РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.838-3

Модель погонного ослабления в дожде, используемая
в методах прогнозирования

(Вопрос МСЭ-R 201/3)

(1992-1999-2003-2005)

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая

a) необходимость расчета ослабления сигнала в дожде по данным об интенсивности дождя,

рекомендует,

**1** чтобы при расчете ослабления использовалась следующая процедура.

Соотношение между погонным ослаблением, *R* (дБ/км), и интенсивностью дождя, *R* (мм/ч), описывается степенным законом:

  (1)

Значения коэффициентов *k* и определяются в функции частоты *f* (ГГц) в диапазоне от 1 до 1000 ГГц из следующих уравнений, которые были составлены исходя из аппроксимации кривой по коэффициентам степенной зависимости, полученным из вычислений рассеяния:

  (2)

 , (3)

где:

 *f* : частота (ГГц)

 *k* : *kH* или *kV*

 : *H* или *V*.

Значения констант для коэффициента *kH* в случае горизонтальной поляризации приведены в таблице 1, а для коэффициента *kV* в случае вертикальной поляризации – в таблице 2. В таблице 3 приведены значения констант для коэффициента *H* в случае горизонтальной поляризации, а в таблице 3 – значения констант для коэффициента *V* в случае вертикальной поляризации.

ТАБЛИЦА 1

Коэффициенты для *kH*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *j* | *aj* | *bj* | *cj* | *mk* | *ck* |
| 1 | –5,33980 | –0,10008 | 1,13098 | –0,18961 | 0,71147 |
| 2 | –0,35351 | 1,26970 | 0,45400 |
| 3 | –0,23789 | 0,86036 | 0,15354 |
| 4 | –0,94158 | 0,64552 | 0,16817 |

ТАБЛИЦА 2

Коэффициенты для *kV*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *j* | *aj* | *bj* | *cj* | *mk* | *ck* |
| 1 | –3,80595 | 0,56934 | 0,81061 | –0,16398 | 0,63297 |
| 2 | –3,44965 | –0,22911 | 0,51059 |
| 3 | –0,39902 | 0,73042 | 0,11899 |
| 4 | 0,50167 | 1,07319 | 0,27195 |

ТАБЛИЦА 3

Коэффициенты для *H*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***j*** | ***aj*** | ***bj*** | ***cj*** | ***m*** | ***c*** |
| 1 | –0,14318 | 1,82442 | –0,55187 | 0,67849 | –1,95537 |
| 2 | 0,29591 | 0,77564 | 0,19822 |
| 3 | 0,32177 | 0,63773 | 0,13164 |
| 4 | –5,37610 | –0,96230 | 1,47828 |
| 5 | 16,1721 | –3,29980 | 3,43990 |

ТАБЛИЦА 4

Коэффициенты для *V*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***j*** | ***aj*** | ***bj*** | ***cj*** | ***m*** | ***c*** |
| 1 | –0,07771 | 2,33840 | –0,76284 | –0,053739 | 0,83433 |
| 2 | 0,56727 | 0,95545 | 0,54039 |
| 3 | –0,20238 | 1,14520 | 0,26809 |
| 4 | –48,2991 | 0,791669 | 0,116226 |
| 5 | 48,5833 | 0,791459 | 0,116479 |

В случае линейной и круговой поляризации для любой геометрии трассы коэффициенты в уравнении (1) можно вычислить по значениям, заданным уравнениями (2) и (3), с помощью следующих уравнений:

  (4)

 , (5)

где  – угол места трассы, а  – угол наклона оси поляризации по отношению к горизонтали (для круговой поляризации   45).

Для получения быстрой справки коэффициенты *k* и показаны графически на рисунках 1–4, а в таблице 5 приведены числовые значения для этих коэффициентов на данных частотах.









таблица 5

Зависящие от частоты коэффициенты для оценки погонного ослабления
в дожде с использованием уравнений (4), (5) и (1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота, ГГц | ***kH*** | ***H*** | ***kV*** | ***V*** |
| 1 | 0,0000259 | 0,9691 | 0,0000308 | 0,8592 |
| 1,5 | 0,0000443 | 1,0185 | 0,0000574 | 0,8957 |
| 2 | 0,0000847 | 1,0664 | 0,0000998 | 0,9490 |
| 2,5 | 0,0001321 | 1,1209 | 0,0001464 | 1,0085 |
| 3 | 0,0001390 | 1,2322 | 0,0001942 | 1,0688 |
| 3,5 | 0,0001155 | 1,4189 | 0,0002346 | 1,1387 |
| 4 | 0,0001071 | 1,6009 | 0,0002461 | 1,2476 |
| 4,5 | 0,0001340 | 1,6948 | 0,0002347 | 1,3987 |
| 5 | 0,0002162 | 1,6969 | 0,0002428 | 1,5317 |
| 5,5 | 0,0003909 | 1,6499 | 0,0003115 | 1,5882 |
| 6 | 0,0007056 | 1,5900 | 0,0004878 | 1,5728 |
| 7 | 0,001915 | 1,4810 | 0,001425 | 1,4745 |
| 8 | 0,004115 | 1,3905 | 0,003450 | 1,3797 |
| 9 | 0,007535 | 1,3155 | 0,006691 | 1,2895 |
| 10 | 0,01217 | 1,2571 | 0,01129 | 1,2156 |
| 11 | 0,01772 | 1,2140 | 0,01731 | 1,1617 |
| 12 | 0,02386 | 1,1825 | 0,02455 | 1,1216 |
| 13 | 0,03041 | 1,1586 | 0,03266 | 1,0901 |
| 14 | 0,03738 | 1,1396 | 0,04126 | 1,0646 |
| 15 | 0,04481 | 1,1233 | 0,05008 | 1,0440 |
| 16 | 0,05282 | 1,1086 | 0,05899 | 1,0273 |
| 17 | 0,06146 | 1,0949 | 0,06797 | 1,0137 |
| 18 | 0,07078 | 1,0818 | 0,07708 | 1,0025 |
| 19 | 0,08084 | 1,0691 | 0,08642 | 0,9930 |
| 20 | 0,09164 | 1,0568 | 0,09611 | 0,9847 |
| 21 | 0,1032 | 1,0447 | 0,1063 | 0,9771 |
| 22 | 0,1155 | 1,0329 | 0,1170 | 0,9700 |
| 23 | 0,1286 | 1,0214 | 0,1284 | 0,9630 |
| 24 | 0,1425 | 1,0101 | 0,1404 | 0,9561 |
| 25 | 0,1571 | 0,9991 | 0,1533 | 0,9491 |
| 26 | 0,1724 | 0,9884 | 0,1669 | 0,9421 |
| 27 | 0,1884 | 0,9780 | 0,1813 | 0,9349 |
| 28 | 0,2051 | 0,9679 | 0,1964 | 0,9277 |
| 29 | 0,2224 | 0,9580 | 0,2124 | 0,9203 |

таблица 5

Зависящие от частоты коэффициенты для оценки погонного ослабления
в дожде с использованием уравнений (4), (5) и (1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота, ГГц | ***kH*** | ***H*** | ***kV*** | ***V*** |
| 30 | 0,2403 | 0,9485 | 0,2291 | 0,9129 |
| 31 | 0,2588 | 0,9392 | 0,2465 | 0,9055 |
| 32 | 0,2778 | 0,9302 | 0,2646 | 0,8981 |
| 33 | 0,2972 | 0,9214 | 0,2833 | 0,8907 |
| 34 | 0,3171 | 0,9129 | 0,3026 | 0,8834 |
| 35 | 0,3374 | 0,9047 | 0,3224 | 0,8761 |
| 36 | 0,3580 | 0,8967 | 0,3427 | 0,8690 |
| 37 | 0,3789 | 0,8890 | 0,3633 | 0,8621 |
| 38 | 0,4001 | 0,8816 | 0,3844 | 0,8552 |
| 39 | 0,4215 | 0,8743 | 0,4058 | 0,8486 |
| 40 | 0,4431 | 0,8673 | 0,4274 | 0,8421 |
| 41 | 0,4647 | 0,8605 | 0,4492 | 0,8357 |
| 42 | 0,4865 | 0,8539 | 0,4712 | 0,8296 |
| 43 | 0,5084 | 0,8476 | 0,4932 | 0,8236 |
| 44 | 0,5302 | 0,8414 | 0,5153 | 0,8179 |
| 45 | 0,5521 | 0,8355 | 0,5375 | 0,8123 |
| 46 | 0,5738 | 0,8297 | 0,5596 | 0,8069 |
| 47 | 0,5956 | 0,8241 | 0,5817 | 0,8017 |
| 48 | 0,6172 | 0,8187 | 0,6037 | 0,7967 |
| 49 | 0,6386 | 0,8134 | 0,6255 | 0,7918 |
| 50 | 0,6600 | 0,8084 | 0,6472 | 0,7871 |
| 51 | 0,6811 | 0,8034 | 0,6687 | 0,7826 |
| 52 | 0,7020 | 0,7987 | 0,6901 | 0,7783 |
| 53 | 0,7228 | 0,7941 | 0,7112 | 0,7741 |
| 54 | 0,7433 | 0,7896 | 0,7321 | 0,7700 |
| 55 | 0,7635 | 0,7853 | 0,7527 | 0,7661 |
| 56 | 0,7835 | 0,7811 | 0,7730 | 0,7623 |
| 57 | 0,8032 | 0,7771 | 0,7931 | 0,7587 |
| 58 | 0,8226 | 0,7731 | 0,8129 | 0,7552 |
| 59 | 0,8418 | 0,7693 | 0,8324 | 0,7518 |
| 60 | 0,8606 | 0,7656 | 0,8515 | 0,7486 |
| 61 | 0,8791 | 0,7621 | 0,8704 | 0,7454 |
| 62 | 0,8974 | 0,7586 | 0,8889 | 0,7424 |
| 63 | 0,9153 | 0,7552 | 0,9071 | 0,7395 |
| 64 | 0,9328 | 0,7520 | 0,9250 | 0,7366 |
| 65 | 0,9501 | 0,7488 | 0,9425 | 0,7339 |

таблица 5

Зависящие от частоты коэффициенты для оценки погонного ослабления
в дожде с использованием уравнений (4), (5) и (1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота, ГГц | ***kH*** | ***H*** | ***kV*** | ***V*** |
| 66 | 0,9670 | 0,7458 | 0,9598 | 0,7313 |
| 67 | 0,9836 | 0,7428 | 0,9767 | 0,7287 |
| 68 | 0,9999 | 0,7400 | 0,9932 | 0,7262 |
| 69 | 1,0159 | 0,7372 | 1,0094 | 0,7238 |
| 70 | 1,0315 | 0,7345 | 1,0253 | 0,7215 |
| 71 | 1,0468 | 0,7318 | 1,0409 | 0,7193 |
| 72 | 1,0618 | 0,7293 | 1,0561 | 0,7171 |
| 73 | 1,0764 | 0,7268 | 1,0711 | 0,7150 |
| 74 | 1,0908 | 0,7244 | 1,0857 | 0,7130 |
| 75 | 1,1048 | 0,7221 | 1,1000 | 0,7110 |
| 76 | 1,1185 | 0,7199 | 1,1139 | 0,7091 |
| 77 | 1,1320 | 0,7177 | 1,1276 | 0,7073 |
| 78 | 1,1451 | 0,7156 | 1,1410 | 0,7055 |
| 79 | 1,1579 | 0,7135 | 1,1541 | 0,7038 |
| 80 | 1,1704 | 0,7115 | 1,1668 | 0,7021 |
| 81 | 1,1827 | 0,7096 | 1,1793 | 0,7004 |
| 82 | 1,1946 | 0,7077 | 1,1915 | 0,6988 |
| 83 | 1,2063 | 0,7058 | 1,2034 | 0,6973 |
| 84 | 1,2177 | 0,7040 | 1,2151 | 0,6958 |
| 85 | 1,2289 | 0,7023 | 1,2265 | 0,6943 |
| 86 | 1,2398 | 0,7006 | 1,2376 | 0,6929 |
| 87 | 1,2504 | 0,6990 | 1,2484 | 0,6915 |
| 88 | 1,2607 | 0,6974 | 1,2590 | 0,6902 |
| 89 | 1,2708 | 0,6959 | 1,2694 | 0,6889 |
| 90 | 1,2807 | 0,6944 | 1,2795 | 0,6876 |
| 91 | 1,2903 | 0,6929 | 1,2893 | 0,6864 |
| 92 | 1,2997 | 0,6915 | 1,2989 | 0,6852 |
| 93 | 1,3089 | 0,6901 | 1,3083 | 0,6840 |
| 94 | 1,3179 | 0,6888 | 1,3175 | 0,6828 |
| 95 | 1,3266 | 0,6875 | 1,3265 | 0,6817 |
| 96 | 1,3351 | 0,6862 | 1,3352 | 0,6806 |
| 97 | 1,3434 | 0,6850 | 1,3437 | 0,6796 |
| 98 | 1,3515 | 0,6838 | 1,3520 | 0,6785 |
| 99 | 1,3594 | 0,6826 | 1,3601 | 0,6775 |
| 100 | 1,3671 | 0,6815 | 1,3680 | 0,6765 |
| 120 | 1,4866 | 0,6640 | 1,4911 | 0,6609 |

таблица 5

Зависящие от частоты коэффициенты для оценки погонного ослабления
в дожде с использованием уравнений (4), (5) и (1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота, ГГц | ***kH*** | ***H*** | ***kV*** | ***V*** |
| 150 | 1,5823 | 0,6494 | 1,5896 | 0,6466 |
| 200 | 1,6378 | 0,6382 | 1,6443 | 0,6343 |
| 300 | 1,6286 | 0,6296 | 1,6286 | 0,6262 |
| 400 | 1,5860 | 0,6262 | 1,5820 | 0,6256 |
| 500 | 1,5418 | 0,6253 | 1,5366 | 0,6272 |
| 600 | 1,5013 | 0,6262 | 1,4967 | 0,6293 |
| 700 | 1,4654 | 0,6284 | 1,4622 | 0,6315 |
| 800 | 1,4335 | 0,6315 | 1,4321 | 0,6334 |
| 900 | 1,4050 | 0,6353 | 1,4056 | 0,6351 |
| 1 000 | 1,3795 | 0,6396 | 1,3822 | 0,6365 |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_