_0 = \exp \frac{2\pi^2 v^2 \cdot (r_a^2 - r_i^2)(\mu_2 - \mu_1)}{RT} = \exp(2\delta), \quad (1)$$

где  $v$  - число оборотов ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $r_a$  и  $r_i$  – периферийный и внутренний радиусы ротора, м;  $\mu_2$  и  $\mu_1$  – молекулярные веса тяжелой и легкой компонент,

соответственно;  $R$  – газовая постоянная, дж/кгмоль·град;  $T$  – температура, К;  
 $\delta$  – фактор обогащения

$$\delta = \frac{\pi^2 \cdot v^2 \cdot (r_a^2 - r_i^2)(\mu_2 - \mu_1)}{RT}. \quad (2)$$

Первичный коэффициент обогащения,  $\varepsilon_0$ , показывает на сколько процентов относительная концентрация легкого изотопа у оси больше той же относительной концентрации на периферии ротора.

$$\varepsilon_0 = \alpha_0 - 1 = 1 + 2\delta - 1 = 2\delta \quad (3)$$

В противоточных газовых центрифугах, имеющих эффективную длину ротора  $L$ , м., благодаря осевой циркуляции газа, происходит умножение первичного эффекта разделения, а ротор представляет собой как бы микроколонну, т.е. своеобразный микрокаскад, в котором и реализуется полный коэффициент разделения,  $\alpha_{\Pi}$ .

Полный коэффициент разделения показывает во сколько раз относительная концентрация легкого изотопа в отборе больше той же относительной концентрации в отвале

$$\alpha_{\Pi} = \exp\left(\delta \cdot \frac{L}{a}\right), \quad (4)$$

где  $a$  – радиальный зазор ротора, м

$$a = (r_a - r_i) \quad (5)$$

Или

$$\alpha_{\Pi} = \exp\left(\frac{\Delta\mu \cdot \sqrt{2} \cdot v^2}{2RT} \cdot \frac{L}{d}\right), \quad (6)$$

где  $v$  – линейная скорость вращения ротора, м;  $\Delta\mu$  – разность молекулярных весов разделяемых компонент

$$\Delta\mu = \mu_2 - \mu_1 \quad (7)$$

$d$  – диаметр ротора, равный  $2r_a$ , м.

Полный коэффициент обогащения,  $\varepsilon_{\Pi}$ , показывает на сколько процентов относительная концентрация легкого изотопа в отборе больше той же относительной концентрации в отвале

$$\varepsilon_{\Pi} = \alpha_{\Pi} - 1 = 1 + \delta \cdot \frac{L}{a} - 1 = \delta \cdot \frac{L}{a} \quad (8)$$

Большое влияние на реальный коэффициент обогащения в центрифуге оказывают характеристики и профиль фактического циркуляционного потока,  $Z_{\phi}$ , внутри ротора. Максимальное обогащение получается при некотором оптимальном потоке  $Z_0$ .

При малых значениях  $Z_{\phi}$  максимум обогащения заметно ограничивается обратной диффузией газа в осевом направлении. Большие потоки циркуляции вызывают значительное осевое перемешивание. Вместе с тем в роторе происходит и радиальная диффузия газа, обусловленная разностью концентраций легкой и тяжелой компонент газа и направленная против разделения под действием поля центробежных сил. Однако принято считать, что такое радиальное перемещение и связанное с этим перемешивание бинарных газов не очень значительно.

Более существенно влияют на фактический коэффициент разделения потоки питания, отбора и отвала. При увеличении этих потоков эффект умножения первичного обогащения падает и общий коэффициент разделения понижается. Максимальное обогащение в роторе, а следовательно, максимальная разность концентраций в отборе, отвале и питании наблюдаются при безотборном режиме.

Кроме того, необходимо отметить, что основное влияние на полный коэффициент разделения, а также на разделительную способность газовых центрифуг,  $q$ , оказывает периферийная линейная скорость вращения ротора. Чем она больше, тем выше эффективность разделения.

Объемная производительность,  $\dot{V}$ , показывает какой объем газа при заданном рабочем давлении снимается с центрифуги в единицу времени

$$\dot{V} = \frac{2\pi D \cdot (r_a^2 - r_i^2)}{L}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (9)$$

Весовая производительность,  $\dot{G}$ , характеризует количество газа, снимаемое с центрифуги в единицу времени

$$\dot{G} = \dot{V} \cdot \rho, \text{ кг/с} \quad (10)$$

Используя формулу (9), получим

$$\dot{G} = \frac{2\pi D \cdot (r_a^2 - r_i^2)}{L} \cdot \rho, \quad (11)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии;  $\rho$  – плотность газа.

С другой стороны, исходя из газодинамических условий, кинематический коэффициент вязкости,  $\eta$ , определяется как

$$\eta = D \cdot \rho, \text{ кг/м} \cdot \text{с} \quad (12)$$

Тогда

$$\dot{G} = 2\pi\eta \cdot \frac{(r_a^2 - r_i^2)}{L} \quad (13)$$

При этом

$$D = \frac{33,25 \cdot 10^{-2}}{p_{cp}} \cdot \sqrt{\frac{T}{\mu_{cp}}}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \quad (14)$$

$$\rho = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\mu_{cp} \cdot p_{cp}}{T}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (15)$$

$$\eta = 4 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{\mu_{cp}}{T}}, \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} \quad (16)$$

$$p_{cp} = \frac{p_{r_a} + p_{r_i}}{2}, \text{ Па} \quad (17)$$

где  $p_{r_a}$  и  $p_{r_i}$  – давления газа на радиусах ротора  $r_a$  и  $r_i$ , соответственно.

При заданном значении  $p_{r_a}$  величина  $p_{r_i}$  определяется соотношением

$$p_{r_i} = p_{r_a} \cdot \exp \left[ -\frac{2\pi^2 \cdot v^2 \cdot \mu_{cp} (r_a^2 - r_i^2)}{RT} \right]. \quad (18)$$

Здесь

$$\mu_{cp} = \mu_1 \cdot c_1 + \mu_2 \cdot c_2 \quad (19)$$

где  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  – молекулярные веса и концентрации легкой и тяжелой компонент газа, соответственно.

Разделительная способность центрифуги,  $q$ , характеризует количество легкого изотопа, снимаемого в отборе в единицу времени.

Согласно формуле Козна

$$q = \frac{\pi}{2} \cdot \rho \cdot D \cdot \left[ \frac{\Delta\mu \cdot \omega^2 \cdot r_a^2}{2RT} \right]^2 \cdot L, \text{ кг/с} \quad (20)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения ротора.

При оптимальном соотношении радиусов  $r_a$  и  $r_i$ , когда  $r_a = 2r_i$ , будем иметь

$$q = \frac{27}{16} \cdot \pi^5 \cdot \eta \cdot L \cdot \left( \frac{\Delta\mu}{2RT} \right)^2 \cdot (\nu r_a)^4, \text{ кг/с} \quad (21)$$

С учетом единиц работы разделения

$$q = 12 \cdot L \cdot \left( \frac{\nu}{700} \right)^2 \cdot \left( \frac{d}{0,12} \right)^{0,4}, \text{ ЕРР/год} \quad (22)$$

Из приведенных соотношений (20, 21, 22) следует, что разделительная способность сильно зависит от линейной скорости вращения ротора, заметно зависит от разности молекулярных весов разделяемых компонент и увеличивается пропорционально длине ротора.

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рассчитать параметры газовой центрифуги для изотопных смесей:  $^{20}\text{Ne}$ - $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{80}\text{Kr}$ - $^{83}\text{Kr}$ ,  $^{129}\text{Xe}$ - $^{130}\text{Xe}$ , при следующих исходных данных:  $\nu=1500 \text{ с}^{-1}$ ,  $L=0,6 \text{ м}$ ,  $r_a=0,06 \text{ м}$ ,  $r_i=0,03 \text{ м}$ ,  $T=300 \text{ К}$ ,  $R=8,32 \cdot 10^3 \text{ Дж/град} \cdot \text{кмоль}$ ,  $c_1=0,007$ ,  $c_2=1-c_1$ ,  $p_{r_a}=13300 \text{ Па}$ .

Рассчитан первичный коэффициент разделения:

$$\alpha_0(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = \exp \frac{2\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)(0,022 - 0,02)}{8,32 \cdot 300} \approx$$

$$\approx 1,10$$

$$\alpha_0(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = \exp \frac{2\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)(0,08 - 0,083)}{8,32 \cdot 300} \approx$$

$$\approx 1,16$$

$$\alpha_0(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = \exp \frac{2\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)(0,129 - 0,13)}{8,32 \cdot 300} \approx$$

$$\approx 1,05$$

Фактор обогащения:

$$\delta(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = \frac{\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)(0,022 - 0,02)}{8,32 \cdot 300} \approx 0,048$$

$$\delta(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = \frac{\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)(0,08 - 0,083)}{8,32 \cdot 300} \approx 0,072$$

$$\delta(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = \frac{\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)(0,129 - 0,13)}{8,32 \cdot 300} \approx 0,024$$

Первичный коэффициент обогащения:

$$\varepsilon_0(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = 2 \cdot 0,048 \approx 0,10$$

$$\varepsilon_0(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = 2 \cdot 0,072 \approx 0,14$$

$$\varepsilon_0(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = 2 \cdot 0,024 \approx 0,05$$

Полный коэффициент разделения:

$$\alpha_{II}(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = \exp \left( 0,048 \cdot \frac{0,6}{0,06 - 0,03} \right) \approx 2,61$$

$$\alpha_{II}(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = \exp \left( 0,072 \cdot \frac{0,6}{0,06 - 0,03} \right) \approx 4,23$$

$$\alpha_{II}(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = \exp \left( 0,024 \cdot \frac{0,6}{0,06 - 0,03} \right) \approx 1,62$$

Полный коэффициент разделения:

$$\varepsilon_{II} \left( {}^{20}\text{Ne} - {}^{22}\text{Ne} \right) = 0,048 \cdot \frac{0,6}{0,06 - 0,03} \approx 0,96 \quad (35)$$

$$\varepsilon_{II} \left( {}^{80}\text{Kr} - {}^{83}\text{Kr} \right) = 0,072 \cdot \frac{0,6}{0,06 - 0,03} \approx 1,44 \quad (36)$$

$$\varepsilon_{II} \left( {}^{129}\text{Xe} - {}^{130}\text{Xe} \right) = 0,024 \cdot \frac{0,6}{0,06 - 0,03} \approx 0,48 \quad (37)$$

Средний молекулярный вес:

$$\mu_{cp} \left( {}^{20}\text{Ne} - {}^{22}\text{Ne} \right) = 0,02 \cdot 0,007 + 0,022 \cdot (1 - 0,007) \approx 0,02199 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \quad (38)$$

$$\mu_{cp} \left( {}^{80}\text{Kr} - {}^{83}\text{Kr} \right) = 0,08 \cdot 0,007 + 0,083 \cdot (1 - 0,007) \approx 0,08298 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \quad (39)$$

$$\mu_{cp} \left( {}^{129}\text{Xe} - {}^{130}\text{Xe} \right) = 0,129 \cdot 0,007 + 0,13 \cdot (1 - 0,007) \approx 0,12999 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \quad (40)$$

Давление смеси на внутреннем радиусе ротора:

$$p_{r_i} \left( {}^{20}\text{Ne} - {}^{22}\text{Ne} \right) = 13300 \cdot \exp \left[ - \frac{2\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot 0,02199}{8,32 \cdot 300 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)} \right] \approx 4625,05 \text{ Па} \quad (41)$$

$$p_{r_i} \left( {}^{80}\text{Kr} - {}^{83}\text{Kr} \right) = 13300 \cdot \exp \left[ - \frac{2\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot 0,08298}{8,32 \cdot 300 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)} \right] \approx 246,891 \text{ Па} \quad (42)$$

$$p_{r_i} \left( {}^{129}\text{Xe} - {}^{130}\text{Xe} \right) = 13300 \cdot \exp \left[ - \frac{2\pi^2 \cdot 1500^2 \cdot 0,12999}{8,32 \cdot 300 \cdot (0,06^2 - 0,03^2)} \right] \approx 25,7967 \text{ Па} \quad (43)$$

Среднее давление в роторе:

$$p_{cp} \left( {}^{20}\text{Ne} - {}^{22}\text{Ne} \right) = \frac{13300 + 4625,05}{2} \approx 8962,53 \text{ Па} \quad (44)$$

$$p_{cp} \left( {}^{80}\text{Kr} - {}^{83}\text{Kr} \right) = \frac{13300 + 246,891}{2} \approx 6773,45 \text{ Па} \quad (45)$$

$$p_{cp} \left( {}^{129}\text{Xe} - {}^{130}\text{Xe} \right) = \frac{13300 + 25,7967}{2} \approx 6662,9 \text{ Па} \quad (46)$$

Коэффициент диффузии:



$$D(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = \frac{33,25 \cdot 10^{-2}}{8962,53} \cdot \sqrt{\frac{300}{0,02199}} \approx 4,33 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \quad (47)$$

$$D(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = \frac{33,25 \cdot 10^{-2}}{6773,45} \cdot \sqrt{\frac{300}{0,08298}} \approx 2,95 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \quad (48)$$

$$D(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = \frac{33,25 \cdot 10^{-2}}{6662,9} \cdot \sqrt{\frac{300}{0,12999}} \approx 2,40 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} \quad (49)$$

Объемная производительность:

$$\dot{V}(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = \frac{2\pi \cdot 4,33 \cdot 10^{-3} \cdot (0,06^2 - 0,03^2)}{0,6} \approx 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \quad (50)$$

$$\dot{V}(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = \frac{2\pi \cdot 2,95 \cdot 10^{-3} \cdot (0,06^2 - 0,03^2)}{0,6} \approx 8,35 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с} \quad (51)$$

$$\dot{V}(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = \frac{2\pi \cdot 2,40 \cdot 10^{-3} \cdot (0,06^2 - 0,03^2)}{0,6} \approx 6,78 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с} \quad (53)$$

Кинематический коэффициент вязкости:

$$\eta(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = 4 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{0,02199}{300}} \approx 3,42 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} \quad (54)$$

$$\eta(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = 4 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{0,08298}{300}} \approx 6,65 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} \quad (55)$$

$$\eta(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = 4 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{0,12999}{300}} \approx 8,33 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}} \quad (56)$$

Весовая производительность:

$$\dot{G}(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = 2\pi \cdot 3,42 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(0,06^2 - 0,03^2)}{0,6} \approx 9,68 \cdot 10^{-9} \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (57)$$

$$\dot{G}(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = 2\pi \cdot 6,65 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(0,06^2 - 0,03^2)}{0,6} \approx 1,88 \cdot 10^{-8} \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (58)$$

$$\dot{G}(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = 2\pi \cdot 8,33 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(0,06^2 - 0,03^2)}{0,6} \approx 2,35 \cdot 10^{-8} \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (59)$$

Разделительная способность газовой центрифуги:

$$q(^{20}\text{Ne} - ^{22}\text{Ne}) = \frac{27}{16} \cdot \pi^5 \cdot 3,42 \cdot 10^{-7} \cdot 0,6 \cdot \left( \frac{0,022 - 0,02}{2 \cdot 8,32 \cdot 300} \right)^2 \cdot (1500 \cdot 0,06)^4 \approx 2,65 \cdot 10^{-9} \text{ кг/с} \quad (60)$$

$$q(^{80}\text{Kr} - ^{83}\text{Kr}) = \frac{27}{16} \cdot \pi^5 \cdot 6,65 \cdot 10^{-7} \cdot 0,6 \cdot \left( \frac{0,083 - 0,08}{2 \cdot 8,32 \cdot 300} \right)^2 \cdot (1500 \cdot 0,06)^4 \approx 1,16 \cdot 10^{-8} \text{ кг/с} \quad (61)$$

$$q(^{129}\text{Xe} - ^{130}\text{Xe}) = \frac{27}{16} \cdot \pi^5 \cdot 8,33 \cdot 10^{-8} \cdot 0,6 \cdot \left( \frac{0,13 - 0,129}{2 \cdot 8,32 \cdot 300} \right)^2 \cdot (1500 \cdot 0,06)^4 \approx 1,61 \cdot 10^{-9} \text{ кг/с} \quad (62)$$

Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рабочие параметры газовой центрифуги для различных изотопных смесей

№ П / П	Рабочий параметр Изотопная смесь	$\alpha_0$	$\varepsilon_0$	$\alpha_{II}$	$\varepsilon_{II}$	$\dot{V},$ $\frac{м^3}{с}$	$\dot{G},$ $\frac{кг}{с}$	$q,$ $\frac{кг}{с}$
1	$^{20}\text{Ne}-^{22}\text{Ne}$	1,10	0,10	2,61	0,96	$1,23 \cdot 10^{-4}$	$9,68 \cdot 10^{-9}$	$2,65 \cdot 10^{-9}$
2	$^{80}\text{Kr}-^{83}\text{Kr}$	1,16	0,14	4,23	1,44	$8,35 \cdot 10^{-5}$	$1,88 \cdot 10^{-8}$	$1,16 \cdot 10^{-8}$
3	$^{132}\text{Xe}-^{134}\text{Xe}$	1,05	0,05	1,62	0,48	$6,78 \cdot 10^{-5}$	$2,35 \cdot 10^{-8}$	$1,61 \cdot 10^{-9}$

На рисунках 1 и 2 приведены графики зависимостей полного коэффициента разделения и мощности разделения различных изотопных смесей от числа оборотов ротора и разных рабочих температур.

Из рисунков 1-2 видно, что полный коэффициент разделения и мощность разделения нелинейно возрастают с  $\alpha=1$  и  $q=0$  при увеличении числа оборотов ротора с 0 до  $1700 \text{ с}^{-1}$ . При увеличении рабочей температуры с 200 К до 400 К полный коэффициент разделения и мощность разделения нелинейно уменьшаются. Наибольшие значения  $\alpha$  и  $q$  принимают для изотопной смеси  $^{80}\text{Kr}-^{83}\text{Kr}$ , а наименьшие для  $^{129}\text{Xe}-^{130}\text{Xe}$ .

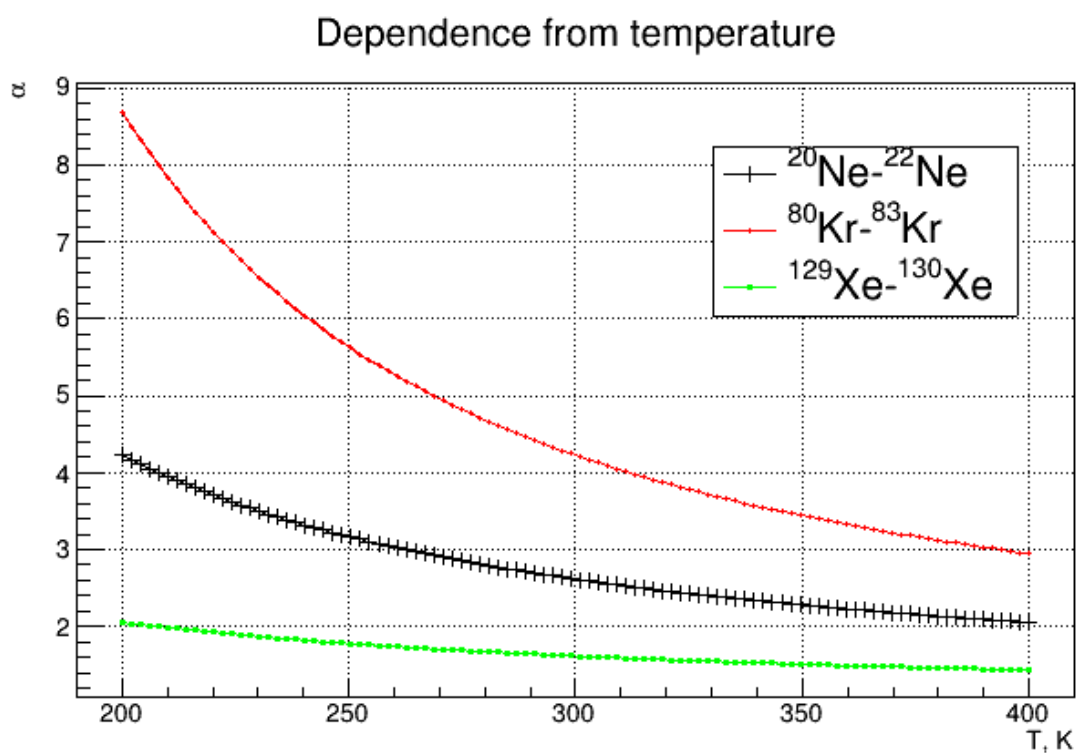
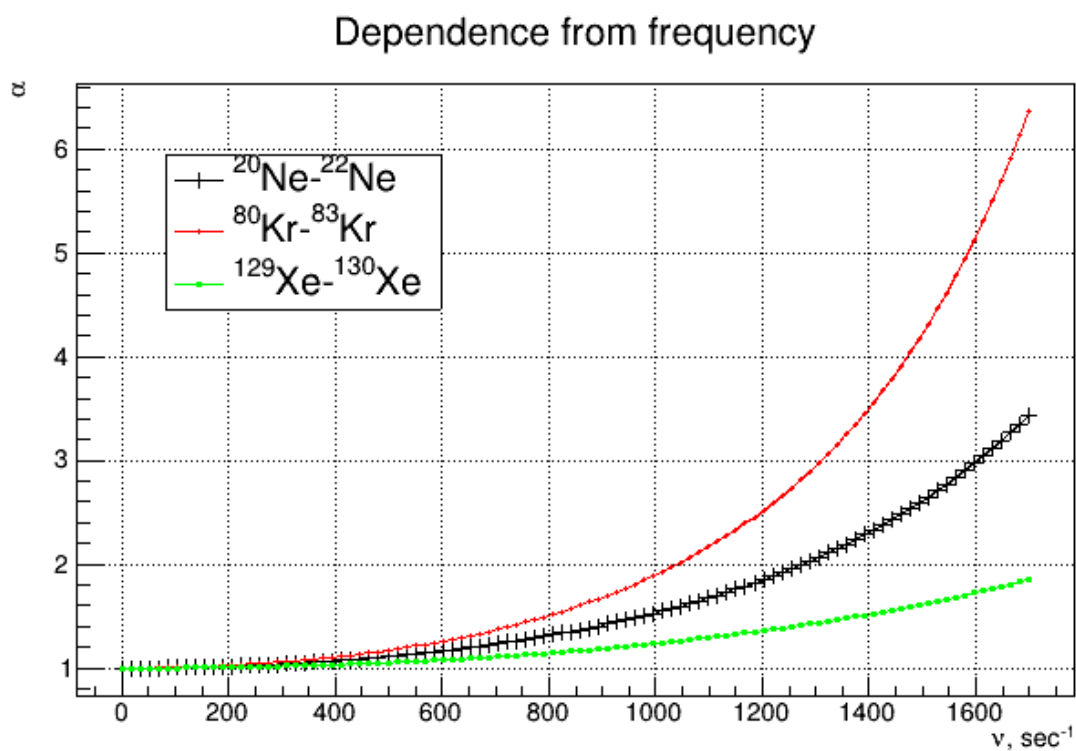


Рисунок 1 – Зависимость полного коэффициента разделения от числа оборотов ротора и рабочей температуры для различных изотопных смесей

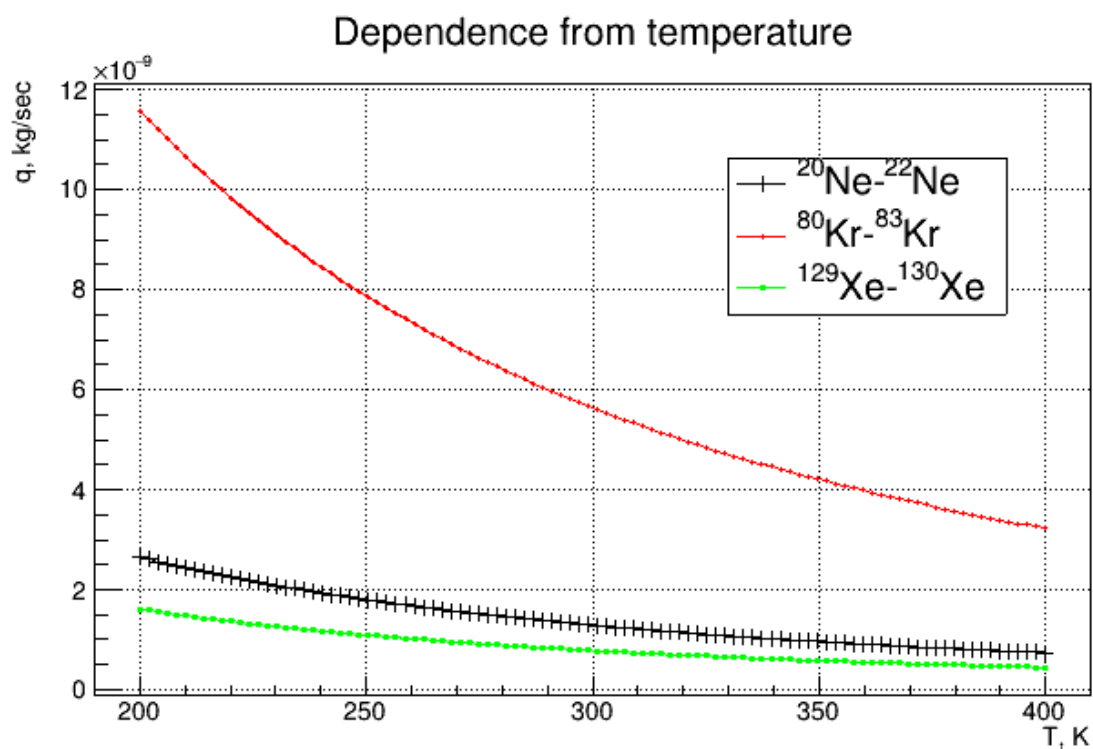
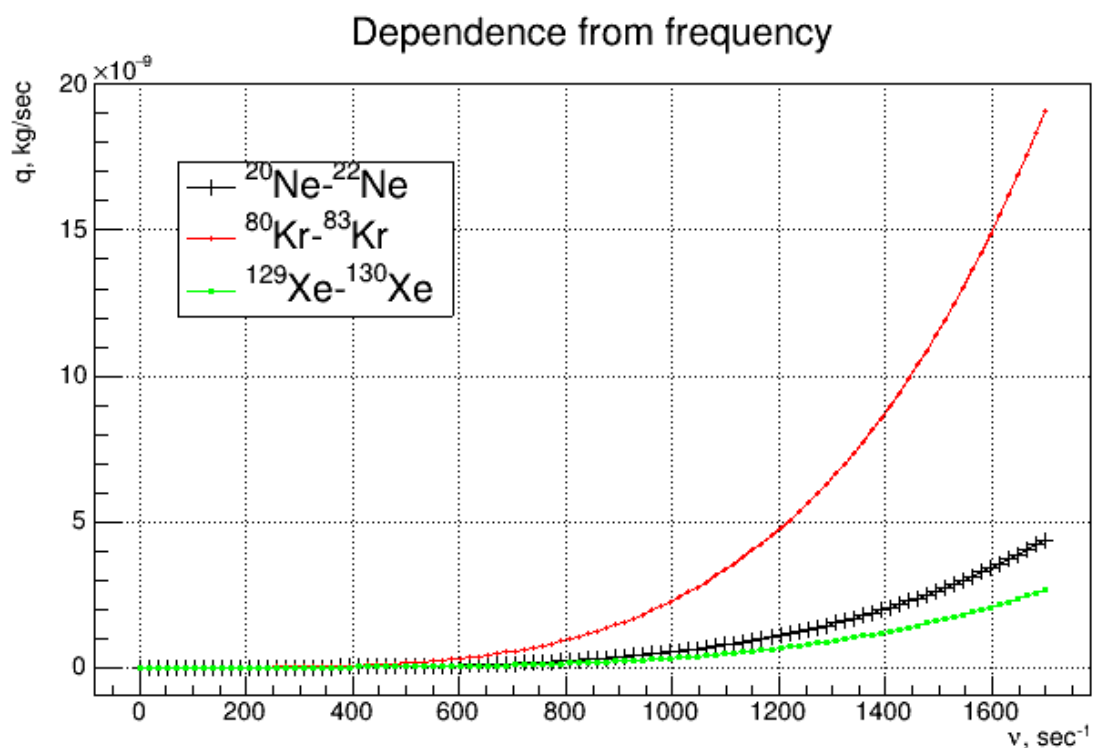


Рисунок 2 – Зависимость мощности разделения от числа оборотов ротора и рабочей температуры для различных изотопных смесей

## ВЫВОД

1. Изучены основные рабочие параметры газовой центрифуги.

2. Рассчитаны коэффициенты разделения и обогащения, объемная и весовая производительности и разделительная способность газовой центрифуги для изотопных смесей  $^{20}\text{Ne}$ - $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{80}\text{Kr}$ - $^{83}\text{Kr}$  и  $^{129}\text{Xe}$ - $^{130}\text{Xe}$ .

3. Показано, что полный коэффициент разделения и мощность разделения нелинейно увеличиваются с увеличением числа оборотов ротора и нелинейно уменьшаются с увеличением рабочей температуры.