

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R ВТ.1893**  
(05/2011)

## **Оценка ухудшения приема сигналов цифрового телевидения, вызванного работой ветродвигателя**

**Серия ВТ**  
**Радиовещательная служба**  
**(телевизионная)**



## Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

### Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
<b>BT</b>	<b>Радиовещательная служба (телевизионная)</b>
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

*Примечание.* – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация  
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.1893

**Оценка ухудшения приема сигналов цифрового телевидения,  
вызванного работой ветродвигателя**

(Вопрос МСЭ-R 69-1/6)

(2011)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации представлен метод оценки возможного ухудшения приема сигналов цифрового телевидения, вызванного ветродвигательной установкой, состоящей из одной машины.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В Рекомендации МСЭ-R ВТ.805 приведена "Оценка ухудшения приема сигналов аналогового телевидения, вызванного работой ветродвигателя".

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что отражения сигнала от движущихся объектов, например лопастей ветродвигателя, могут существенно ухудшить прием сигналов цифрового телевидения;
- b) что влияние этих отражений является весьма серьезным, поскольку вызванные ими искажения могут иметь практически постоянный характер и уменьшаться только тогда, когда ветродвигатель не вращается;
- c) что необходим простой метод расчета возможных ухудшений, которые могут быть вызваны установкой любого планируемого ветродвигателя;
- d) что в настоящее время ведутся исследования методов подавления отражений, и что эти методы могут позволить несколько уменьшить ухудшение, вызванное работой ветродвигателей;
- e) что влияние отраженных сигналов на сигналы цифрового телевидения может быть различным;
- f) что влияние отраженных сигналов может различаться в зависимости от систем цифровой модуляции;
- g) что лопасти ветродвигателей, как правило, изготавливаются из композитных материалов, коэффициенты отражения которых отличаются от коэффициентов отражения металлов;
- h) что конструкция лопастей ветродвигателей может включать дополнительные элементы, которые могут также оказывать влияние на сигналы телевидения;
- j) что должно также учитываться рассеяние на опорах ветродвигателей;
- k) что расположение ветродвигателей и их диаграммы рассеяния оказывают воздействие на степень ухудшения в вертикальной и горизонтальной плоскости;
- l) что на диаграммы рассеяния оказывает воздействие количество ветродвигателей, расположенных в одном месте,

*отмечая,*

- a) что в Отчете МСЭ-R ВТ.2142 представлен подробный анализ влияния рассеяния сигналов цифрового телевидения на ветродвигателях;
- b) что приведенный в Приложении 1 метод является упрощенным вариантом метода полного анализа,

рекомендует,

1 что для оценки возможных помех приему сигналов цифрового телевидения от одного ветродвигателя может использоваться метод, приведенный в Приложении 1,

далее рекомендует,

1 что следует провести работу по совершенствованию упрощенной модели, приведенной в Приложении 1, чтобы, в частности, учесть рассеяние на опоре, влияние вращающихся лопастей и неметаллических материалов лопастей, а также диаграмму направленности рассеяния в вертикальной плоскости;

2 что следует провести работу по изучению ухудшения, вызванного работой нескольких ветродвигателей;

3 что следует изучить временные характеристики ухудшения, вызванного работой ветродвигателя.

## Приложение 1

### Упрощенная модель ухудшения телевизионного приема, вызванного работой ветродвигателя

На рисунке 1 схематически изображена проблема, связанная с обратным рассеянием на ветродвигателе.

В любом месте приема  $R$  напряженность поля полезного сигнала составляет  $FSR$ . В месте расположения ветродвигателя  $WT$  напряженность этого поля составляет  $FSWT$ . Предполагается, что место приема находится на расстоянии  $r$  (м) от лопасти<sup>1</sup> ветродвигателя. "Коэффициент рассеяния"  $\rho$ , который включает в себя потери распространения в свободном пространстве на трассе, проходящей от места расположения ветродвигателя до места приема, можно определить следующим образом:

$$\rho = \frac{A}{\lambda r} g(\theta),$$

где:

$$g(\theta) = \text{sinc}^2\left(\frac{\bar{W}}{\lambda} (\cos\theta - \cos\theta_0)\right) \sin\theta$$

и:

- $\bar{W}$ : средняя ширина лопасти (м);
- $\lambda$ : длина волны (м);
- $A$ : площадь лопасти (м<sup>2</sup>);
- $\theta_0$ : угол падения сигнала на лопасть;
- $\theta$ : угол рассеяния сигнала на лопасти.

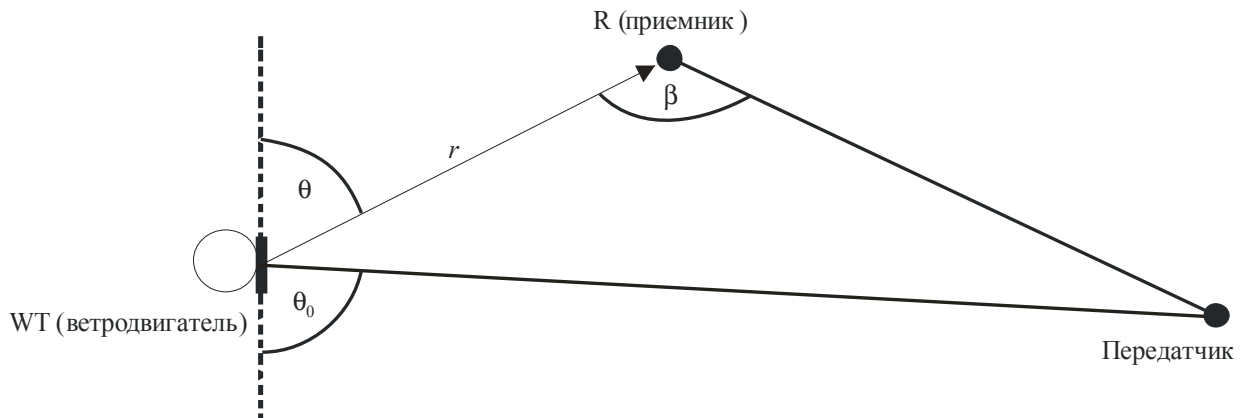
<sup>1</sup> В рамках этого анализа предполагается, что лопасти ветродвигателя являются металлическими и имеют приблизительно треугольную форму. Однако, как правило, лопасти изготавливаются из стекловолокна или других композитных материалов. В результате этого потери отражения оказываются на 6–10 дБ ниже, чем потери для металлических лопастей.



Этот коэффициент рассеяния на лопасти, находящейся в вертикальном положении, принимает максимальное значение тогда, когда углы падения и рассеяния перпендикулярны лопасти, и имеет вид:

$$\rho_{max} = \frac{A}{\lambda r}.$$

РИСУНОК 1



ВТ.1893-01

В случае распространения в свободном пространстве на трассе длиной  $r$  (м) между ветродвигателем и местом приема напряженность поля мешающего сигнала можно рассчитать следующим образом:

$$FSWT + 20 \log \rho.$$

Коэффициент рассеяния  $\rho$  учитывает только рассеяние от лопастей. Следует отметить, что металлическая поддерживающая опора также приводит к существенному статическому обратному рассеянию. Прямое рассеяние на лопастях может быть значительным, однако оно имеет более низкую амплитуду, чем обратное рассеяние, и его сложнее рассчитать. Прямое рассеяние на опоре является минимальным. Кроме того, следует отметить, что при вращении лопастей диаграмма направленности рассеяния меняется по меньшей мере на 10 дБ. В том что касается полного анализа см. Отчет МСЭ-R ВТ.2142.

Развязка за счет направленности приемной антенны как функция от угла  $\beta$  (как показано на рис. 1) приведена в Рекомендации МСЭ-R ВТ.419, и ее следует применять для определения отношения полезного и мешающего сигналов в любом конкретном месте приема.

Пример использования данного метода приведен в Дополнении 1.

В Дополнении 2 представлено краткое руководство касательно воздействия на пороговые отношения  $C/N$  ситуаций, при которых ветродвигатели ухудшают качество сигнала в системах DVB-T. Потребность в возможном увеличении порогового отношения  $C/N$  в зонах, затронутых влиянием ветродвигателей, представляет интерес для радиовещательных организаций, структур, занимающихся планированием систем, и администраций.

## Дополнение 1 к Приложению 1

### Пример использования упрощенного метода оценки

Определяется точка любого местоположения приемника, находящаяся неподалеку от места размещения планируемого ветродвигателя, как показано на рисунке 1 Приложения 1.

На первом этапе рассчитывается или, что предпочтительнее, измеряется значение напряженности поля  $FSR$  при различных местоположениях приемника.

По-видимому, нет необходимости расширять исследуемую зону более чем на 10 км от места размещения планируемого ветродвигателя (или мест размещения, если имеется несколько ветродвигателей). Однако в особых условиях, например, при наличии зданий, отгороженных от полезного передатчика, но расположенных в пределах прямой видимости до ветродвигателя, может потребоваться расширение этой зоны.

Далее рассчитывается или, что предпочтительнее, измеряется напряженность поля  $FSWT$  в месте размещения ветродвигателя, на высоте, соответствующей центру вращения лопастей.

Для каждой точки приема  $R$ :

- рассчитывается коэффициент отражения  $\rho$  на трассе между ветродвигателем и приемником;
- рассчитывается напряженность поля мешающего сигнала с использованием величины  $FSWT + 20 \log \rho$ ;
- рассчитывается напряженность поля полезного сигнала  $FSR$ ;
- рассчитывается отношение полезного сигнала к мешающему с учетом развязки за счет направленности приемной антенны;
- с использованием информации, приведенной в Дополнении 2, оценивается возможное ухудшение приема сигнала цифрового телевидения в точке приема с учетом рассчитанного отношения полезного сигнала к мешающему.

Далее результаты этого исследования могут быть представлены в форме карты, показывающей зоны/точки, в которых может возникать ухудшение приема.

Следует отметить, что этот процесс оказывается более сложным, если в данном месте размещается несколько ветродвигателей, поскольку при этом в каждом месте приема возникает несколько возможных источников ухудшения. В Отчете МСЭ-R ВТ.2142 приведен пример прогнозирования для крупного ветропарка.

## Дополнение 2 к Приложению 1

### Ухудшение, возникающее в системе DVB-T

В большинстве ситуаций, когда проводился анализ воздействия ветропарка на качество приема сигнала DVB-T, полученные пороговые отношения  $C/N$  были близки по значению к расчетным отношениям в условиях отсутствия ветродвигателей. Точнее говоря, как представляется, в зоне переднего рассеяния на ветродвигателях качество приема сигнала DVB-T не затрагивается. В случае зоны обратного рассеяния, в тех ситуациях, когда рассеянные на ветродвигателях сигналы имеют значительные амплитуду и изменчивость, пороговое отношение  $C/N$  для условия квазибезошибочной (QEF) работы является более высоким.

Более вероятно, что увеличение порогового отношения  $C/N$  происходит в том случае, если ветродвигатели расположены неподалеку от приемной антенны или вблизи телевизионного передатчика (менее чем в 2 км).

Обычно пороговое отношение  $C/N$  растет при увеличении амплитуды эхо-сигналов. Еще одним дополнительным фактором увеличения требуемого порога  $C/N$  является динамический характер многолучевости, обусловленной работой ветродвигателей. В зонах приема, в которых уровни прямого сигнала превышают уровни динамического многолучевого сигнала менее чем на 25 дБ, приращение пороговых отношений  $C/N$  для выполнения условия QEF может составлять до 8 дБ<sup>2</sup>.

В указанных выше ситуациях этот динамический многолучевый сигнал может вызывать проблемы при приеме сигнала DVB-T, особенно в случае приема, когда отсутствует прямая видимость до передатчика, но имеется прямая видимость до ветродвигателя.

В Отчете МСЭ-R ВТ.2142 (Приложение 3) содержится подробное разъяснение по данному вопросу.

---

---

<sup>2</sup> Как отмечено в Отчете МСЭ-R ВТ.2142, эти наблюдения были выполнены для сигналов DVB-T, в которых использовались режим 8k, модуляция 64-QAM и скорость кодирования FEC 2/3.