



Открытое акционерное общество
«Центральное конструкторское бюро автоматики»

Микроволновая фотоника

***Аналоговые ВОЛС СВЧ
с положительными
коэффициентами передачи***

Авторы: Вольхин Ю.Н., Гомзикова Т.А.

Докладчик: Гомзикова Т.А.

СВЧ - 2012

ВОЛС

это

волоконно-оптическая

линия

связи

Тематика доклада

- расчёт параметров аналоговых ВОЛС СВЧ по параметрам комплектующих элементов;
- определение требований к параметрам комплектующих элементов и определение оптимальных энергетических режимов эксплуатации этих элементов, при которых аналоговая ВОЛС СВЧ будет иметь положительный коэффициент передачи.

Проблема

аналоговая ВОЛС СВЧ



усилитель СВЧ

При каких условиях ??????????

Выражаем благодарность сотрудникам

Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН

www.ioffe.ru

Пермской

**Научно-Производственной Приборостроительной
Компании**

www.ppk.perm.ru

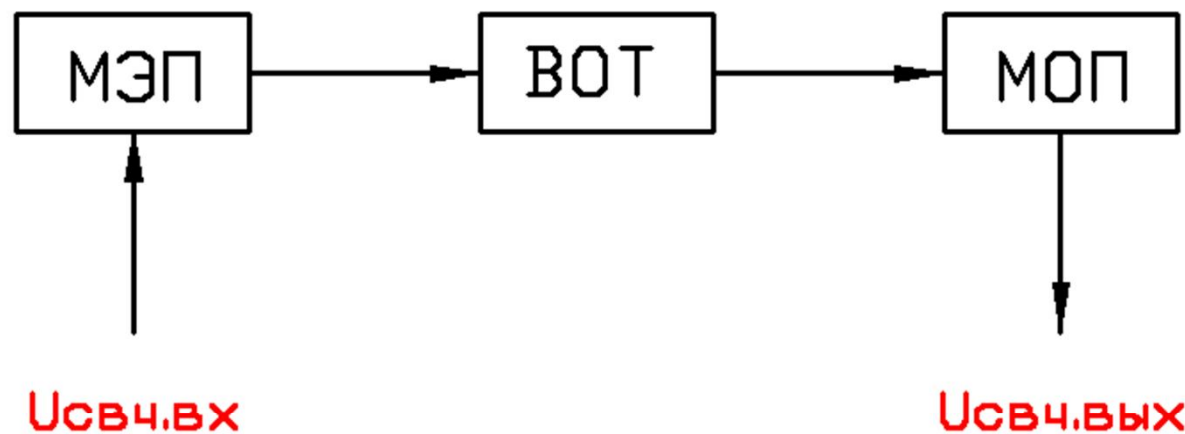
**Пермского государственного
национального исследовательского университета**

www.psu.ru

**Омского Государственного Университета
им. Ф.М. Достоевского**

www.omsu.ru

Укрупнённая схема аналоговой ВОЛС СВЧ



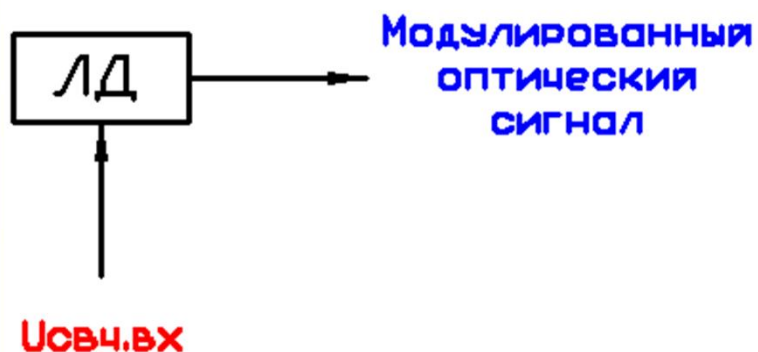
МЭП – модуль электро-оптического преобразования

МОП – модуль опто-электронного преобразования

ВОТ – волоконно-оптический тракт

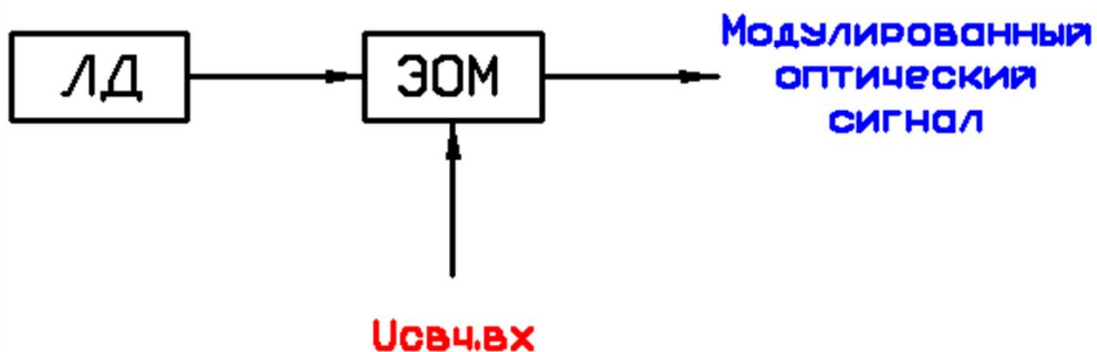
Модули электро-оптического преобразования с прямой и внешней модуляцией

А – Прямая модуляция



ЛД – лазерный диод
ЭОМ – электр-оптический
модулятор

Б – Внешняя модуляция



Типы электро-оптических модуляторов

Электро-поглощающие модуляторы

+

Эффект Келдыша-Франца

Интерферометры Маха-Цандера

+

Эффект Поккельса

www.radioseminar.omtsu.ru

MWP

MicroWave Photonic

Микроволновая фотоника

Радиофотоника

Волноводная фотоника

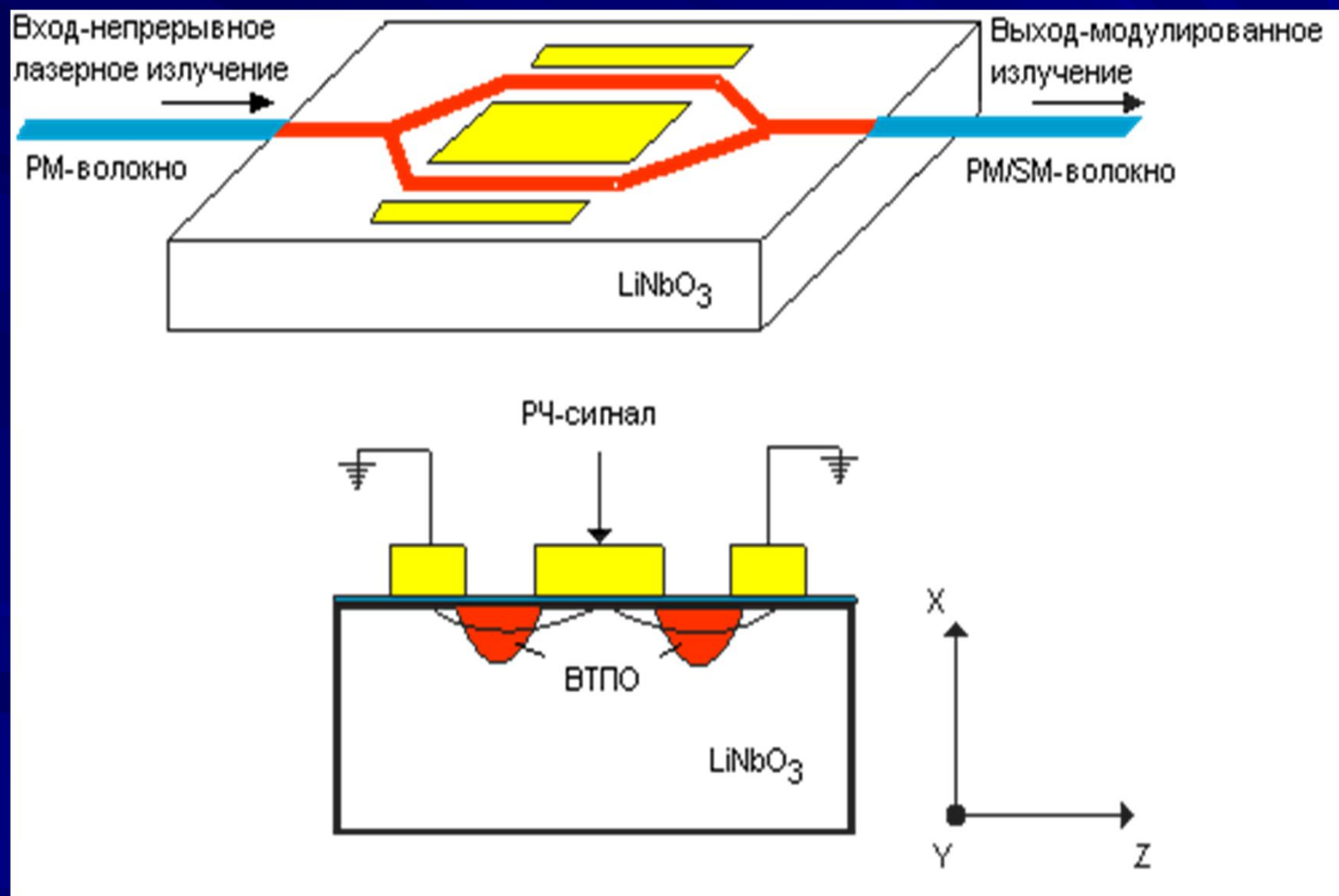
Радиооптика

www.radioseminar.omsu.ru

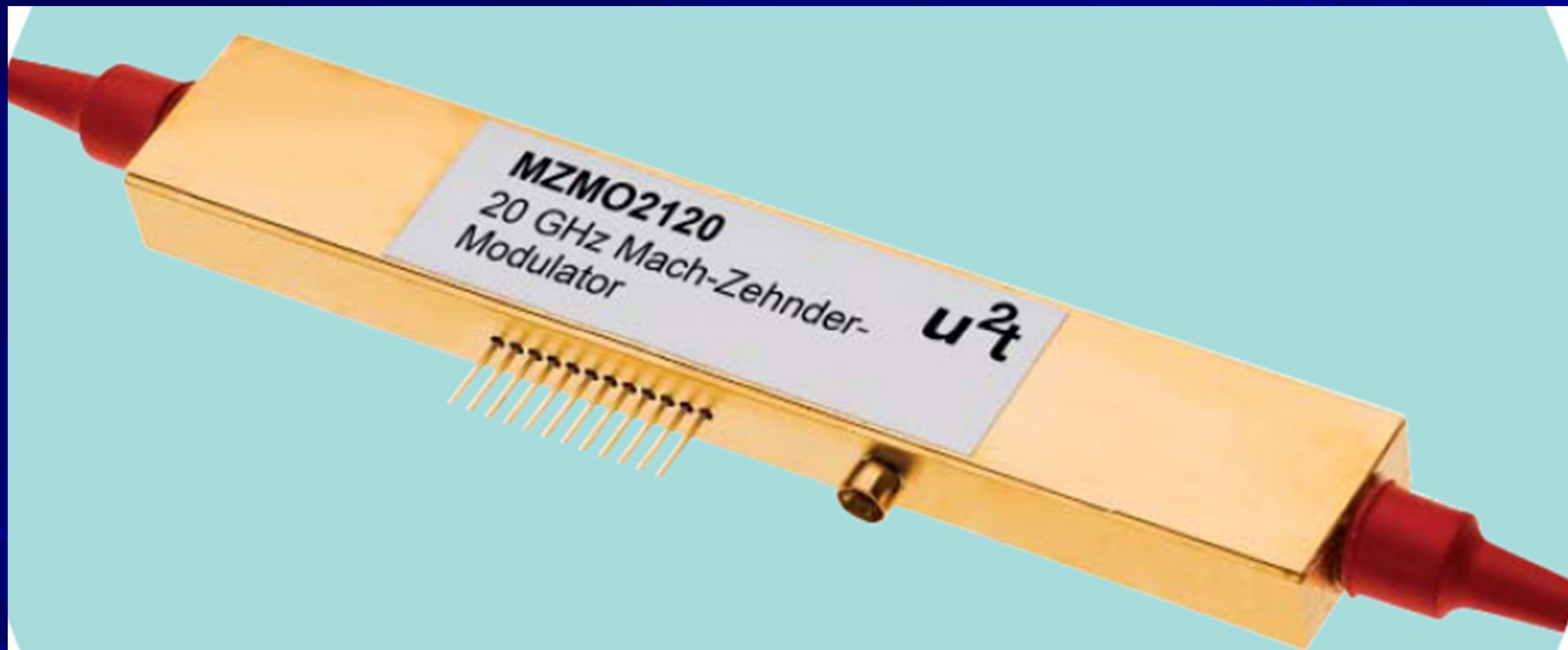
***Омский
Научный семинар
«Современные проблемы
радиофизики и радиотехники»***

***Кафедра экспериментальной физики и радиофизики
Омского государственного Университета
им. Ф.М. Достоевского***

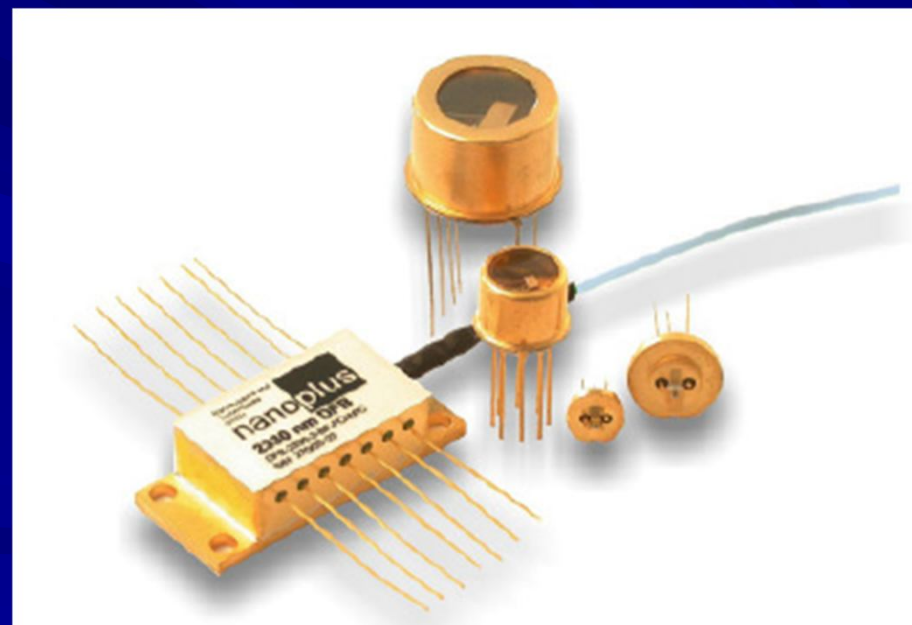
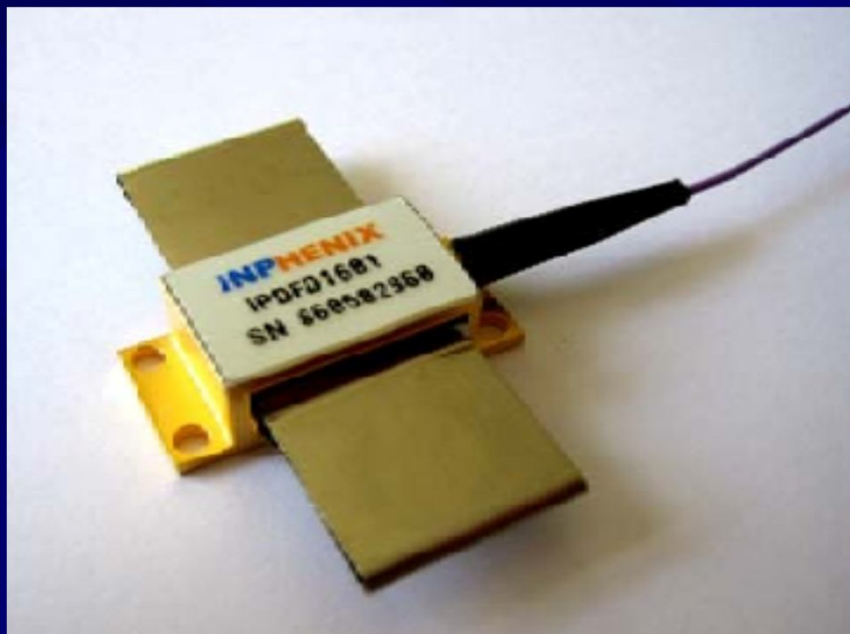
**Модулятор Маха-Цандера
(Mach Zehnder modulator - MZM)
в планарном исполнении**



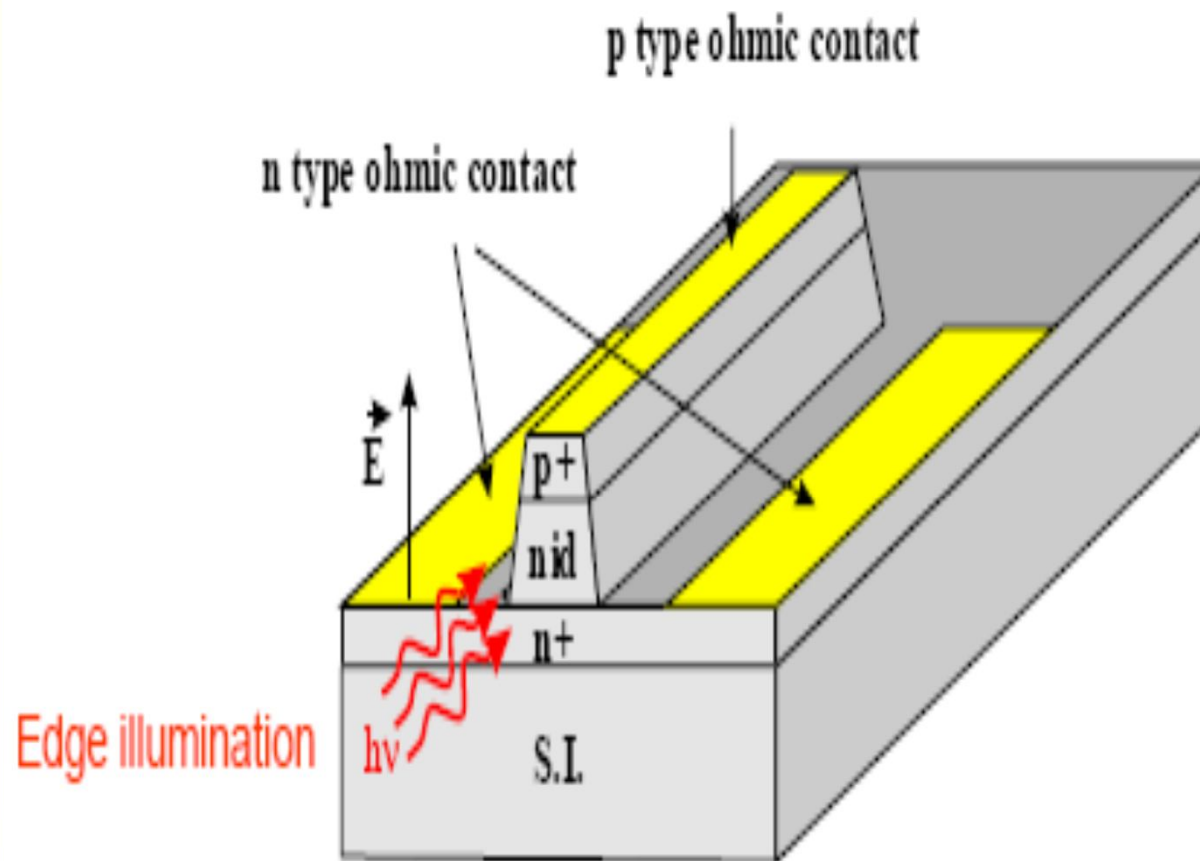
*Модулятор Маха-Цандера
(Mach Zehnder modulator - MZM)
в виде герметизированной гибридной интегральной схемы
(технология system-on-package)*



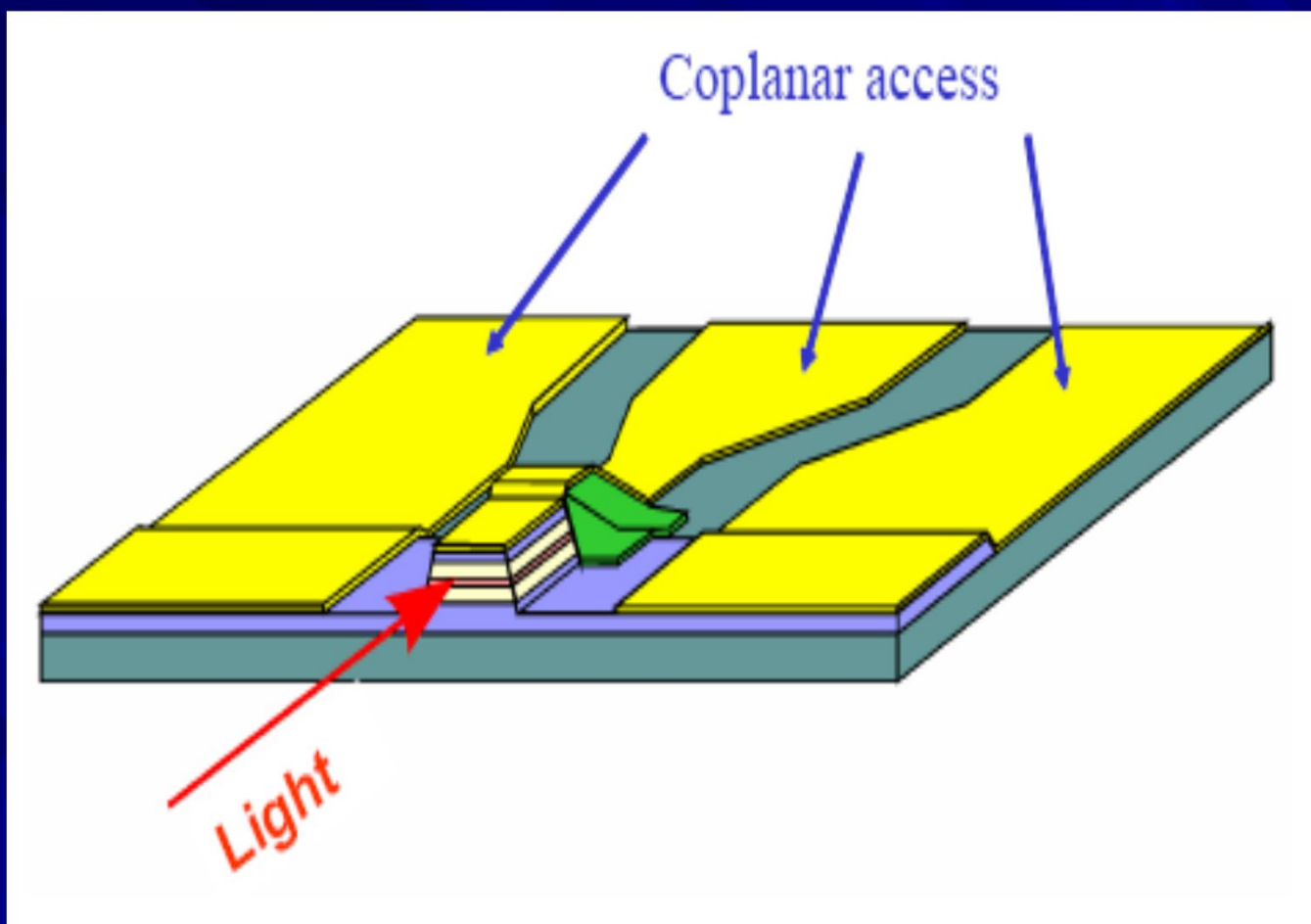
Гибридные интегральные схемы полупроводниковых лазеров (технология *system-on-package*)



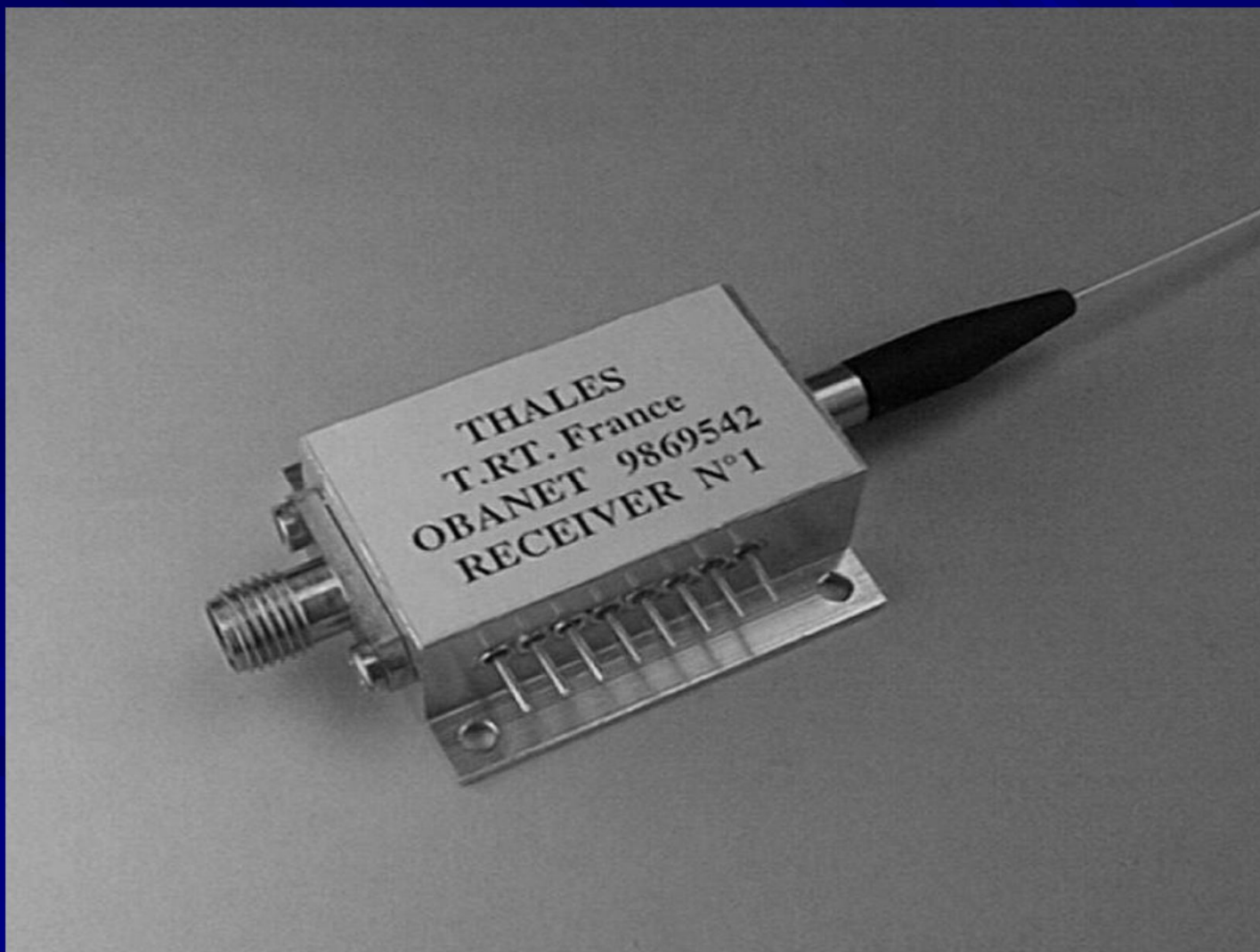
Фотодетектор виде монолитной интегральной схемы



*Фотодетектор в виде
планарной гибридной интегральной схем
(технологии system-on-package)*



*Фотодетектор в виде
гибридной интегральной схемы
(технологии system-on-package)*



Опто-волоконный кабель

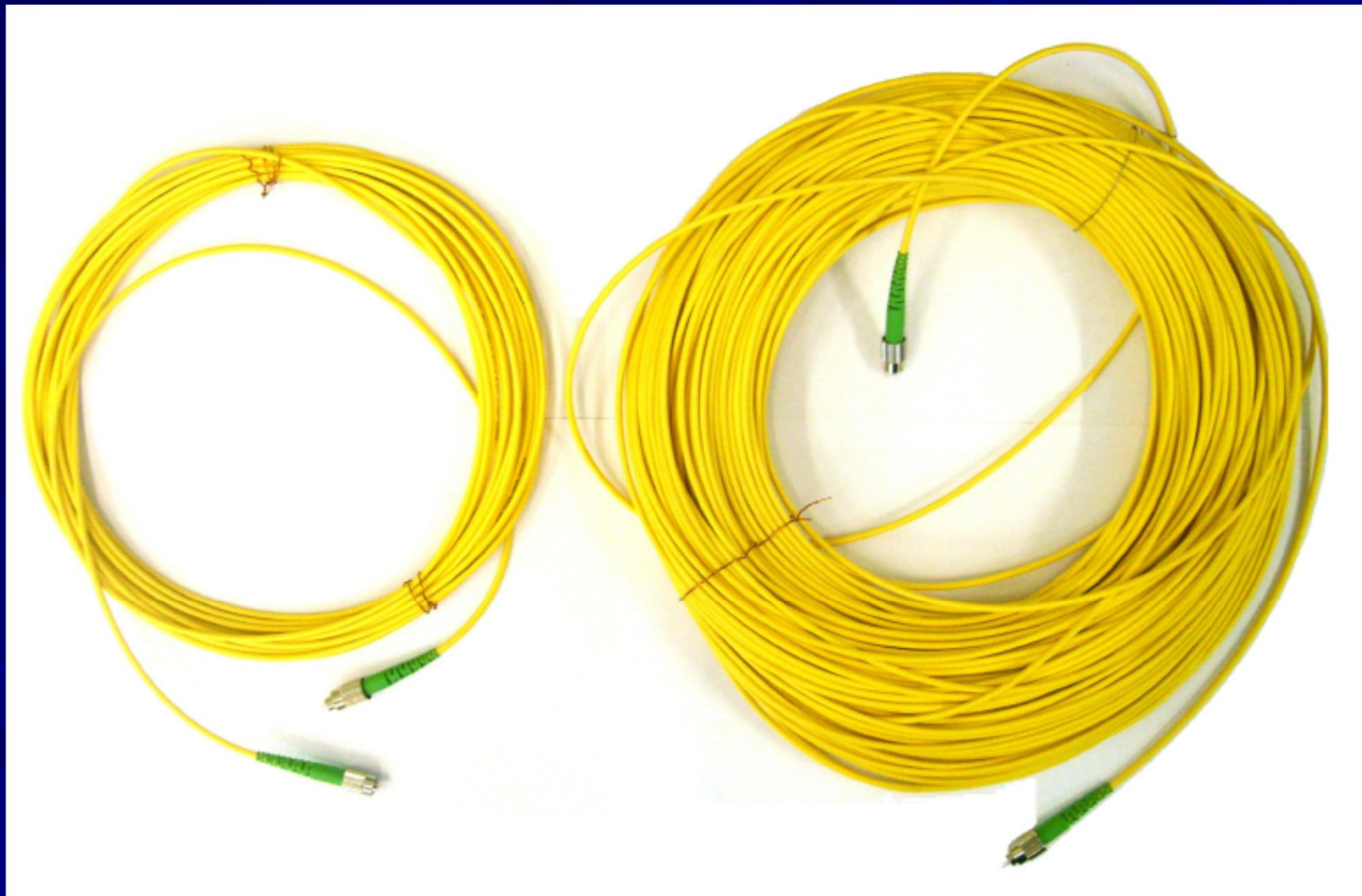
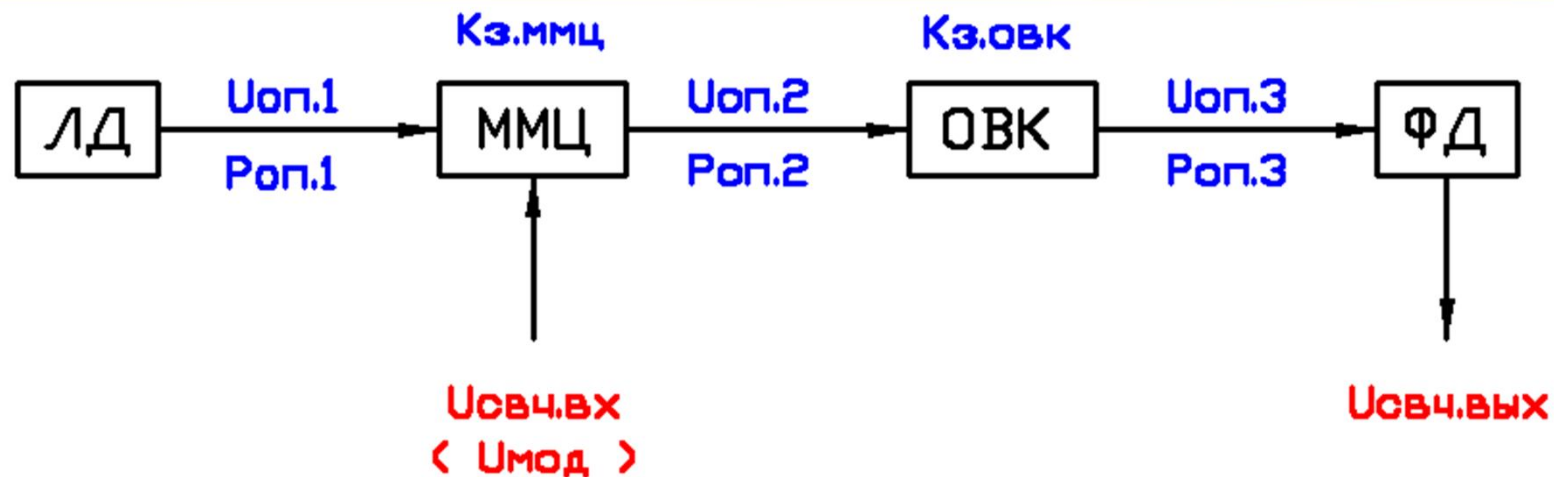


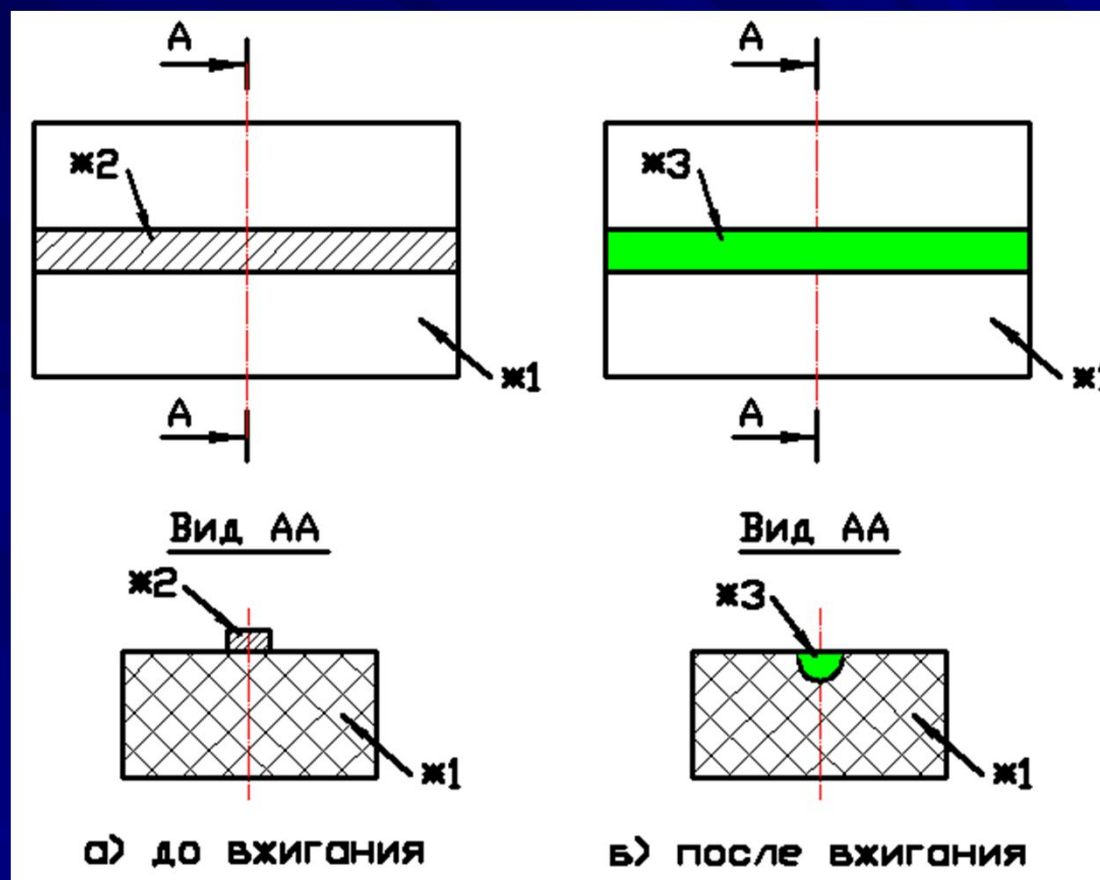
Схема аналоговой ВОЛС СВЧ



ЛД – лазерный диод;
ММЦ – модулятор Маха-Цандера;
ОВК – опто-волоконный кабель;
ФД – фотодетектор;

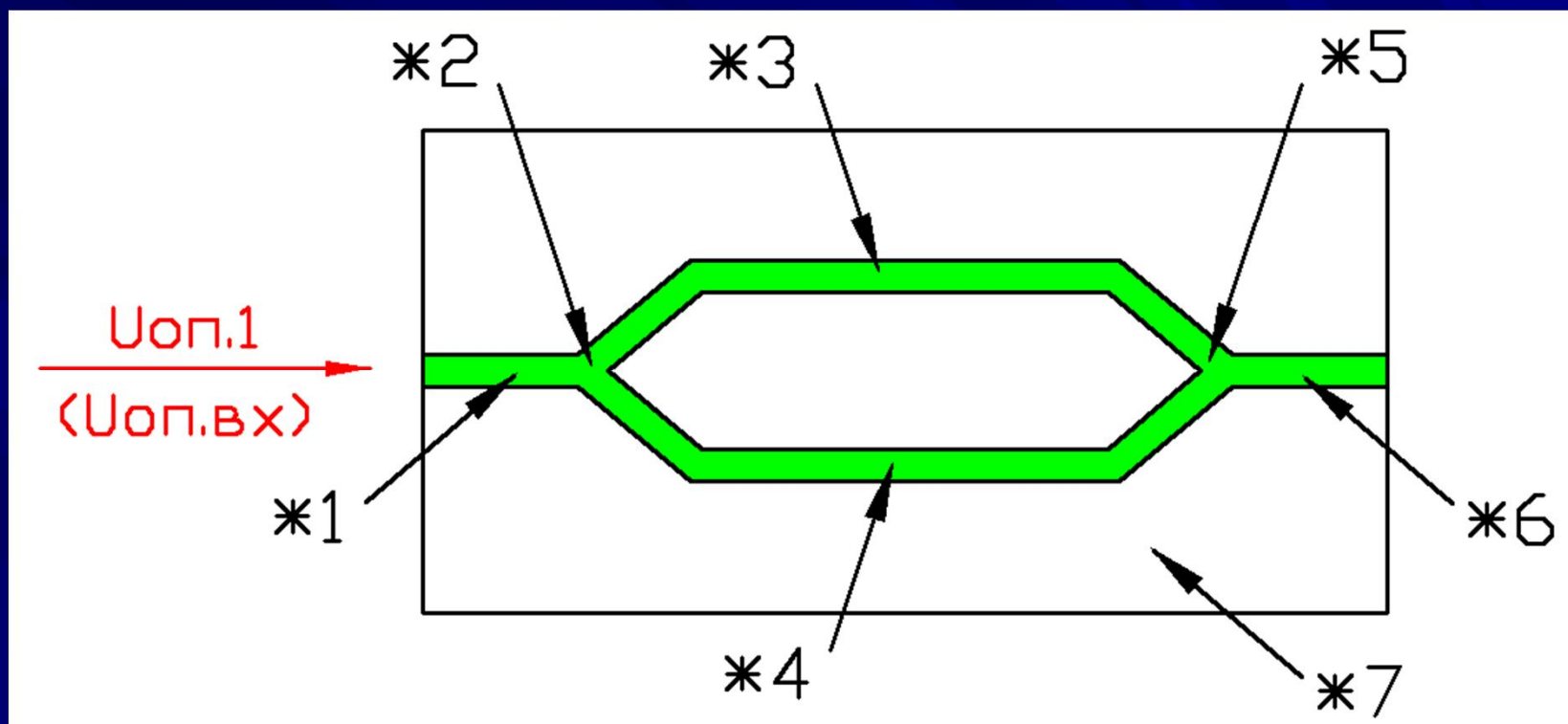
$$K_{п.свч} = 20Lg(U_{свч.вых}/U_{свч.вх}) = ???$$

Формирование световодных каналов



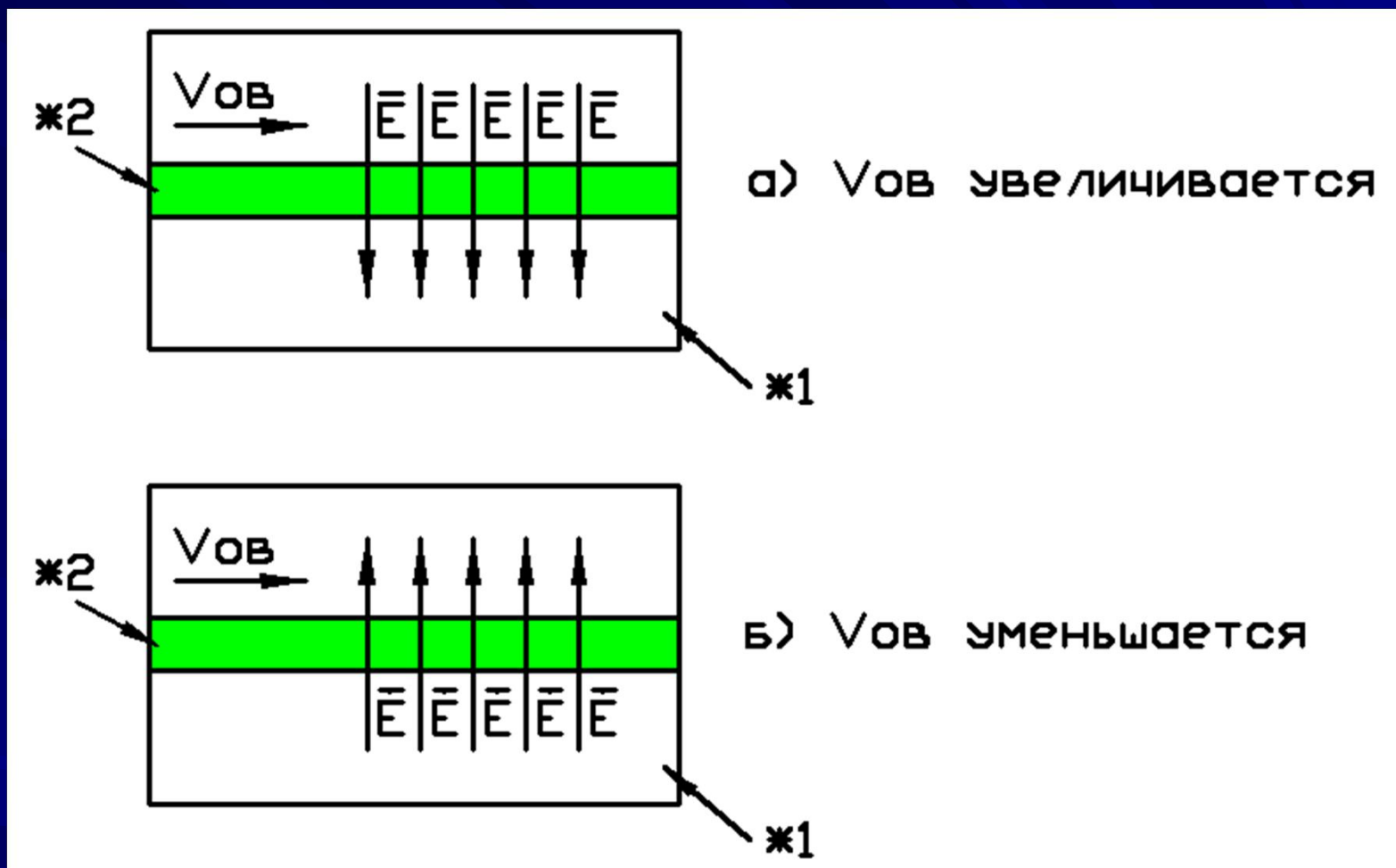
**1 - пластина из ниобата лития,
2 - напылённая полоска из титана,
3 - световодный канал.**

Структура световодных каналов модулятора Маха-Цандера



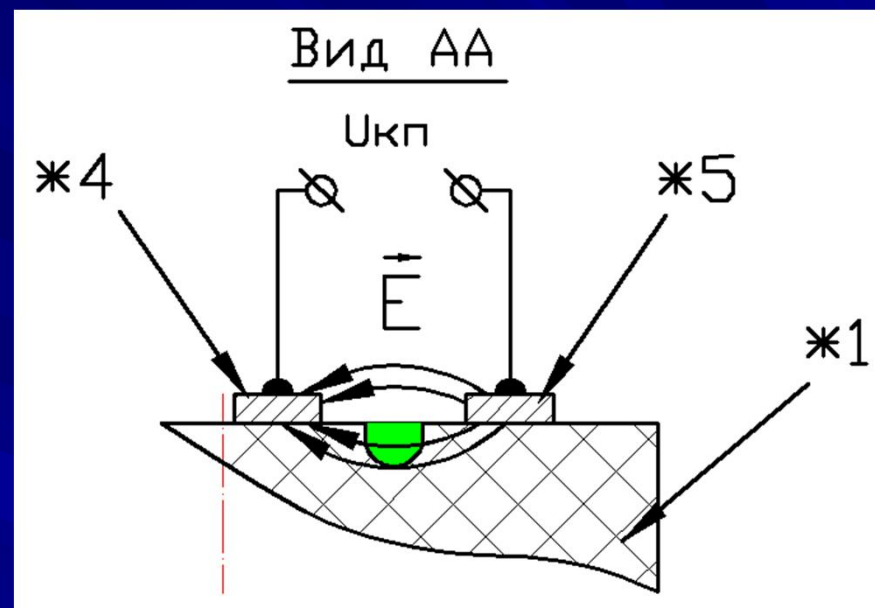
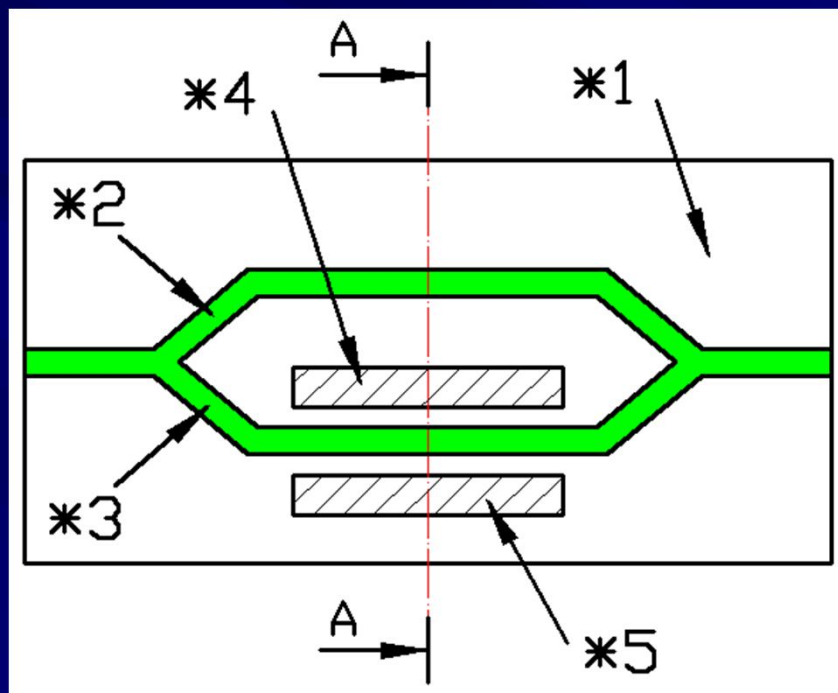
- 1 - входной световодный канал;
- 2 - входной Y - разветвитель;
- 3,4 - параллельные идентичные световодные каналы;
- 5 - выходной Y – светвитель;
- 6 - выходной световодный канал

Эффект Поккельса



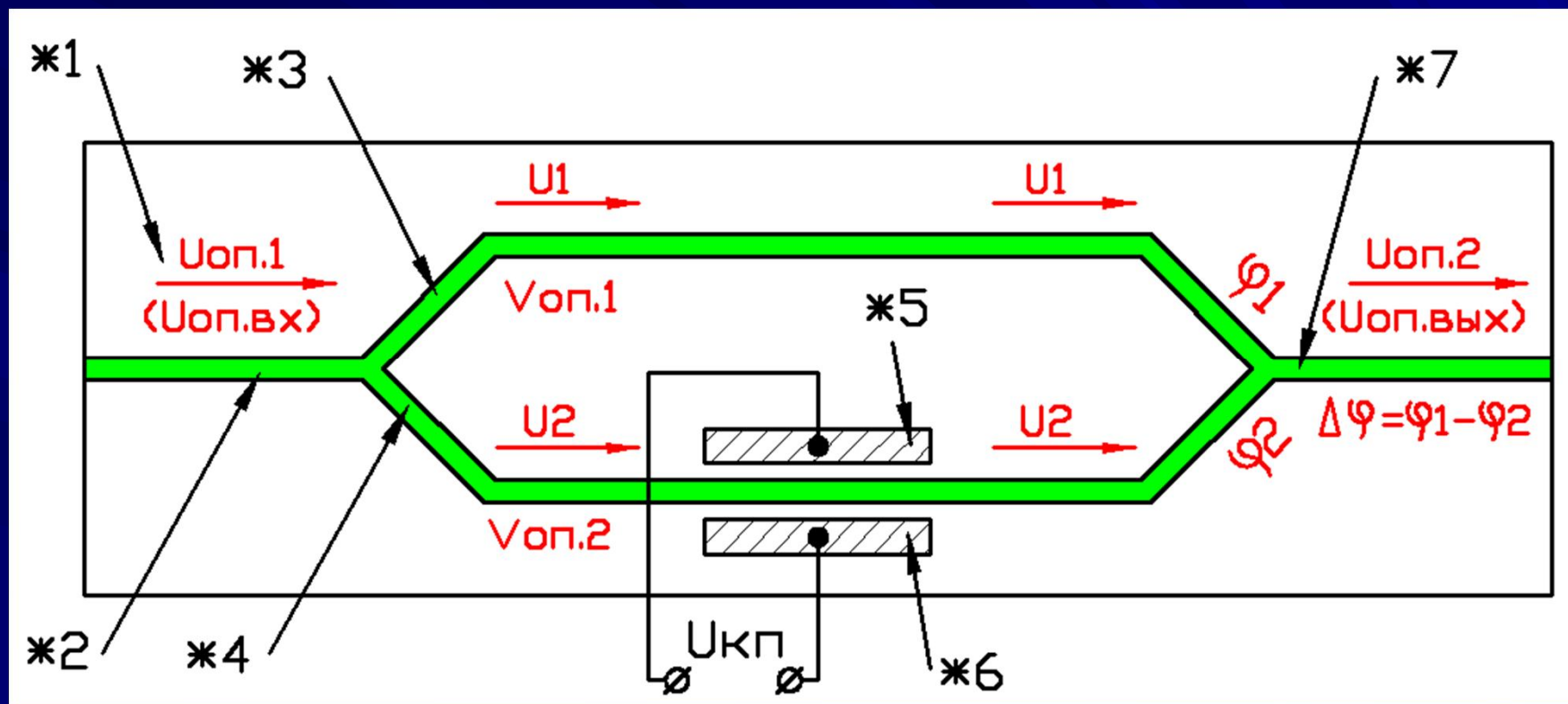
1 - пластина из ниобата лития;
2 - световодный канал

Физическая реализация эффекта Поккельса



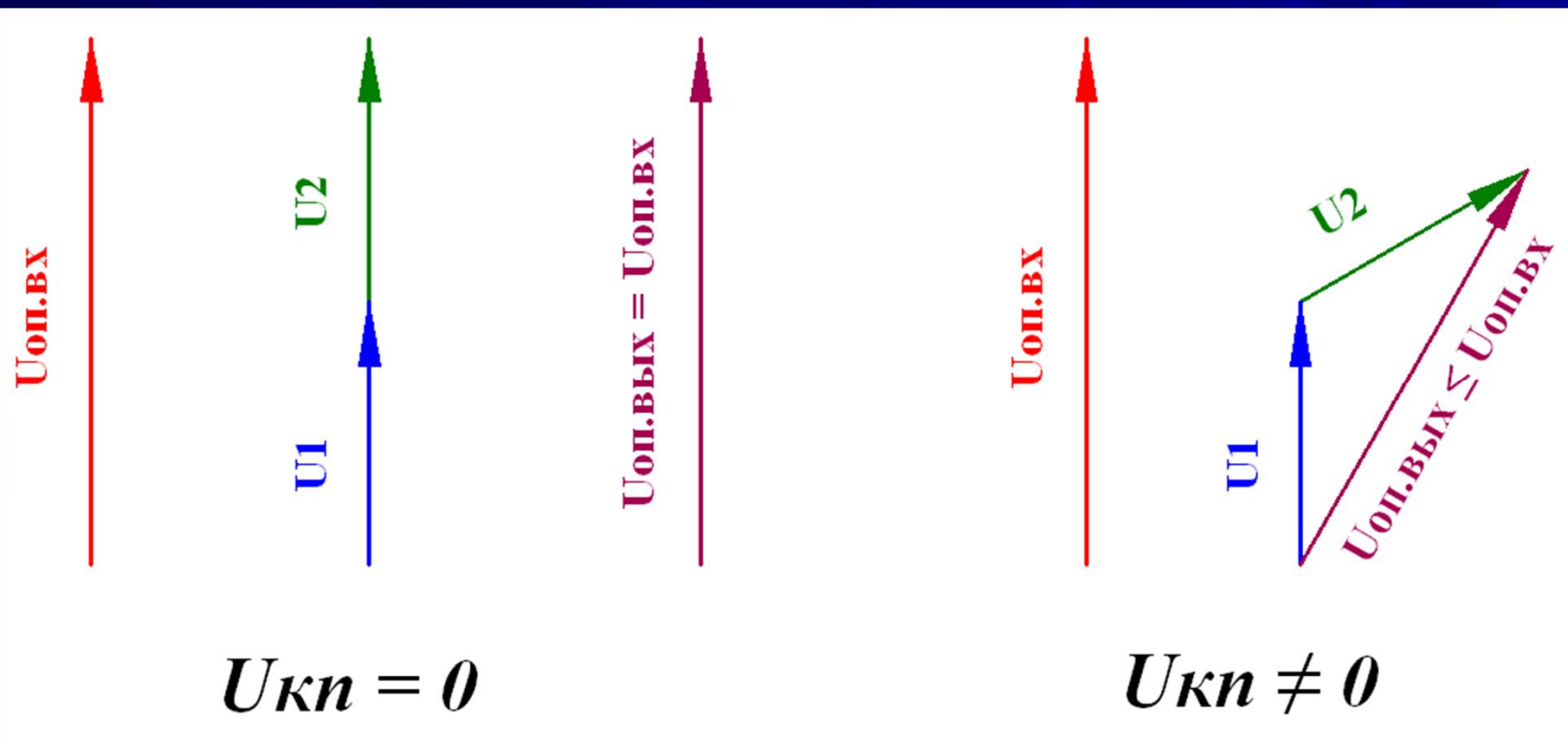
- 1 - пластина из ниобата лития;
- 2,3 - световодные каналы;
- 4,5 - контактные площадки (управляющие электроды)

Принцип действия модулятора Маха-Цандера

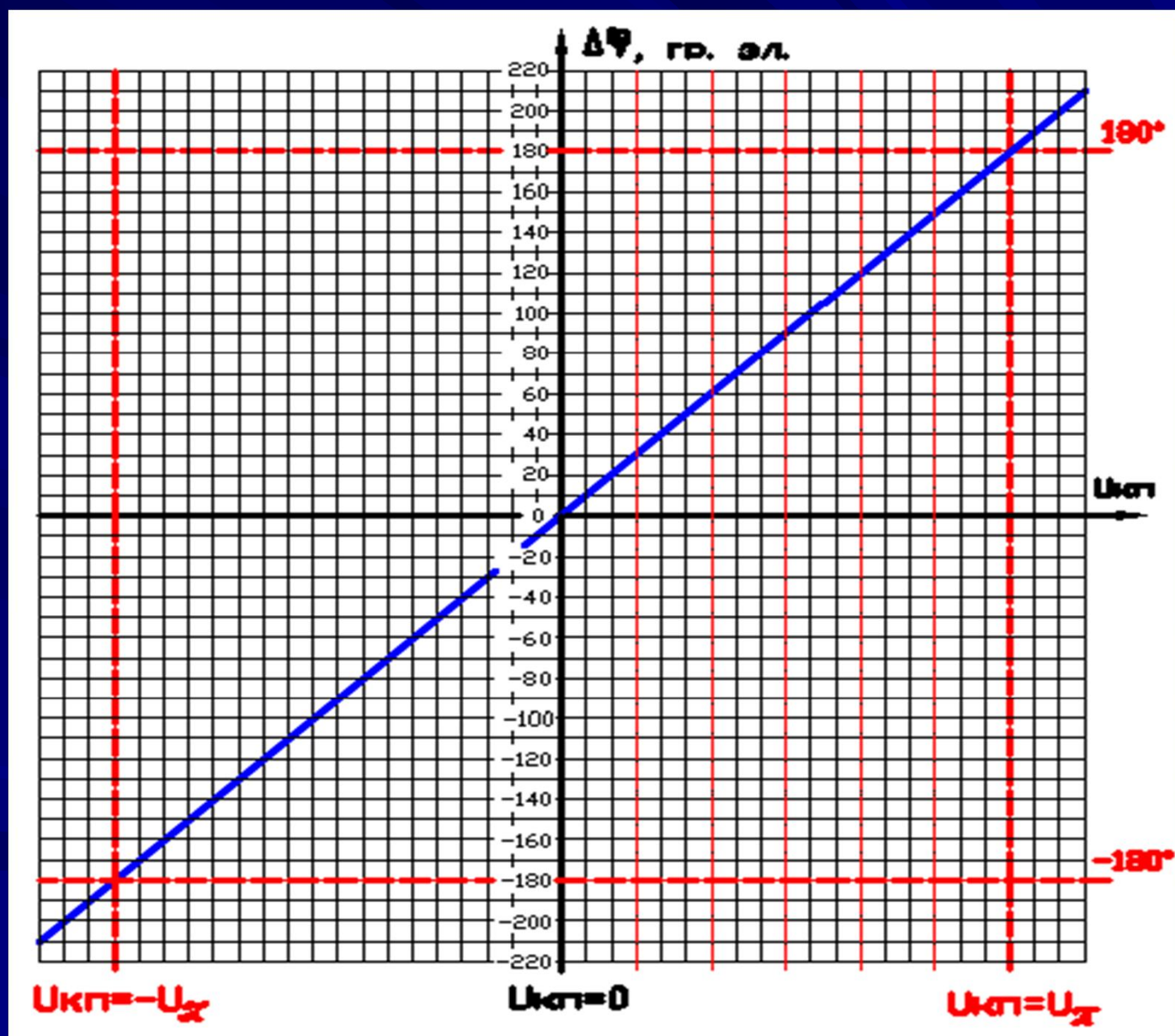


- 1 - пластина из ниобата лития,
- 2 - входной световодный канал;
- 3, 4 - идентичные световодные каналы;
- 5, 6 - контактные площадки (управляющие электроды);
- 7 - выходной световодный канал

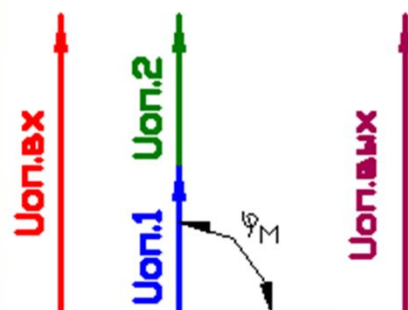
Векторные диаграммы на выходе модулятора при $U_{кп} = 0$ и при $U_{кп} \neq 0$



Зависимость $\Delta\varphi$ от $U_{кп}$

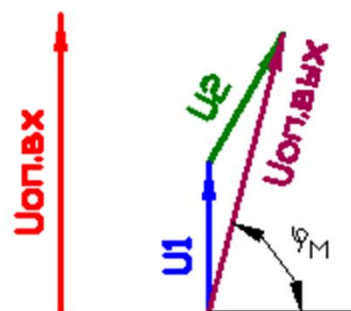


Векторные диаграммы на выходе модулятора при различных $U_{кп}$



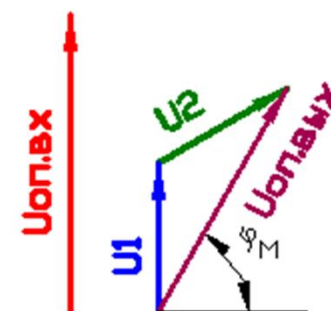
а) $U_{кп}=0$

$$\frac{U_{оп.вых}}{U_{оп.вх}} = 1.000$$



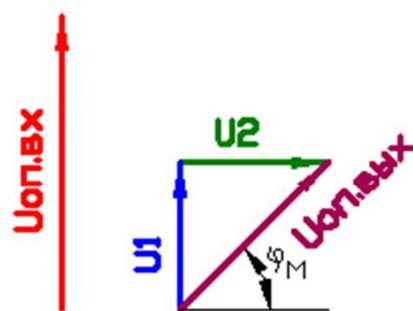
б) $U_{кп}=3/18U_{\pi}$

$$\frac{U_{оп.вых}}{U_{оп.вх}} = 0.966$$



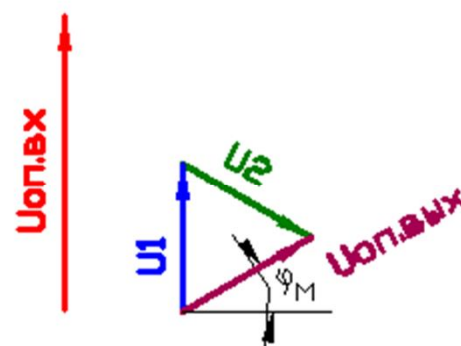
в) $U_{кп}=6/18U_{\pi}$

$$\frac{U_{оп.вых}}{U_{оп.вх}} = 0.866$$



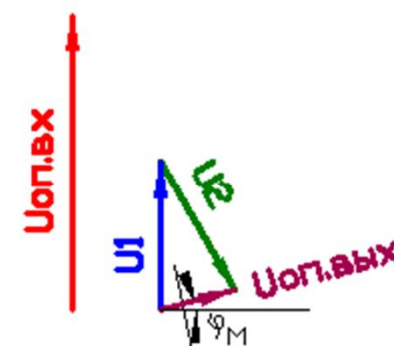
г) $U_{кп}=9/18U_{\pi}$

$$\frac{U_{оп.вых}}{U_{оп.вх}} = 0.707$$



д) $U_{кп}=12/18U_{\pi}$

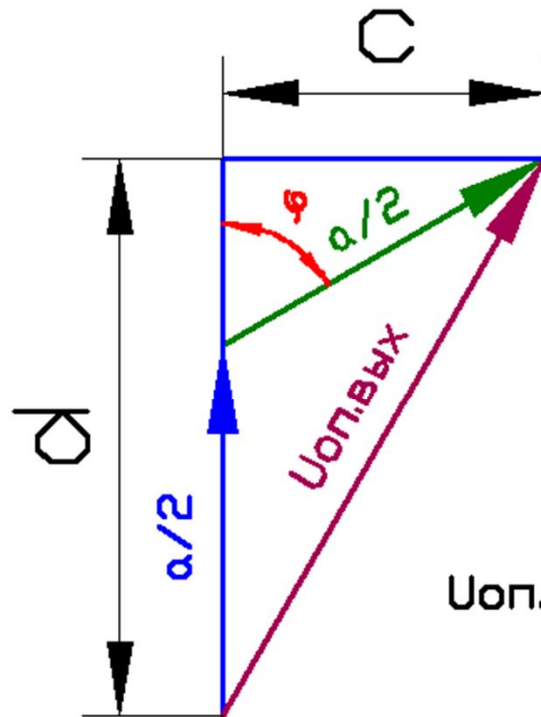
$$\frac{U_{оп.вых}}{U_{оп.вх}} = 0.500$$



е) $U_{кп}=15/18U_{\pi}$

$$\frac{U_{оп.вых}}{U_{оп.вх}} = 0.259$$

Определение зависимости $K_{и.оп}$ от $U_{кп}$



$$U_{оп.вых} = \sqrt{c^2 + d^2}$$

$$c = (a/2) \sin \varphi$$

$$d = (a/2) + (a/2) \cos \varphi$$

$$a = U_{оп.вх}$$

$$\varphi = (U_{кп}/U_{\pi}) 180^\circ$$

$$a = U_{оп.вх}$$

$$U_{оп.вых} = \sqrt{0.5(1 + \cos(U_{кп}/U_{\pi}) 180^\circ) (U_{оп.вх})^2}$$

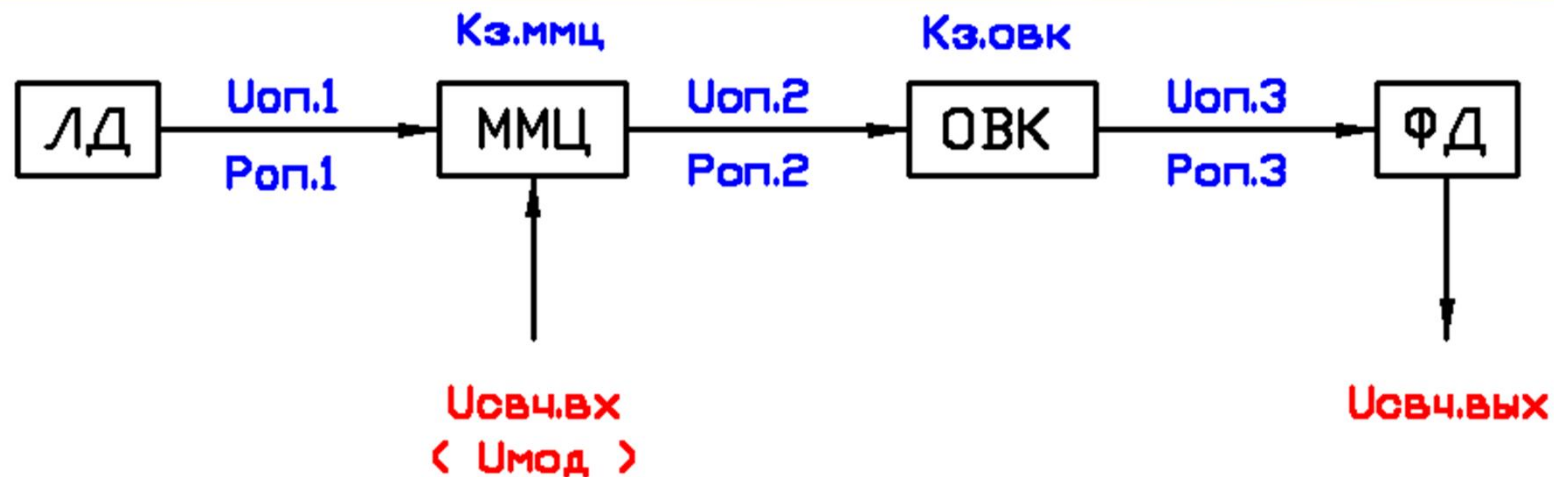
$$K_{и.оп} = U_{оп.вых}/U_{оп.вх} = \sqrt{0.5(1 + \cos(U_{кп}/U_{\pi}) 180^\circ)}$$

Определение зависимости $K_{р.оп}$ от $U_{кп}$

$$K_{р.оп} = P_{оп.вых}/P_{оп.вх} = K_{и.оп}^2 =$$

$$\langle U_{оп.вых}/U_{оп.вх} \rangle^2 = 0.5 \langle 1 + \cos(\langle U_{кп}/U_{\pi} \rangle 180^\circ) \rangle$$

Схема аналоговой ВОЛС СВЧ



ЛД – лазерный диод;
ММЦ – модулятор Маха-Цандера;
ОВК – опто-волоконный кабель;
ФД – фотодетектор;

$$K_{п.свч} = 20Lg(U_{свч.вых}/U_{свч.вх}) = ???$$

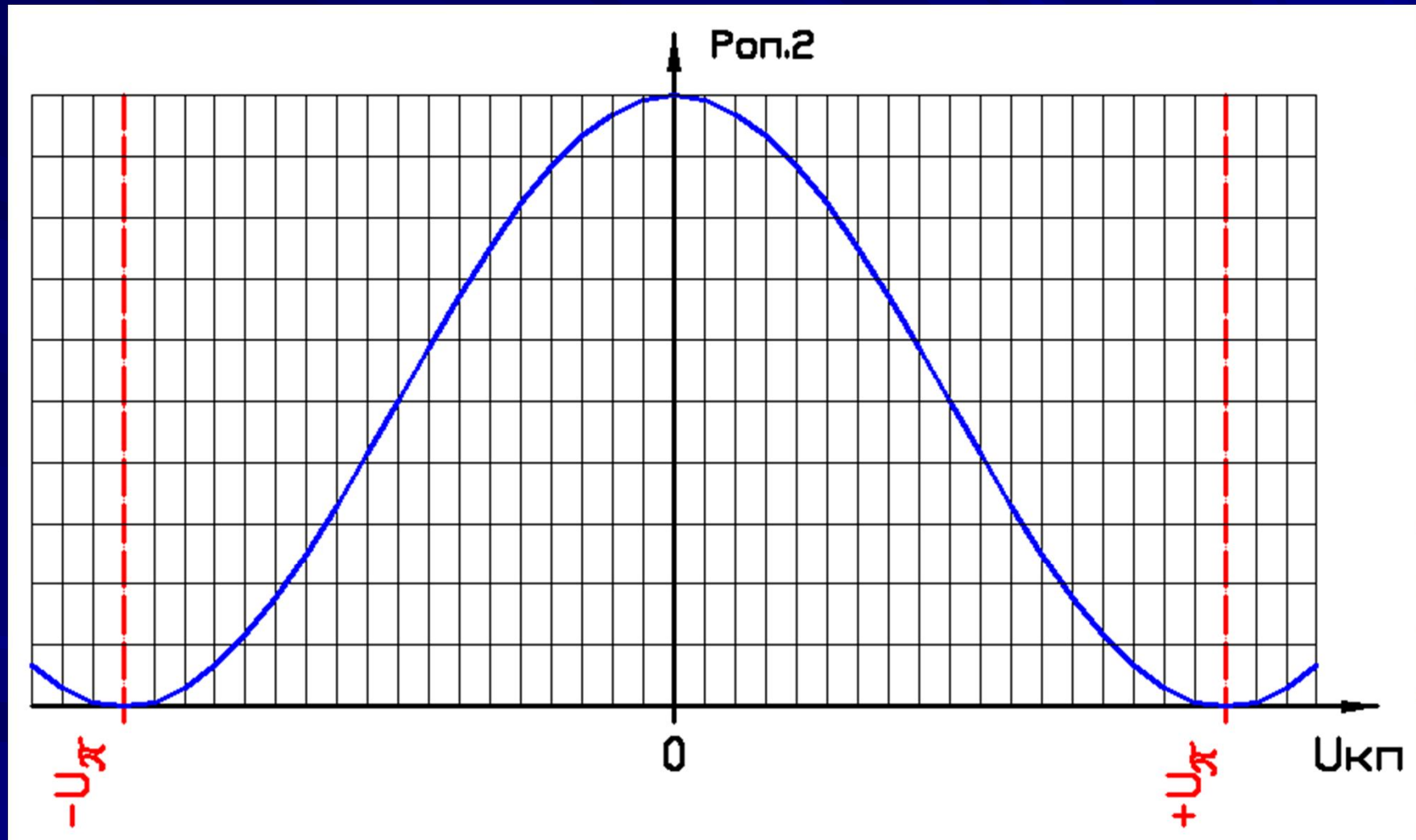
Зависимость $K_{р.оп}$ от $U_{кп}$ с учётом затухания в оптическом тракте модулятора Маха-Цандера

$$K_{р.оп} = [0.5(1 + c^2 \cos((U_{кп}/U_{\pi})180^\circ))] / K_{з.ммц}$$

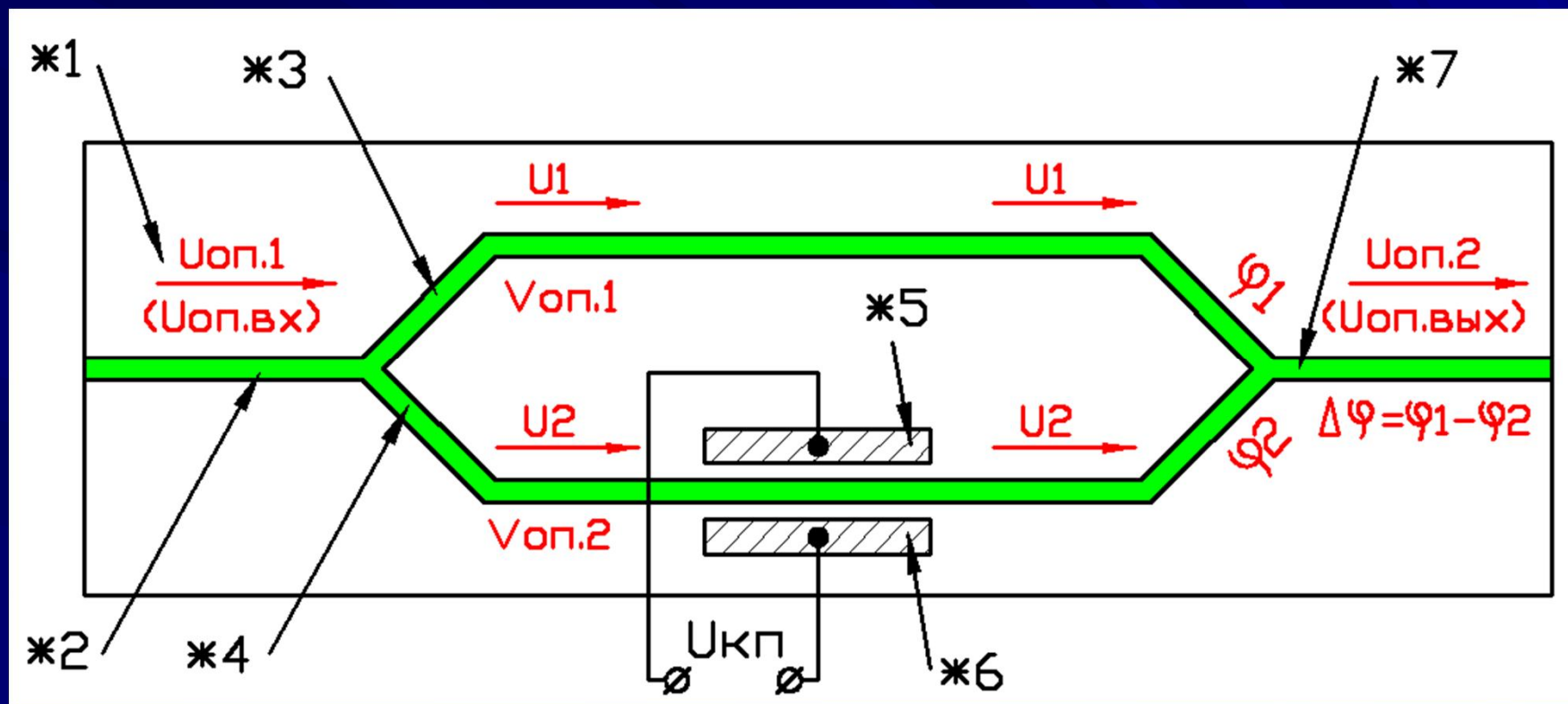
Формула зависимости $P_{оп.2}$ от $U_{кп}$

$$\begin{aligned} P_{оп.2} &= P_{оп.1} \times K_{р.оп} = \\ &= P_{оп.1} \times [0.5(1 + \cos((U_{кп}/U_{\pi})180^\circ)]/K_{з.ммц} \end{aligned}$$

График зависимости $P_{оп.2}$ от $U_{кп}$



Принцип действия модулятора Маха-Цандера



- 1 - пластина из ниобата лития,
- 2 - входной световодный канал;
- 3, 4 - идентичные световодные каналы;
- 5, 6 - контактные площадки (управляющие электроды);
- 7 - выходной световодный канал

Модуляция оптического сигнала без подачи напряжения смещения на контактные площадки.

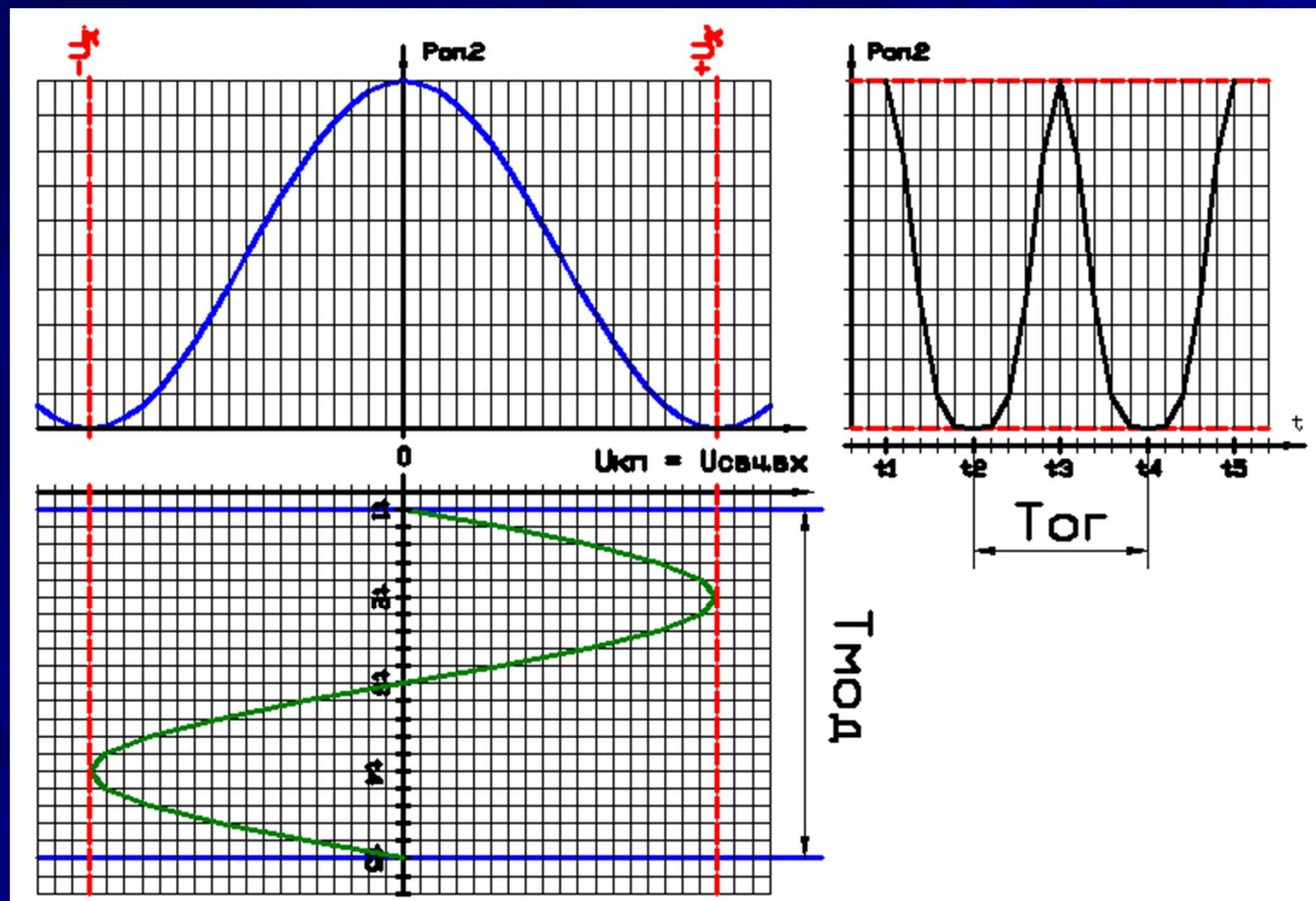
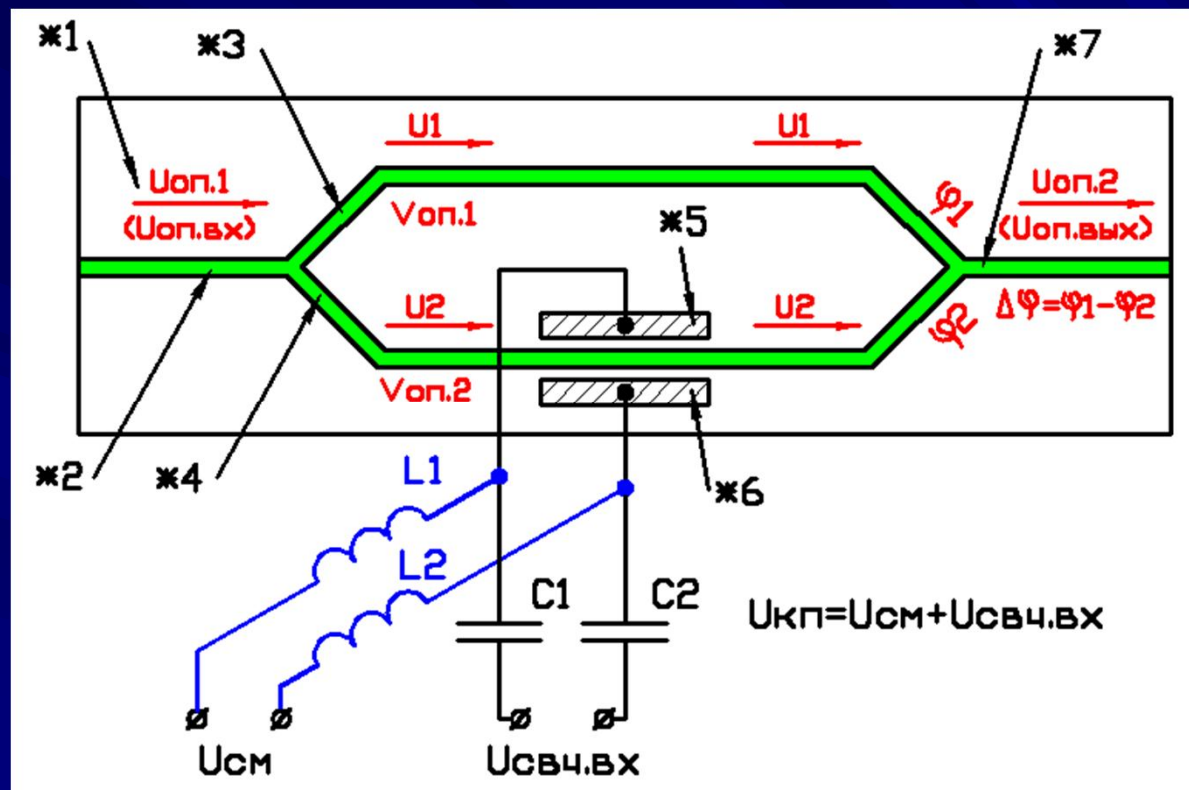
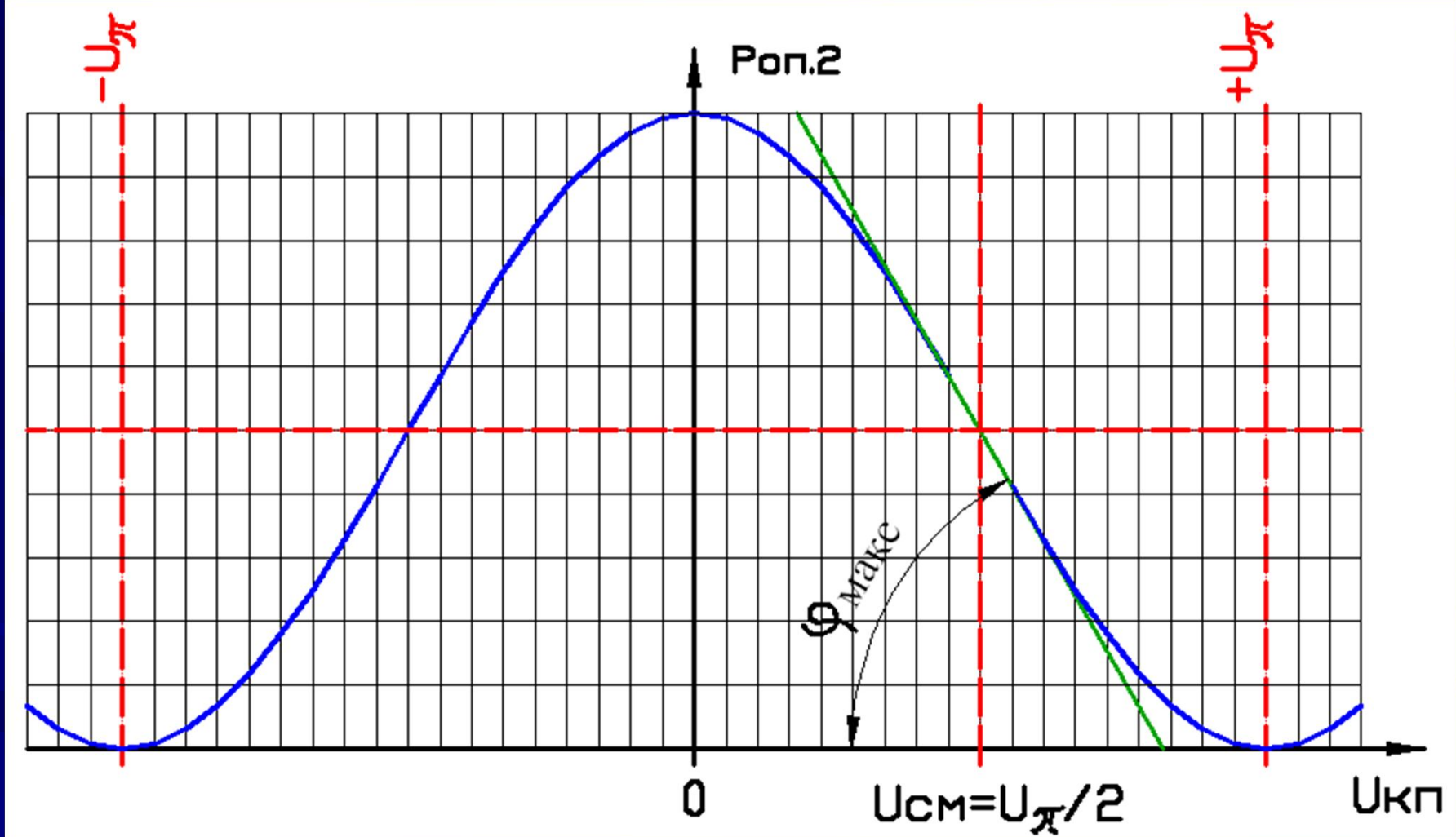


Схема подачи напряжения смещения



- 1 - пластина из ниобата лития,
- 2 - входной световодный канал;
- 3, 4 - идентичные световодные каналы;
- 5, 6 - контактные площадки (управляющие электроды);
- 7 - выходной световодный канал

Оптимальная рабочая точка



Коррекция формулы зависимости $P_{оп.2}$ от $U_{кп}$

$$P_{оп.2} = P_{оп.1} \times [0.5(1 + \cos((U_{кп}/U_{\pi})180^{\circ}))]/K_{з.ммц}$$

$$U_{кп} = U_{см} + U_{свч.вх} \times \cos(\omega t)$$

$$P_{оп.2} = P_{оп.1} \times [0.5(1 + \cos((U_{см} + U_{свч.вх} \times \cos(\omega t))/U_{\pi})180^{\circ}))]/K_{з.ммц}$$

Рекомендуемые значения $U_{см}$ и $U_{свч.вх}$

$$U_{см} = U_{\pi}/2$$

$$U_{свч.вх} = U_{\pi}/10$$

Модуляция оптического сигнала с подачей напряжения смещения на контактные площадки.

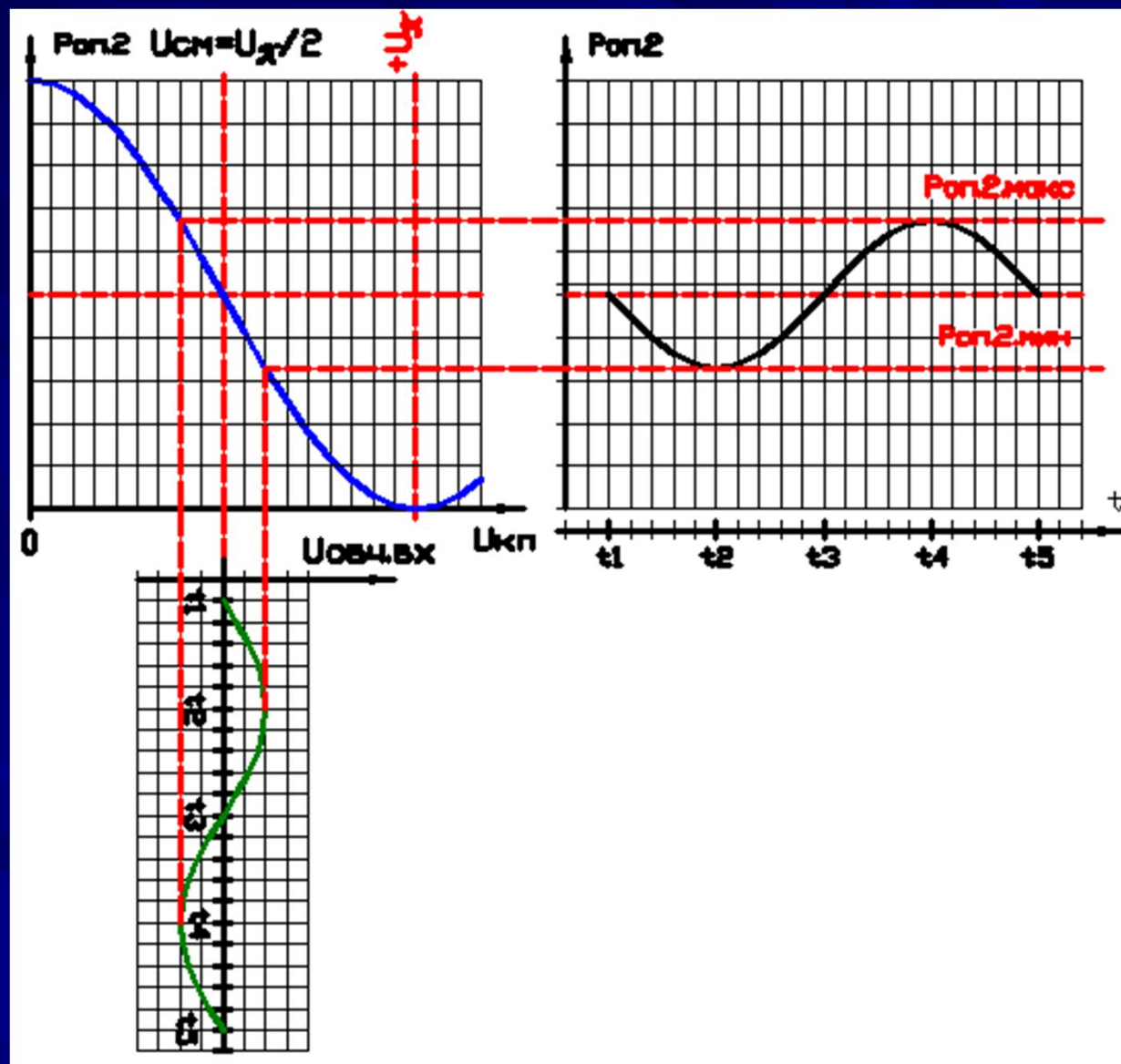
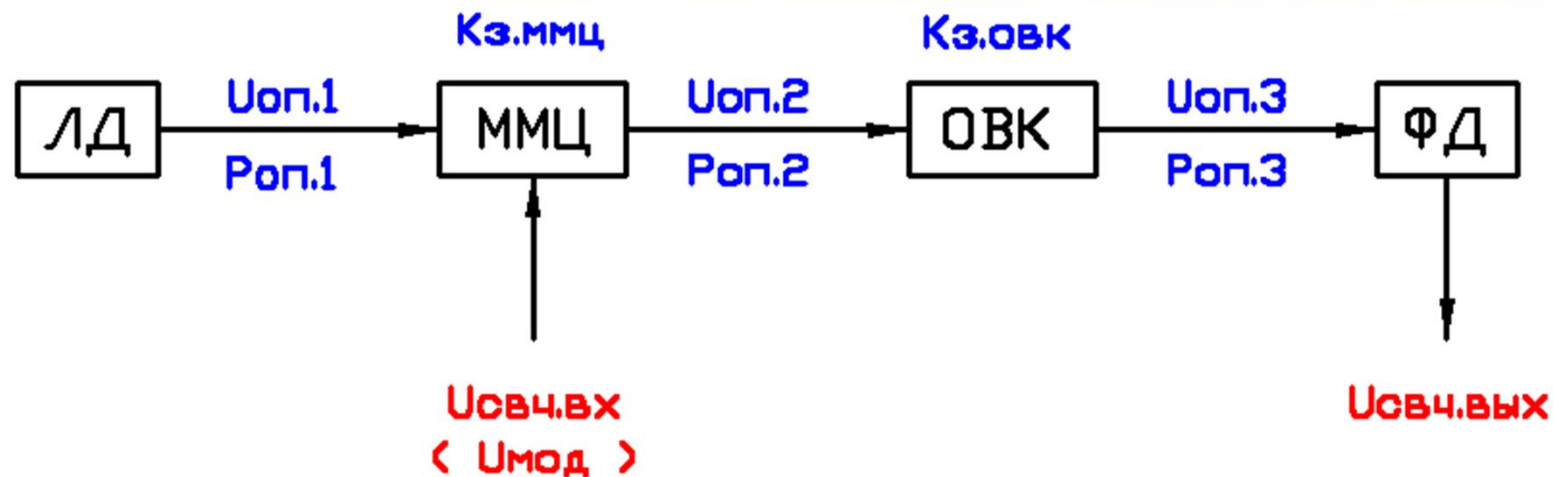


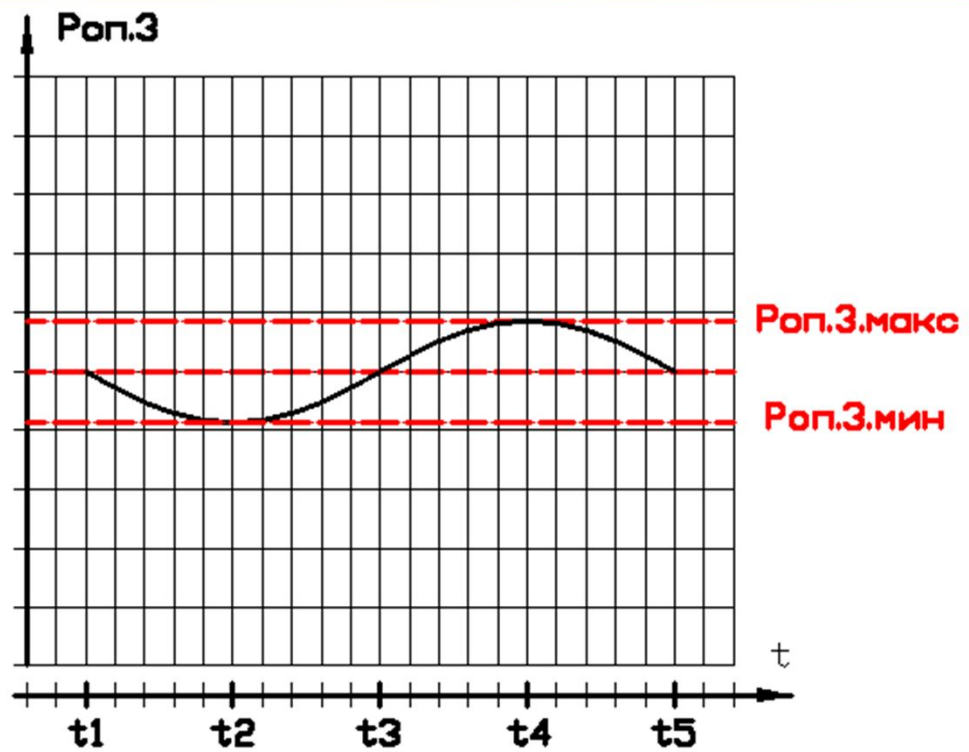
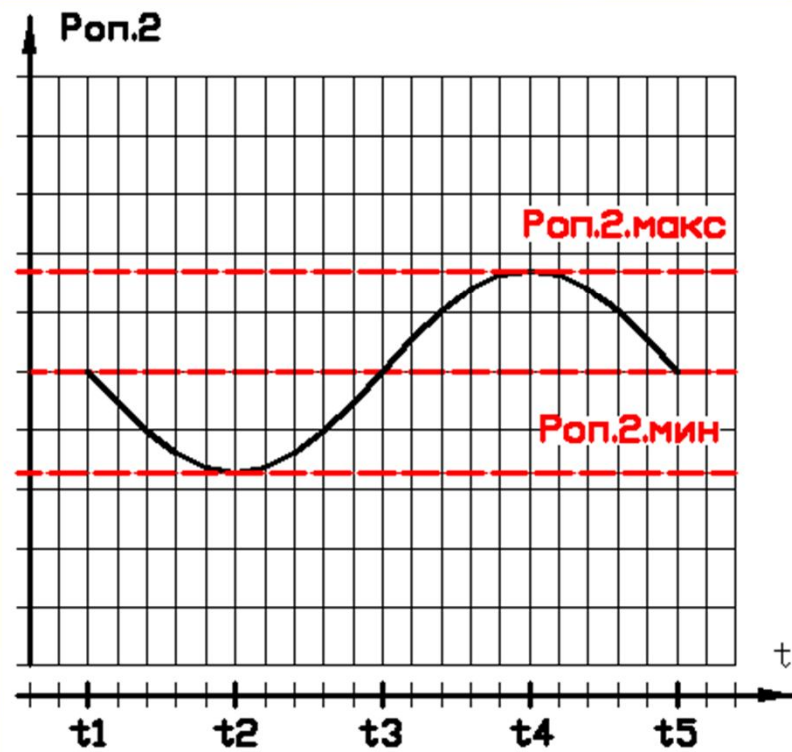
Схема аналоговой ВОЛС СВЧ



ЛД – лазерный диод;
ММЦ – модулятор Маха-Цандера;
ОВК – опто-волоконный кабель;
ФД – фотодетектор;

$$K_{п.свч} = 20Lg(U_{свч.вых}/U_{свч.вх}) = ???$$

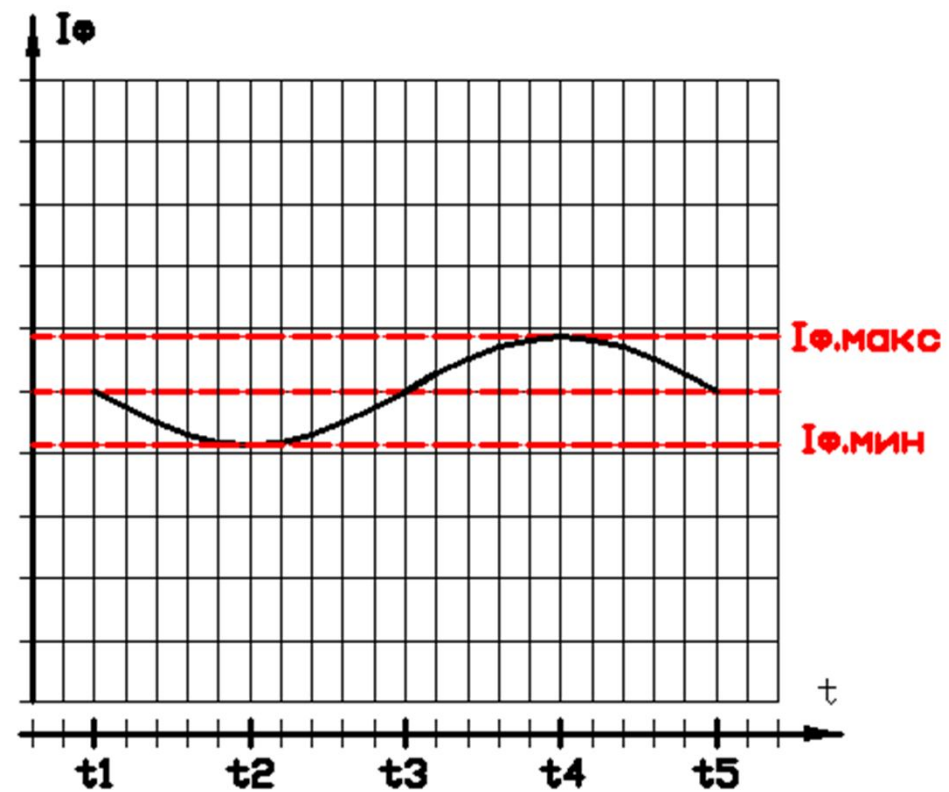
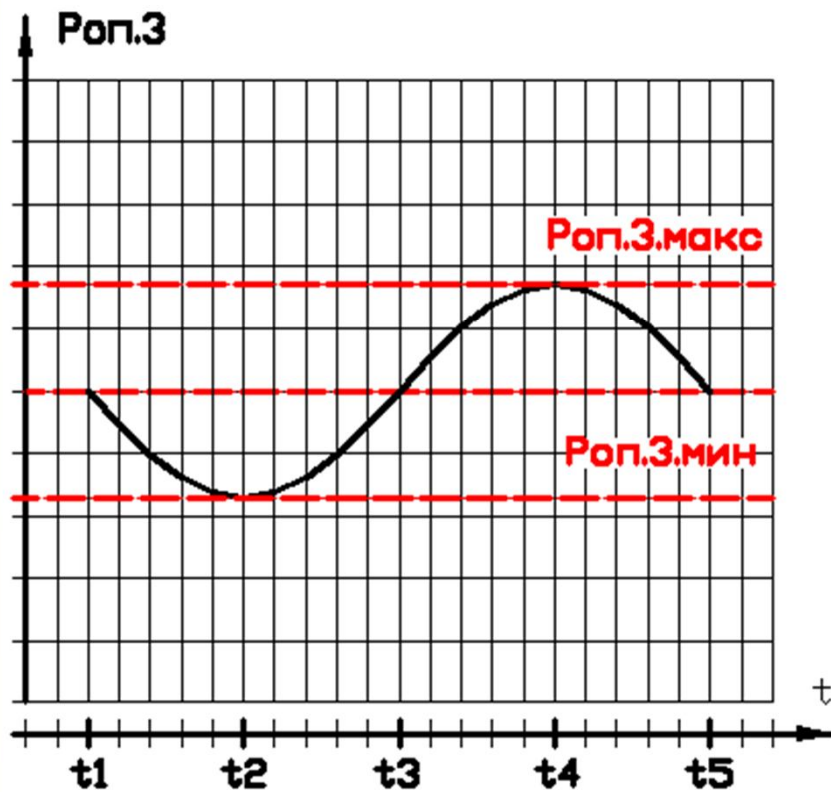
Временные развёртки Роп.2 и Роп.3



$$\text{Роп.3.макс} = \text{Роп.2.макс} / 2$$

$$\text{Роп.3.мин} = \text{Роп.2.мин} / 2$$

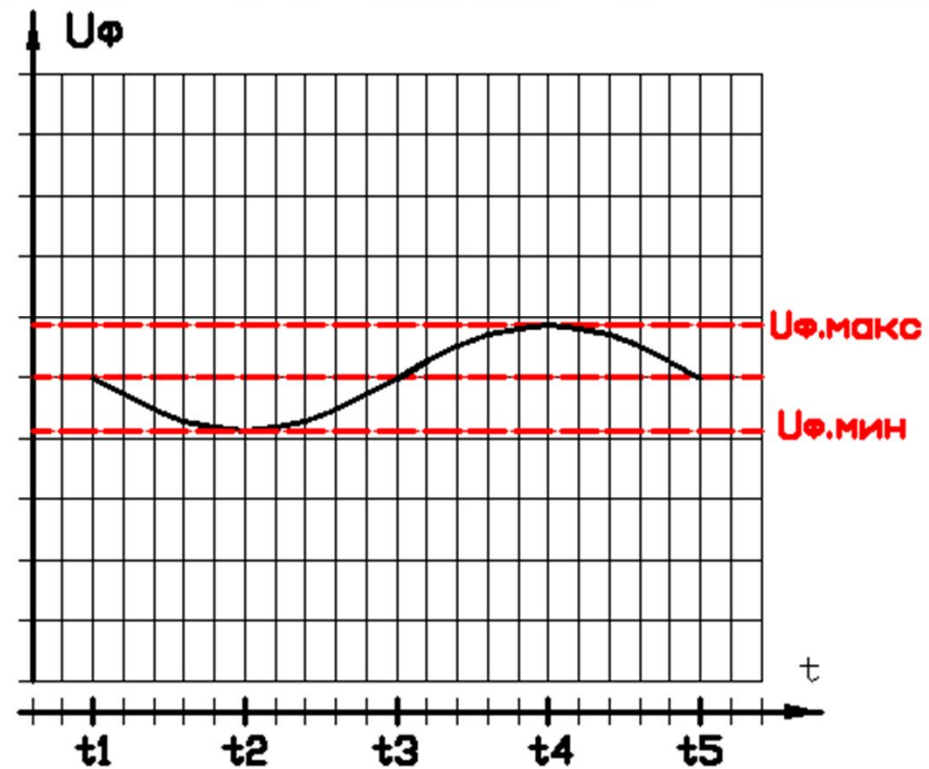
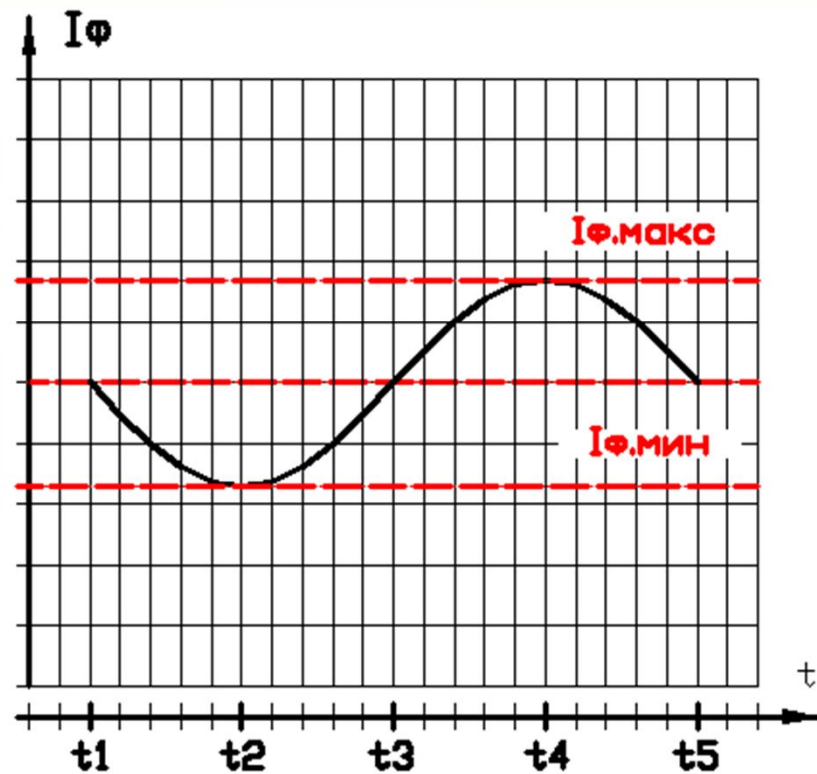
Временные развёртки $P_{оп.3}$ и I_{ϕ}



$$I_{\phi.макс} = P_{оп.3.макс} \times \text{Пф}$$

$$I_{\phi.мин} = P_{оп.3.мин} \times \text{Пф}$$

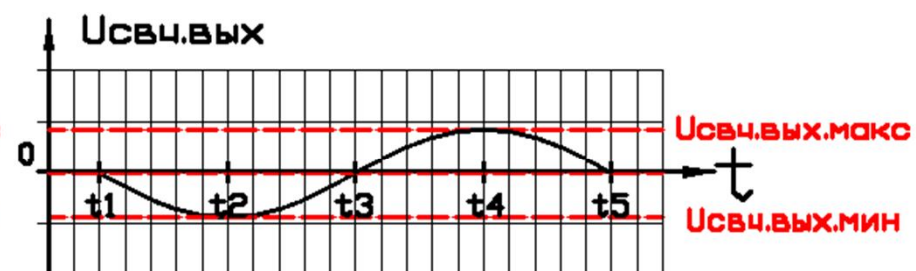
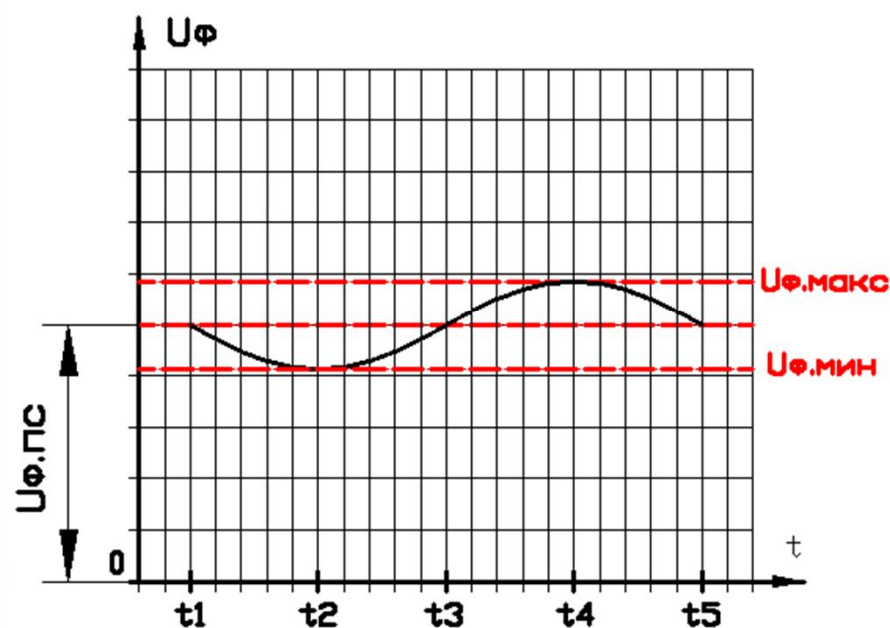
Временные развёртки I_ϕ и U_ϕ



$$U_{\phi.\text{макс}} = I_{\phi.\text{макс}} \times 50 \text{ Ом}$$

$$U_{\phi.\text{мин}} = I_{\phi.\text{мин}} \times 50 \text{ Ом}$$

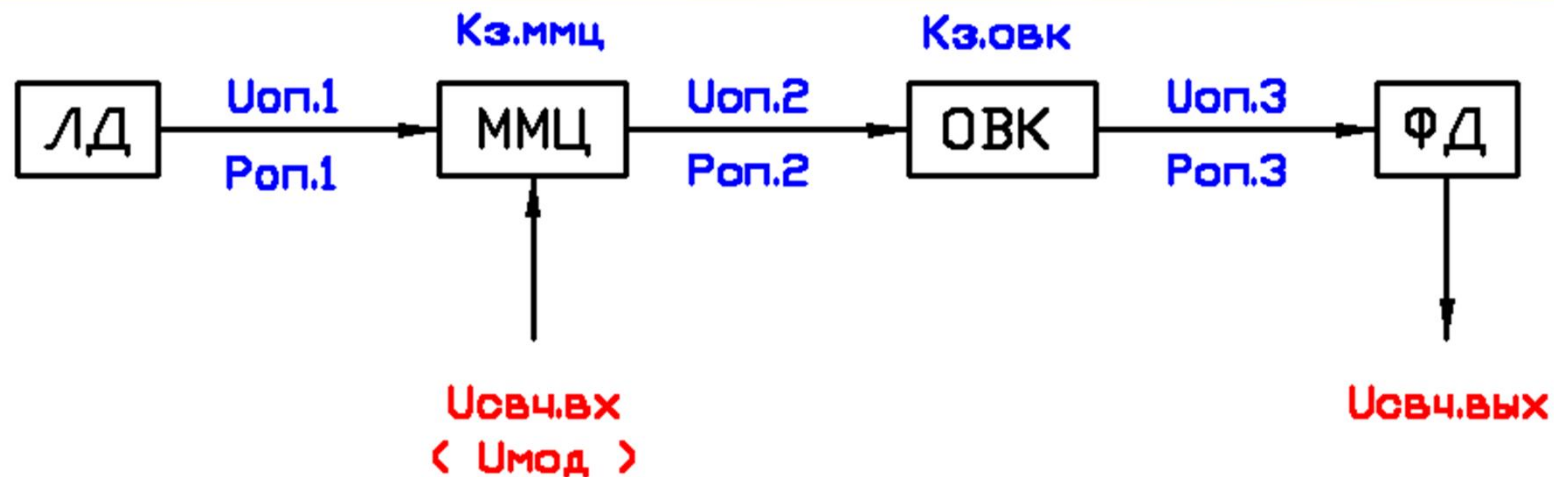
Временные развёртки U_{ϕ} и $U_{\text{свч.вых}}$



$$U_{\text{свч.вых.макс}} - U_{\text{свч.вых.мин}} = U_{\phi.\text{макс}} - U_{\phi.\text{мин}}$$

$$U_{\text{свч.вых}} = (U_{\text{свч.вых.макс}} - U_{\text{свч.вых.мин}}) / 2$$

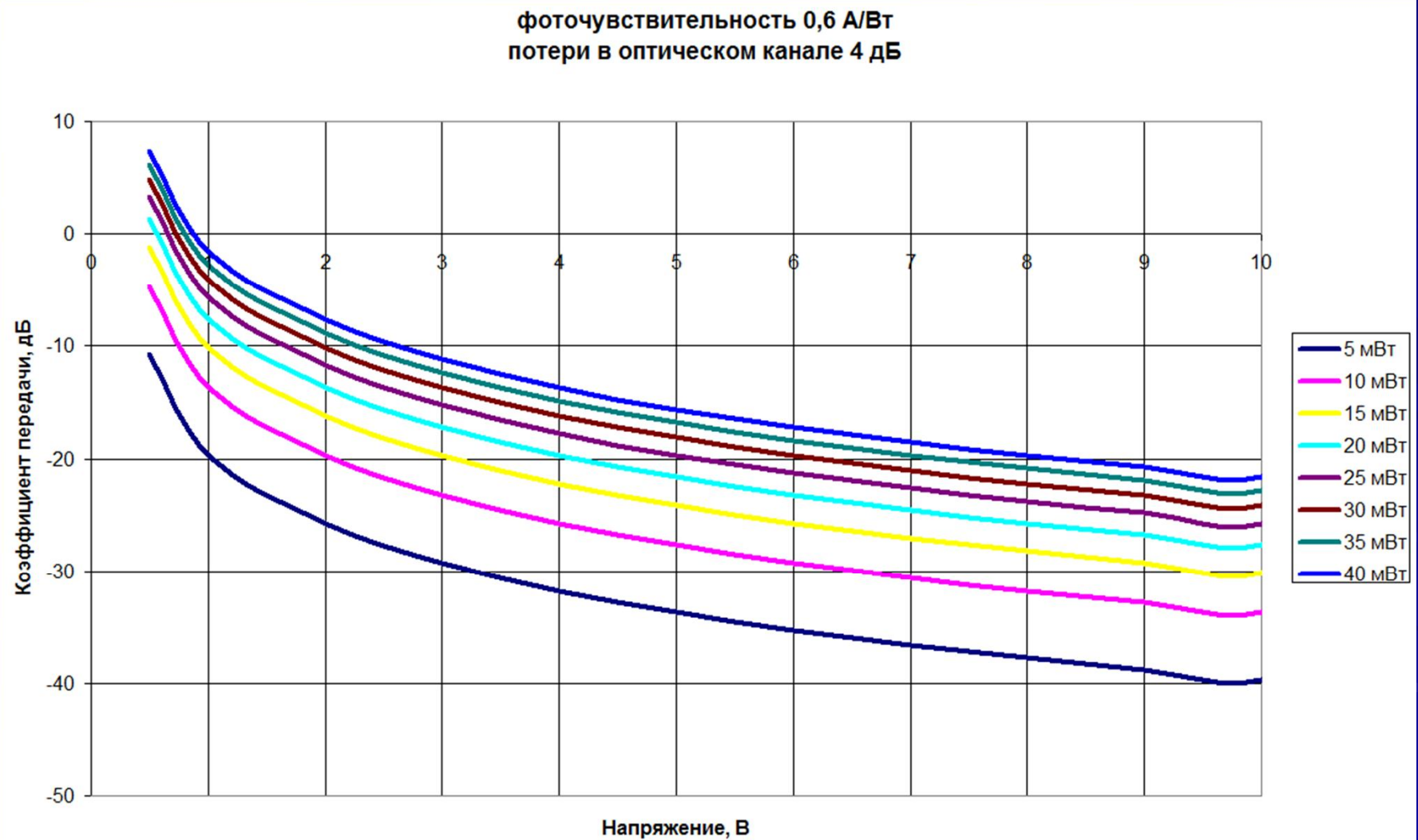
Схема аналоговой ВОЛС СВЧ



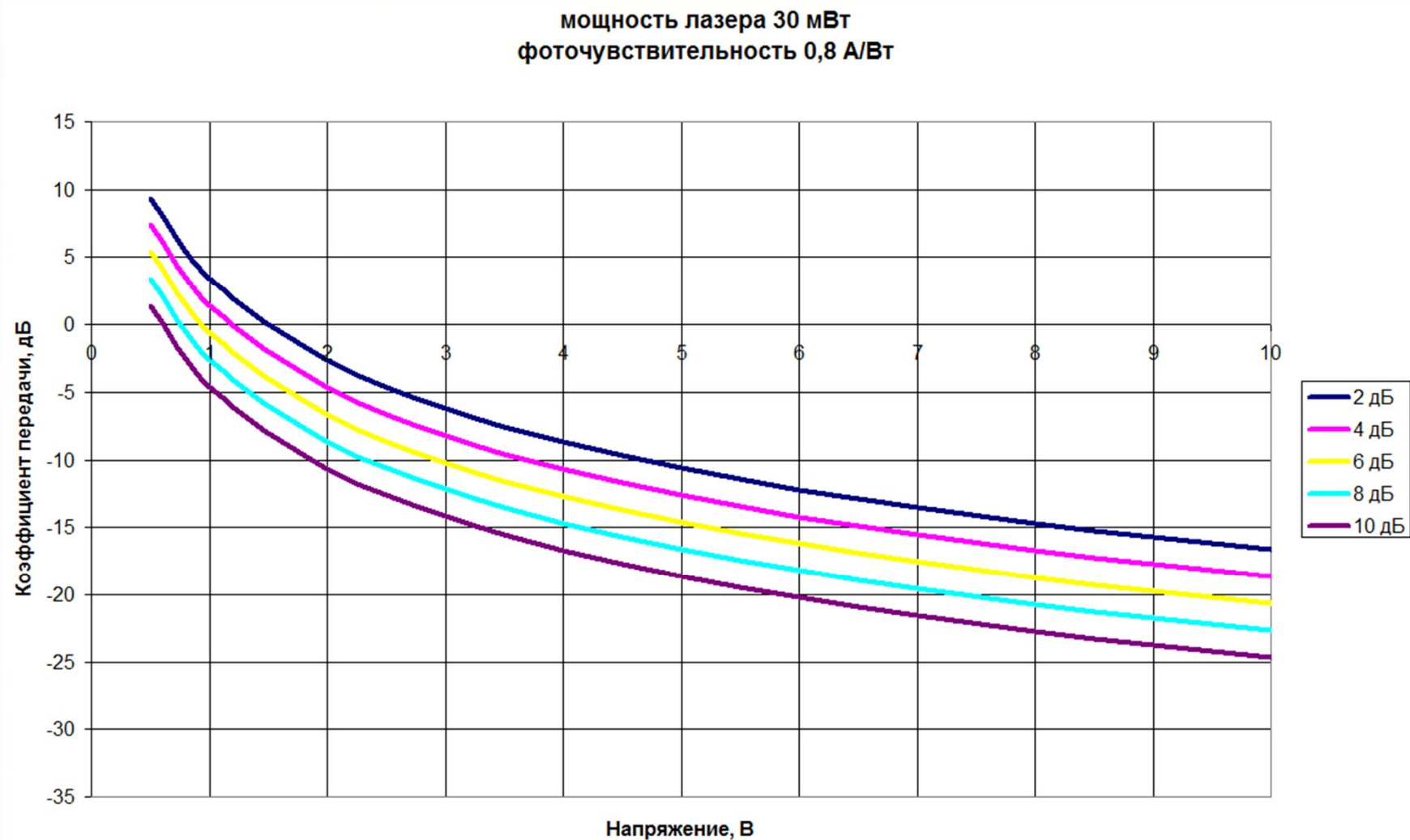
ЛД – лазерный диод;
ММЦ – модулятор Маха-Цандера;
ОВК – опто-волоконный кабель;
ФД – фотодетектор;

$$K_{п.свч} = 20Lg(U_{свч.вых}/U_{свч.вх}) = ???$$

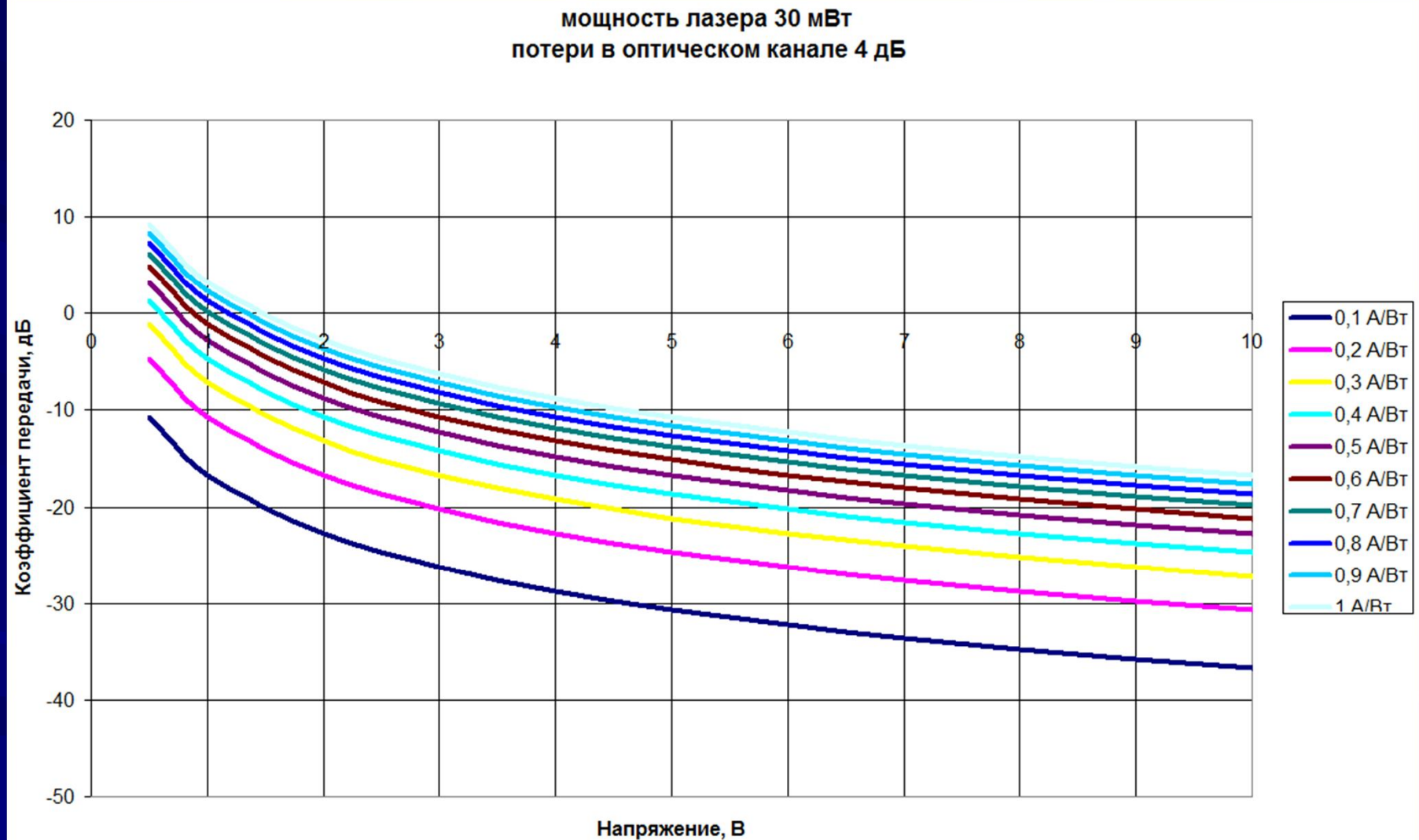
Зависимости $K_{оп.свч}$ от $U_{п}$ при различных $U_{оп.1}$



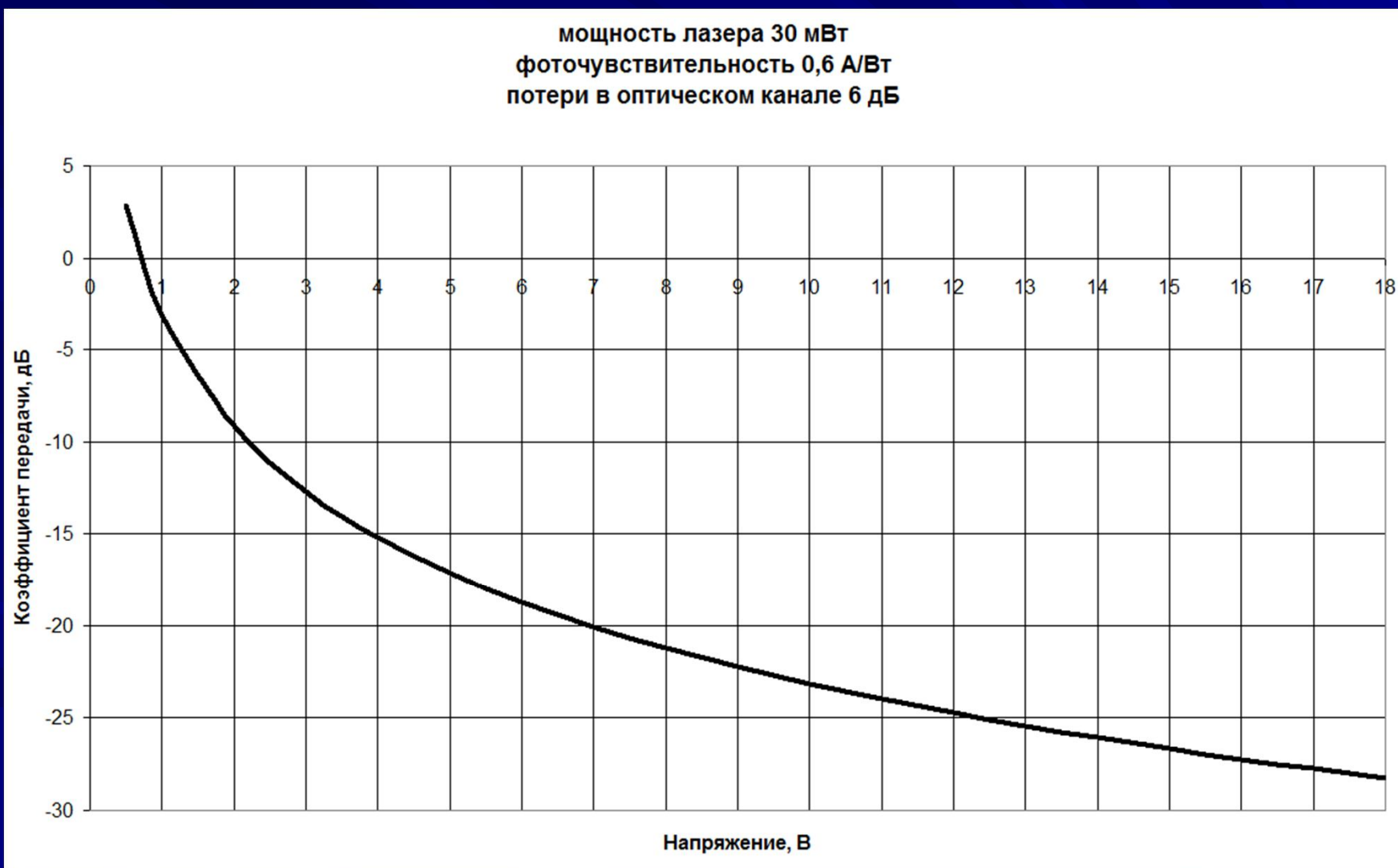
Зависимости $K_{оп.свч}$ от $U_{п}$ при различных $K_{з.мми}$



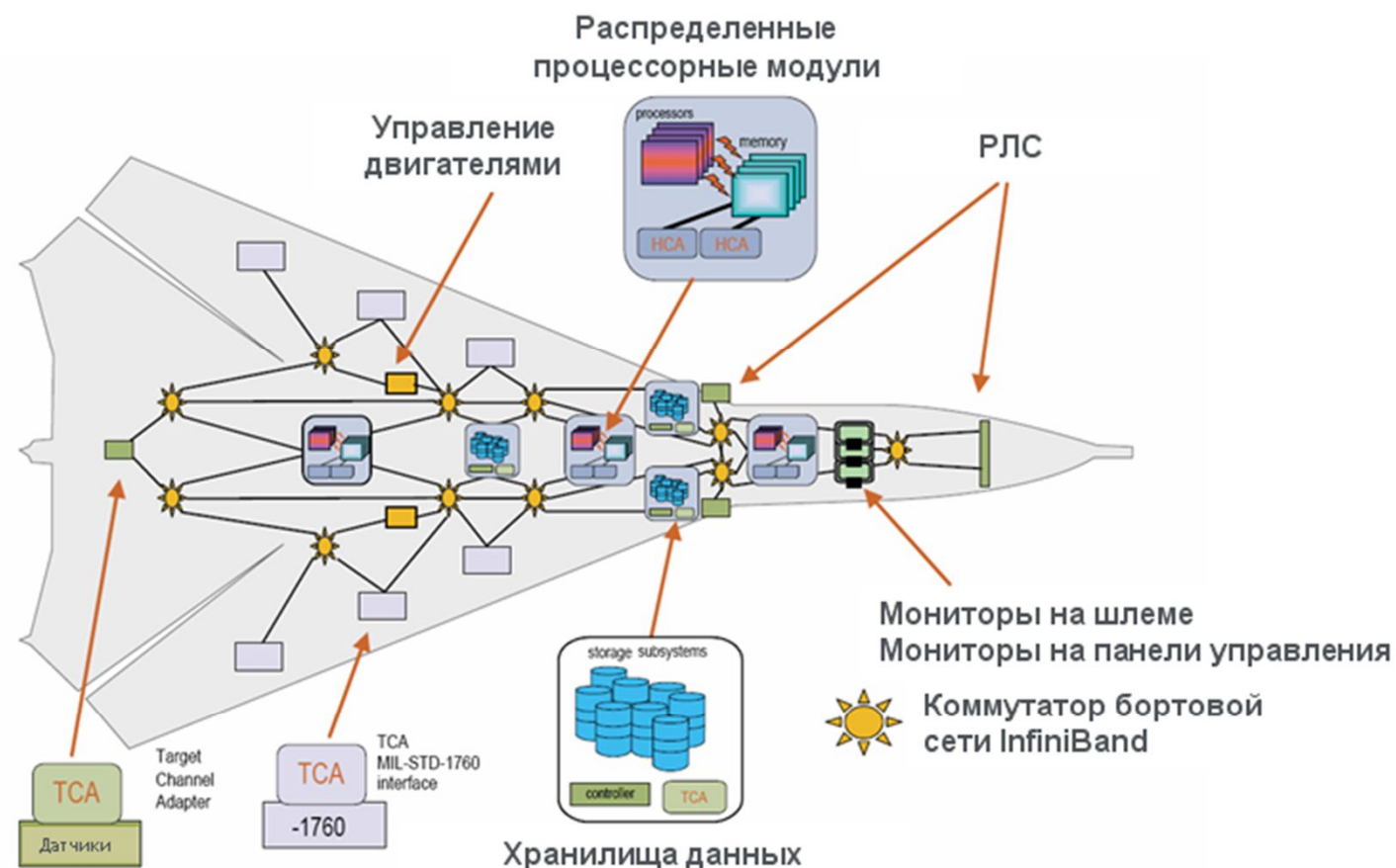
Зависимости Коп.свч от $U_{п}$ при различных $P_{ф}$



Зависимости $K_{оп.свч}$ от $U_{п}$ при типичных значениях параметров элементов тракта аналоговой ВОЛС СВЧ



Зачем нужны аналоговые ВОЛС СВЧ с положительными коэффициентами передачи



Взаимодействия уровня «подсистема-подсистема»

“полет на свете” - следующий этап после “полета на проводах”

***Спасибо
за внимание!***