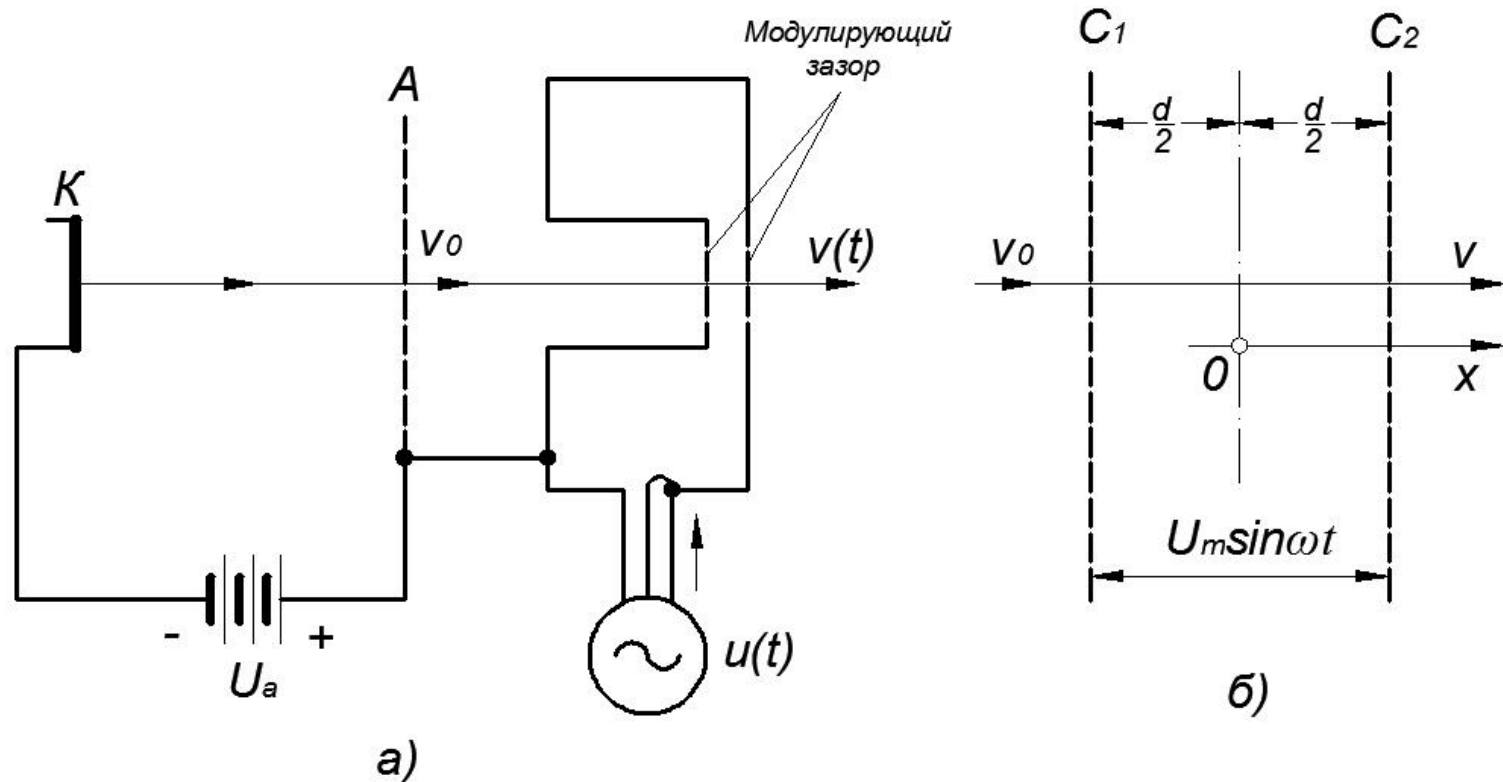


# **Электроника СВЧ**

## **Лекция 7. Управление электронными потоками путем скоростной модуляции**



Полый резонатор и идеальный двухсеточный зазор для скоростной модуляции электронного пучка

$U_a$  – ускоряющее напряжение;  $U(t)$  – высокочастотное модулирующее напряжение;  $v_0$ ,  $v(t)$  – скорость электронов на входе в зазор и выходе из него

# Уравнение скоростной модуляции при угле пролета зазора = 0

$$W = \frac{mv^2}{2} = eU_0 + eU_m \sin \omega t$$

- кинетическая энергия  
электрона на выходе из зазора

$$v = \sqrt{\frac{2e}{m} (U_0 + U_m \sin \omega t)}$$

- скорость электрона после  
прохождения зазора

$$v \approx v_0 + v_1 \sin \omega t$$

- скорость электрона после прохождения  
зазора при малой амплитуде модулирующего  
напряжения

$$v_1 = \frac{U_m}{2U_0} v_0$$

- переменная составляющая скорости

# Уравнение скоростной модуляции при конечном угле пролета зазора

$$v \approx v_0 + v_1 \sin \omega t$$

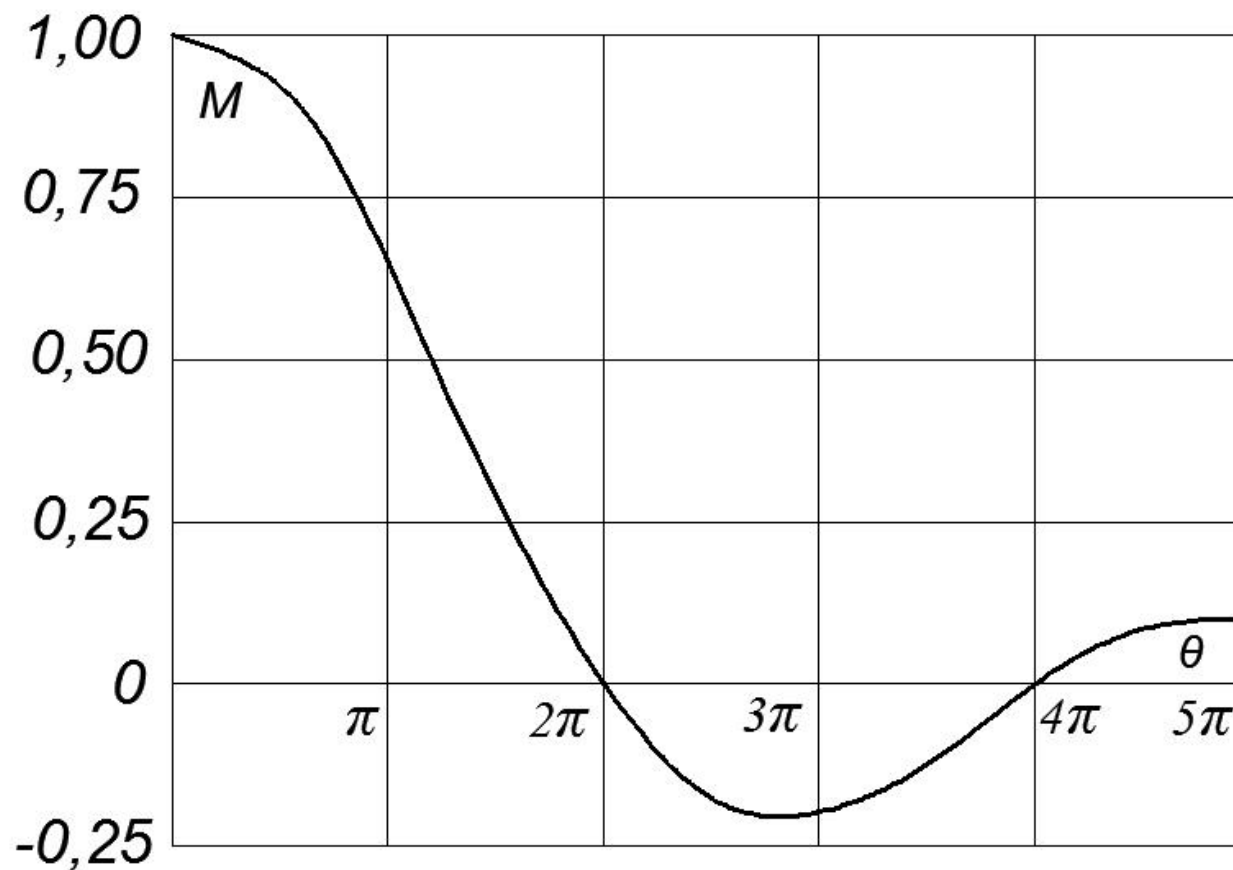
$$v_1 = M \frac{U_m}{2U_0} v_0$$

$$M = \frac{\sin \frac{\Theta}{2}}{\frac{\Theta}{2}}$$

- коэффициент взаимодействия электронного потока с зазором

$$\Theta = \frac{\omega d}{v_0}$$

- невозмущенный угол пролета электронов через модулирующий зазор



Зависимость коэффициента взаимодействия  
электронного потока с высокочастотным зазором от  
времени пролета электронов

# Преобразование модуляции по скорости в модуляцию электронного потока по плотности

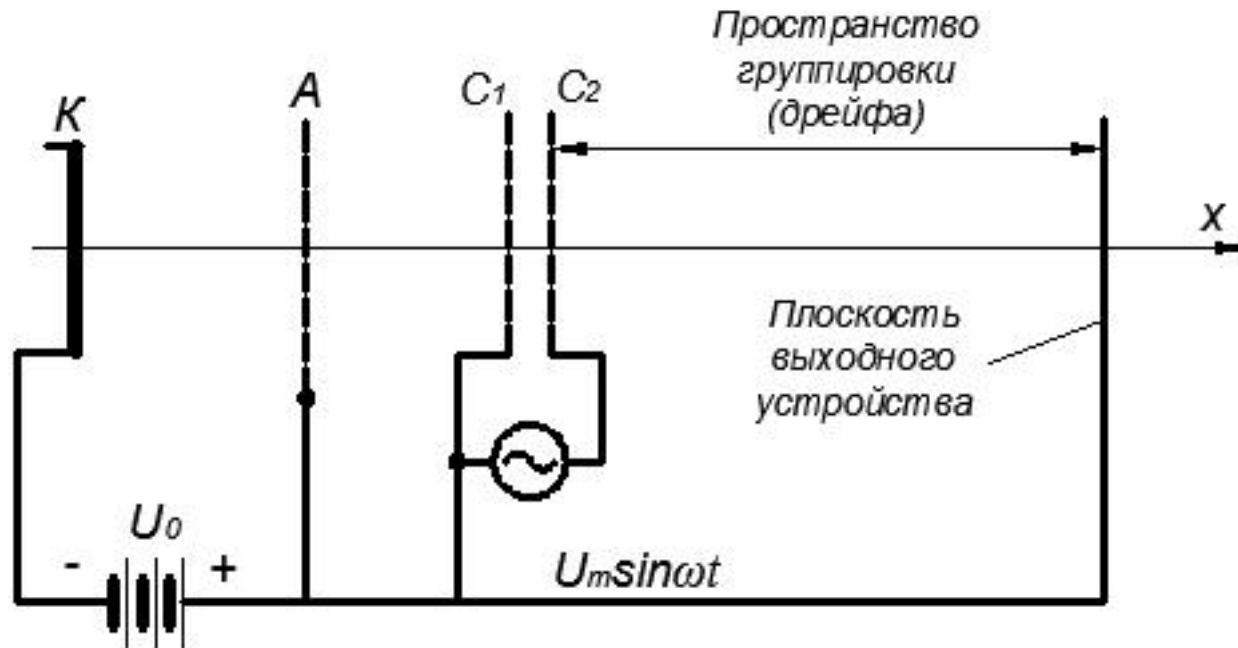
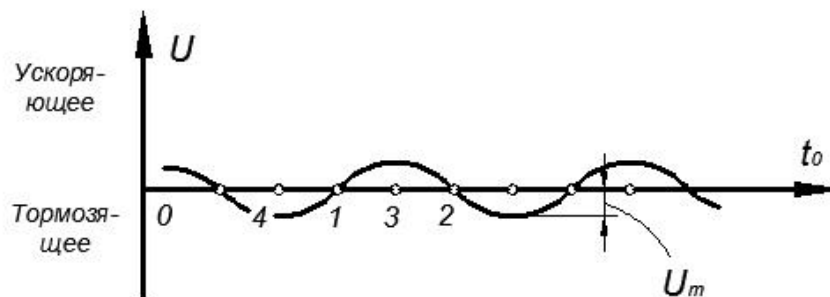
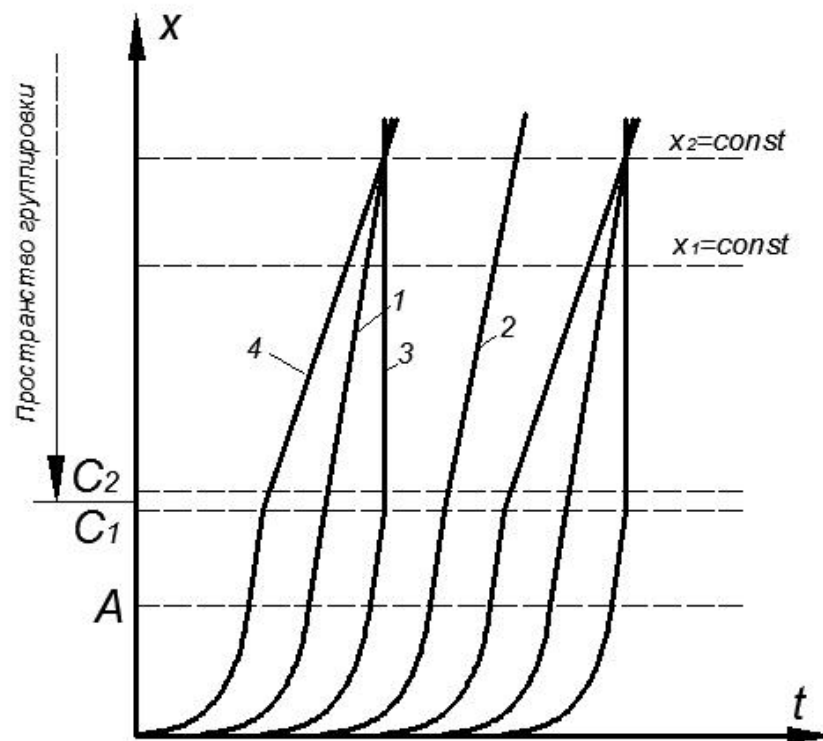


Схема преобразования модуляции по скорости в модуляцию по плотности методом дрейфа



Пространственно-временная диаграмма для случая преобразования модуляции по скорости в модуляцию по плотности методом дрейфа

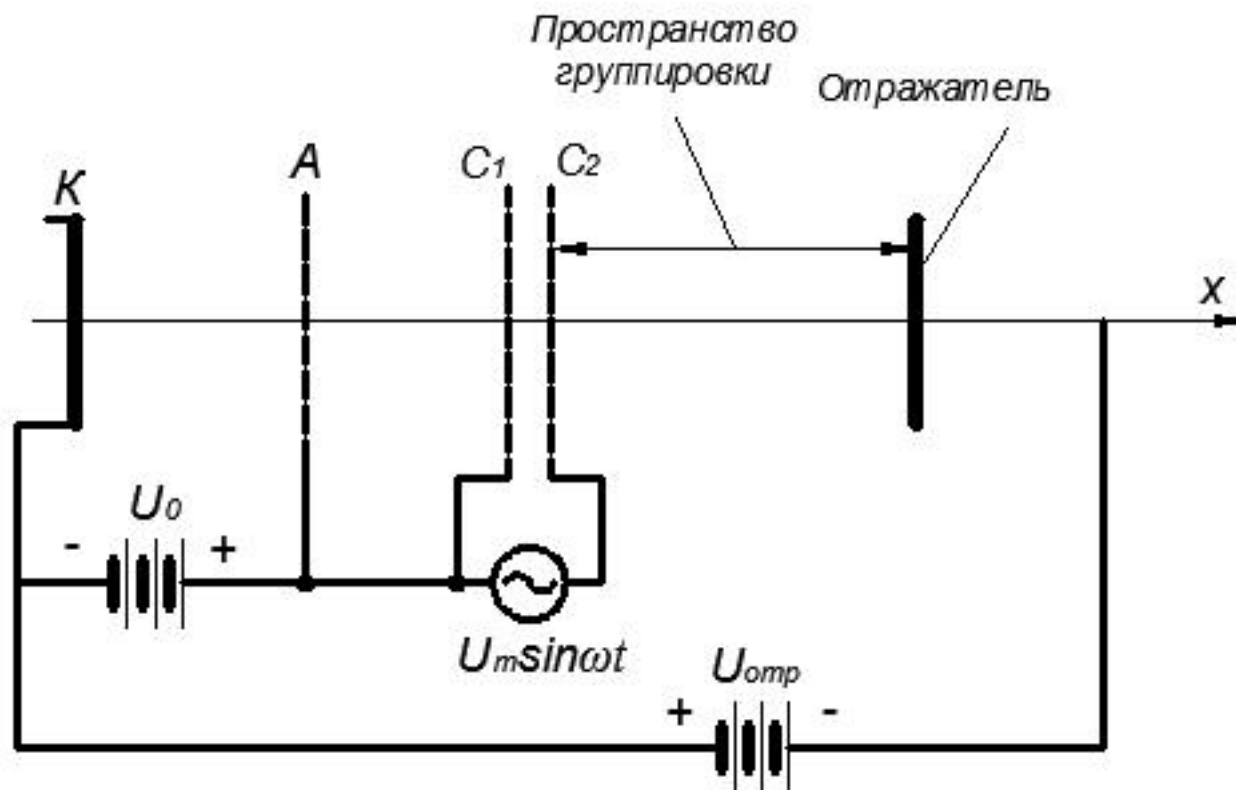
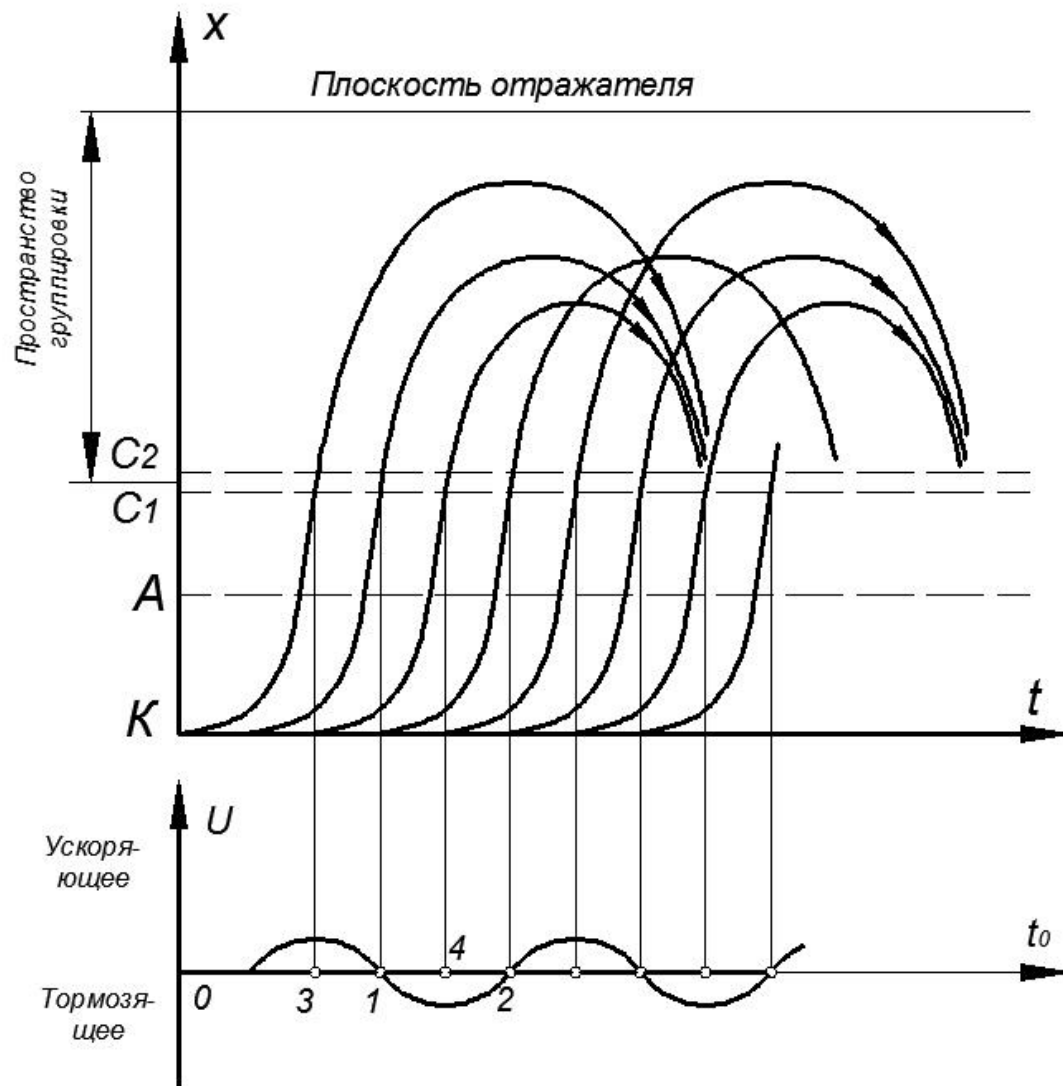


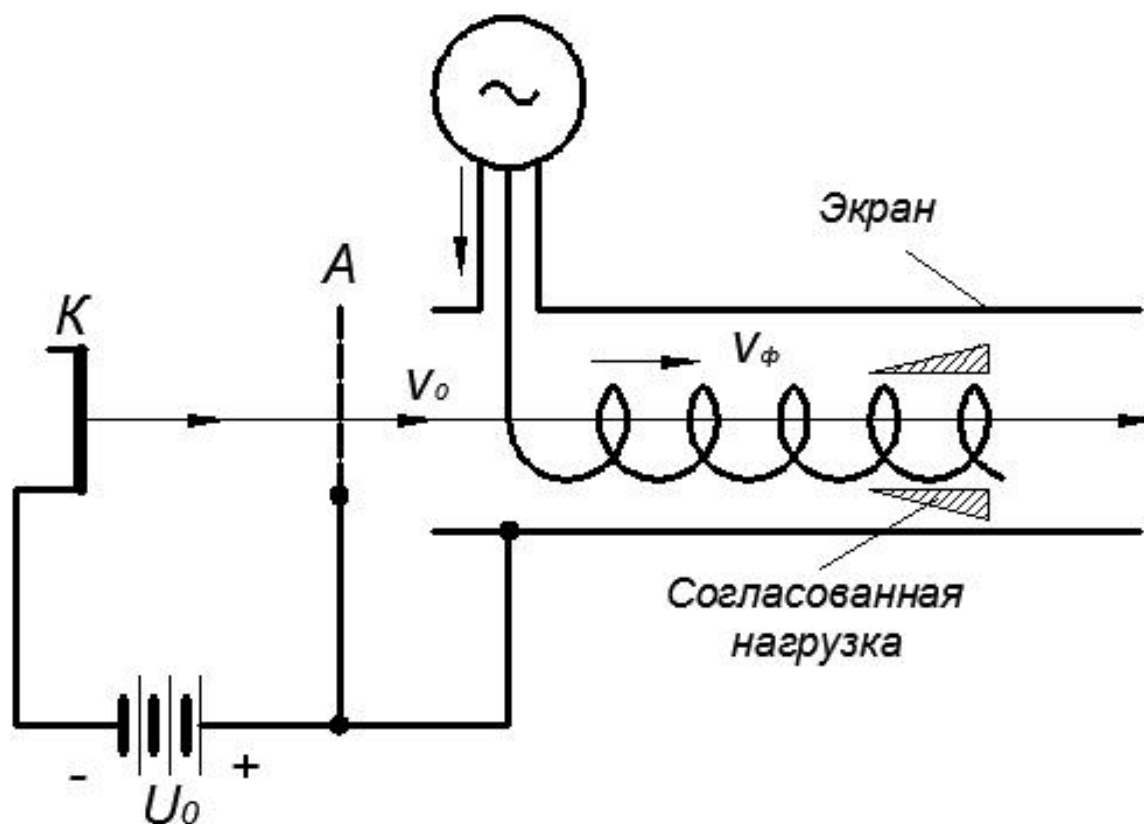
Схема преобразования модуляции по скорости в модуляцию по плотности методом тормозящего поля



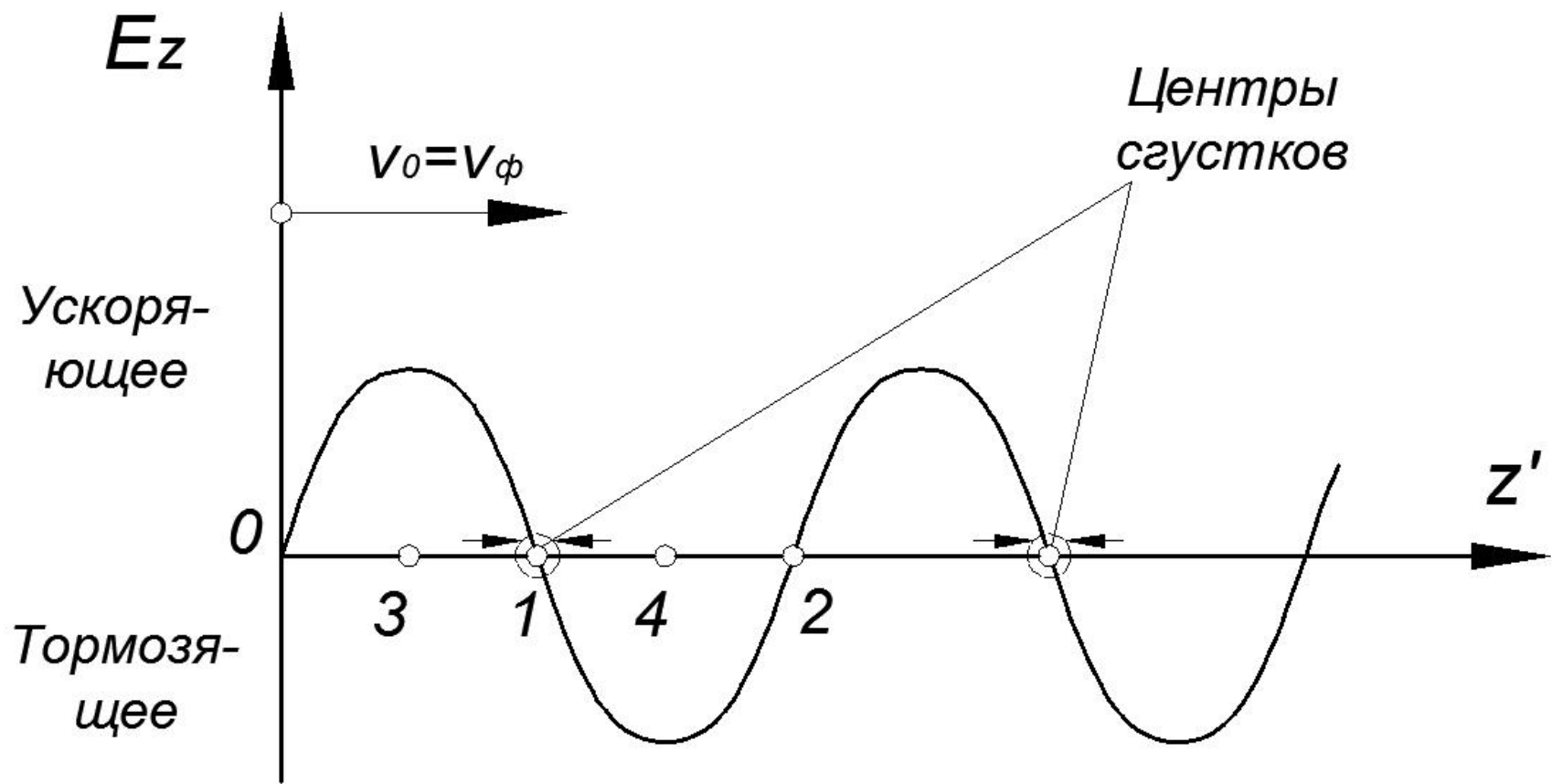


Пространственно-временная диаграмма для случая преобразования модуляции по скорости в модуляцию по плотности методом тормозящего поля

# Нерезонаторные устройства для создания



Применение спиральной замедляющей системы для скоростной модуляции электронного потока (случай положительной дисперсии)



Получение скоростной модуляции при длительном взаимодействии электронного потока с бегущей электромагнитной волной

Основные качественные выводы о законе образования электронных сгустков при преобразовании скоростной модуляции потока **методом дрейфа:**

*1. Центрами сгустков, приходящих в выходное устройство при преобразовании методом дрейфа, являются электроны, приходящие в середину зазора в момент нулевого поля при переходе поля от тормозящего в ускоряющее.*

*2. Период следования сгустков равен периоду модулирующего напряжения.*

**Методом тормозящего поля:**

*сгустки образуются относительно электронов, прошедших центр управляющего зазора в момент нулевого высокочастотного поля при переходе его от ускоряющего к тормозящему.*

При использовании **нерезонансных систем** центрами сгустков являются электроны, расположенные в областях перехода высокочастотного поля  $E_z$  через нуль от ускоряющей к тормозящей полуволне.