

**ИМПУЛЬСНЫЕ  
СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫЕ  
СИГНАЛЫ  
и перспективы их применения в  
РЭС в Украине**

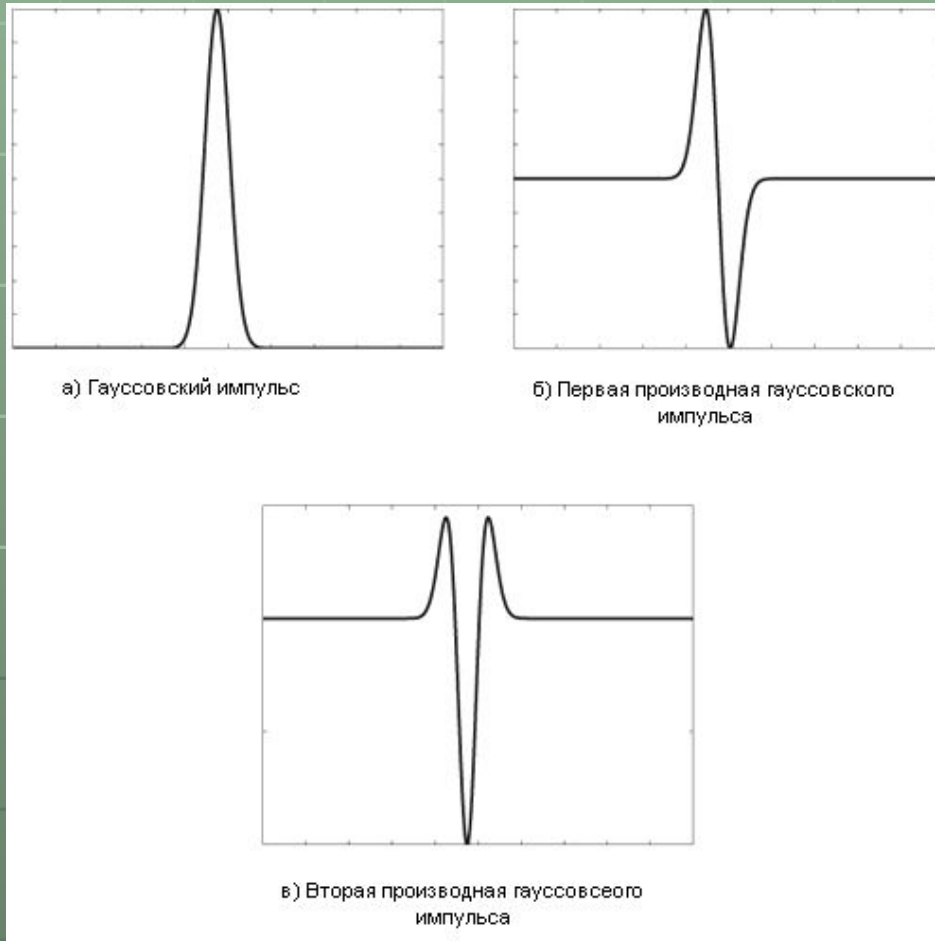
**2010 г.**

**С.Г.Бунин**

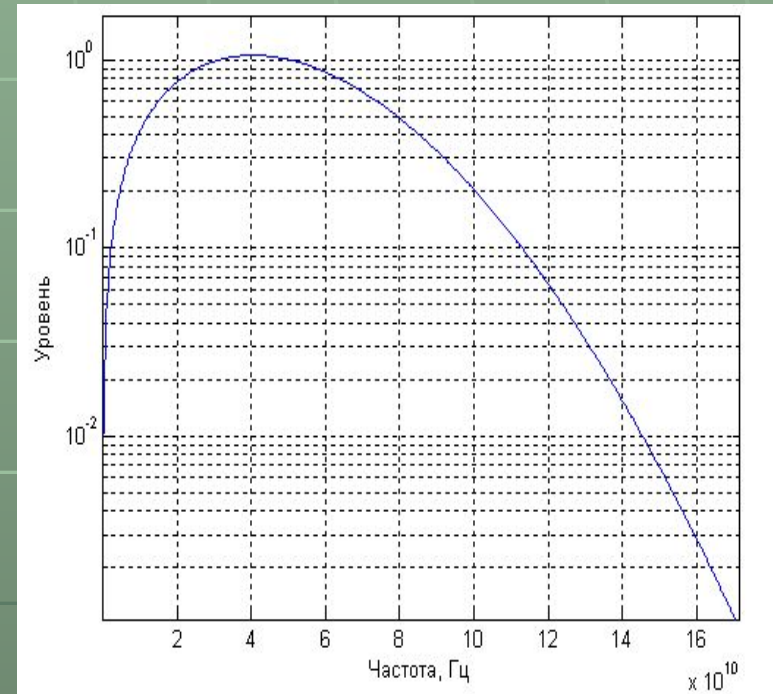
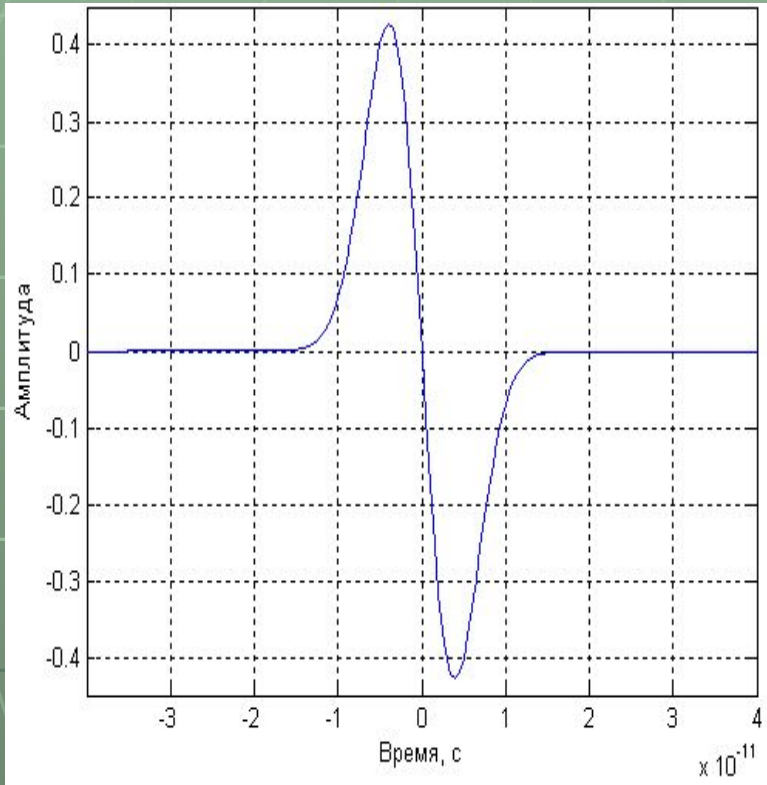
# Сверхширокополосный сигнал

$$F = \frac{f_u - f_l}{f_0} \geq 0,25$$

# Преобразование импульса в процессе передачи



# Импульсный сверхширокополосный сигнал (IR-UWB) и его спектр



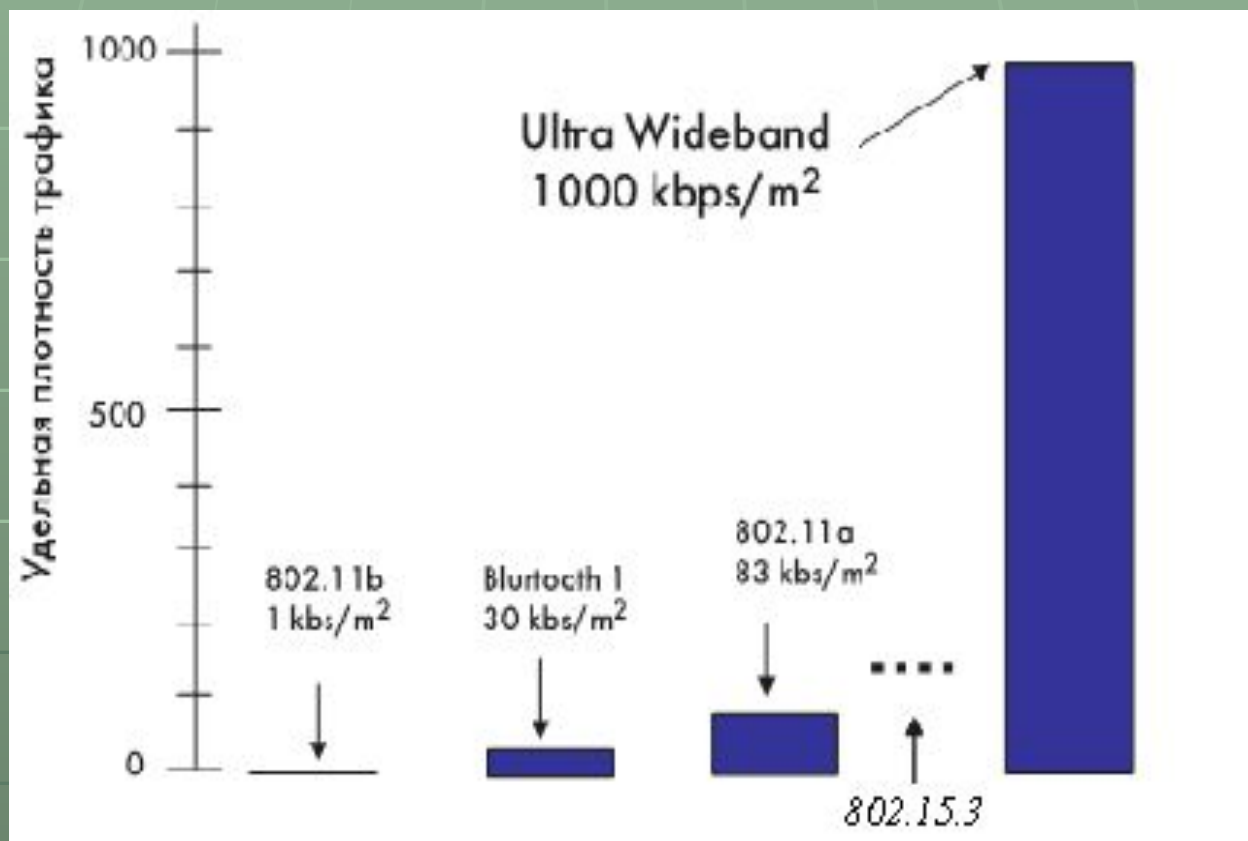
# Преимущества IR-UWB сигналов

- Большая пропускная способность каналов связи и большая емкость сетей на их основе;
- Существенно меньшая мощность, потребляемая терминалами;
- Очень хорошие проникающие способности сигналов, благодаря их относительно большой полосе частот, что важно при развертывании в пределах зданий, городской застройки, в лесах.
- Эффективность селекции лучей в условиях многолучевого распространения;
- Совместимость с узкополосными сигналами – малой степенью влияния последних на прием сверхширокополосных сигналов и малой спектральной плотностью, не оказывающей существенного влияния на прием узкополосных сигналов;
- Сигналы трудно обнаружимы и детектируемы, что уменьшает вероятность несанкционированного доступа к передаваемой информации;
- Возможность локализации терминалов с высокой точностью (сантиметры при дальности в километры) при их сетевом взаимодействии;
- Приемопередатчики могут быть выполнены в малых размерах (например, размером монеты), маломощными, низкой стоимости, поскольку электроника может быть целиком выполнена на основе технологии CMOS без индуктивных компонентов.
- Антенны могут быть небольшими, представляя собой токовые нерезонансные петли, возбуждаемые непосредственно схемой на основе CMOS технологии, "бабочки", рупоры.

# Скорости передачи в различных системах

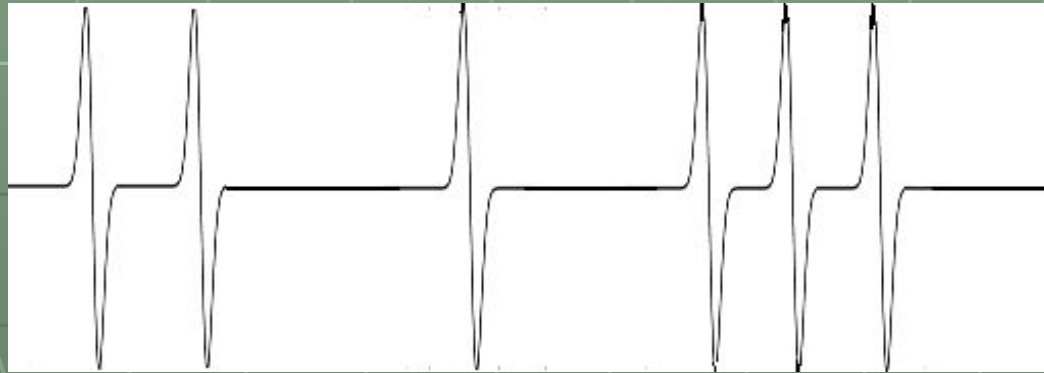
<i>Скорость передачи, Мбит/с</i>	<i>Стандарт</i>
■ 480	UWB, USB 2.0
■ 200	UWB (4 m minimum*), 1394a (4.5 m)
■ 110	UWB (10 m minimum*)
■ 90	Fast Ethernet
■ 54	802.11a
■ 20	802.11g
■ 11	802.11b
■ 10	Ethernet
■ 1	Bluetooth

# Пространственная плотность трафика



# Виды модуляции UWB

- Амплитудная
- Временная (TH-UWB, TR-UWB)
- Инверсная
- Кодовая:



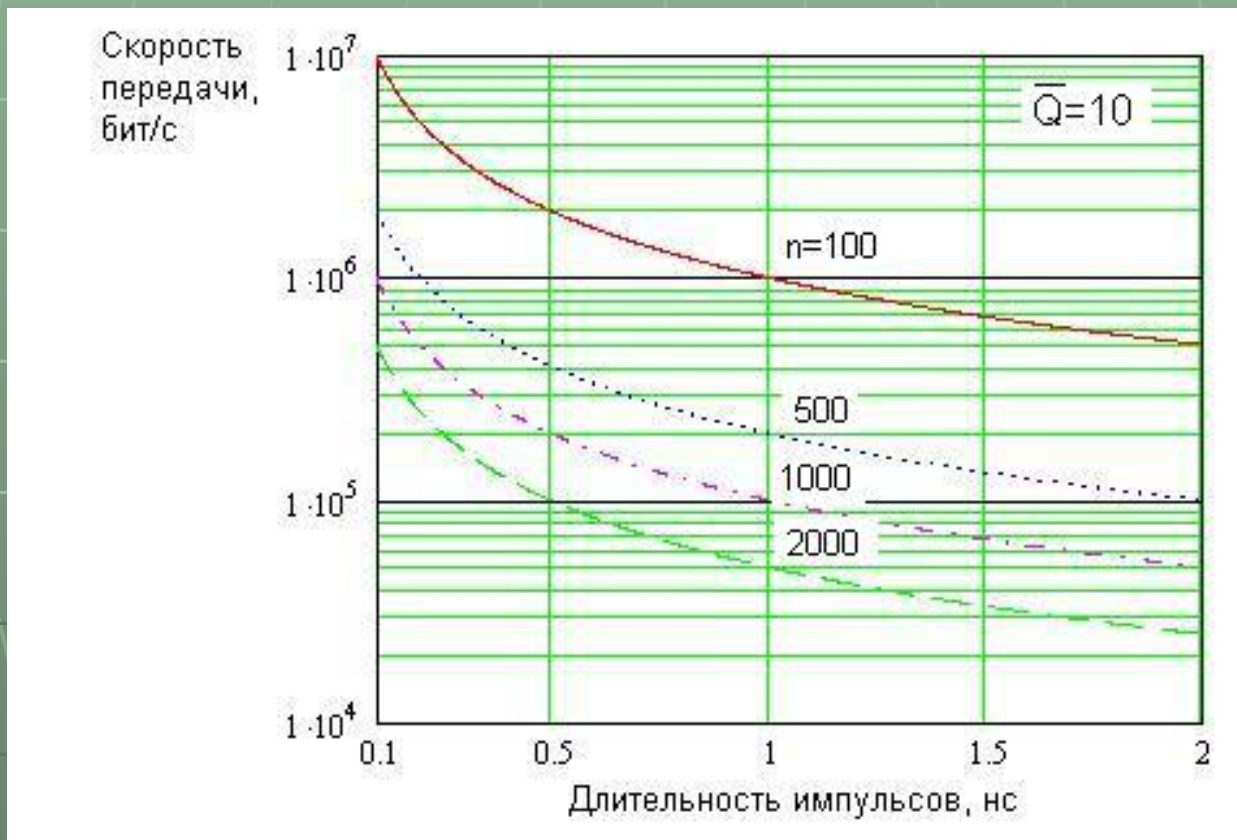


# Скорость передачи в сети при ортогональном кодовом разделении

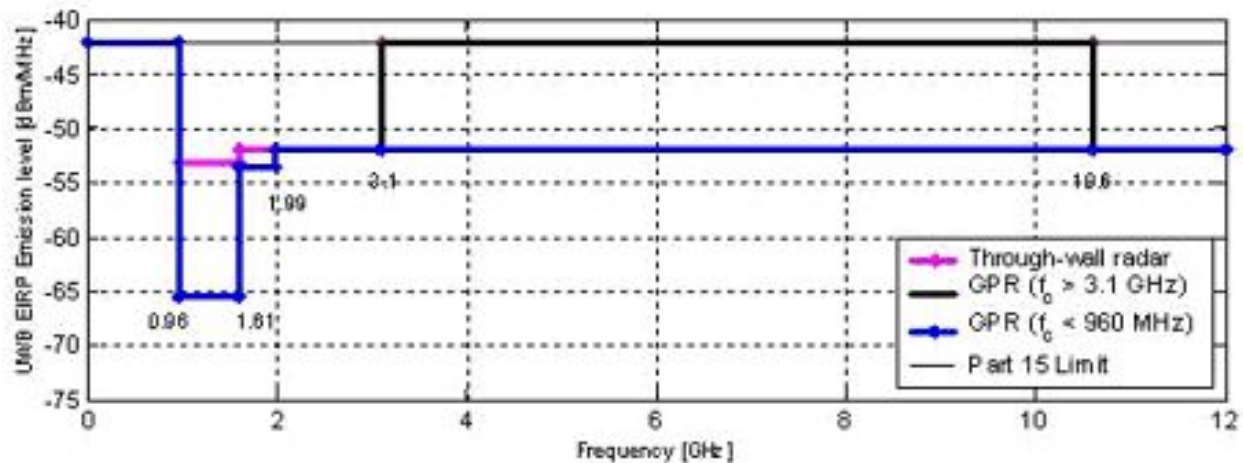
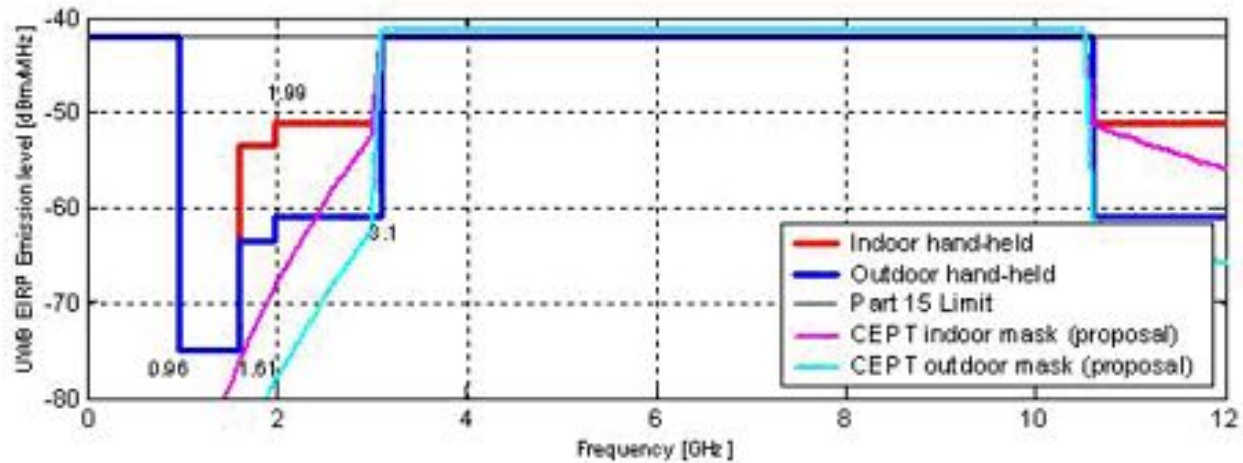
$$V \text{ (бит/с)} = 1/T = 1/Q t n,$$

где  $T$  – длительность сигнала,  
 $Q = k N$  – средняя скважность,  
 $N$  – количество абонентов,  
 $k$  – коэффициент  
 $t$  – длительность импульсов,  
 $n$  – количество импульсов в сигнале.

# Скорость передачи в зависимости от длительности импульсов



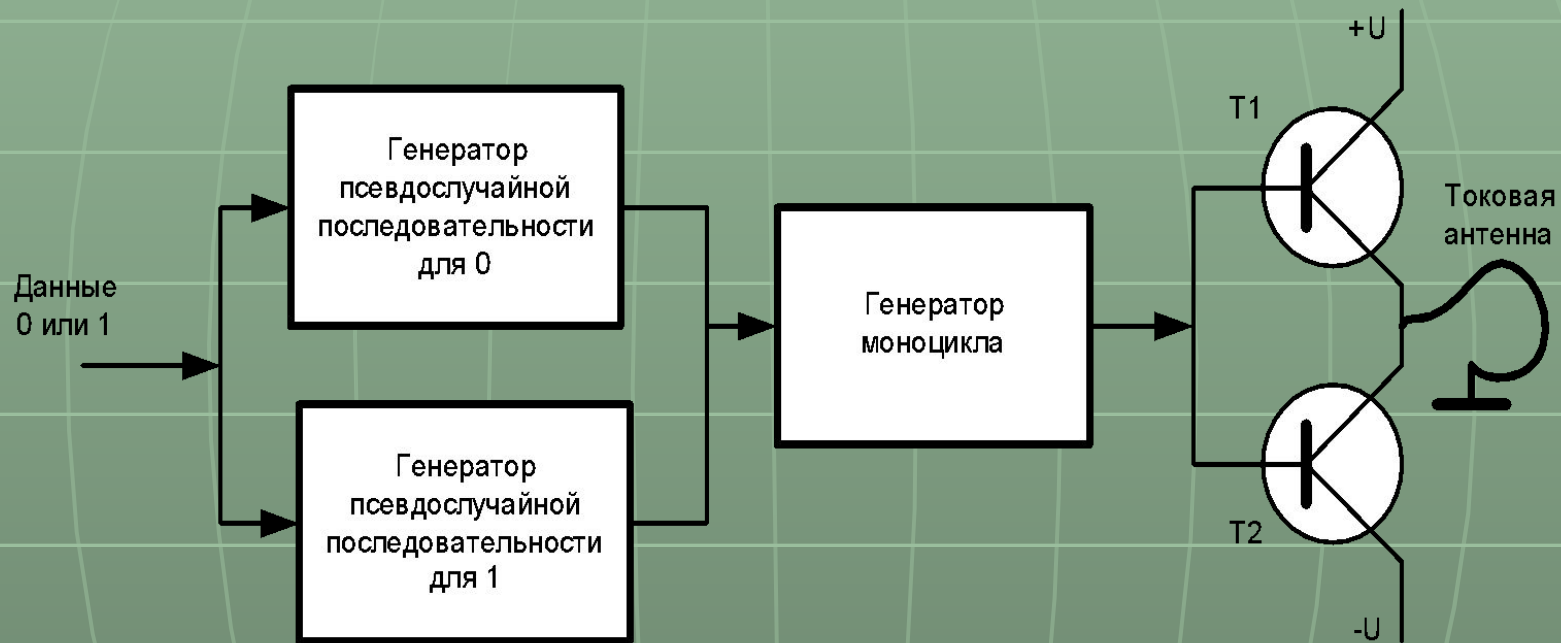
# FCC & EC Limits



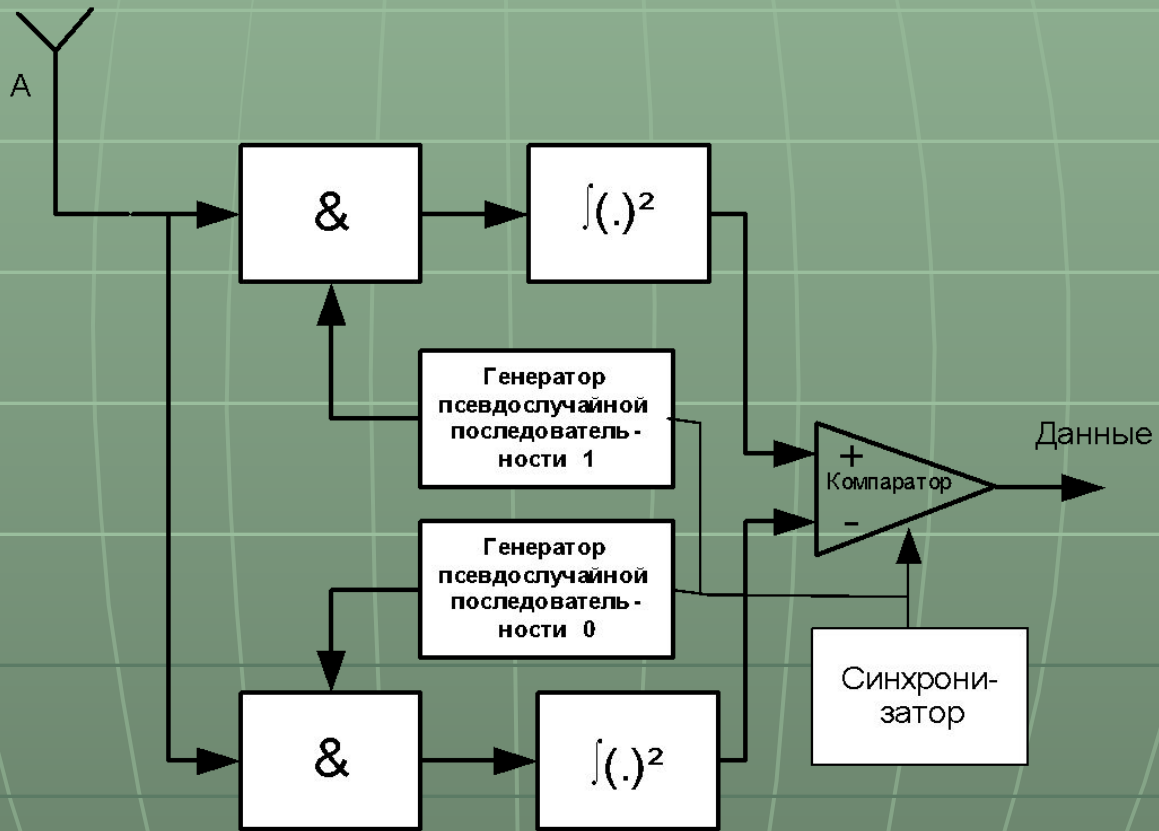
# FCC & EC Limits (cont.)

- Максимум спектральной плотности –41,3 дБ/МГц
- Частотный диапазон 3,1 – 10,6 ГГц
- Длительность импульса, «вписывающегося» в частотную маску – 0,143 нс

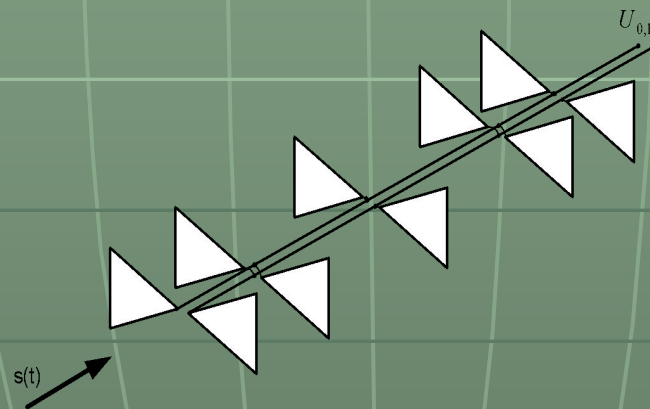
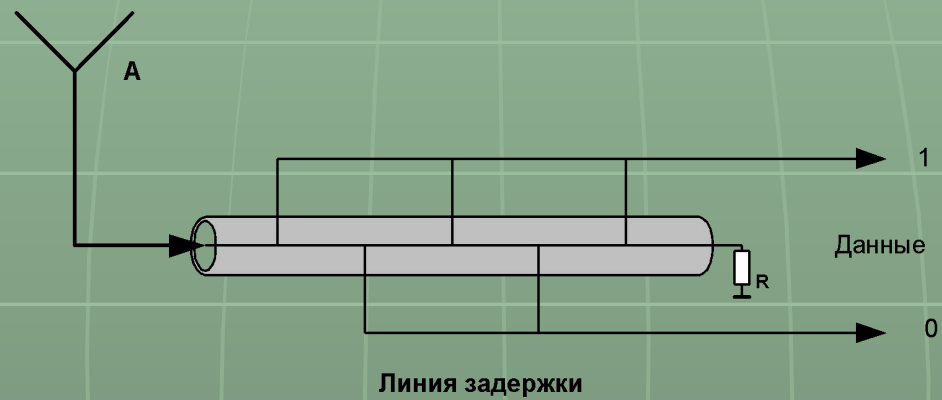
# Передатчик IR-UWB с ПСП



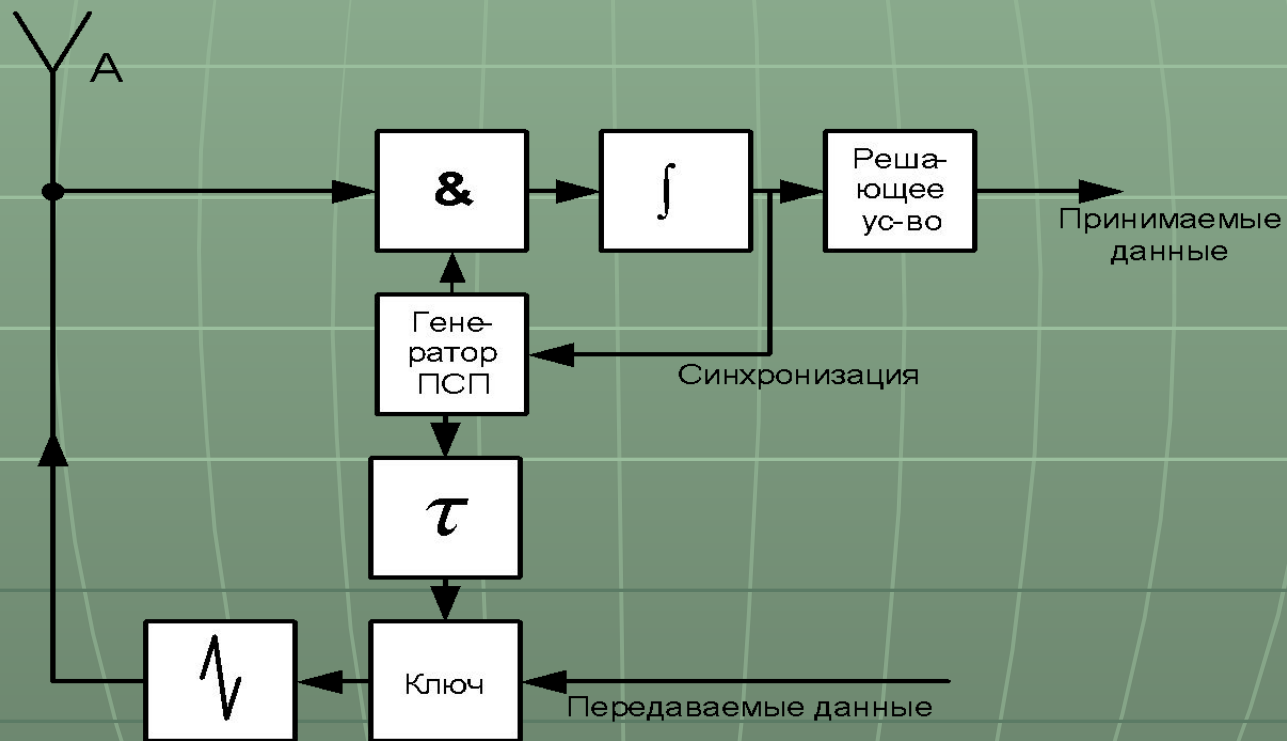
# Схема приемника IR-UWB сигналов



# Другие схемы приема IR-UWB сигналов



# Дуплексный терминал/ретранслятор





# Требуемая мощность импульса при приеме

$$P_r = N_{\Sigma} \ddot{I} \cdot h^2 = N_{\Sigma} \frac{1}{\tau} \cdot h^2 = N_{\Sigma} \frac{1}{\tau} \cdot \sqrt{\frac{2h_{\text{аи } \delta}^2}{n}}$$

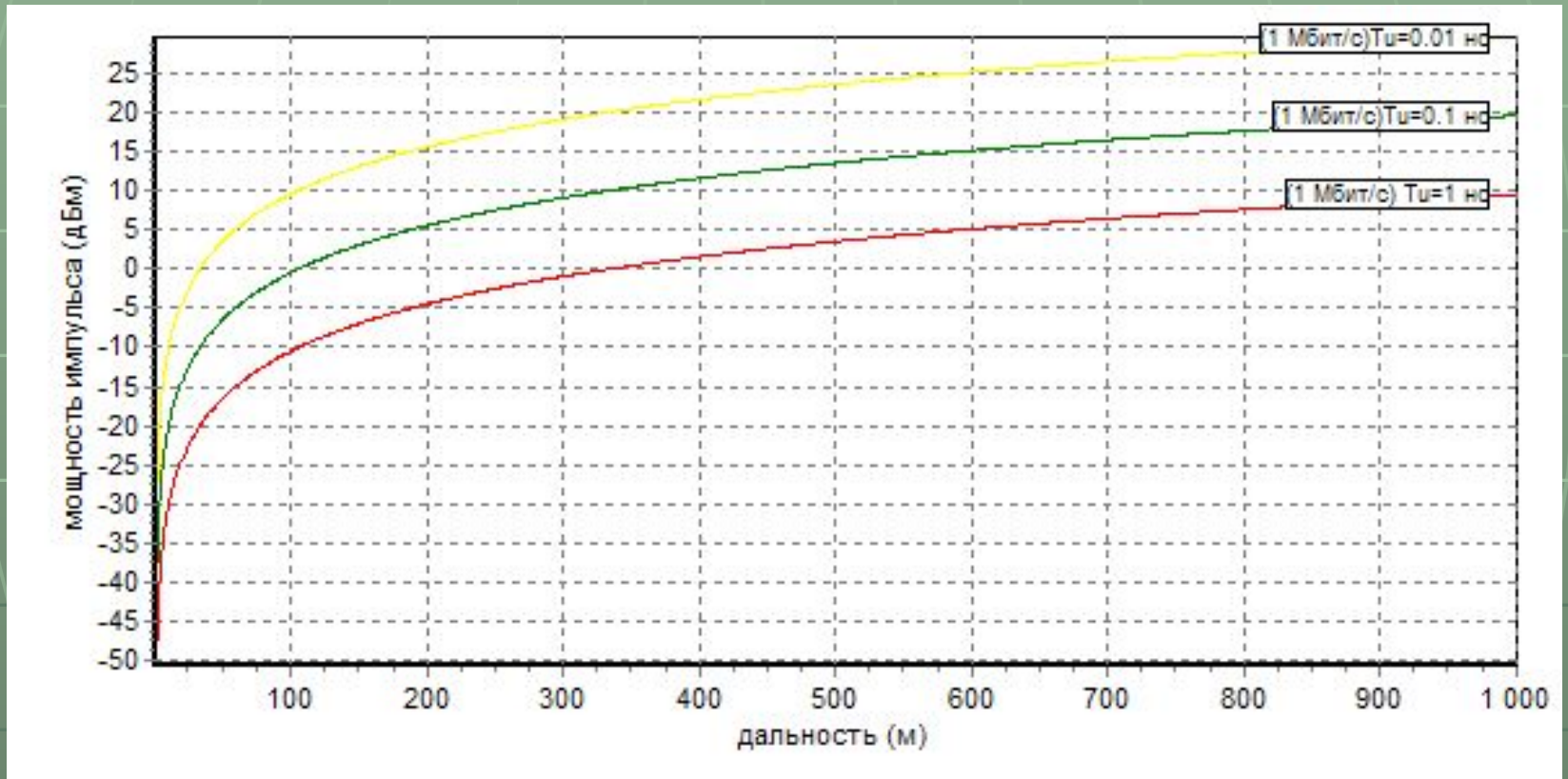
где

$\Pi = 1/\tau$  - полоса частот сигнала

$N_{\Sigma} = P_{\Sigma} /$  - спектральная плотность мощности помех,  
внешних и внутренних шумов приемника

# Зависимость требуемой мощности импульса от максимальной дальности связи для различных значений длительности импульса

( $h=25$ ,  $n=100$ ,  $N_0=10e-18$  Вт/Гц)



# Перспективы применения IR-UWB

- Зависят от ограничений на мощность и спектр сигналов
- При принятии маски FCC – только персональные сети и соединения периферийного оборудования ЭВМ, другие приложения на малых площадях
- При более либеральных ограничениях – возможно создание радиосетей и использование в других приложения (высокоточная радиолокация, сети Ad Hoc, др.)

# Рекомендации

- Следует применять ультракороткие импульсы ( $\tau < 0,1$  нс) при большой скважности ( $Q > 100$ ) с целью смещения максимума спектра в субмиллиметровую область спектра и снижения удельной плотности спектра
- Применять “не энергетические” способы приема, основанные не на накоплении энергии импульсов сигнала, а на определении временного положения импульсов

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**