التوصيـــة ITU-R P.372-9

الضوضاء الراديوية*

(المسألة ITU-R 214/3)

(2007-2003-2001-1994-1990-1986-1982-1978-1974-1963-1959-1956-1953-1951)

مجال التطبيق

تقدم التوصية ITU-R P.372 معلومات عن سويات الخلفية لضوضاء الترددات الراديوية في مدى تردد من 0,1 Hz إلى 100 GHz. وهي تراعي الضوضاء الناجمة عن البرق والناجمة عن مصادر اصطناعية وعن المجرة وعن درجة حرارة الطبقة السفلى من الغلاف الجوي. وتقدم عوامل درجات الحرارة والضوضاء لكي توفر أساساً لتقدير أداء النظام.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الضوضاء الراديوية تضع حداً على أداء الأنظمة الراديوية؛

ب) أن عامل ضوضاء الهوائي الفعال أو درجة حرارة ضوضاء الهوائي مع توزيع احتمال الاتساعات لغلاف الضوضاء المستقبلة هم عبارة عن معلمات مناسبة (ضرورية دوماً تقريباً لكن أحياناً ليست كافية) تستعمل لتحديد الأداء وتصميم الأنظمة؛

ج) أنه ليس من المناسب بشكل عام استعمال أنظمة الاستقبال التي يقل فيها عامل الضوضاء عن العامل الذي تفرضه الضوضاء الخارجية الدنيا؛

د) ضرورة توفر معطيات عن الإشعاعات الراديوية القادمة من المصادر الطبيعية:

– لتقييم آثار الجو على الموجات الراديوية؛

– لتوزيع الترددات المطلوبة من أجل عمليات الاستشعار عن بعد لبيئة الأرض،

توصـــي

باستعمال المعطيات التالية، إذا دعت الحاجة، لتصميم الأنظمة الراديوية وتحليلها:

1 مصادر الضوضاء الراديوية

تعرف الضوضاء الراديوية في التوصية ITU-R V.573 كما يلي:

«**ضوضاء راديوية** (تردد راديوي)؛

ظاهرة كهرمغنطيسية متغيرة مع الزمن لها مكونات في مدى التردد الراديوي من الواضح أنها لا تنقل معلومات وهي قد تقتحم إشارة مطلوبة أو تتحد معها.

* إن البرنامج الحاسوبي المصاحب لخصائص الضوضاء الجوية وتطبيقاتها التي تعزى إلى البرق وإلى الضوضاء الاصطناعية والمجرية (عند ترددات أقل من 100 MHz تقريباً) والموصوفة في هذه التوصية، متوفر من قسم الموقع الشبكي لقطاع الاتصالات الراديوية الذي يتعامل مع لجنة الدراسات 3 بقطاع الاتصالات الراديوية.

الملاحظة 1 – في حالات معينة قد تحمل ضوضاء التردد الراديوي معلومات عن بعض خصائص مصدرها مثل طبيعة هذا المصدر وموقعه.

الملاحظة 2 – يمكن أن يظهر مجموع الإشارات في شكل ضوضاء تردد راديوي إذا لم يتسن التعرف على هويتها كل على حدة.»

تقدم التوصية ITU-R P.372 بيانات عن الضوضاء الراديوية الخارجية التي يلتقطها نظام استقبال راديوي والمشتقة من الأسباب التالية:

- إشارات صادرة عن تفريغات البرق (ضوضاء جوية تعزى إلى البرق)؛
- إشعاعات متجمعة غير مقصودة للآلات الكهربائية وللتجهيزات الكهربائية والإلكترونية ولخطوط نقل الطاقة الكهربائية أو من أنظمة إشعال محركات احتراق داخلي (ضوضاء اصطناعية)؛
- انبعاثات صادرة عن غازات جوية ومائية جوية؛
- ضوضاء تعزى إلى الأرض أو إلى عوائق أخرى توجد في حزمة الهوائي؛
- إشعاعات قادمة من مصادر راديوية سماوية.

الملاحظة 1 – تقديرات سويات الضوضاء الراديوية المعطاة هنا تخص سوية ضوضاء الخلفية في غياب الإشارات الأخرى سواء كانت مشعة عن عمد أو عن غير عمد بحيث لا ينظر في الضوضاء أو الإشارات الناجمة عن إرسالات غير مطلوبة في نفس القناة أو ناجمة عن البث الهامشي من أنظمة إرسال أو استقبال فردية في هذه التوصية.

الملاحظة 2 – في حالة الضوضاء الاصطناعية، من المقرر أن تكون البيانات المقدمة تمثيلية للفئة البيئية مع السويات النمطية لنشاط كهربي وإلكتروني يعمل بصورة طبيعية على مسافات نموذجية من هذه البيئة.

2 شروط تحديد كثافة الضوضاء والعلاقة فيما بينها

إن عامل الضوضاء f لمستقبل ما هو ناتج مجموعة مصادر للضوضاء التي تلتقط على مطاريف استقبال النظام. وينبغي مراعاة الضوضاء الداخلية والخارجية والنقطة المرجعية الوحيدة التي تسمح بتحديد عامل الضوضاء الكلي لأداء مستقبل راديوي هي نقطة مدخل هوائي الاستقبال دون خسارة مكافئة (ولا توجد مادياً مطاريف الهوائي بدون خسارة هذا). وفيما يخص المستقبلات التي لا تتمتع باستجابات هامشية، يعطى عامل الضوضاء للنظام بالمعادلة التالية:

$$f = f_a + (f_c - 1) + l_c\,(f_t - 1) + l_c\,l_t\,(f_r - 1) \quad (1)$$

حيث:

f_a: هو عامل الضوضاء الخارجية كالآتي:

$$f_a = \frac{p_n}{k\,t_0\,b} \quad (2)$$

الملاحظة 1 – F_a هي قيمة الضوضاء الخارجية المحددة كالآتي:

$$F_a = 10 \log f_a \quad \text{dB}$$

P_n: قدرة الضوضاء الصادرة عن الهوائي المكافئ دون خسارة

k: ثابت Boltzmann = $1{,}38 \times 10^{-23}$ J/K

t_0: درجة الحرارة المرجعية (K) يفترض أنها 290 K

b: عرض نطاق قدرة الضوضاء لنظام الاستقبال (Hz)

l_c: خسارة دارة الهوائي (تقرير قدرة الدخل المتيسرة/قدرة الخرج المتيسرة)

l_t: خسارات خط الإرسال (تقرير قدرة الخرج المتيسرة/قدرة الخرج المتيسرة)

f_r: عامل الضوضاء للمستقبل.

الملاحظة 2 – F_r هي قيمة عامل الضوضاء المحددة بالصيغة الآتية:

$$F_r = 10 \log f_r \quad \text{dB}$$

f_c: هو عامل الضوضاء المصاحب لخسارات دارة الهوائي،

$$f_c = 1 + (l_c - 1)\left(\frac{t_c}{t_0}\right) \tag{3}$$

f_t: هو عامل الضوضاء المصاحب لخسارات خط الإرسال،

$$f_t = 1 + (l_t - 1)\left(\frac{t_t}{t_0}\right) \tag{4}$$

حيث:

t_c: درجة الحرارة الفعلية (K) للهوائي وللأرض بجوار هذا الهوائي

وحيث:

t_t: درجة الحرارة الفعلية (K) لخط الإرسال،

وإذا كانت $t_c = t_t = t_0$، تصبح المعادلة (1) كما يلي:

$$f = f_a - 1 + f_c\, f_t\, f_r \tag{5}$$

ويمكن أن تكتب المعادلة (2) كالآتي:

$$P_n = F_a + B - 204 \quad \text{dBW} \tag{6}$$

حيث:

$P_n = 10 \log p_n$: القدرة المتيسرة (W)

$B = 10 \log b$، و$-204 = 10 \log k\, t_0$.

وفيما يتعلق بهوائي قصير وحيد القطب رأسي ($h << \lambda$) فوق مستوى أرضي نموذجي، تعطى المركبة الرأسية لجذر متوسط تربيع شدة المجال بالعلاقة الآتية:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{MHz}} + B - 95{,}5 \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{7}$$

حيث:

E_n: شدة المجال في عرض النطاق b، و

f_{MHz}: التردد المركزي (MHz).

وبصورة مماثلة فيما يخص هوائي ثنائي الأقطاب بنصف موجة في الفضاء الحر:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{MHz}} + B - 99{,}0 \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{8}$$

ويعبر عادة أيضاً عن عامل الضوضاء الخارجية بدرجة الحرارة، t_a، من تعريف f_a:

$$f_a = \frac{t_a}{t_0} \tag{9}$$

t_a هي درجة الحرارة الفعالة للهوائي التي تعزى إلى الضوضاء الخارجية.

ويمكن من تقديرات F_a تحديد القيم المقابلة E_n باستعمال معادلات مثل المعادلة (7) و(8) تكون ملائمة لنمط الهوائي المستعمل.

وقدرة الضوضاء المذكورة أعلاه على الرغم من أنها ضرورية لتحديد النسبة إشارة/ضوضاء مثلاً، فهي بالكاد تكفي لتحديد أداء النظام (والاستثناء الوحيد هو الضوضاء البيضاء الخلفية الغوسية فقط). تلزم أوصاف احتمالية مناسبة لشكل موجة الضوضاء العشوائية المستقبلة. وبما أنه فيما يخص أنماط الضوضاء الواردة في هذه التوصية يوزع طور الغلاف المستقبل عموماً بصورة منتظمة فإن توزيع احتمال الاتساعات (APD) (احتمال التجاوز) للغلاف المستقبل محدد. وفي حالة الضوضاء النبضية للترددات العالية (مثلاً أعلى من 1 GHz تقريباً) تكون قيم F_a منخفضة بما يكفي ولا تظهر سوى نبضات كبيرة الاتساع فوق عتبة الضوضاء للمستقبل. وتأخذ هذه الأوصاف شكل قيمة الذروة خلال فترة معينة من الزمن واحتمالات التجاوز في السويات المرتفعة وحساب النبضات في سوية معينة، إلخ.

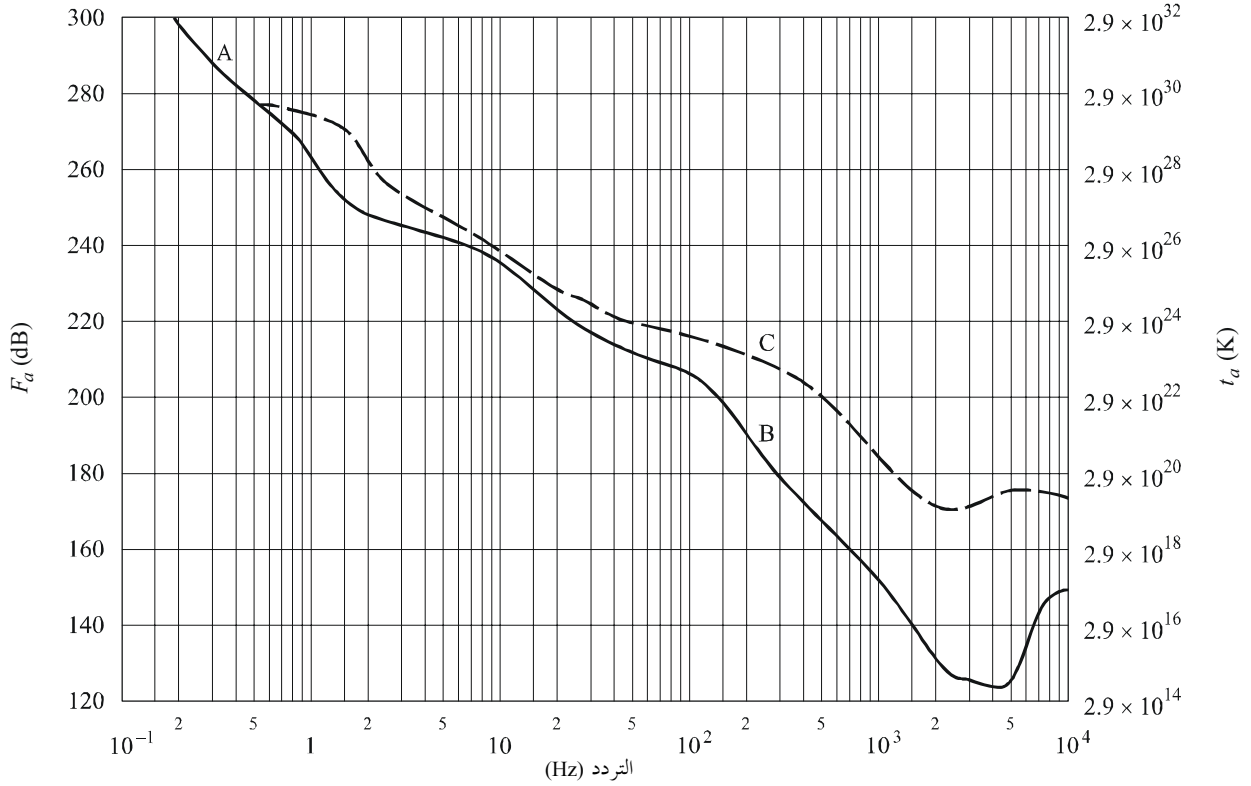
3 سويات الضوضاء بدلالة التردد

تسمح الأشكال الثلاثة التالية والمناقشات ذات الصلة بتحديد قيم F_a المتوقعة من أجل الترددات التي تتراوح ما بين 0,1 Hz و100 GHz وكذلك تحديد سويات الضوضاء الأخرى المعنية. وتمثل هذه الأشكال الثلاثة المقدار النسبي لأنماط الضوضاء الواردة في الفقرة 1. وتتضمن الفقرات التالية من هذه التوصية تفاصيل إضافية عن الأنماط المتنوعة للضوضاء.

ويشمل الشكل 1 مدى الترددات التي تتراوح ما بين 0,1 Hz و10 kHz. ويمثل منحنى الخطوط المتواصلة قيم *Fa* المتوسطة الساعية الدنيا المتوقعة التي تستند إلى قياسات (مع مراعاة السطح الكلي للأرض في كل الفصول وأوقات اليوم). ويمثل منحنى الخطوط المتقطعة القيم القصوى المتوقعة. وتجدر الإشارة إلى أنه لا يوجد في مدى الترددات هذا سوى تغييرات فصلية قليلة جداً نهارية أو جغرافية. ويعزى التغير الأكبر في المدى 100 إلى 10 000 Hz إلى تغير قطع الدليل الموجي أرض – تأين (أيونوسفير).

الشـــكل 1

Fa، الدنيا والقصوى بدلالة التردد (0,1 إلى 10^4 Hz)



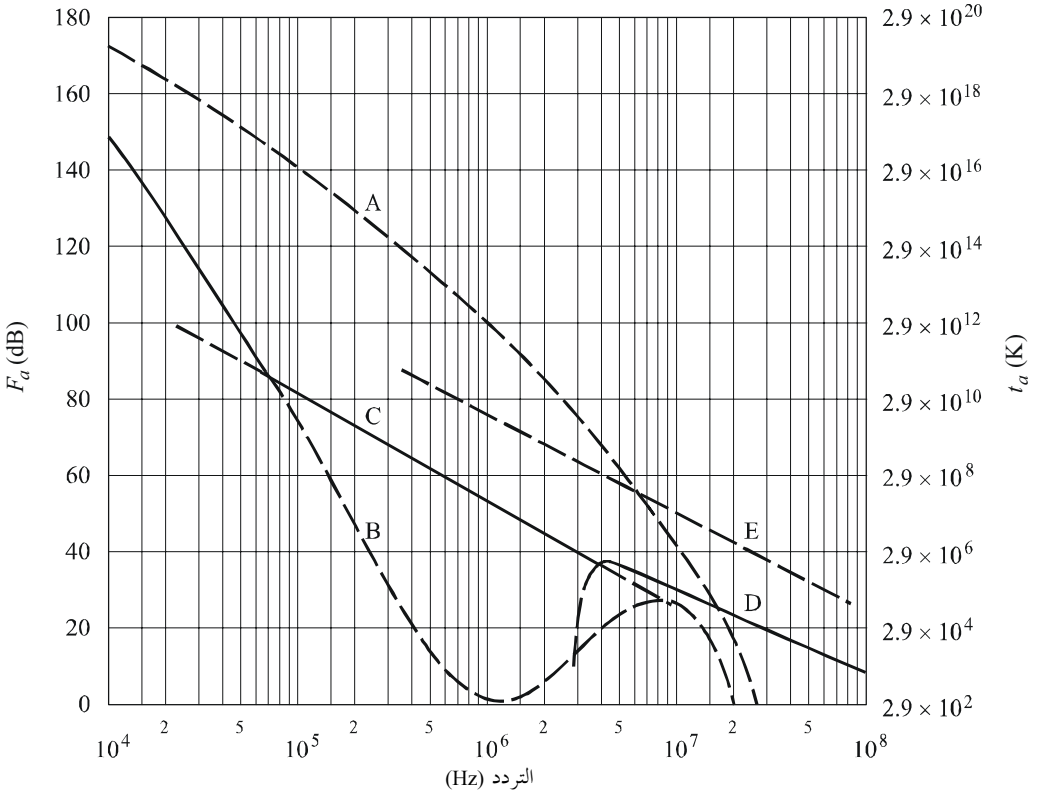
A: نبضات صغرية
B: القيمة الدنيا المتوقعة للضوضاء الجوية
C: القيمة القصوى المتوقعة للضوضاء الجوية

0372-01

ويشمل الشكل 2 مدى الترددات التي تتراوح ما بين 10^4 و10^8 Hz أي 10 kHz إلى 100 MHz لفئات الضوضاء المتنوعة. وتوضح منحنيات الخطوط المتواصلة الضوضاء الدنيا المتوقعة. وفيما يخص الضوضاء الجوية، تكون القيم الدنيا المتوقعة هي القيم التي يتم تجاوزها خلال 99,5% من الزمن أما القيم القصوى فهي القيم التي يتم تجاوزها خلال 0,5% من الزمن. وفيما يتعلق بالمنحنيات الخاصة بالضوضاء الجوية، تمت مراعاة جميع أوقات اليوم والفصول والسطح الكلي للأرض.

الشـــكل 2

F_a بدلالة التردد (10^4 إلى 10^8 Hz)



A: ضوضاء جوية، تم تجاوز القيمة خلال 0,5% من الزمن
B: ضوضاء جوية، تم تجاوز القيمة خلال 99,5% من الزمن
C: ضوضاء اصطناعية، موقع استقبال هادئ
D: ضوضاء مجرية
E: قيمة متوسطة للضوضاء الاصطناعية في منطقة للأعمال
سوية الضوضاء الدنيا المتوقعة
0372-02

ويوضح الشكل 3 مدى التردد التي تتراوح ما بين 10^8 و10^{11} Hz أي بين 100 MHz و100 GHz. وفي هذه الحالة أيضاً تمثل منحنيات الخطوط المتواصلة سوية الضوضاء الدنيا بينما تمثل منحنيات الخطوط المتقطعة بعض أنماط الضوضاء الأخرى ذات الصلة.

ومعظم النتائج المشار إليها في الأشكال الثلاثة تخص الهوائيات شاملة الاتجاهات (إلا إذا أشير إلى غير ذلك في الأشكال) ومع ذلك وفيما يخص الهوائيات الاتجاهية، بينت الدراسات أنه في نطاق الموجات الديكامترية (HF) (على سبيل المثال) يمكن فيما يخص الضوضاء الجوية التي تعزى إلى البرق ملاحظة تغيير يصل إلى 10 dB (5 dB فوق و5 dB تحت القيمة المتوسطة F_a المشار إليها) وذلك تبعاً للتوجيه والتردد والموقع الجغرافي في حالة هوائيات ذات حزمة ضيقة جداً.

وفيما يتعلق بالضوضاء المجرية توضح القيمة المتوسطة (في السماء كلها) في منحنى الخطوط المتواصلة الذي يحمل دلالة "الضوضاء المجرية" (الشكلان 2 و3). وتشير القياسات إلى تغير يبلغ ± 2 dB بالنسبة إلى هذا المنحنى في حالة إهمال الحجب الأيونوسفيري. وتقل السوية الدنيا للضوضاء المجرية (هوائي ذو حزمة ضيقة موجهة نحو قطب المجرة) بقيمة 3 dB عن السوية

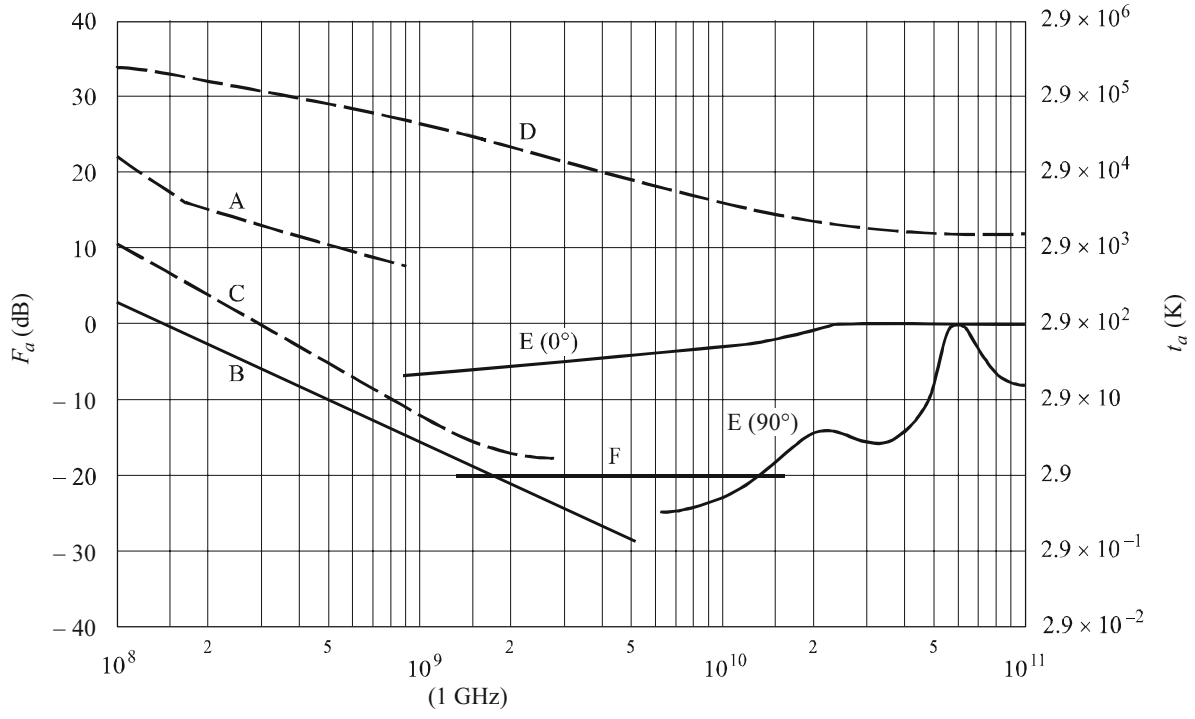
الموضحة في منحنى الخطوط المتواصلة للضوضاء المجرية في الشكل 3. ويمثل منحنى الخطوط المتقطعة في الشكل 3، السوية القصوى للضوضاء المجرية الخاصة بهوائيات ذات حزمة ضيقة.

4 الضوضاء الصادرة عن الغازات الجوية وسطح الأرض

يعبر عادة عن الضوضاء القادمة من مصادر فردية مثل الشمس والغازات الجوية وسطح الأرض إلخ، بمعلومية درجة حرارة اللمعان t_b. ودرجة حرارة الهوائي t_a عبارة عن تلفيف لمخطط الهوائي ودرجة حرارة اللمعان للسماء والأرض. وفيما يخص هوائيات لا تشمل مخططاتها سوى مصدر وحيد تكون درجة حرارة الهوائي مطابقة لدرجة حرارة اللمعان (المنحنيات C وD وE الواردة في الشكل 3 مثلاً).

الشـــكل 3

F_a بدلالة التردد (10^8 إلى 10^{11} Hz)



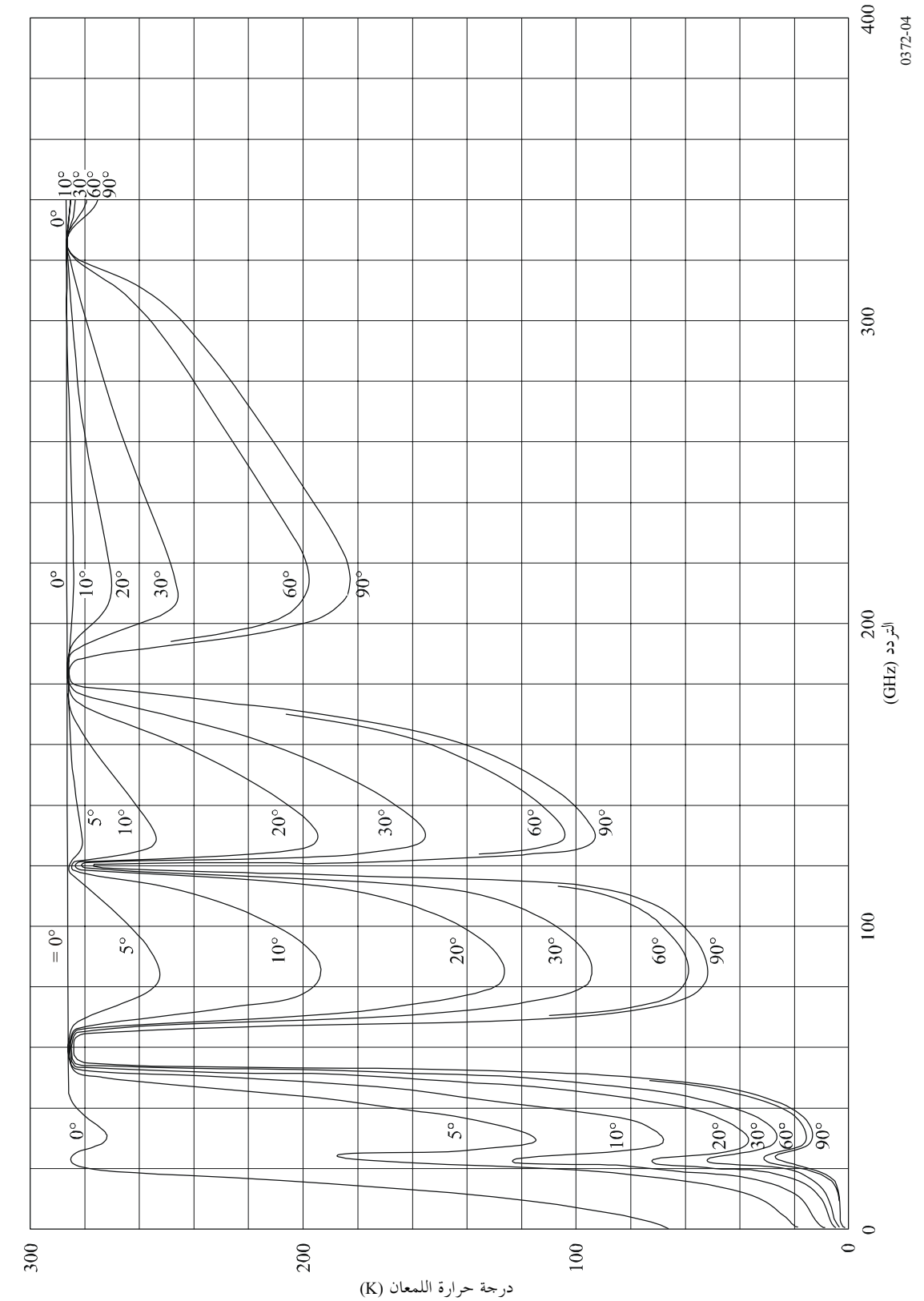
A: قيمة متوسطة مقدرة للضوضاء الاصطناعية في منطقة للأعمال
B: ضوضاء مجرية
C: ضوضاء مجرية (باتجاه المركز المجري مع فتحة حزمة ضيقة للغاية)
D: شمس هادئة (فتحة حزمة مقدارها ½° موجهة نحو الشمس)
E: ضوضاء في السماء تعزى إلى الأكسجين وإلى بخار الماء (هوائي بحزمة ضيقة جداً)
منحنى أعلى وزاوية ارتفاع تبلغ 0°، ومنحنى أدنى وزاوية ارتفاع تبلغ 90°
F: جسم أسود (خلفية كونية)، 2,7 K
سوية الضوضاء الدنيا المتوقعة

0372-03

ويوضح الشكلان 4 و5 درجة حرارة اللمعان للجو لمستقبل منصوب على الأرض باستثناء مساهمة الضوضاء الكونية التي تبلغ 2,7 K أو مصادر أخرى من خارج الأرض للترددات التي تتراوح ما بين 1 و340 GHz في المثال الأول وبين 1 و60 GHz في المثال الثاني. وجرى حساب المنحنيات باستخدام برنامج نقل إشعاعي لسبع زوايا ارتفاع مختلفة وجو متوسط (كثافة بخار الماء على السطح 7,5 g ودرجة الحرارة على السطح 288 K وارتفاع السلم البالغ 2 km لبخار الماء). وقد استعمل للجو الجاف الجو المعياري للولايات المتحدة لعام 1976. وتضاف المساهمة النموذجية لبخار الماء فوق طبقة التروبوبوز البينية.

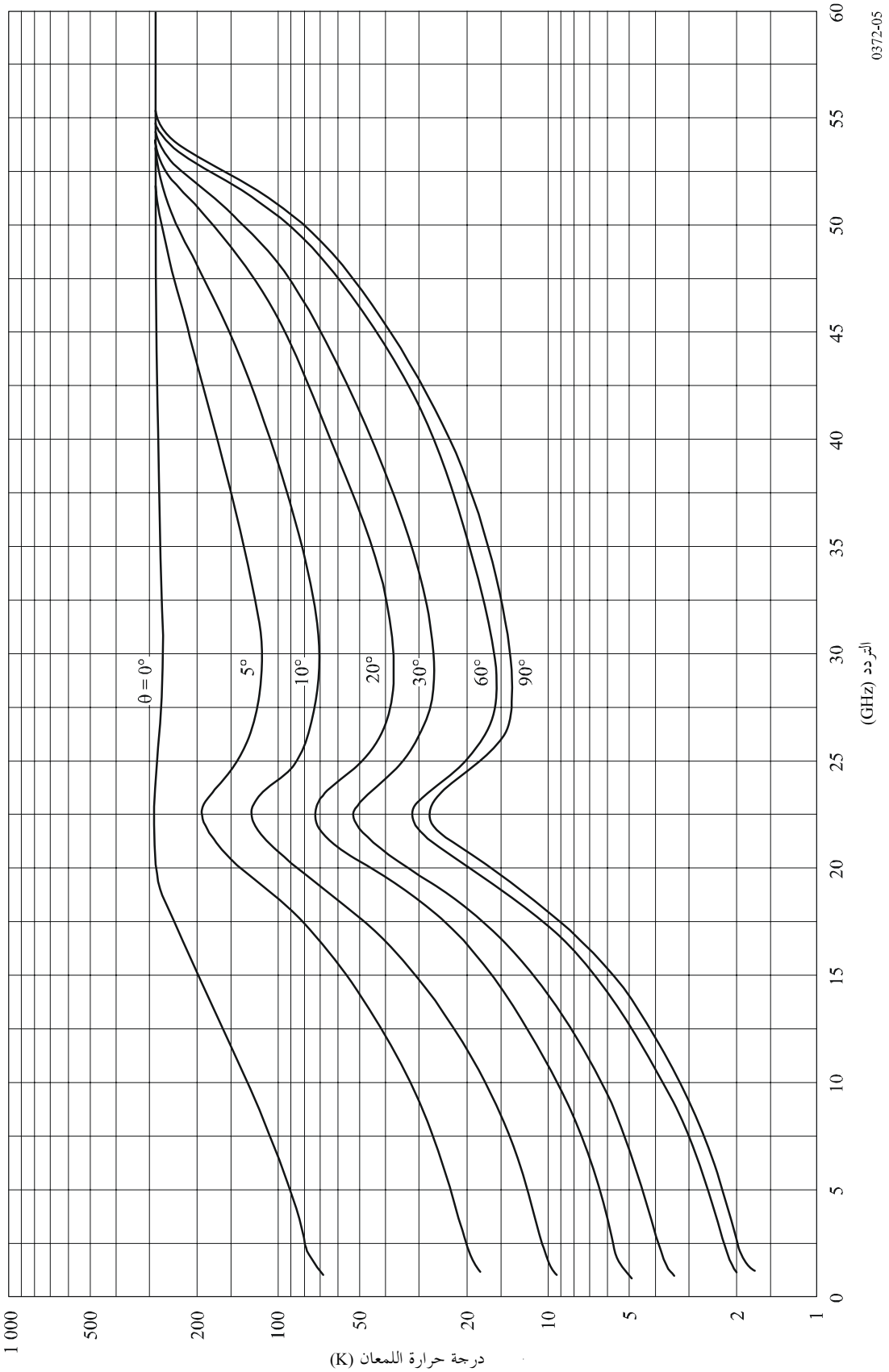
الشكل 4

درجة حرارة اللمعان (الجو الصافي) لكثافة بخار الماء البالغة $7{,}5\ g/m^3$
(درجة الحرارة والضغط على الأرض 15 °C و 1 023 mb)، θ هي زاوية الارتفاع



الشكل 5

درجة حرارة اللمعان (الجو الصافي) لكثافة بخار الماء البالغة 7,5 g/m^3
(توسع سلم الإحداثيات السينية في الشكل 4)، θ هي زاوية الارتفاع



ويمكن في حالة الاتصالات أرض – فضاء إذا عرف توهين الإشارة الصادرة عن مرسل مركبة فضائية، الحصول على تقدير جيد لدرجة حرارة اللمعان في هذا الاتجاه لترددات تتراوح ما بين 2 و30 GHz. وتعطى درجة الحرارة بالصيغة التالية:

$$t_b = t_e (1 - e^{-d}) + 2{,}7 \quad \text{K} \tag{10}$$

حيث:

d: هو العمق البصري = التوهين (dB/4,343)

t_e: درجة الحرارة الفعالة والتي تقارب عادة 275 K.

وتقدم العلاقة المذكورة أعلاه نتائج تصل دقتها إلى حوالي 0,1 dB تحت 30 GHz. وفوق هذا التردد تدخل مكونة الانتثار في التوهين ويصبح تقدير درجة حرارة اللمعان عالية جداً. ويمكن استعمال العلاقة السابقة لإدراج التوهين الناجم عن المطر.

أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية دراسات للنقل الإشعاعي بما في ذلك آثار الغيوم. وتم حساب درجات حرارة اللمعان في السمت من معطيات الأرصاد الجوية عن سنة نموذجية اختيرت من قاعدة معطيات تغطي 15 عاماً للمواقع البالغة 15 موقعاً. وتعطى النتائج الخاصة بموقعين في الولايات المتحدة الأمريكية وهما Yuma في ولاية أريزونا (حيث يبلغ معدل هطول الأمطار السنوية 5,5 cm) ومدينة نيويورك (معدل هطول الأمطار السنوية 98,5 cm) في الشكلين 6 أ) وب) لخمسة ترددات مختلفة. ويمكن تبعاً للمنحنيات الإشارة إلى أن درجة حرارة الضوضاء في السمت عند 90 GHz قد تكون أقل من درجة حرارة الضوضاء عند 44 GHz. وتلك هي الحالة الخاصة بدرجات حرارة اللمعان في السمت المنخفضة جداً مما يعني أن كثافة بخار الماء هي ضعيفة جداً (أقل من 3 g/m^3 تقريباً) ومع ذلك يوضح الشكل 4 (7,5 g/m^2 لكثافة بخار الماء) تطابق درجات حرارة اللمعان عند 90 GHz و44 GHz تقريباً.

ويمكن حساب درجة حرارة اللمعان لسطح الأرض في زاوية نظير معينة باستعمال معادلة النقل الإشعاعي التي تصف انعكاس الإشعاعات الجوية الهابطة والإشعاعات الصادرة عن سطح الأرض.

ويتضمن هذا الحساب تكامل الإشعاعات الهابطة عبر جميع الزوايا ويراعي التوهين الجوي.

ويمكن تبسيطه على النحو التالي:

$$T = \in T_{surf} + \rho\, T_{atm}$$

حيث:

$\in$: قدرة البث الفعالة للسطح

ρ: معامل الانعكاس الفعال

T_{surf}: درجة الحرارة الفيزيائية لسطح الأرض (بالدرجات K)

T_{atm}: المتوسط المرجح لدرجة حرارة اللمعان للسماء.

يكون معامل الانعكاس ρ نحو 100 GHz ولكن تحت 10 GHz بوجه خاص مرتفعاً عموماً وتكون الانبعاثية $\in$ ضعيفة.

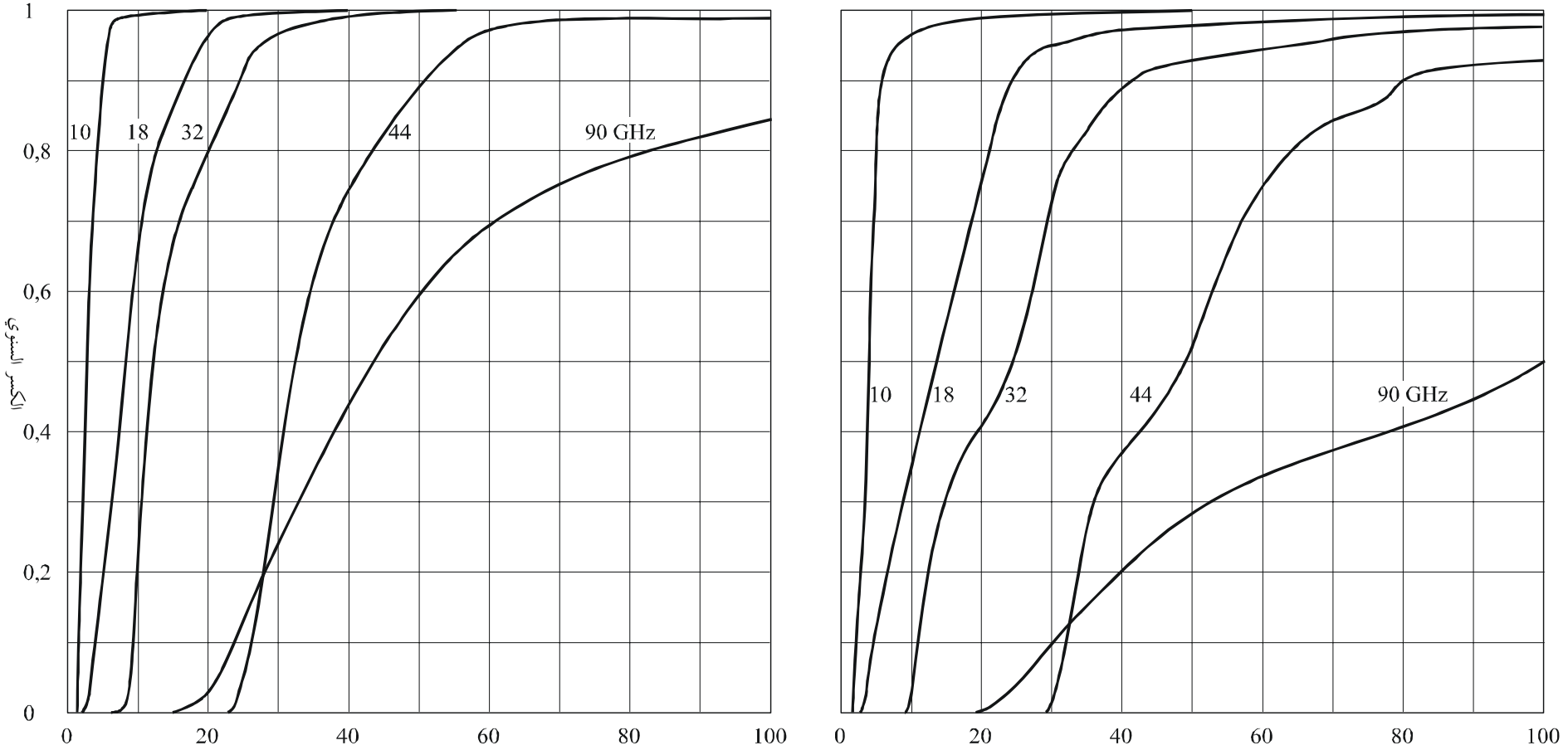
ويمثل الشكل 7 أ) قدرة البث ودرجة حرارة اللمعان على سطح الماء الهادئ للاستقطاب الرأسي والأفقي وتبعاً لزاويتي الورود. وتجدر الإشارة إلى أنه لا يوجد فرق بين مياه البحر والمياه العذبة في الترددات الأعلى من 5 GHz.

ويمثل الشكل 7 ب) درجة حرارة اللمعان في زاوية النظير لسطح البحر عند ثلاثة ترددات بدلالة درجة الحرارة الفيزيائية لسطح البحر لملوحة تبلغ 36×10^{-3}.

ويمثل الشكلان 7 ج) و7 د) الزيادة في درجة حرارة اللمعان على سطح البحر مع سرعة الريح وتفيد هذه المنحنيات في كشف العاصفة.

الشـــكل 6

كسر الزمن الذي تعادل فيه درجة حرارة الضوضاء للسماء في السمت (اللمعان)
الإحداثيات السينية أو تقل عنها في سنة نموذجية



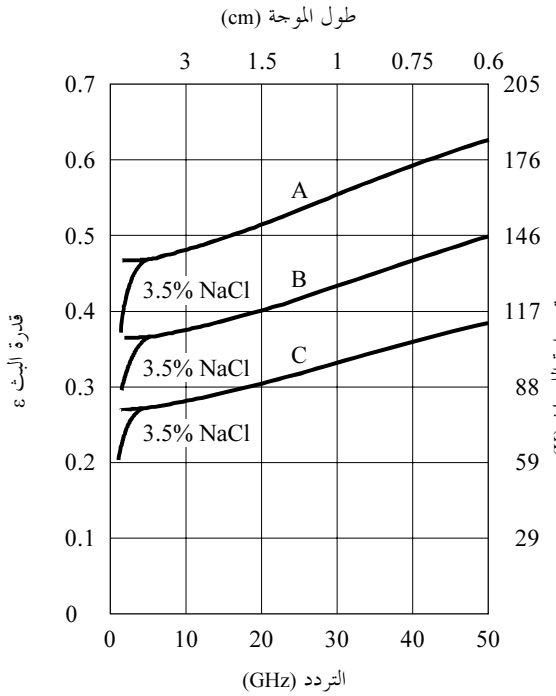
أ) Yuma، أريزونا، الولايات المتحدة الأمريكية (1961، الارتفاع للأمطار: 55 mm)

ب) نيويورك، NY، الولايات المتحدة الأمريكية (1959، الارتفاع الكلي للأمطار: 985 mm)

0372-06

الشـــكل 7

تغيرات قدرة البث ودرجة حرارة اللمعان لسطح البحر

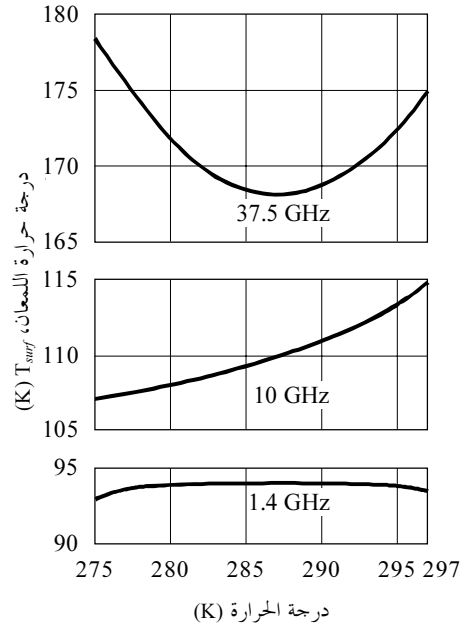


أ) قدرة البث لسطح الماء الساكن

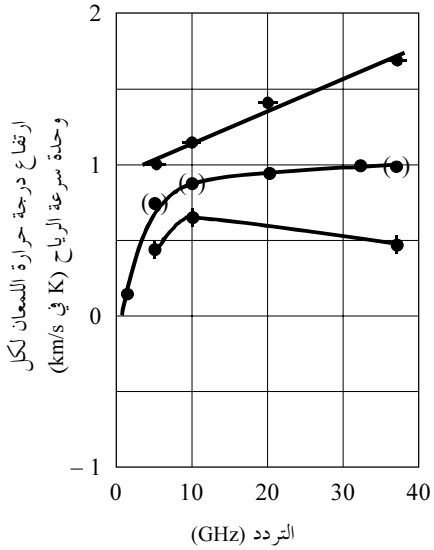
A: الاستقطاب الرأسي

B: زاويتا الورود 45° و 0°

C: الاستقطاب الأفقي



ب) درجة حرارة اللمعان لسطح البحر بدلالة درجة حرارة سطح البحر (زاوية النظير) لملوحة تبلغ 36×10^{-3}



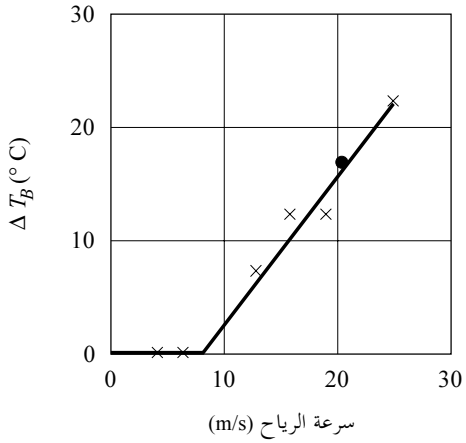
ج) طيف ارتفاع درجة حرارة اللمعان التي تسببها الرياح على سطح المحيط

● زاوية النظير

الاستقطاب الرأسي (38°)

الاستقطاب الأفقي (38°)

استنتاج (●)



د) ارتفاع درجة حرارة اللمعان على سطح المحيط عند 19,35 GHz التي تعزى إلى سرعة الرياح

× المحيط الأطلسي، بحر الشمال

● بحر سالتون

0372-07

تفوق قدرات البث (وبالتالي درجات حرارة اللمعان) لسطوح الأرض قدرات ودرجات حرارة السطوح المائية لأن ثوابت العازل الكهربائي للأرض أقل. ويمثل الشكل 8 أ) درجة حرارة اللمعان لأرض منتظمة بالنسبة إلى معدلات رطوبة مختلفة أما الشكل 8 ب) فيمثل درجة حرارة اللمعان لدرجات متفاوتة من عدم انتظام السطح. وتعطى المنحنيات من أجل استقطابات رأسية وأفقية ودائرية. وإذا ارتفعت درجة الرطوبة تنخفض درجة حرارة اللمعان، وترتفع درجة حرارة اللمعان كلما زاد عدم انتظام الأرض.

ويوضح الشكل 9 حسابات درجات حرارة اللمعان الملاحظة من مدار سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض بمساعدة ساتل يستعمل حزمة تغطي الأرض (بحيث تقع الأرض داخل الحزمة الرئيسية بين النقاط عند 3 dB). ويمكن بحسب تحرك الساتل حول مداره مشاهدة أثر كتلة القارة الإفريقية (الحار) عند خط طول 30º شرقاً وأثر المحيط الهادئ (البارد) عند خط طول من 180º إلى 150º غرباً. وترتفع درجة حرارة اللمعان بزيادة التردد ويعزى ذلك بشكل رئيسي إلى الامتصاص الغازي. وترسم المنحنيات الجو الطبيعي في الولايات المتحدة الأمريكية مع كثافة لبخار الماء تبلغ $2,5\ g/m^3$ وتغطية غيوم حجمها 50%. ويعطى مخطط الإشعاع للهوائي الذي يؤمن تغطية الأرض بالمعادلة $G(\varphi) = -3(\varphi /8,715)^2$ dB مع $0 \le \varphi \le 8,715$ (حيث φ هي زاوية الارتفاع بالنسبة إلى محور التسديد).

5 الضوضاء الاصطناعية

يوضح الشكل 10 القيم المتوسطة لقدرة الضوضاء الاصطناعية[1] من أجل عدد من البيئات. ويتضمن الشكل أيضاً منحنى الضوضاء المجرية (انظر الفقرة 6).

وفي جميع الحالات تتفق النتائج مع التغير الخطي في القيمة المتوسطة F_{am} بدلالة التردد f:

$$F_{am} = c - d \log f \qquad (11)$$

ويعبر عن f بالوحدة MHz وتأخذ c وd القيم المشار إليها في الجدول 1. وتجدر الإشارة إلى أن المعادلة (11) تنطبق على الترددات التي تتراوح ما بين 0,3 و250 MHz لجميع فئات البيئات باستثناء تلك التي تقابل المنحنيين D وE كما هو مبين في الشكل.

الجـــدول 1

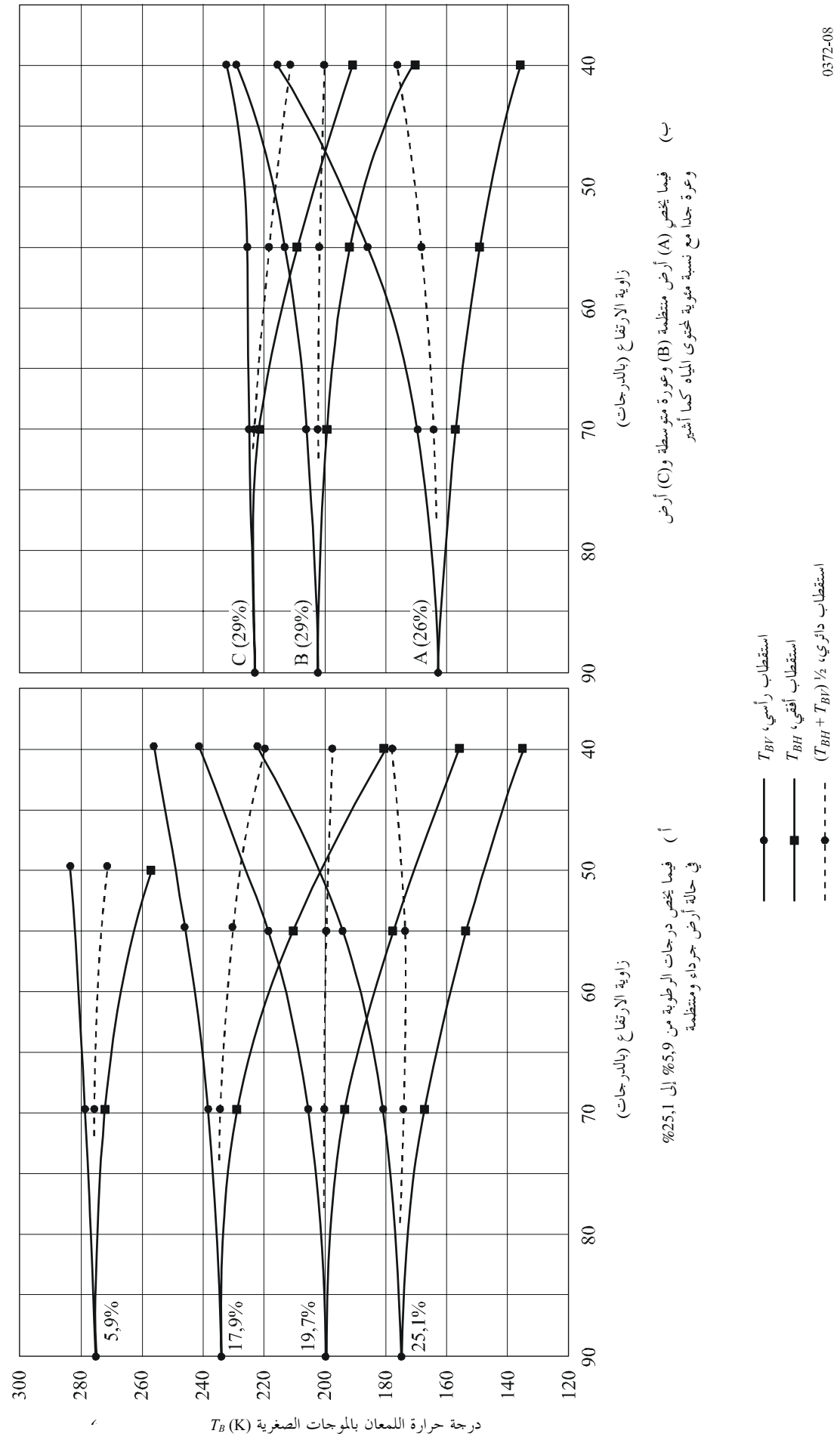
قيم الثابتين *c* و*d*

فئة البيئة	*c*	*d*
مدنية (المنحنى A)	76,8	27,7
سكنية (المنحنى B)	72,5	27,7
ريفية (المنحنى C)	67,2	27,7
ريفية تماماً (المنحنى D)	53,6	28,6
ضوضاء مجرية (المنحنى E)	52,0	23,0

[1] بالنسبة للضوضاء الاصطناعية، تقدم هذه التوصية عامل الضوضاء الخارجية. أي، مركبة الضوضاء ذات التوزيع الغوسي. ويكون للضوضاء الاصطناعية عادة مركبة نبضية وقد يكون لذلك أهمية في التأثير على أداء الشبكات والأنظمة الراديوية.

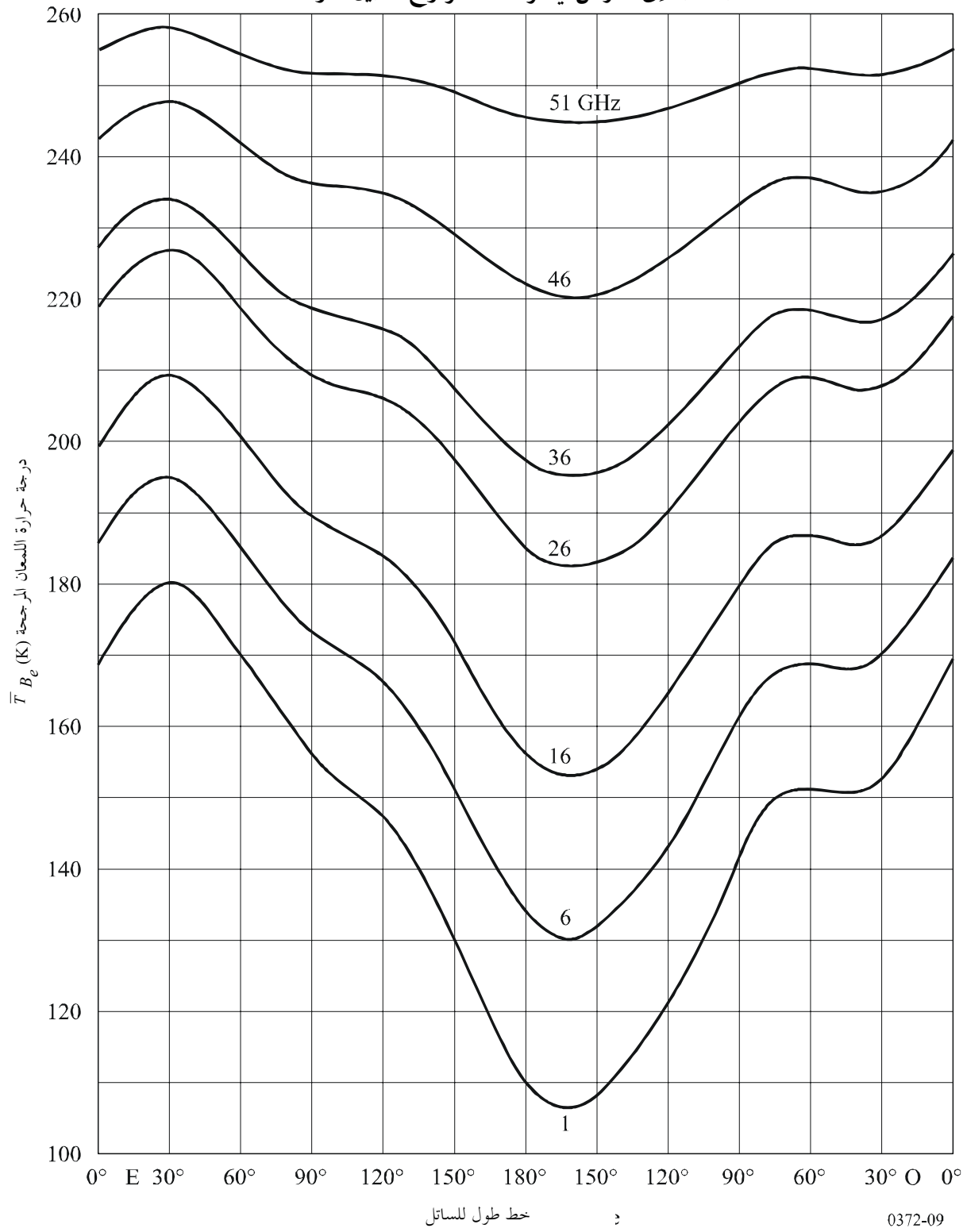
الشكل 8

درجة حرارة اللمعان للأرض عند 1 430 MHz بدلالة زاوية الارتفاع



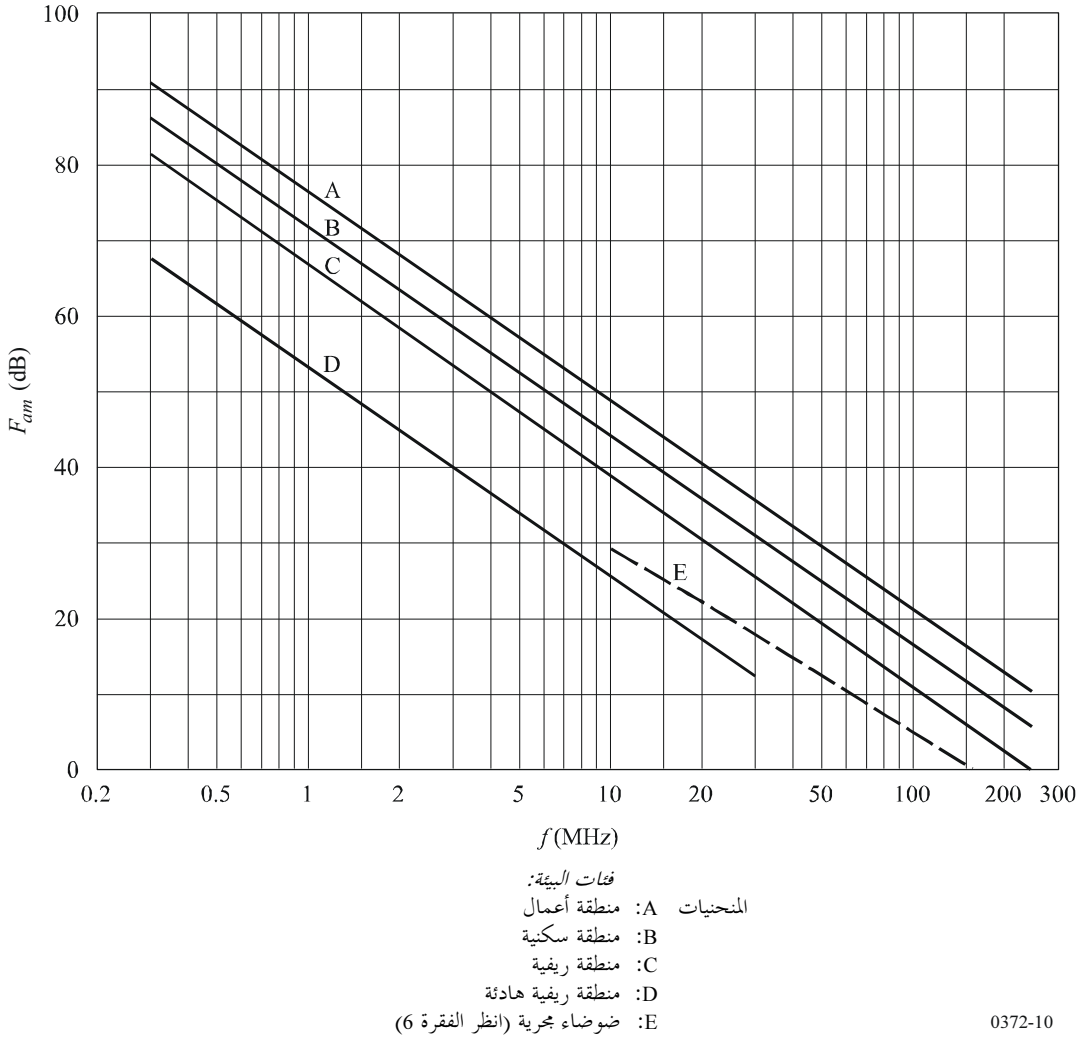
الشـــكل 9

درجة حرارة اللمعان المرجحة للأرض بدلالة خط الطول اعتباراً من ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض في ترددات تتراوح ما بين 1 و51 GHz



الشـــكل 10

القيم المتوسطة لقدرة الضوضاء الاصطناعية المقيسة مع هوائي وحيد الاستقطاب رأسي قصير دون خسارة



وفيما يخص الفئات "منطقة أعمال" و"منطقة سكنية" و"منطقة ريفية"، يعطى لمدى الترددات كله أعلاه متوسط الانحرافين العشيرين الأعلى والأدنى D_u وD_l، لقدرة الضوضاء بدلالة موقع معين في الجدول 2. ويمكن افتراض أن قيم الانحراف هذه غير مترابطة وأن التوزيع الشبه لوغاريتمي الطبيعي في كل حد من حدي المتوسط يعد ملائماً. وقد قيست هذه القيم في سبعينات القرن الماضي وقد تتغير مع الزمن، طبقاً للأنشطة التي قد ينشأ عنها ضوضاء اصطناعية.

الجـــدول 2

قيم الانحرافات العشرية للضوضاء الاصطناعية

الفئة	الحد العشري	التغير مع الزمن (dB)	التغير مع الموقع (dB)
مدينة	أعلى	11,0	8,4
	أدنى	6,7	8,4
منطقة سكنية	أعلى	10,6	5,8
	أدنى	5,3	5,8
منطقة ريفية	أعلى	9,2	6,8
	أدنى	4,6	6,8

والمعلومات المقدمة أعلاه بشأن الضوضاء الاصطناعية تم الحصول عليها من قياسات أجريت منذ بضع سنوات. وقد أكدت قياسات أجريت في أوروبا في الفترة 2007/2006 على عوامل الضوضاء الواردة أعلاه بصورة مجملة. وقد تمت جدولة هذه النتائج في الجدولين 3 و4.

الجـــدول 3

قياسات للضوضاء الاصطناعية خارج المباني أجريت في أوروبا

التردد (MHz)	عامل الضوضاء المتوسط F_a (dB rel kT_0b)			الانحراف العشري الأعلى			الانحراف العشري الأدنى		
	مدينة	منطقة سكنية	منطقة ريفية	مدينة	منطقة سكنية	منطقة ريفية	مدينة	منطقة سكنية	منطقة ريفية
35	23	17	16	7	5	1	1,5	2	2
140	12	8	6	4	2	2	3	3,5	2
210	16	8	5	1	2	1	2	1	2
270	6	4	4	2	2	1	2	1	1
425	6	4	3	1	2	1	1	1	1

الجـــدول 4

قياسات للضوضاء الاصطناعية داخل المباني أجريت في أوروبا

التردد (MHz)	عامل الضوضاء المتوسط F_a (dB rel kT_0b)		الانحراف العشري الأعلى		الانحراف العشري الأدنى	
	مدينة	منطقة سكنية	مدينة	منطقة سكنية	مدينة	منطقة سكنية
210	14	5	3	3	2	1
425	16	3	4	1	1	1

6 درجة حرارة اللمعان التي تعزى إلى مصادر من خارج الأرض

فيما يخص الاتصالات في ترددات تقل عن 2 GHz يجب كقاعدة عامة مراعاة الشمس والمجرة (درب اللبانة) والتي تظهر كحزام واسع من البث الكثيف. وفيما يخص الترددات التي تصل إلى 100 MHz تقريباً يعطى عامل الضوضاء المتوسط بالنسبة إلى الضوضاء المجرية مع تجاهل أثر الحجب الأيونوسفيري بالمعادلة التالية:

$$F_{am} = 52 - 23 \log f \qquad (12)$$

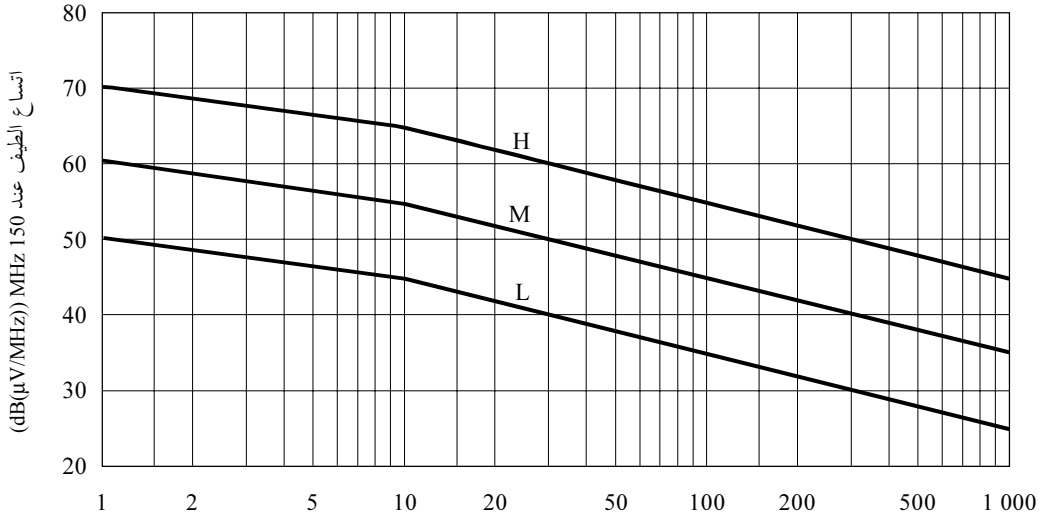
حيث:

f: التردد (MHz).

وفيما يخص الترددات التي تزيد عن 2 GHz يكفي مراعاة الشمس وبعض المصادر غير الحرارية والكثيفة جداً مثل ذات الكرسي A وكوكبة الدجاجة A وسديم السرطان لأن درجة حرارة الضوضاء الخلفية الكونية لا تساهم سوى بمقدار 2,7 K وأن (درب اللبانة) يمثل منطقة ضيقة ذات كثافة عالية إلى حد ما. ويوضح الشكل 12 مدى درجة حرارة اللمعان لمصادر الضوضاء الشائعة من خارج الأرض في مدى الترددات من 0,1-100 GHz.

الشـــكل 11

توزيع اتساع الضوضاء في محطة قاعدة (MHz 150)



فيما يخص ترددات غير الترددات 150 MHz ترفع
أو تخفَّض المنحنيات H وM وL طبقاً للصيغة التالية:

$$A = C + 10 \log V - 28 \log f$$

حيث يعبر عن A بوحدات dB (μV/MHz) لكل 10 نبضات في الثانية.

المنحنيات H: موقع في سوية ضوضاء عالية ($V = 100$)

M: موقع في سوية ضوضاء معتدلة ($V = 10$)

L: موقع في سوية ضوضاء ضعيفة ($V = 1$)

0372-11

وتعرض الأشكال 13 أ) و13 ب) و13 ج) و13 د) منحنيات درجة حرارة السماء الراديوية الكلية عند 408 MHz المملسة باستبانة زاوية قدرها 5°. وتعطى هذه المنحنيات بإحداثيات استوائية، الميل δ (خط عرض) والطالع المستقيم α (ساعات في الشرق حول خط الاستواء اعتباراً من خط الاعتدال الربيعي). وتتدرج الأكفة مباشرة بانحراف (K) نسبة إلى 2,7 K حيث تبلغ الدقة 1 K. وتكون الفواصل بين الأكفة كالآتي:

- 2 K تحت 60 K،
- 4 K من 60 إلى 100 K،
- 10 K من 100 K إلى 200 K،
- 20 K فوق 200 K.

وتسدد الأسهم فوق الخطوط غير الموسمة للأكفة باتجاه عقارب الساعة حول حد أدنى من توزيع اللمعان.

ويحدد المنحنى الجيبي ذو الخطوط المتقطعة بين ±23,5° في الشكلين 13 أ) و13 د) الإهليلج الذي يجتاز درب اللبانة بالقرب من المركز المجري. مما يعني أنه في حال رصد مركبة فضائية في الفضاء ما بين الكواكب قد يلزم هذا الأمر. ويشار إلى المصادر النقطية الأكثر كثافة بذرى ضيقة لتوزيع درجة الحرارة بينما يتقلص ظهور المصادر الأضعف بسبب الاستبانة الزاوية المحدودة.

يتغير إشعاع الخلفية المجرية بدلالة التردد وللحصول على درجات حرارة اللمعان عند ترددات أخرى f_i لإشعاع الخلفية تستعمل الصيغة التالية:

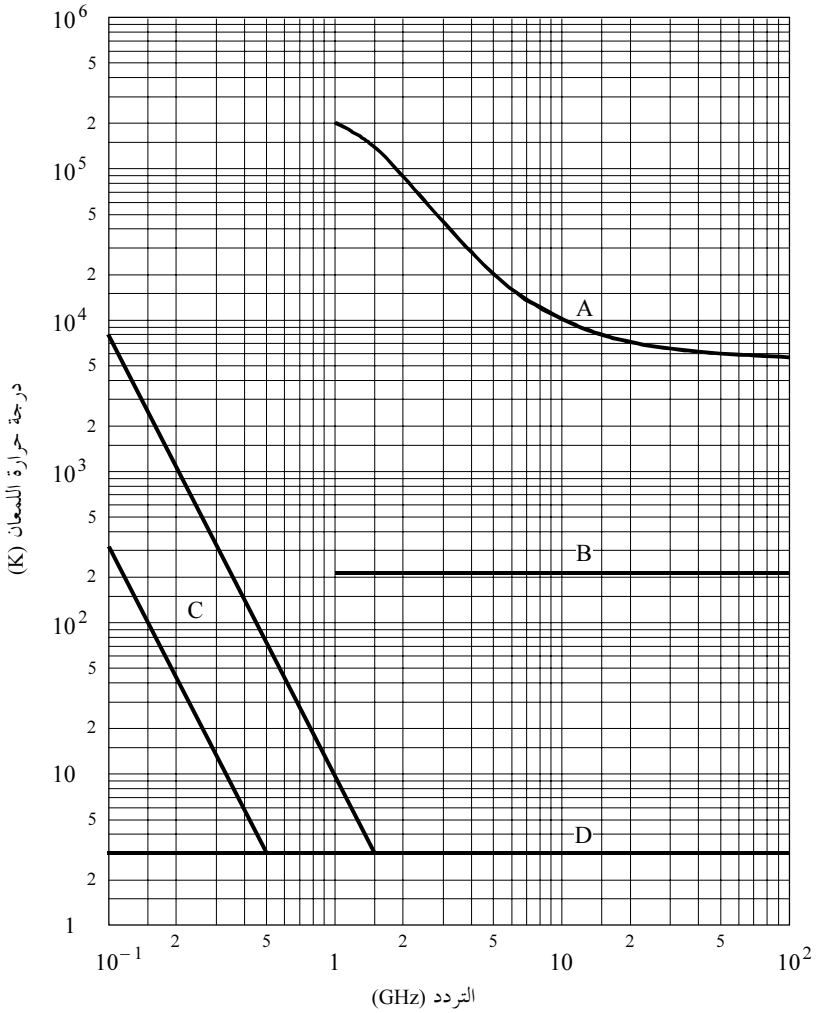
$$t_b(f_i) = t_b(f_0)\,(f_i / f_0)^{-2.75} + 2{,}7 \quad \text{K} \tag{13}$$

وعلى ذلك فعندما t_b = 200 K، f_0 = 408 MHz وf_i = 1 GHz يمكن أن يؤدي الاستكمال الخارجي إلى ما يلي:

$$t_b = 19{,}7 \quad \text{K}$$

الشـــكل 12

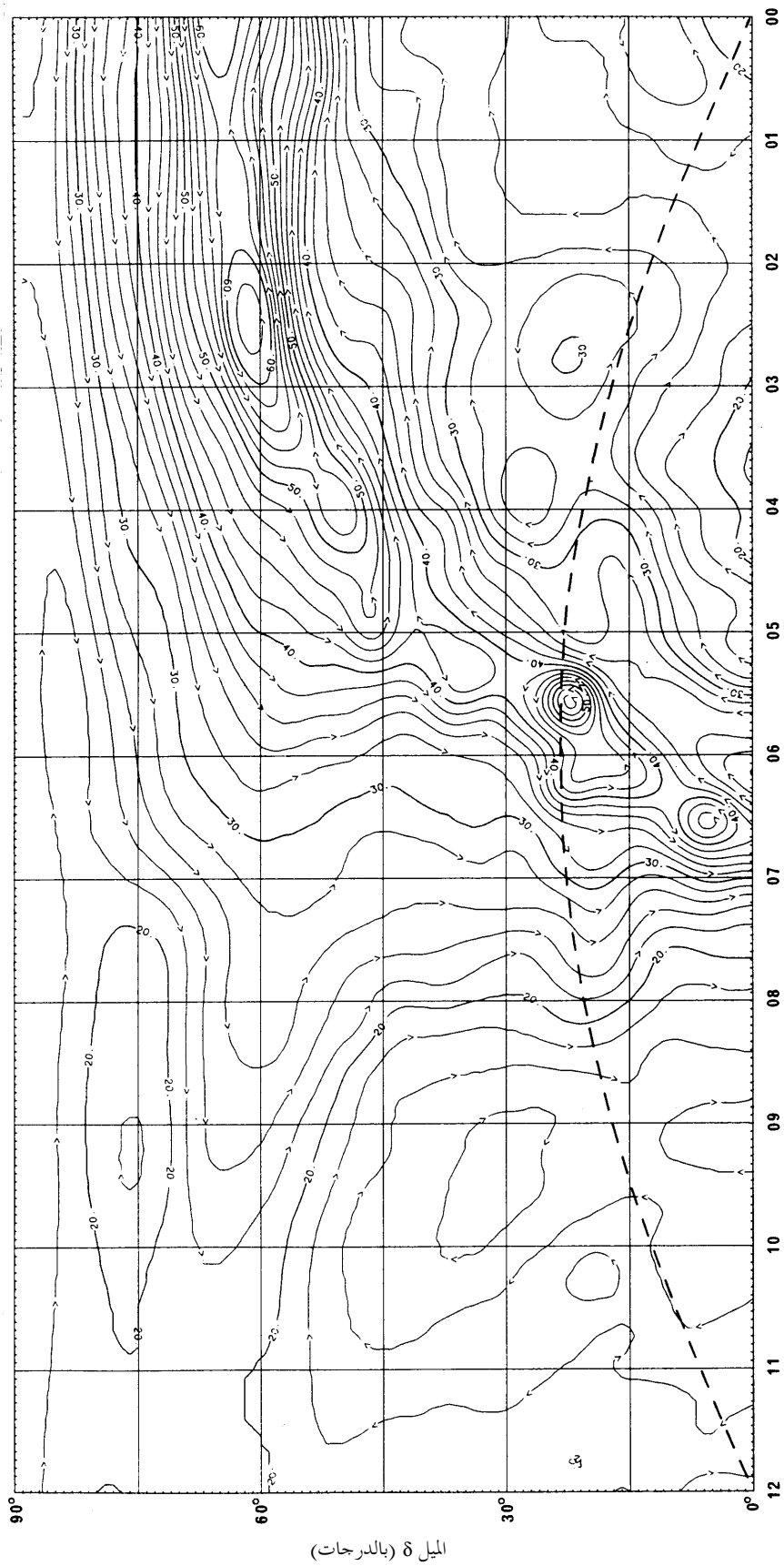
مصادر الضوضاء من خارج الأرض



وللحصول على استكمال خارجي أدق باستعمال هذه الصيغة، يجدر مراعاة تغيرات الأس على مدى الترددات كله وعبر السماء بأكملها. وفيما يخص المصادر النقطية، يعتمد تغير الكثافة بدلالة التردد على الشروط الفيزيائية المختلفة لهذه المصادر.

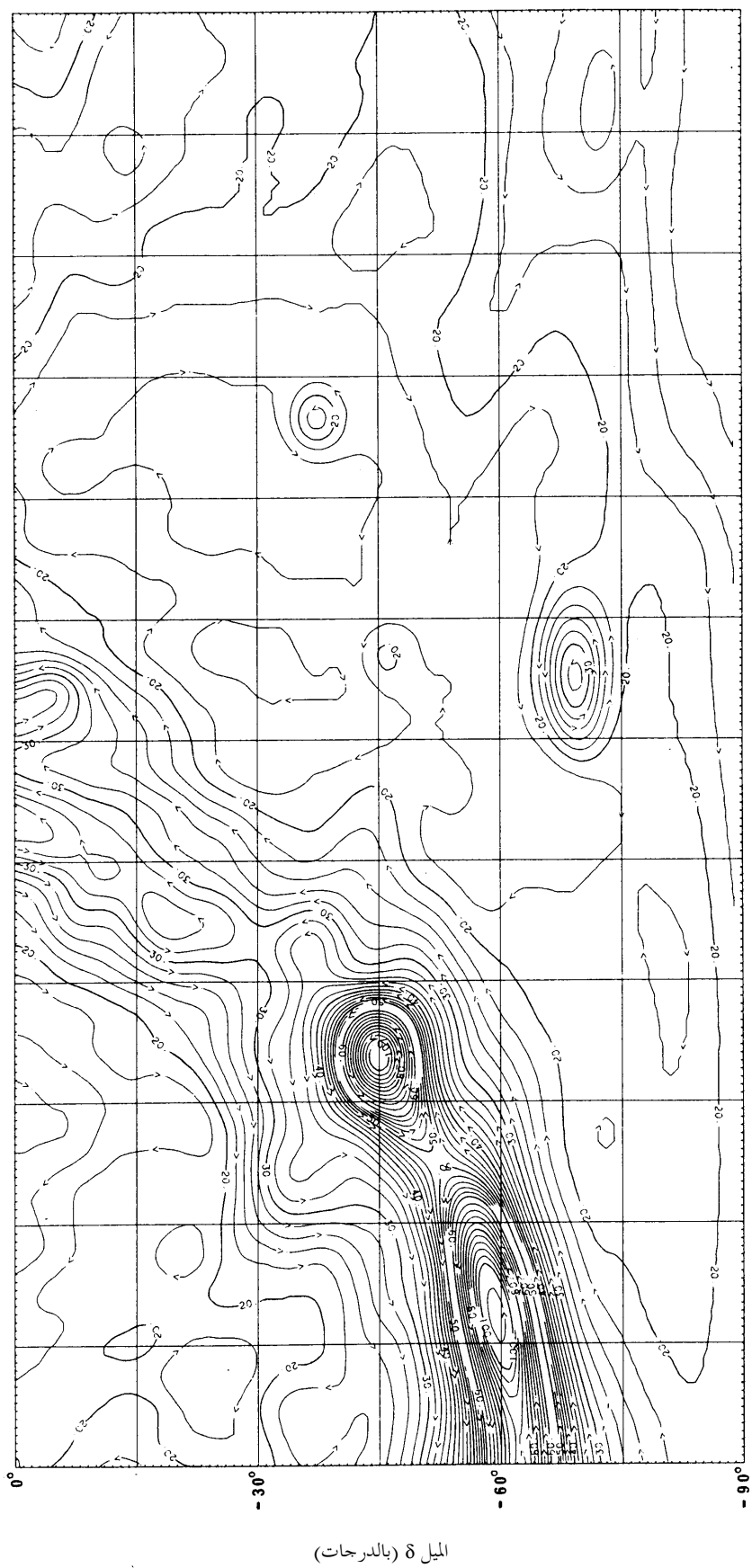
وفيما يتعلق بالاتصالات الساتلية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، لا ينطوي سوى جزء محدود من السماء على أهمية خاصة كما يوضح الشكل 14 أ). ويعطي الشكل 14 ب) المدى المقابل للميلين (±8,7°) ويشير إلى المصادر الراديوية الأكثر كثافة.

الشـكل 13 أ)
درجة حرارة السماء الراديوية عند 408 MHz



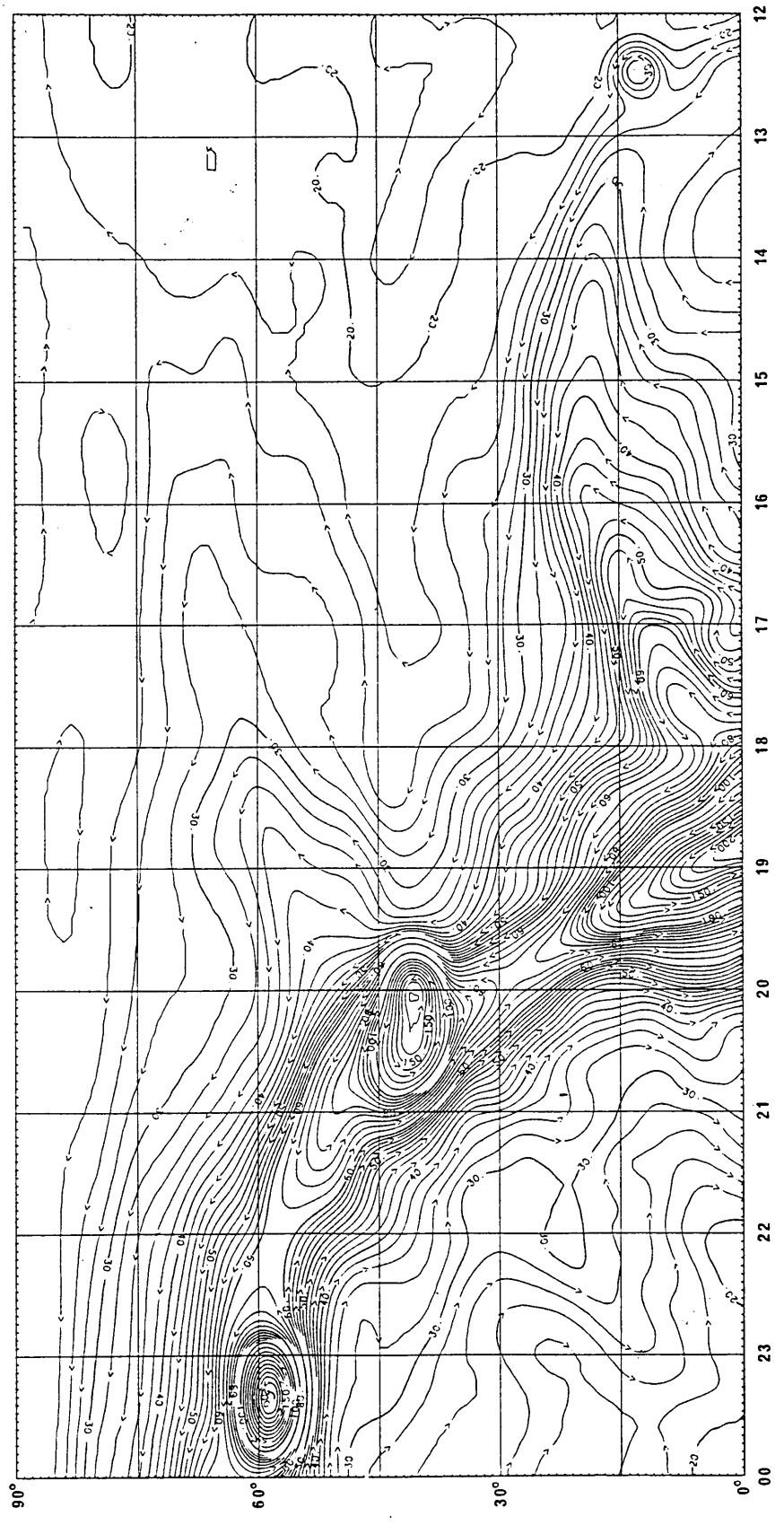
الشـــكل 13 ب)

درجة حرارة السماء الراديوية عند 408 MHz



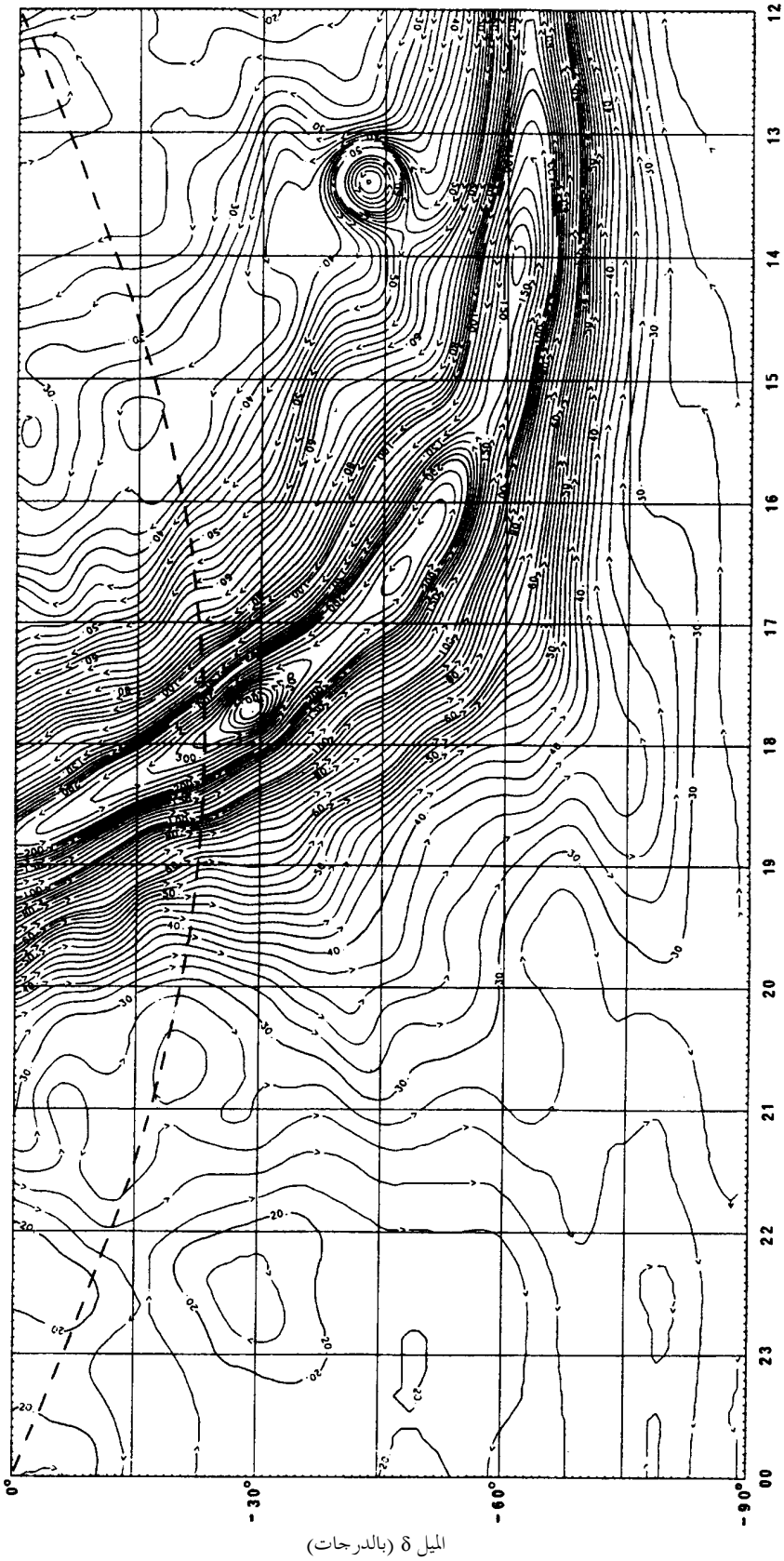
الشـكل 13 ج)

درجة حرارة السماء الراديوية عند 408 MHz



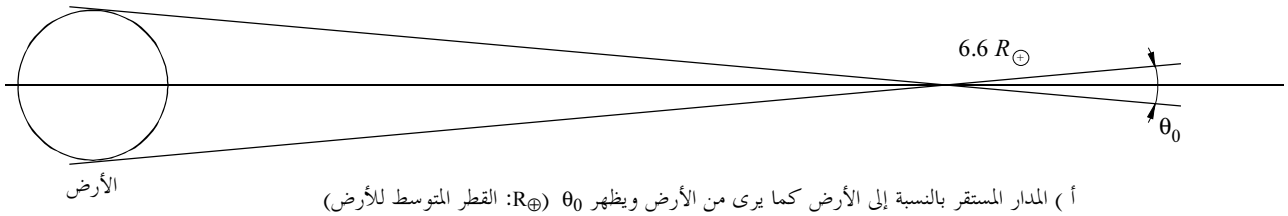
الشـــكل 13 د)

درجة حرارة السماء الراديوية عند 408 MHz

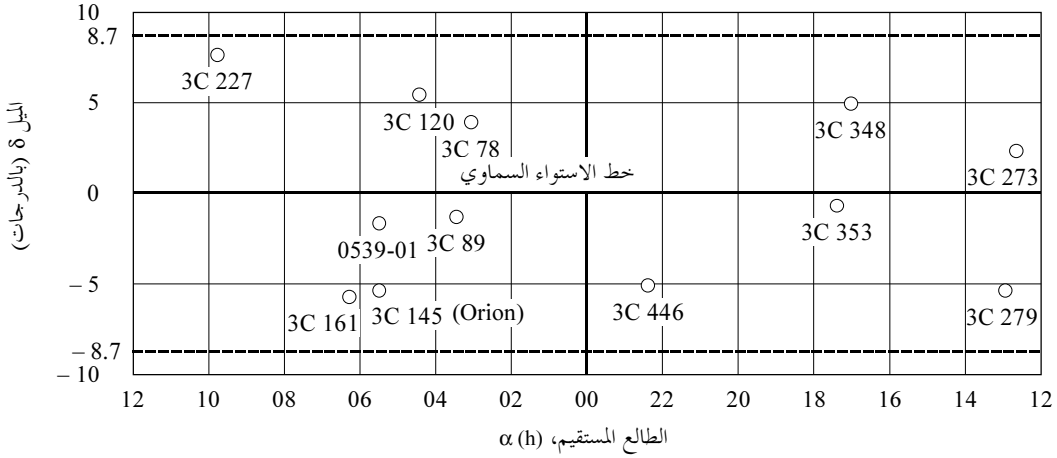


الشـــكل 14

الجزء من السماء الذي ينطوي على أهمية خاصة بالنسبة إلى الاتصالات الساتلية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض



أ) المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض كما يرى من الأرض ويظهر θ_0 ($R_\oplus$: القطر المتوسط للأرض)



ب) موقع المصادر الراديوية الأكثر قدرة (O) من أجل نطاق يبلغ ±8,7° في جانبي خط الاستواء السماوي.وتشير الأرقام إلى تعيينات الفهرس مثل 3C التي تشير إلى "third Cambridge".

0372-14

وتشكل الشمس مصدراً قوياً من مصادر الضوضاء المتغيرة؛ وتبلغ درجة حرارة الضوضاء الخاصة بها حوالي 10^6 K عند ترددات بين 50 و200 MHz و10^4 K على الأقل عند 10 GHz في فترة النشاط الشمسي الضعيف. وترتفع هذه القيم بشدة في مراحل الاضطرابات الشمسية. وتعد درجة حرارة اللمعان للقمر مستقلة تقريباً عن التردد فوق 1 GHz وهي تتغير من 140 K (حين يكون القمر هلالاً) و280 K (حين يصبح بدراً). ويكون المسير الشمسي في المستوي الإهليلجي (الخط المتقطع في الشكل 13). ويلاحظ القمر تحت ميل يبلغ ±5° بالنسبة إلى المستوي الإهليلجي.

7 الضوضاء الجوية التي تعزى إلى البرق

تعرض الأشكال من 15 أ) إلى 38 أ) خرائط عالمية تشير إلى القيم المتوسطة المتوقعة لضوضاء الخلفية الجوية الراديوية F_{am} بوحدات dB فوق $k\,T_0\,b$ عند التردد 1 MHz لكل فصل ولكل فدرة زمنية تبلغ 4 ساعات بالتوقيت المحلي. ويشار إلى تغير F_{am} بدلالة التردد لكل فدرة زمنية فصلية في الأشكال 15 ب) إلى 38 ب). أما التغير بدلالة التردد لمعلمات الضوضاء الأخرى فيرد في الأشكال 15 ج) إلى 38 ج). وقد استعمل فيما يخص تقديرات الضوضاء الجوية هذه هوائي مرجعي وحيد الاستقطاب رأسي قصير وضع على سطح أرضي جيد التوصيل. ويمكن حساب شدة مجال الورود، انظر الفقرة 2.

وسيلاحظ أن قيم الضوضاء الجوية تشير إلى أنها تكون أقل من السويات المتوقعة للضوضاء الاصطناعية وللضوضاء المجرية. ويفترض ألا تستعمل هذه القيم سوى بحذر لأنها لا تمثل سوى تقديرات لسويات الضوضاء الجوية التي تسجل في حال غياب الأنماط الأخرى من الضوضاء. ومع ذلك يبين فحص المعطيات أن هذه السويات المنخفضة لا تقاس فعلياً إلا في حالات نادرة.

والضوضاء الجوية الناجمة عن البرق غير غوسية في طبيعتها بوجه عام ودالة كثافة احتمالها قد تكون مهمة في تحديد أداء الأنظمة الرقمية. ويشرح توزيع احتمال الاتساع (APD) لهذا النمط من الضوضاء بمعلومية انحراف الفولطية V_d، وهو النسبة بين جذر مربع التربيع ومتوسط فولطية غلاف الضوضاء.

وترد منحنيات توزيع احتمال الاتساعات (APD) التي تقابل قيم V_d المختلفة في الشكل 39 وتتخذ كمرجع جذر متوسط تربيع فولطية الغلاف A_{rms}. وتتغير قيم V_d المقاسة بالنسبة إلى القيمة المتوسطة المتوقعة V_{dm} ويمثل الرمز σ_{vd} هذا التغير. ويمكن استعمال المنحنيات APD من أجل عروض نطاقات متنوعة جداً. وتخص تقديرات V_d (الأشكال 15 ج) إلى 38 ج)) عرض نطاق يبلغ 200 Hz. ويوفر الشكل 40 وسيلة لتحويل قيمة V_d عند 200 Hz إلى قيم V_d المقابلة لعروض نطاق أخرى. ولا ينطبق الشكل 40 سوى على ترددات الموجات الهكتومترية MF والديكامترية HF لذا يتطلب تطبيق هذه النتائج على الترددات الدنيا (أي LF وVLF وELF) حذراً شديداً.

وتستعمل الأشكال بالطريقة التالية: يمكن الحصول على قيمة F_{am} عند 1 MHz في خرائط الضوضاء (الأشكال 15 أ) إلى 38 أ)) بالنسبة للفصل الخاضع للبحث وباستعمال هذه القيمة لتحديد الضوضاء يمكن تحديد قيمة F_{am} للتردد المطلوب من منحنيات الترددات (الأشكال 15 ب) إلى 38 ب)). ويمكن الحصول على معلمات التغيير σ_{Fam} وD_u وσ_{Du} للتردد المطلوب من الأشكال 15 ج) إلى 38 ج). كما يمكن الحصول على قيمتي D وσ_D لنسب مئوية أخرى من الزمن بافتراض توزيعات شبه لوغاريتمية عادية على جانبي القيم المتوسطة.

8 تركيبة الضوضاء المنبعثة من مصادر عديدة

توجد حالات يلزم فيها مراعاة أكثر من نمط واحد من أنماط الضوضاء وذلك لأن هناك نمطين أو أكثر تتشابه في قيمتها. وهذا صحيح في أي تردد بشكل عام. لكن يمكن غالباً ملاحظة هذه الظاهرة في ترددات الموجات الديكامترية حيث تتشابه قيم الضوضاء الجوية والاصطناعية والمجرية (الشكل 2، 10 MHz، على سبيل المثال).

وعامل الضوضاء لكل مصدر من مصادر الضوضاء المحددة أعلاه، F_a (dB)، يفترض أن له توزيعاً يمثل بتوزيعين شبه عاديين على جانبي القيمة المتوسطة، F_{am}. وللجانب الأدنى من التوزيع الشبه عادي انحراف معياري σ_l (= D_l/1,282) تحت القيمة المتوسطة والانحراف المعياري للجانب الأعلى من التوزيع σ_u (= D_u/1,282) فوق القيمة المتوسطة. ولقيم عامل الضوضاء المقابلة f_a (W) توزيعات لوغاريتمية عادية على جانبي القيمة المتوسطة.

ويمكن الحصول على القيمة المتوسطة، F_{amT}، والانحراف المعياري، σ_T، لعامل الضوضاء لمجموع عمليتين أو أكثر من عمليات الضوضاء من المعادلتين:

$$F_{amT} = c\left[\ln(\alpha_T) - \frac{\sigma_T^2}{2c^2}\right] \quad \text{dB} \tag{14}$$

$$\sigma_T = c\sqrt{\ln\left(1+\frac{\beta_T}{\alpha_T^2}\right)} \quad \text{dB} \tag{15}$$

حيث:

$$c = 10/\ln(10) = 4{,}343 \tag{16}$$

$$\alpha_T = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i = \sum_{i=1}^{n} \exp\left[\frac{F_{ami}}{c} + \frac{\sigma_i^2}{2c^2}\right] \quad \text{W} \tag{17}$$

$$\beta_T = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^2 \left[\exp\left(\frac{\sigma_i^2}{c^2}\right) - 1\right] \quad \text{W}^2 \tag{18}$$

حيث F_{ami} وσ_i هما القيمة المتوسطة والانحراف المعياري لعامل الضوضاء لكل مكون من مكونات مصادر الضوضاء. وبالنسبة للضوضاء الجوية، تستخرج هذه القيم من الأشكال 15 إلى 38. وبالنسبة للضوضاء الاصطناعية فإنها تستخرج من الشكل 10 والجدول 2. فيما يتحصل على F_{am} للضوضاء المجرية من المعادلة (12) والانحراف σ_i يضبط على القيمة 1,56 dB (= 3/1,282).

ويتحصل على الانحراف العشري الأعلى، D_{uT}، لعامل الضوضاء لمجموع عمليتين أو أكثر من عمليات الضوضاء بالمعادلة:

$$D_{uT} = 1{,}282\ \sigma_T \quad \text{dB} \tag{19}$$

حيث يحسب σ_T باستعمال الانحرافات العشرية الأعلى لمكونات الضوضاء الخاصة بحساب σ_i (= D_u /1,282) في المعادلتين (17) و(18).

ويتحصل على الانحراف العشري الأدنى، D_{lT}، لعامل الضوضاء لمجموع عمليتين أو أكثر من عمليات الضوضاء من المعادلة:

$$D_{lT} = 1{,}282\ \sigma_T \quad \text{dB} \tag{20}$$

حيث تحسب σ_T، باستعمال الانحرافات العشرية الدنيا لمكونات الضوضاء الخاصة بحساب σ_i (= D_l /1,282) في المعادلتين (17) و(18).

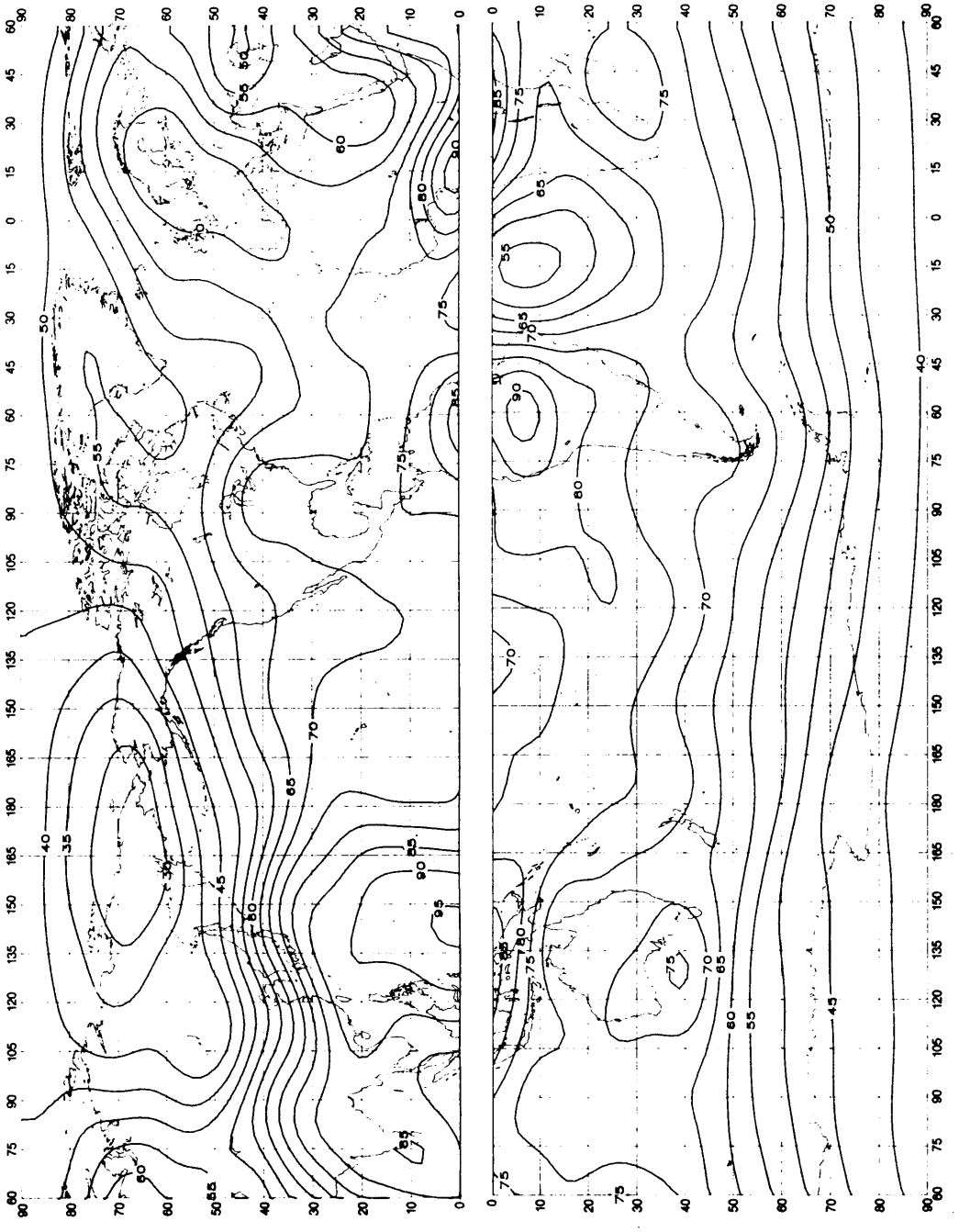
وعندما يتجاوز الانحراف العشري الأعلى لعامل الضوضاء لمكونة ضوضاء واحدة على الأقل 12 dB، فإن σ_T المحسوبة بالمعادلات (15) إلى (18) باستعمال الانحرافات العشرية الأعلى لمكونات الضوضاء، ينبغي لها أن تتقيد بقيمة قصوى قدرها:

$$\sigma_T = c\sqrt{2\ln\left(\frac{\alpha_T}{\gamma_T}\right)} \quad \text{dB} \tag{21}$$

حيث γ_T هو عامل الضوضاء لمجموع أسي بسيط للقيم المتوسطة الإفرادية لعامل الضوضاء:

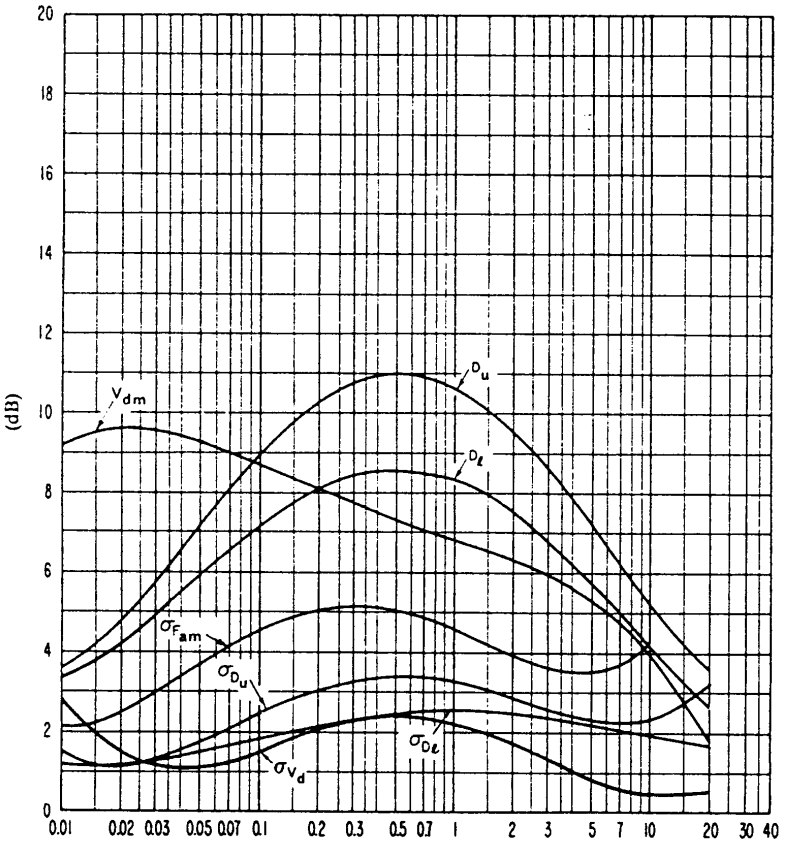
$$\gamma_T = \sum_{i=1}^{n} \exp\left(\frac{F_{ami}}{c}\right) \quad \text{W} \tag{22}$$

وبالمثل، عندما يتجاوز الانحراف العشري الأدنى لعامل الضوضاء لمكونة ضوضاء واحدة على الأقل 12 dB، فإن σ_T المحسوبة بالمعادلات (15) إلى (18) باستعمال الانحرافات العشرية الدنيا لمكونات الضوضاء، ينبغي لها أن تتقيد بالقيمة القصوى المعطاة في المعادلة (21).



0372-15a

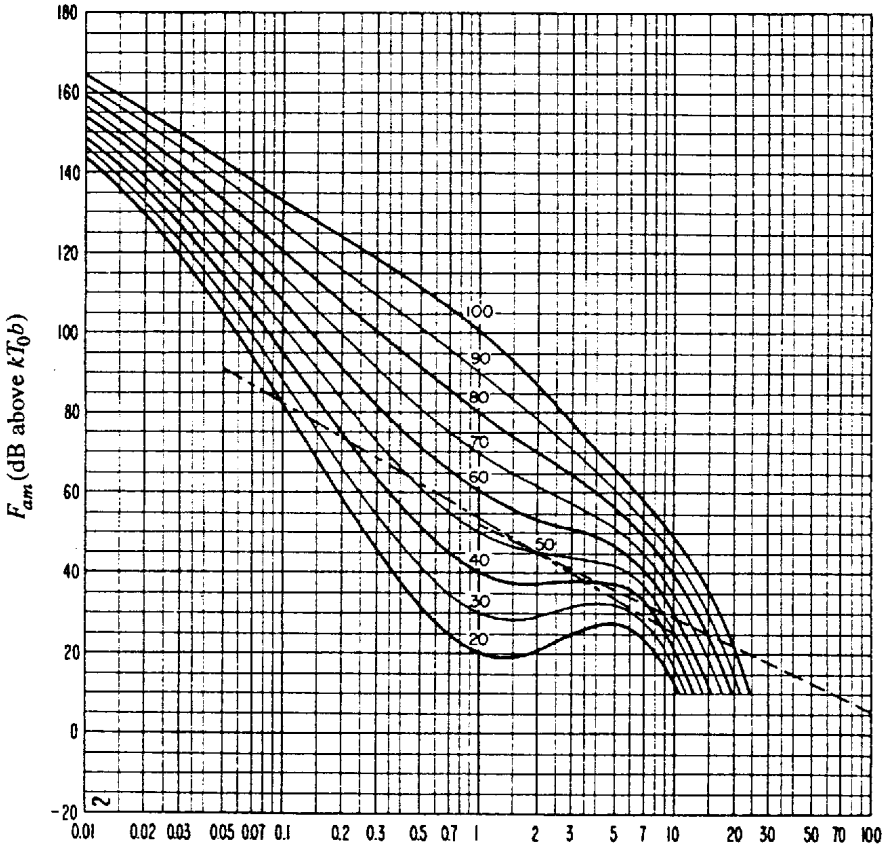
الشكل 15 أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الشتاء: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 15 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الشتاء: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

σ_{Fam} : الانحراف النموذجي لقيم F_{am}
D_u : نسبة العشير الأعلى إلى قيمة F_{am} المتوسطة
σ_{Du} : الانحراف النموذجي لقيم D_U
D_l : نسبة قيمة F_{am} المتوسطة إلى العشير الأدنى
σ_{Dl} : الانحراف النموذجي لقيم D_l
V_{dm} : القيمة المتوقعة للانحراف المتوسط للتوتر الوسطي
(القيم الخاصة بعرض نطاق يبلغ 200 Hz)
σ_{vd} : الانحراف النموذجي لقيم V_d

0372-15b

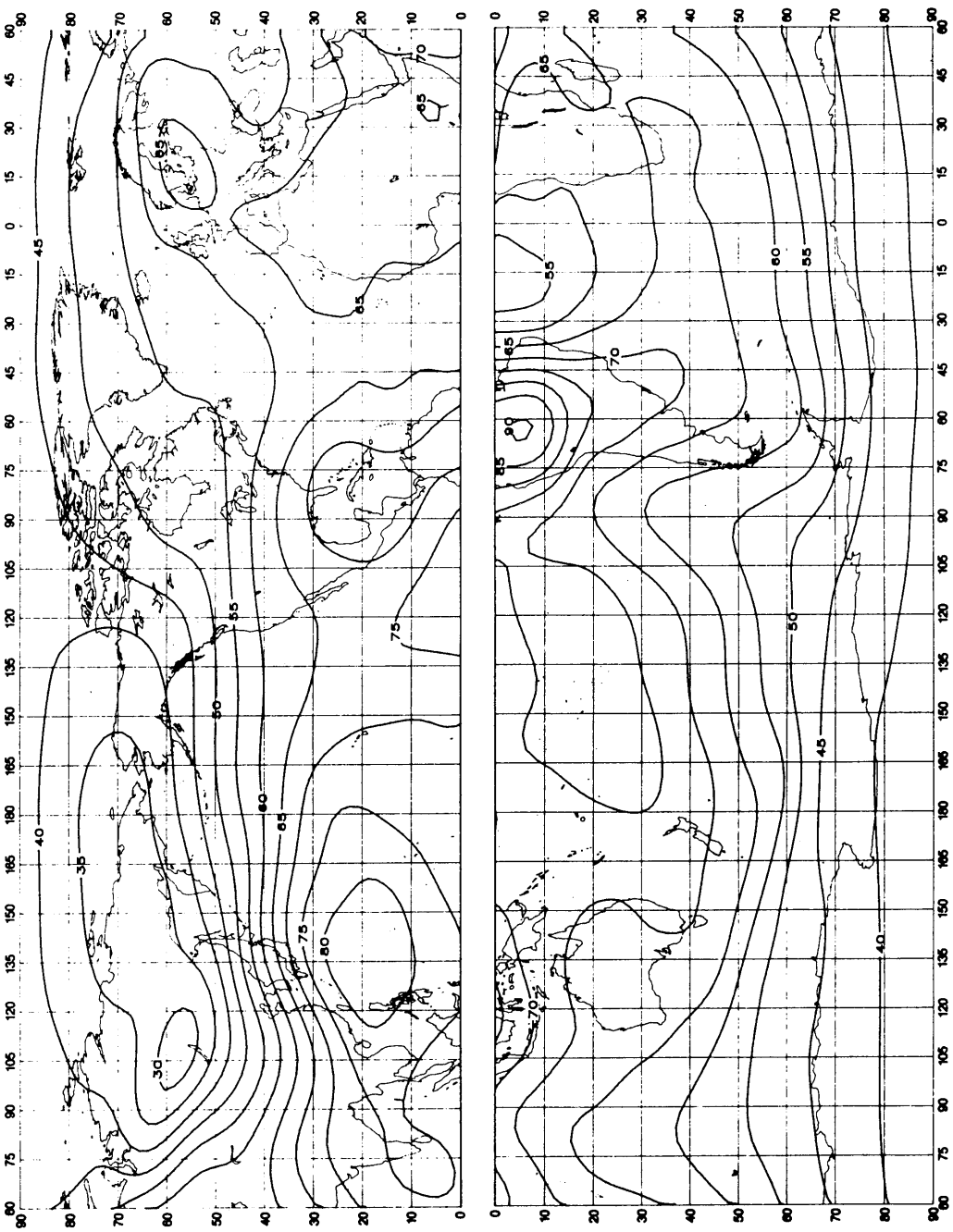


الشـــكل 15 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الشتاء: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

القيم المتوقعة للضوضاء الجوية

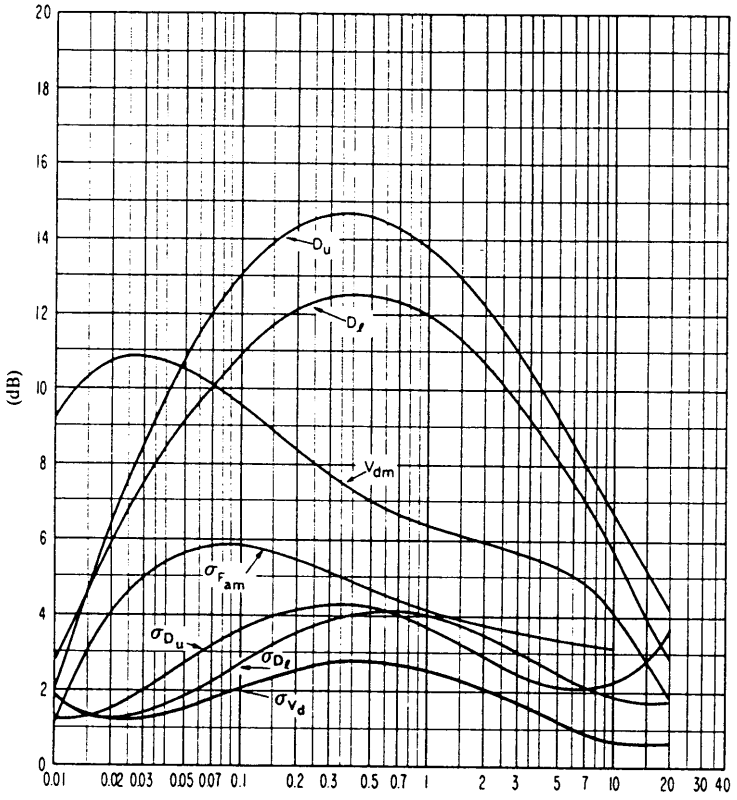
القيم المتوقعة الاصطناعية في موقع استقبال هادئ

القيم المتوقعة للضوضاء المجرية



0372-16a

الشكل 16أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (للشتاء: 0800-0400 بالتوقيت المحلي)

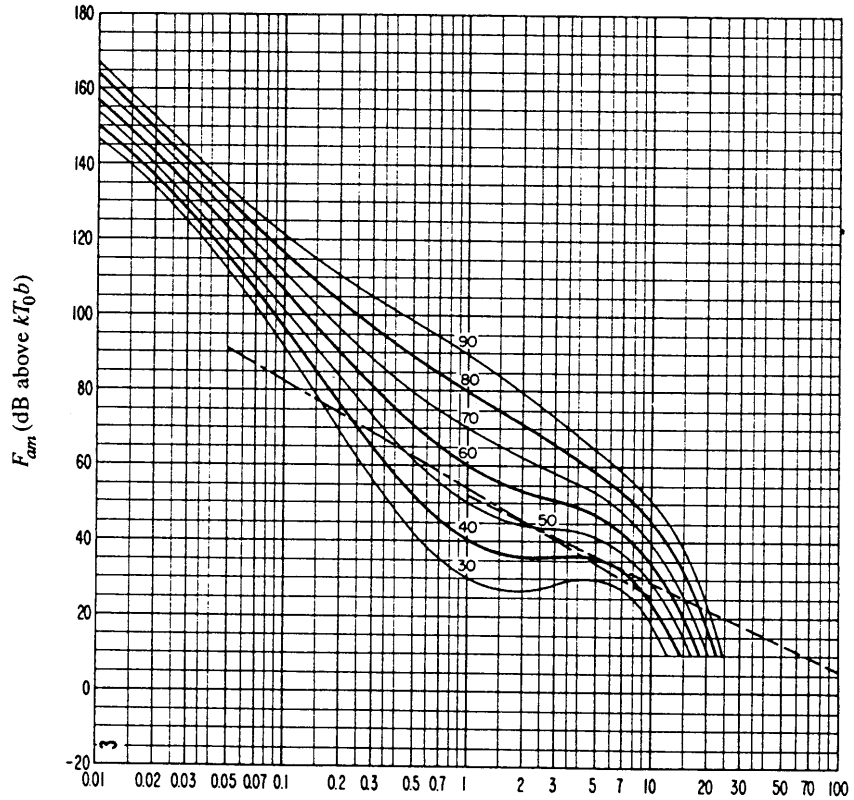


التردد (MHz)

الشـــكل 16 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الشتاء: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

0372-16b

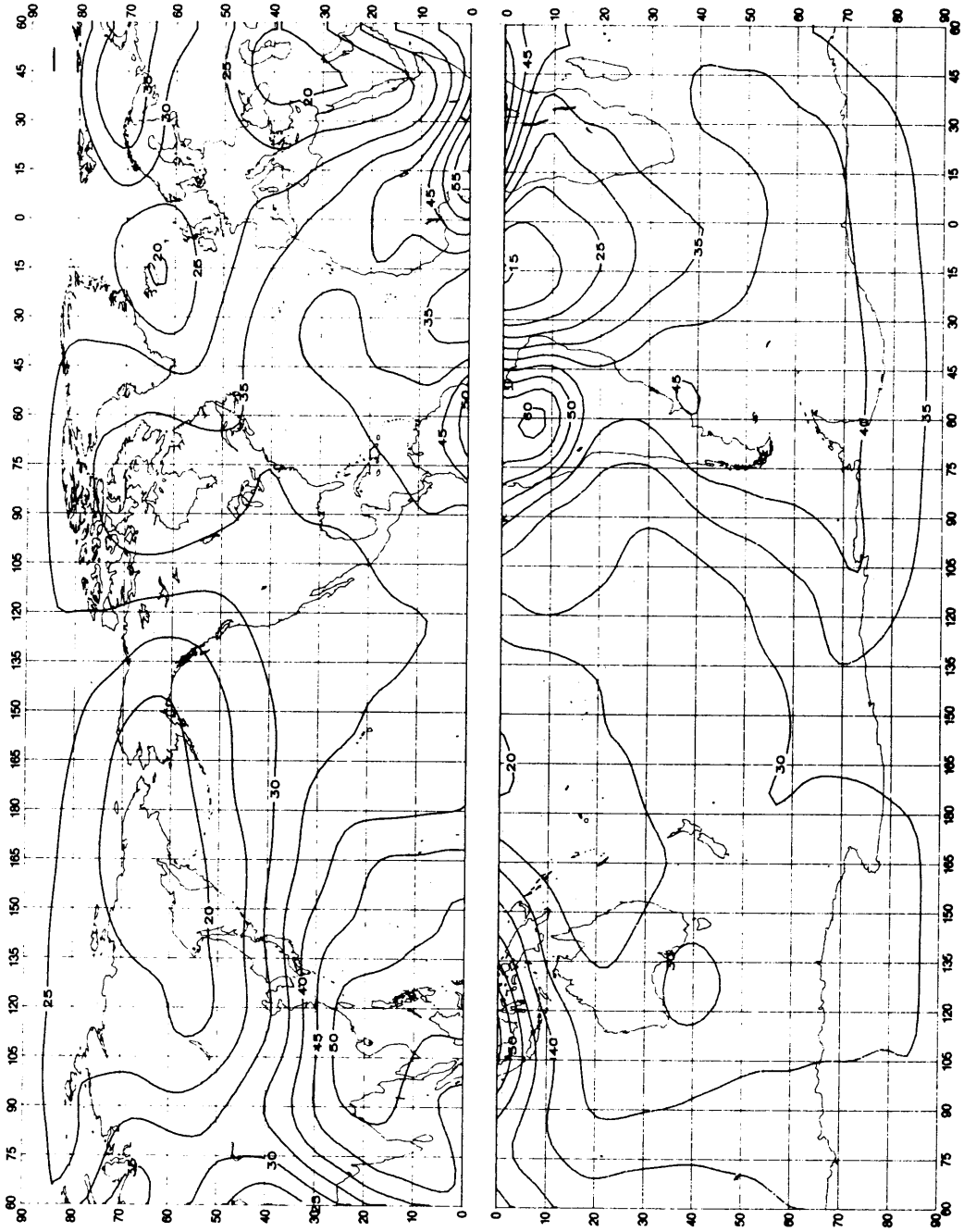
انظر شرح الشكل 15 ج)



التردد (MHz)

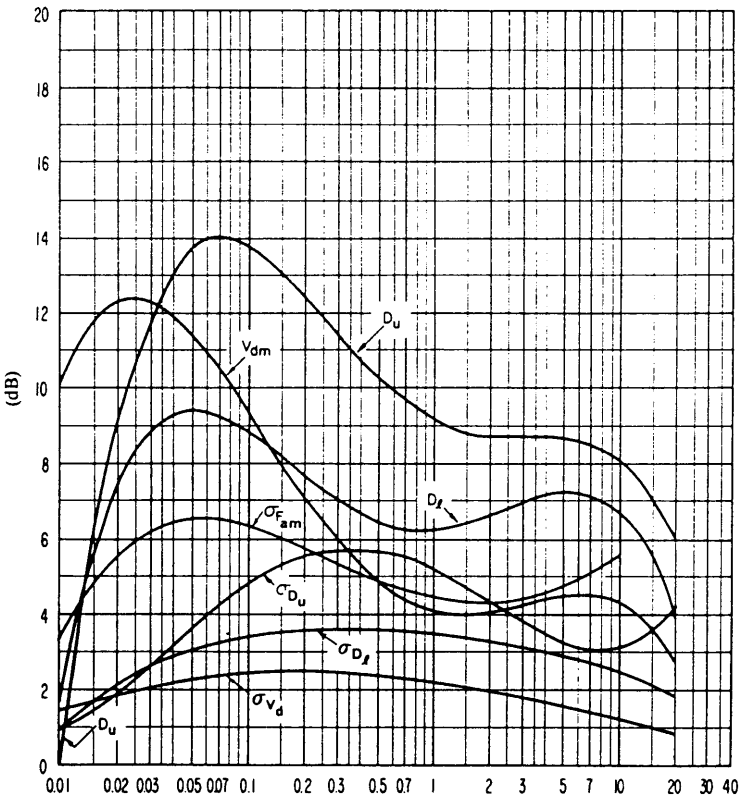
الشـــكل 16 ب) *تغير الضوضاء الجوية بدلالة التردد*
(الشتاء: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ب)



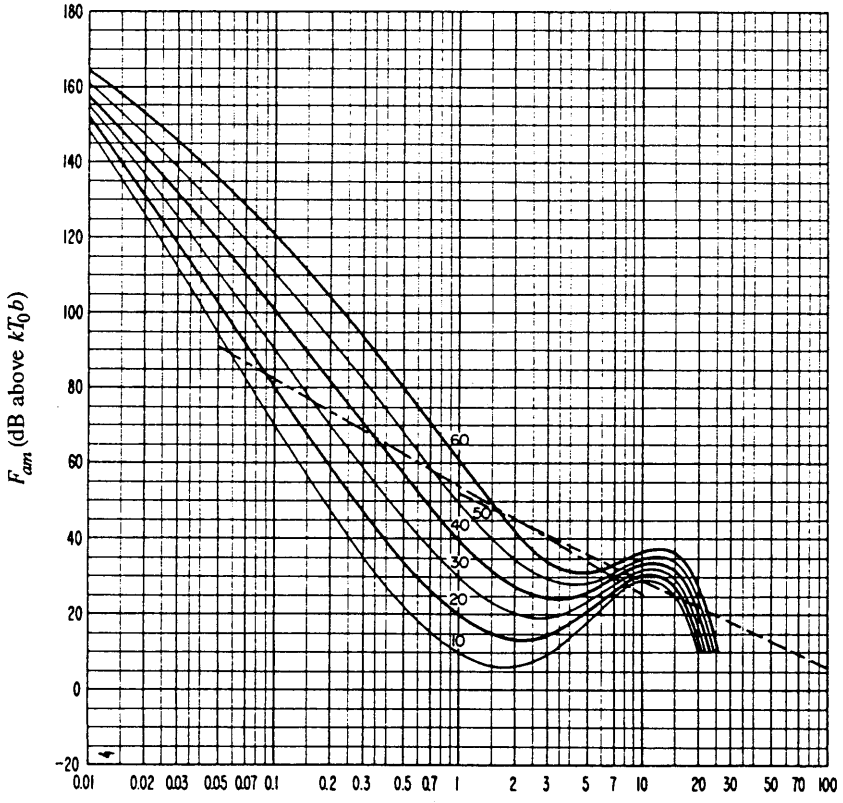
0372-17a

الشكل 17 أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الشتاء: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)



الشكل 17 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الشتاء: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

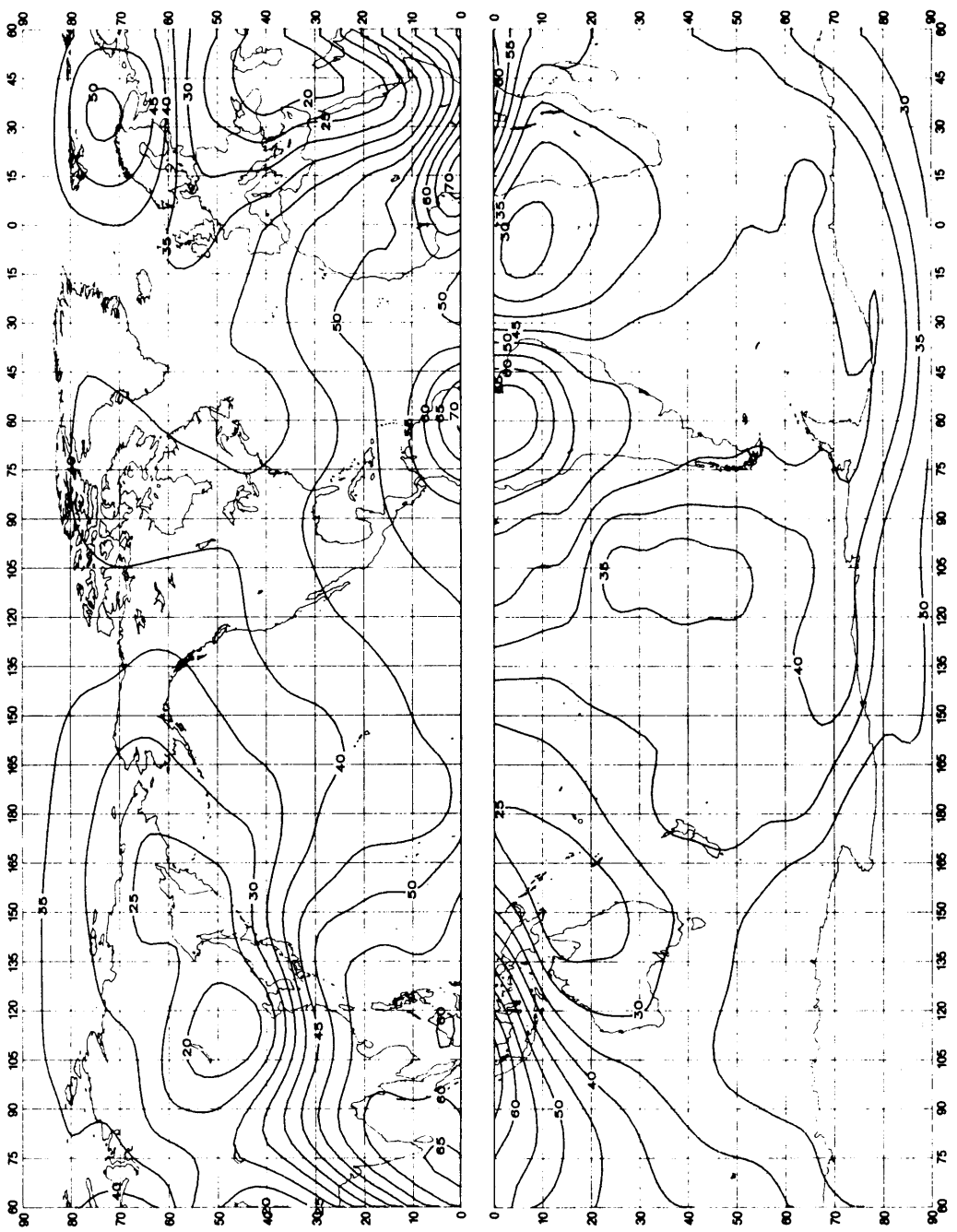
انظر شرح الشكل 15 ج)



الشـــكل 17 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الشتاء: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

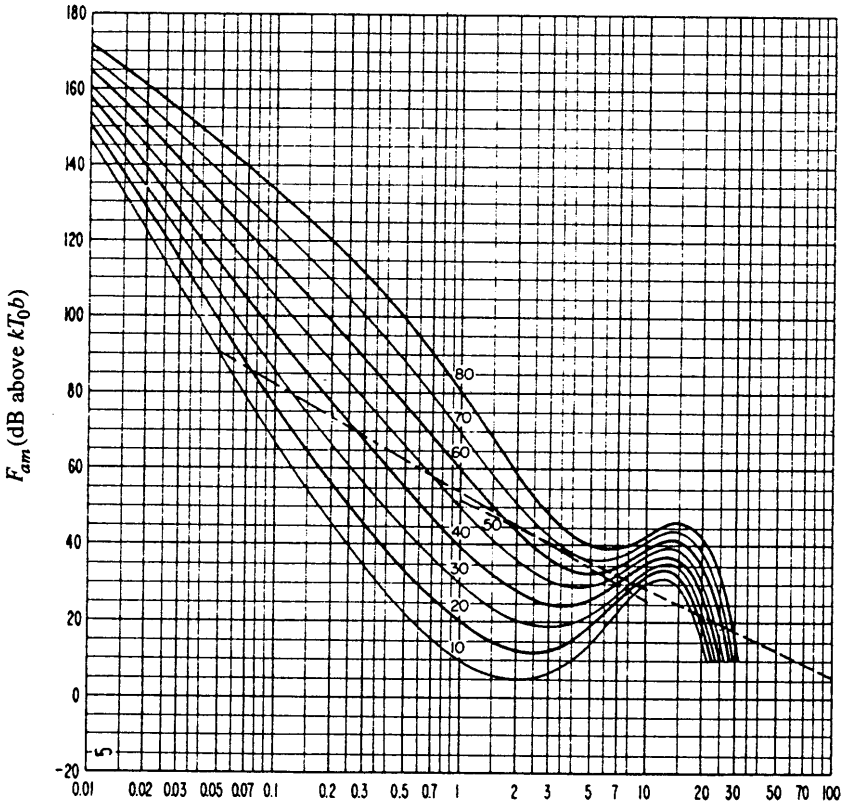
انظر شرح الشكل 15 ب)

0372-17b



0372-18a

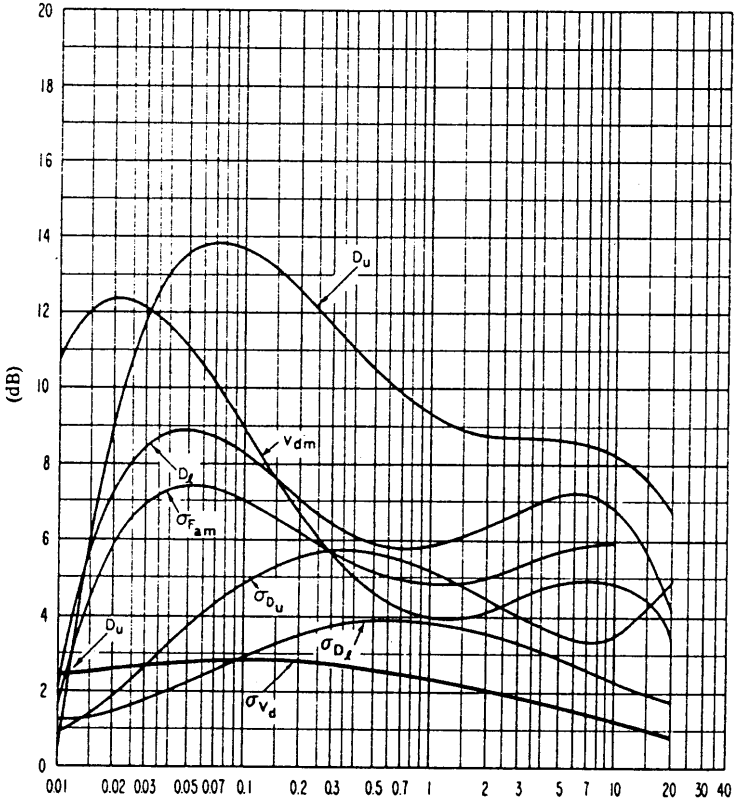
الشكل 18 أ) القيم المتوقعة للضوضاء الحرارية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الشتاء: 1600-1200 بالتوقيت المحلي)



التردد (MHz)

الشـــكل 18 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الشتاء: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ب)

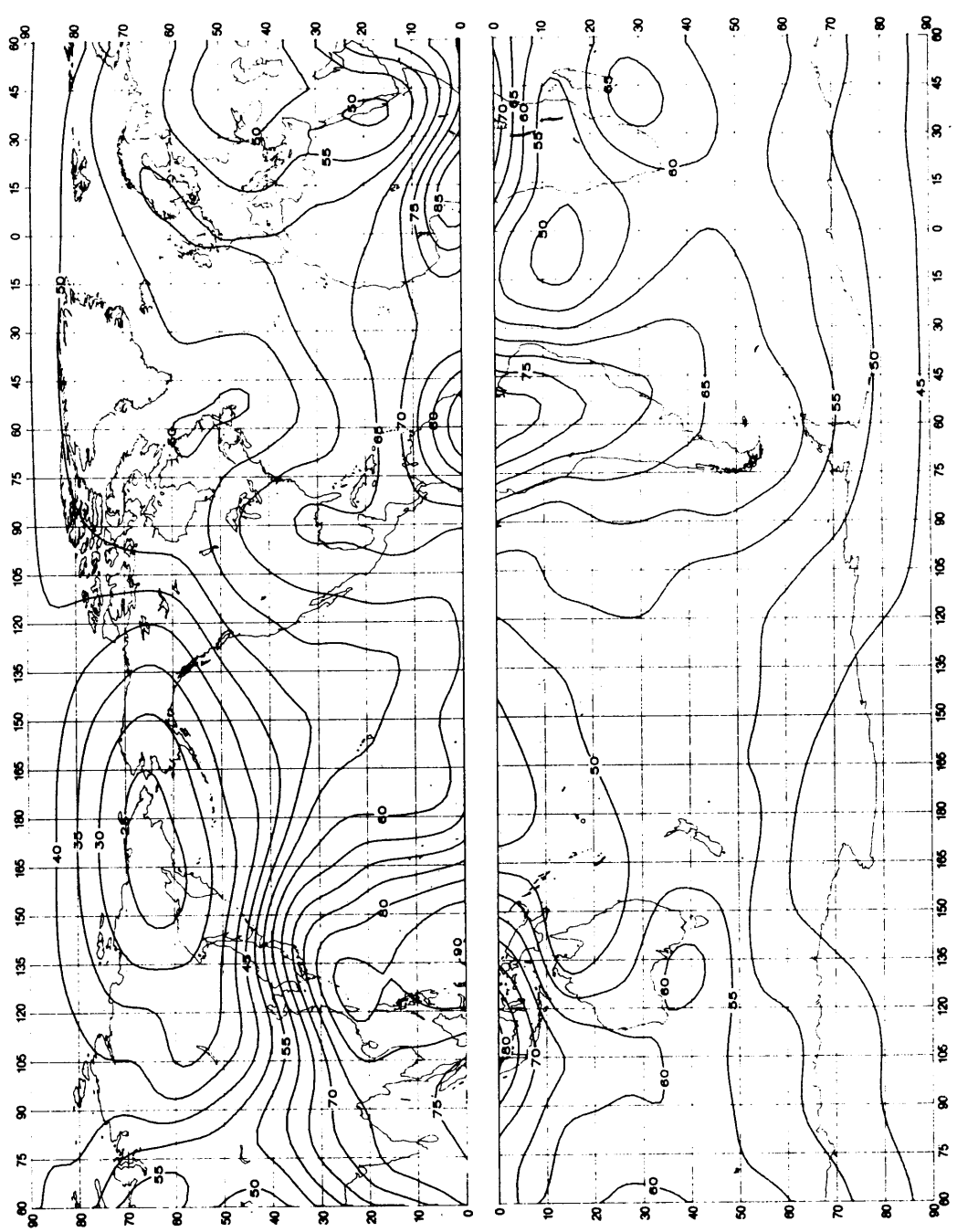


التردد (MHz)

الشـــكل 18 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الشتاء: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

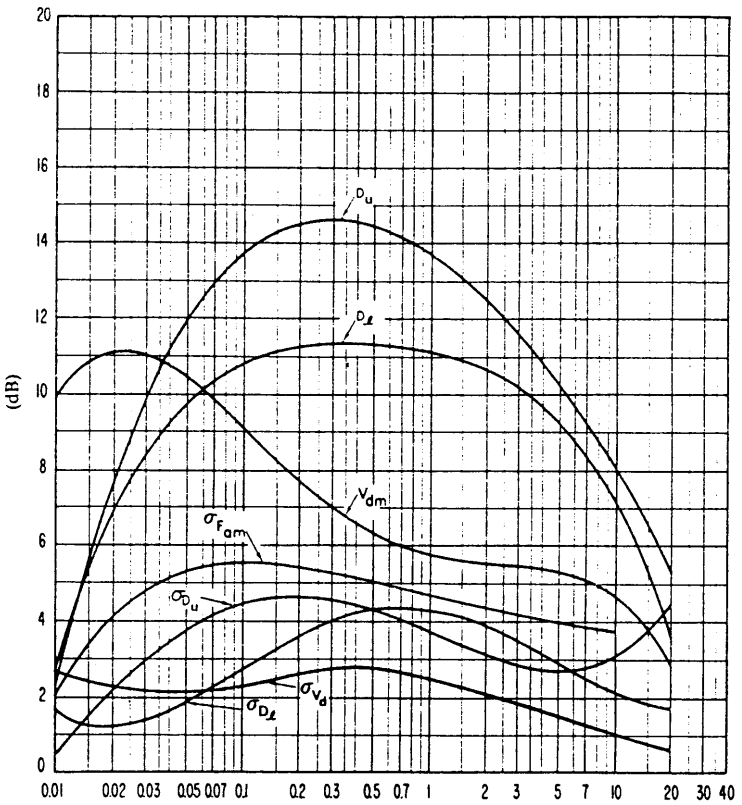
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-18b



الشكل 19أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الشتاء: 2000-1600 بالتوقيت المحلي)

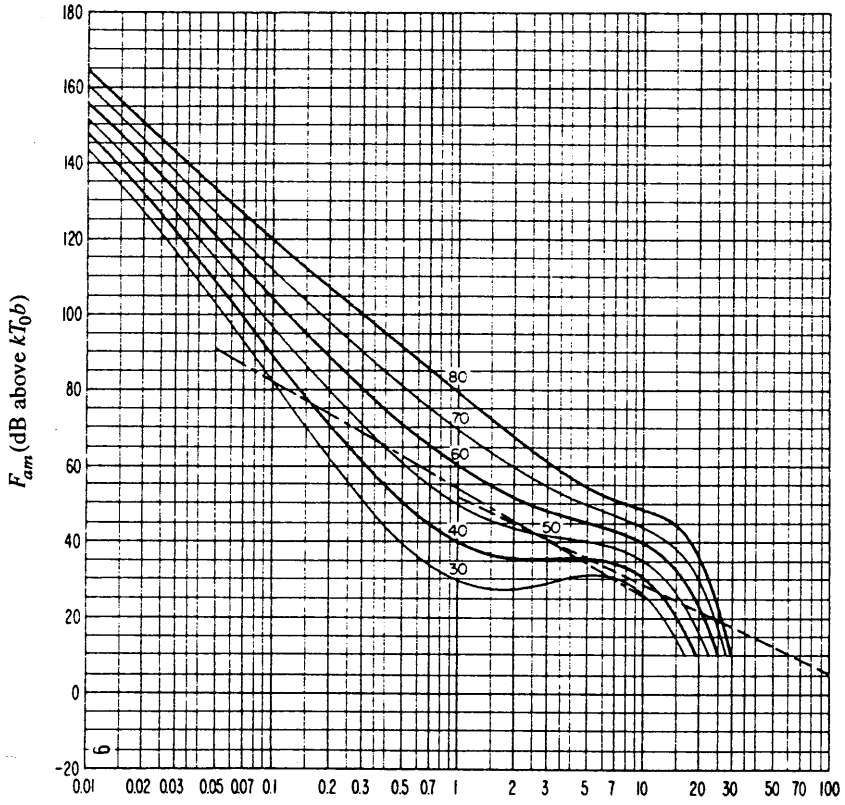
0372-19a



التردد (MHz)

الشـــكل 19 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الشتاء: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ج)

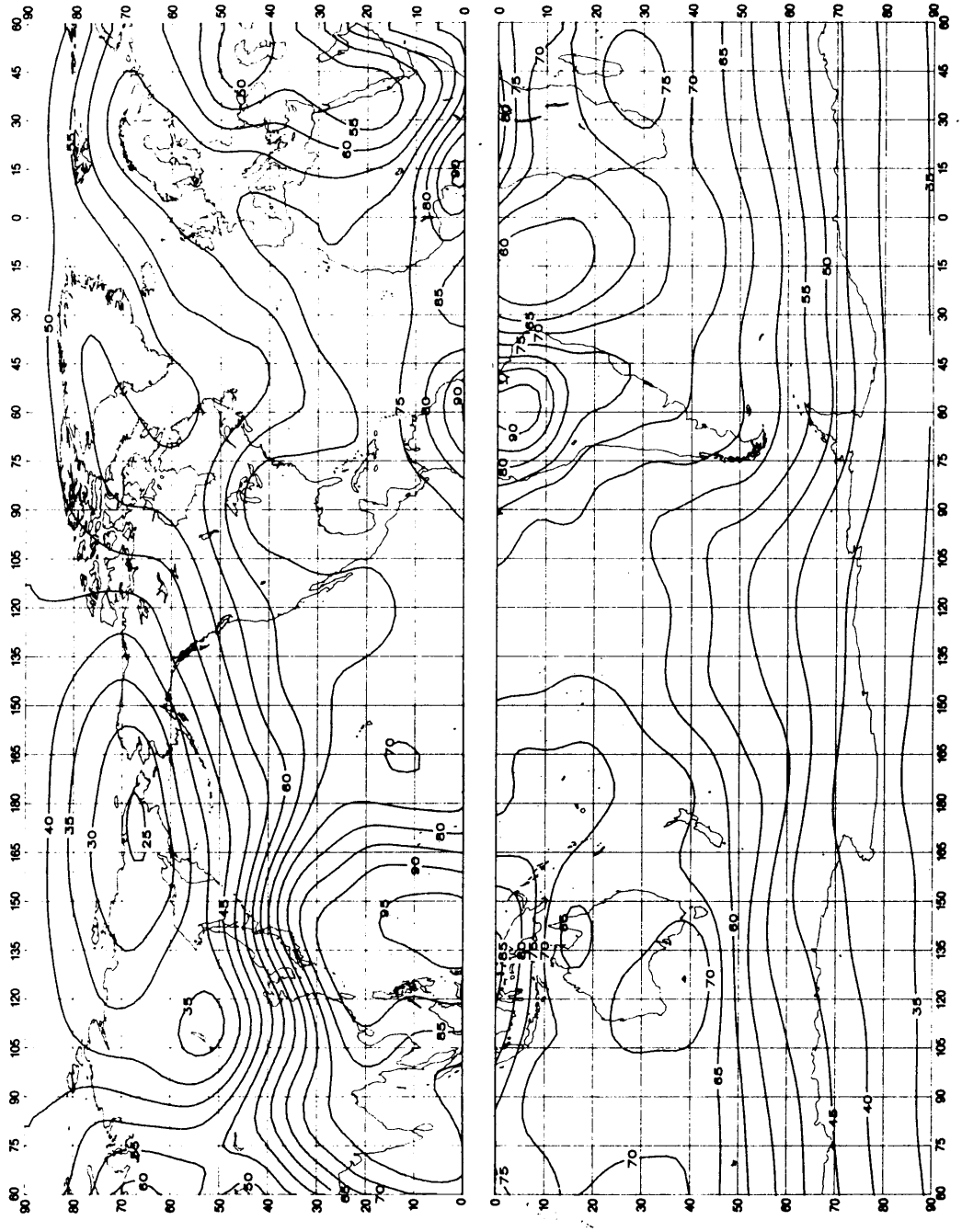


التردد (MHz)

الشـــكل 19 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الشتاء: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

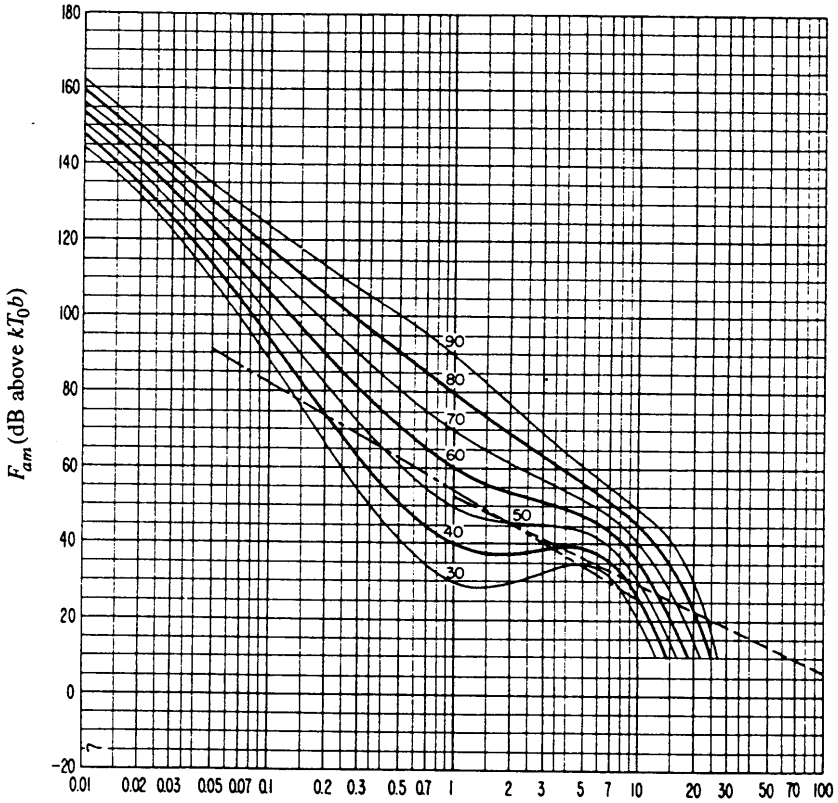
انظر شرح الشكل 15 ب)

0372-19b



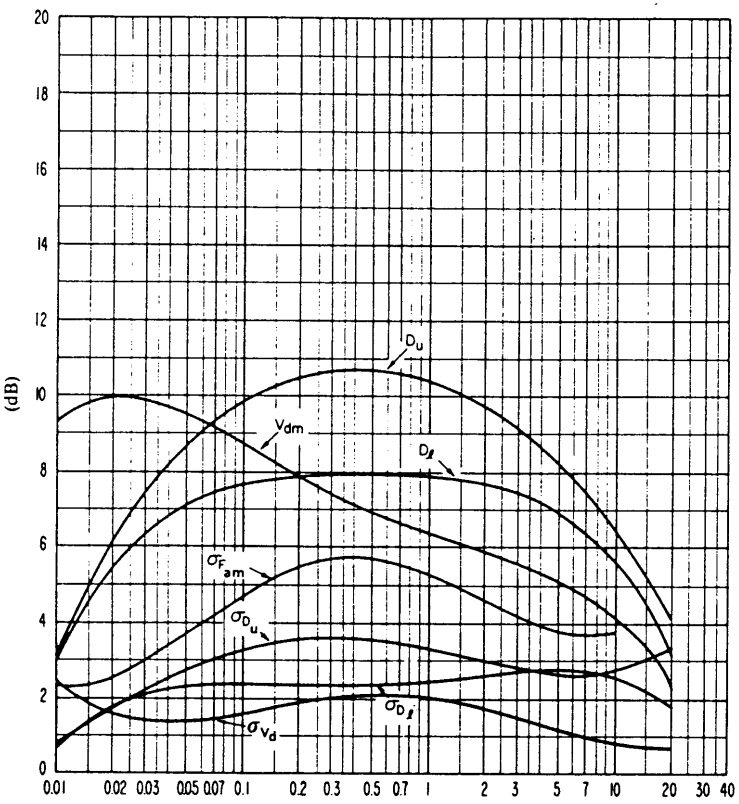
0372-20a

الشكل 20أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الشتاء: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 20 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الشتاء: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)

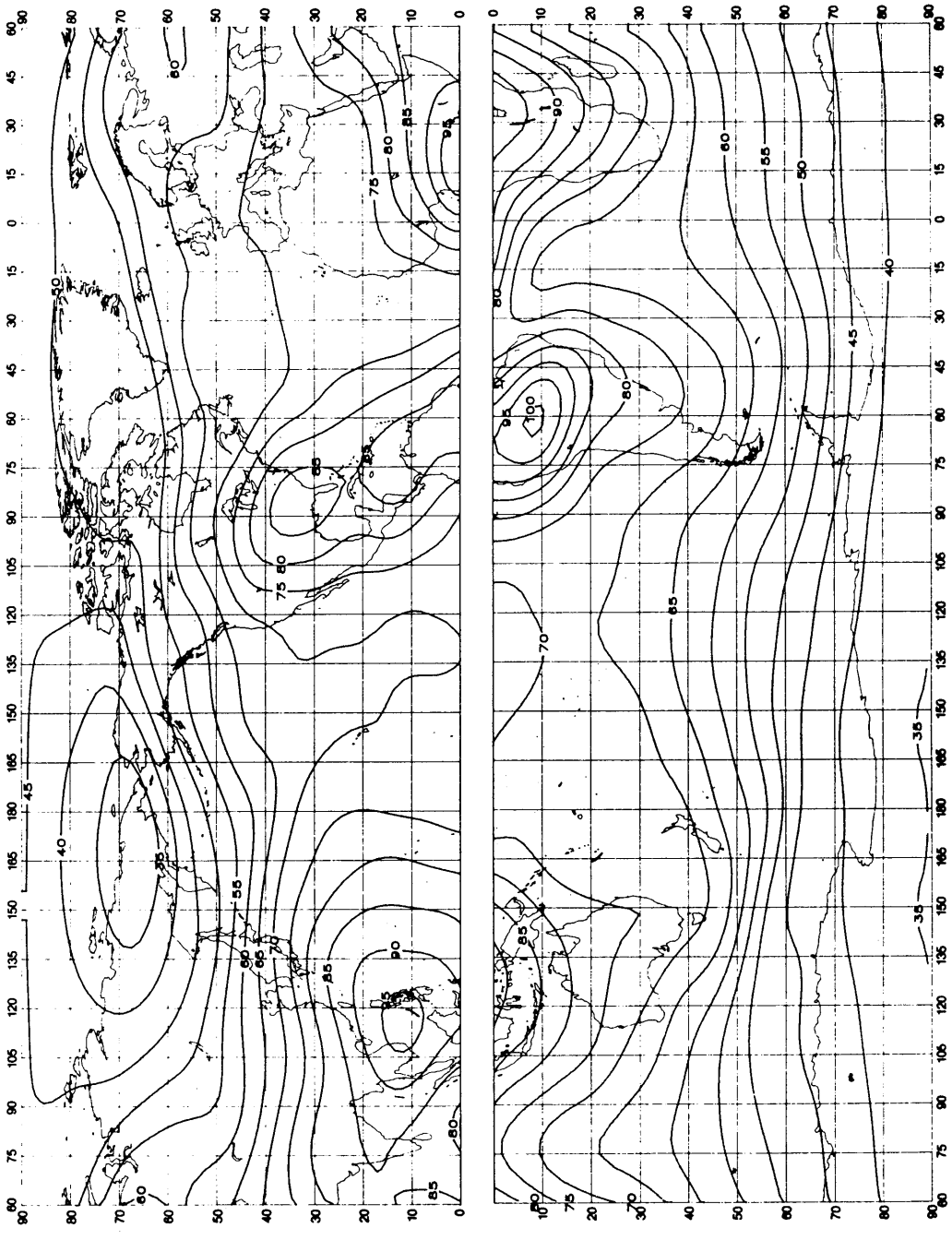
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 20 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الشتاء: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)

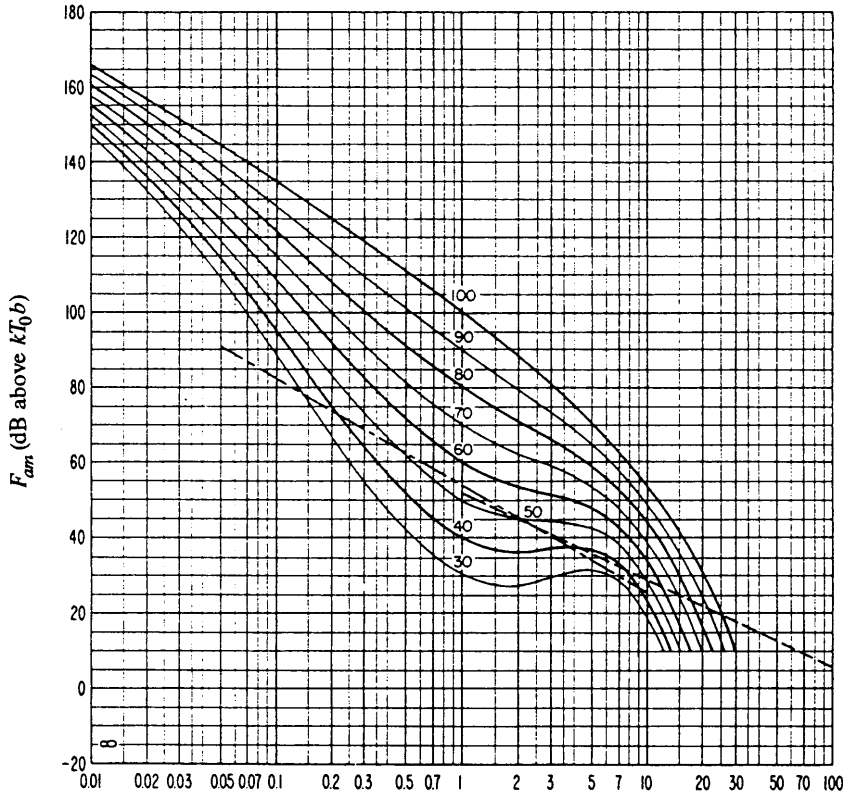
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-20b



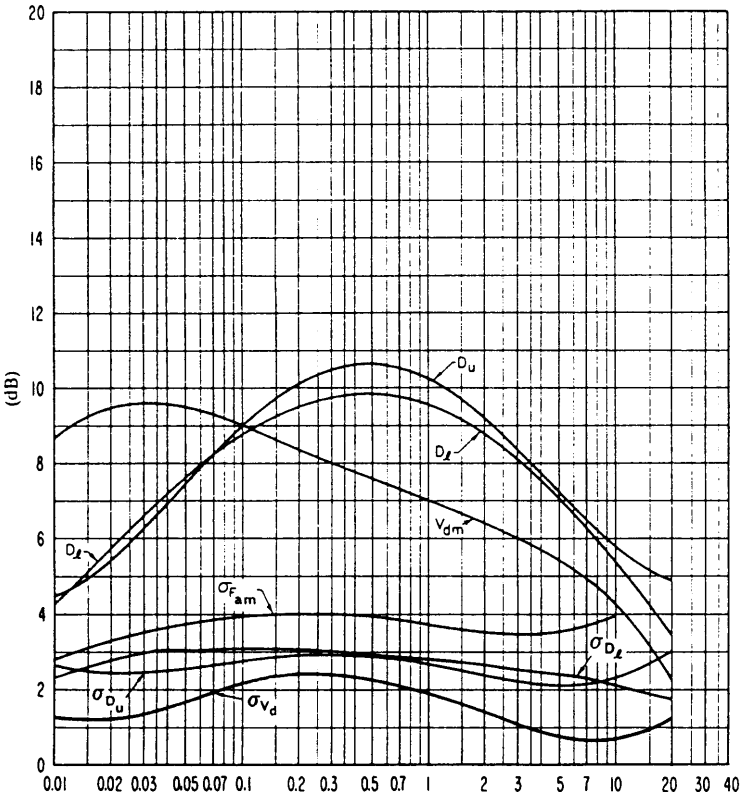
0372-21a

الشكل 21 أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الربيع: 0400-0000 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 21 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الربيع: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

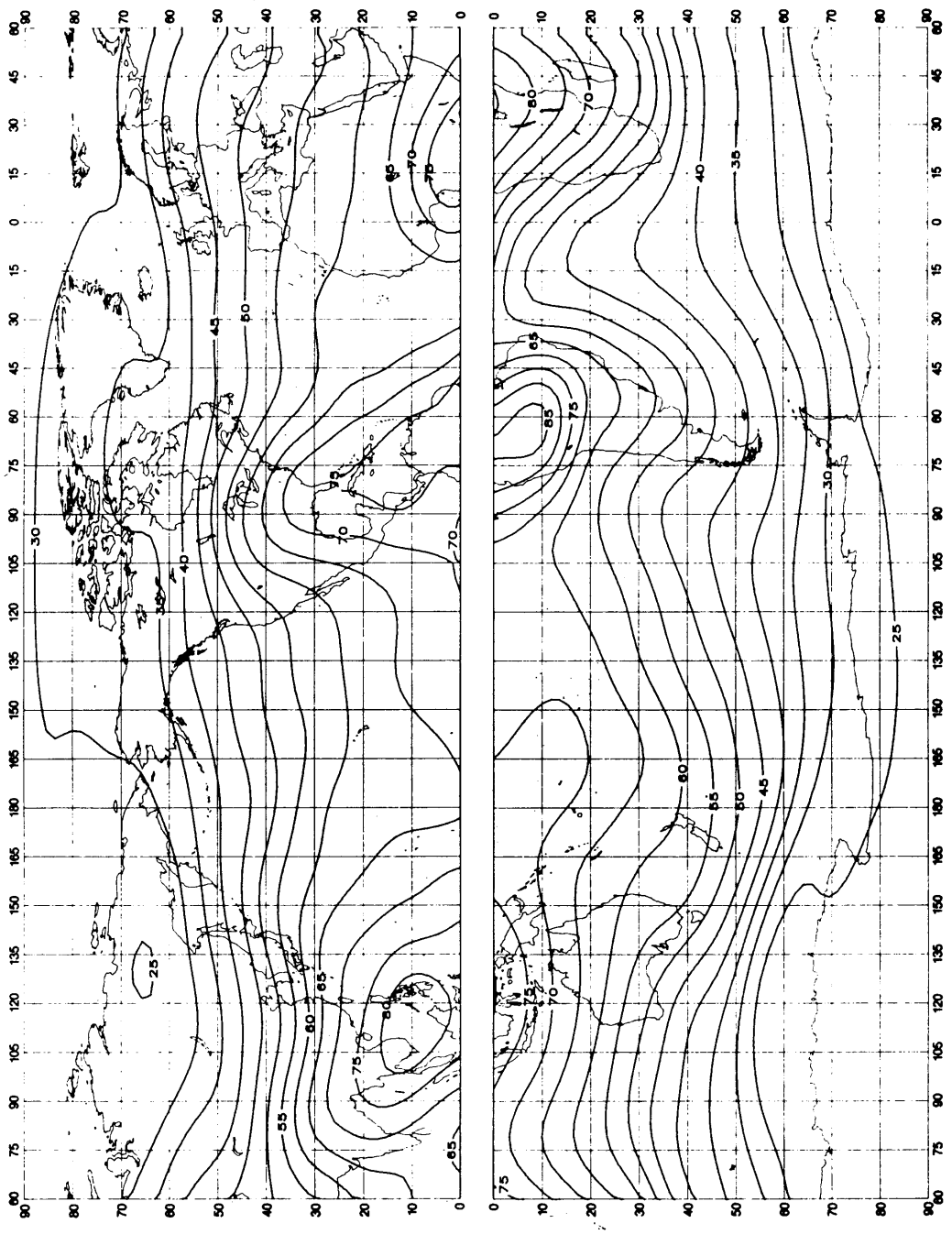
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 21 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الربيع: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

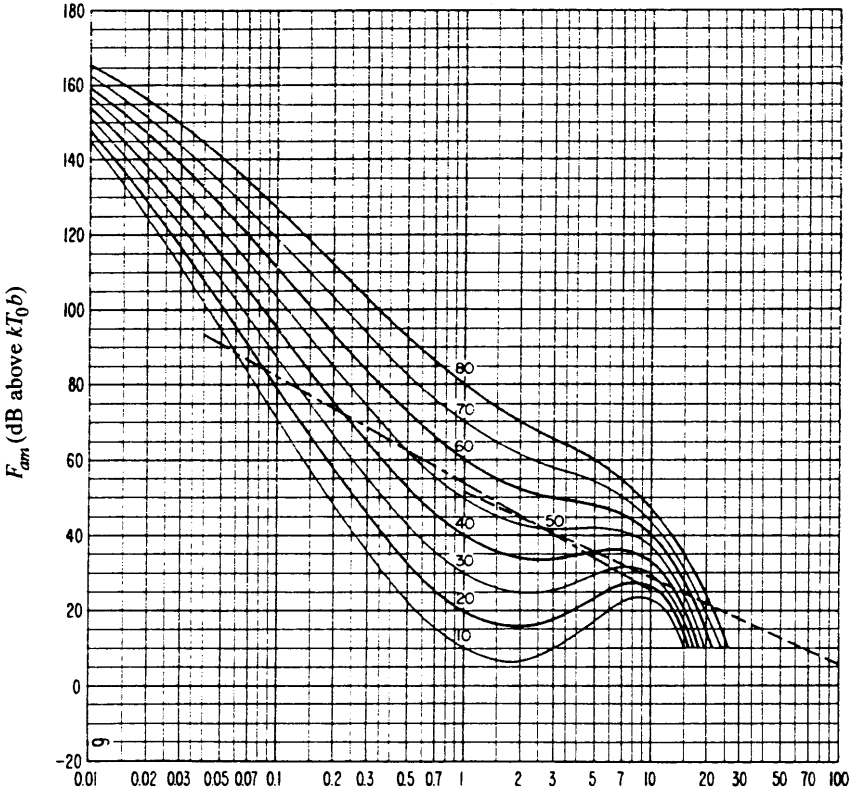
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-21b



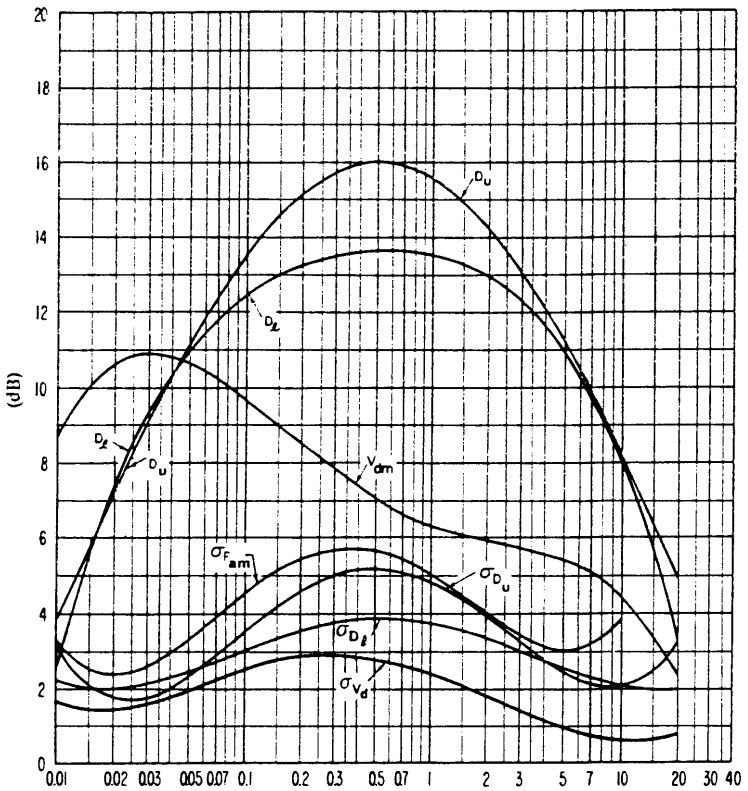
0372-22a

الشكل 22 أ) القيم المتوقعة للضوضاء الحرارية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الربيع: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 22 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الربيع: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

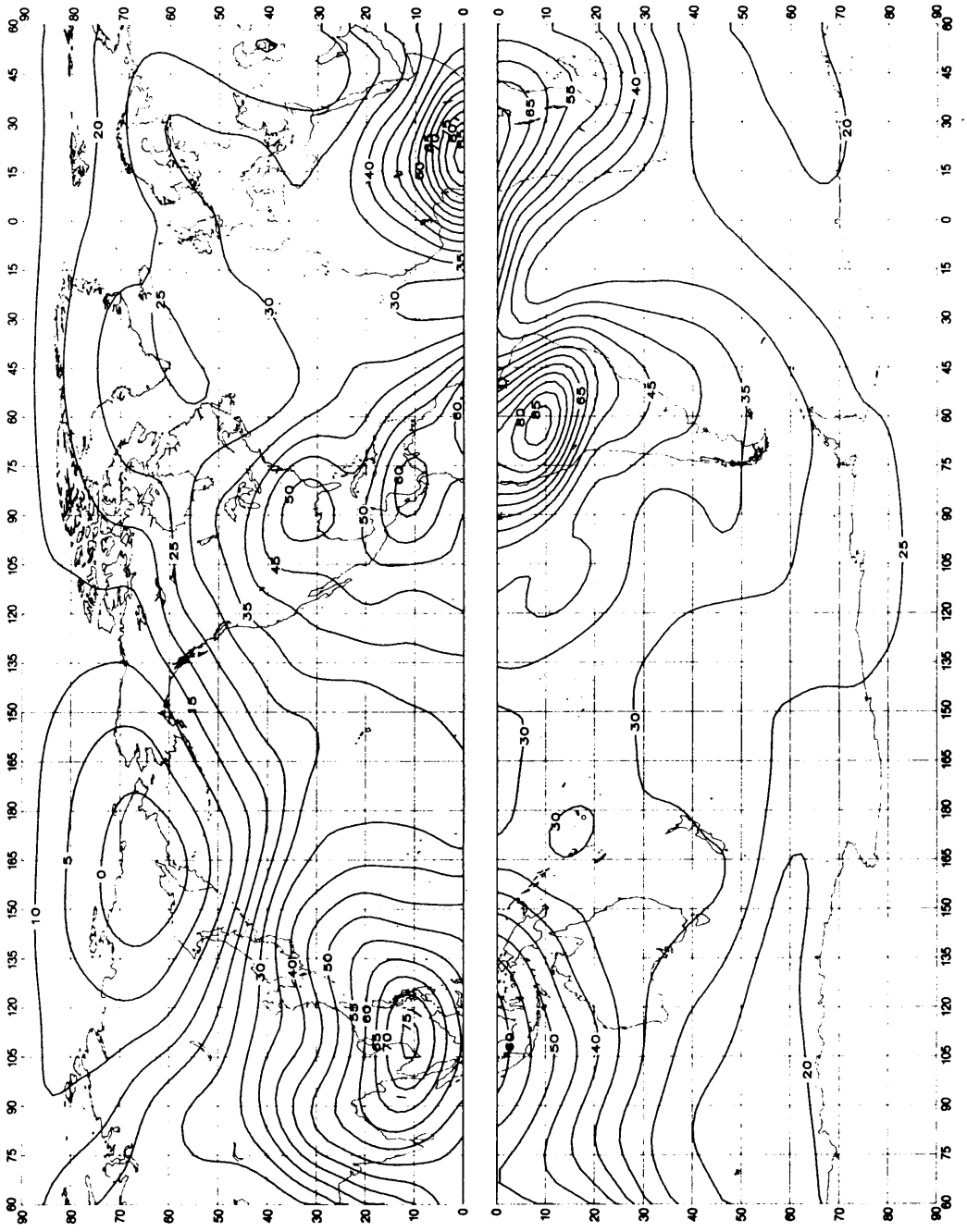
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 22 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الربيع: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

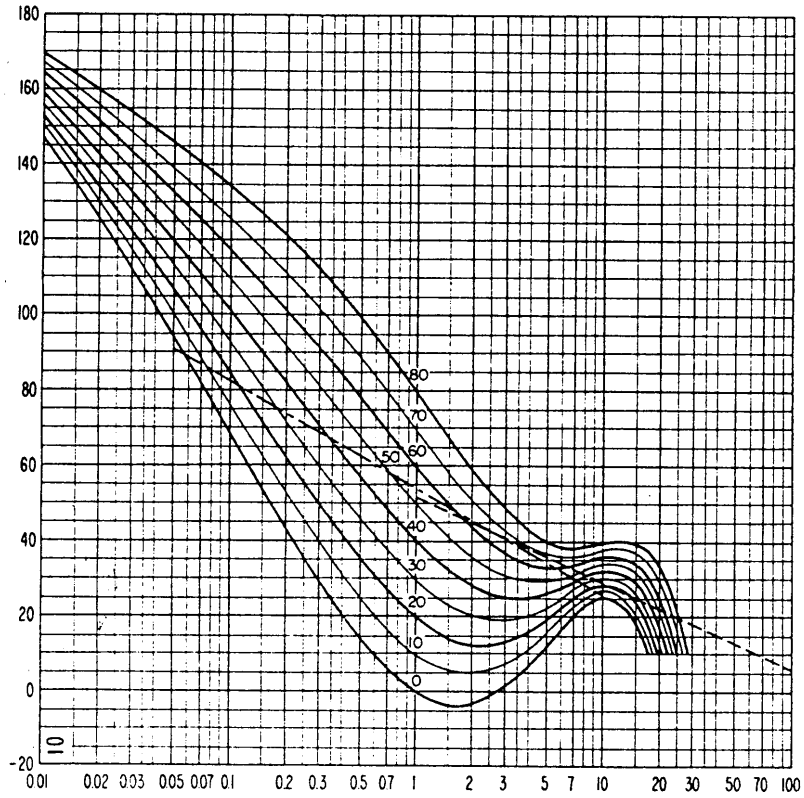
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-22b



0372-23a

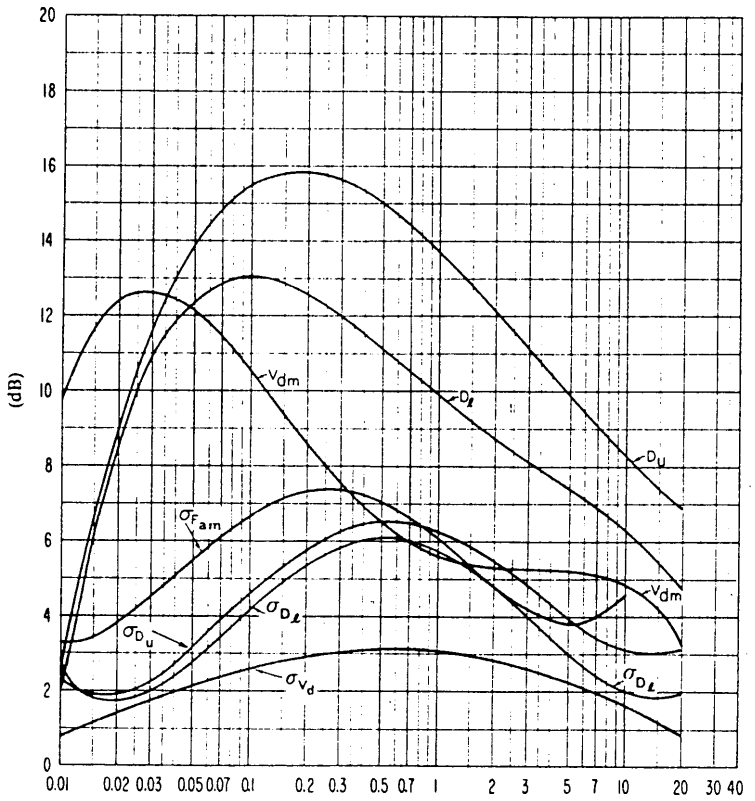
الشكل 23أ) التقسيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الربيع: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)



التردد (MHz)

الشـــكل 23 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الربيع: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ب)

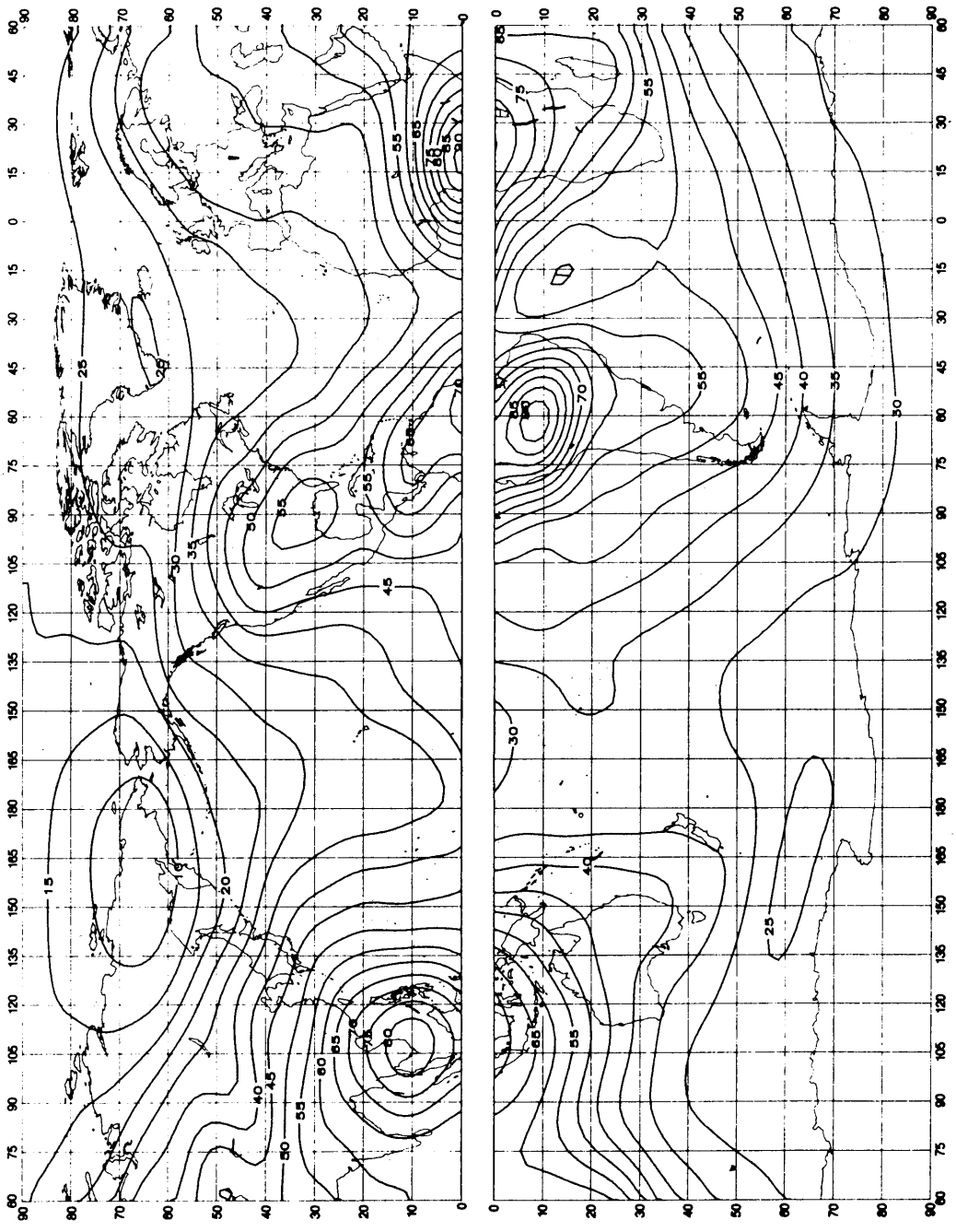


التردد (MHz)

الشـــكل 23 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الربيع: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

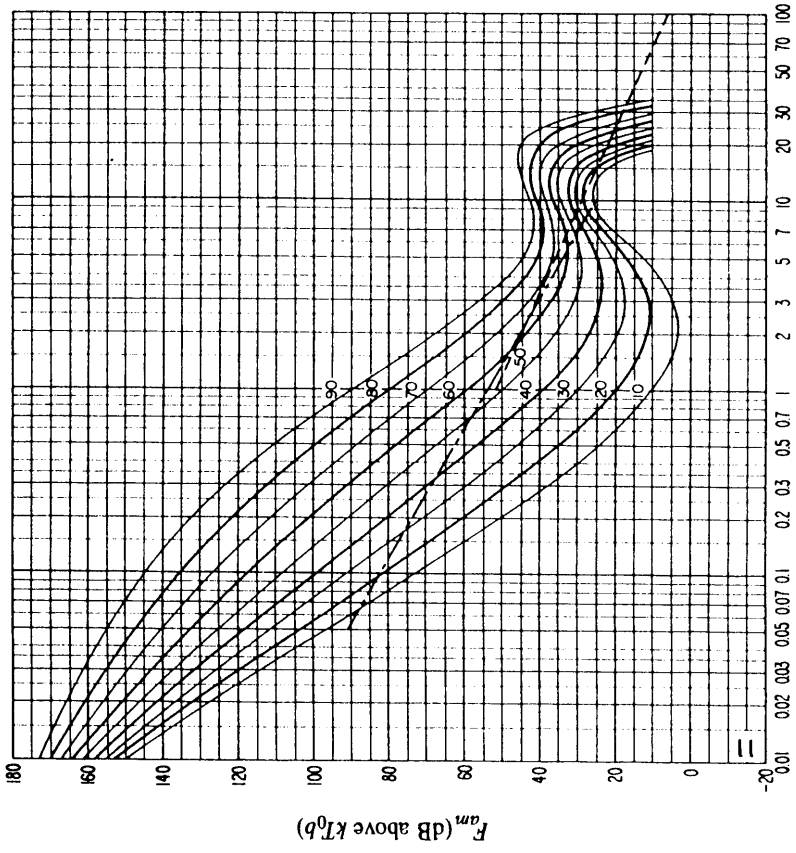
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-23b



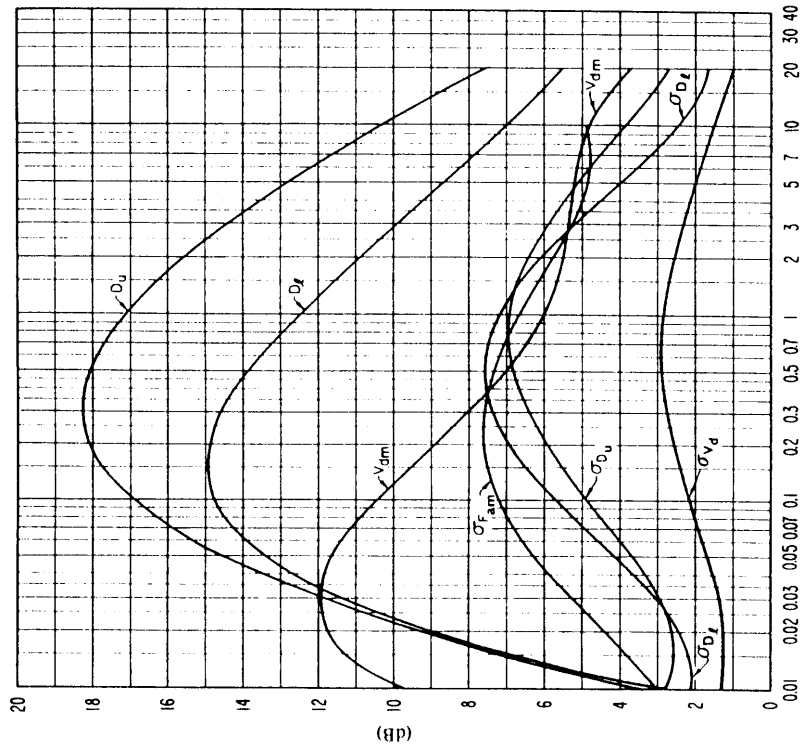
0372-24a

الشكل 24أ) التقسيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الربيع: 1600-1200 بالتوقيت المحلي)



الشكل 24 ب) تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد
(الربيع: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

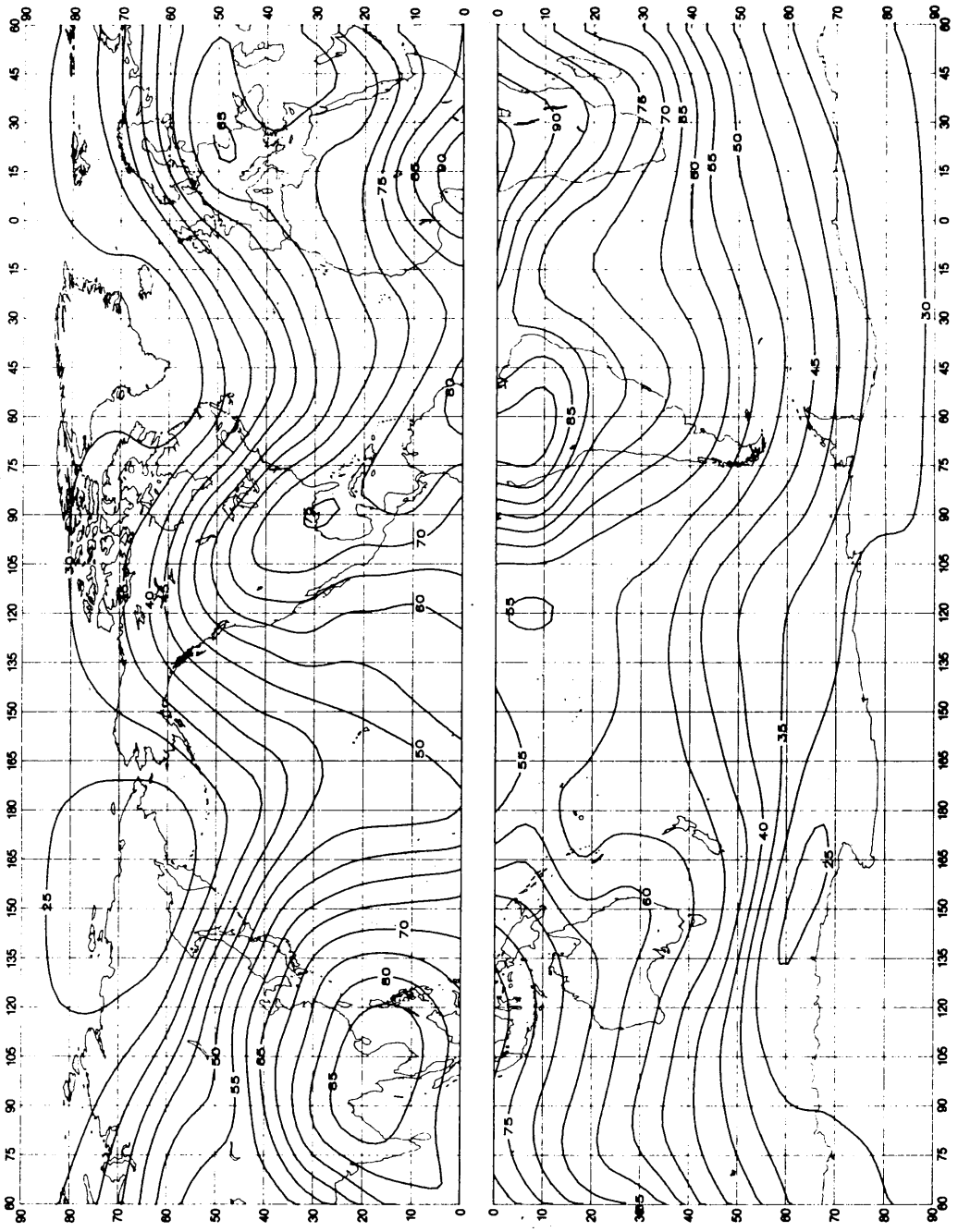
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشكل 24 ج) معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها
(الربيع: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

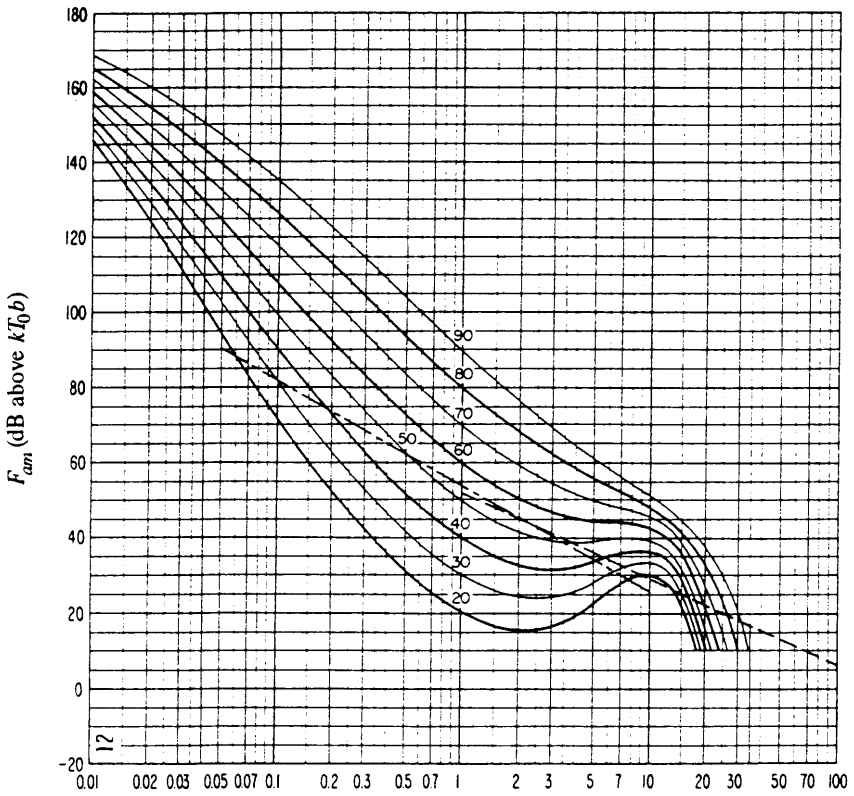
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-24b



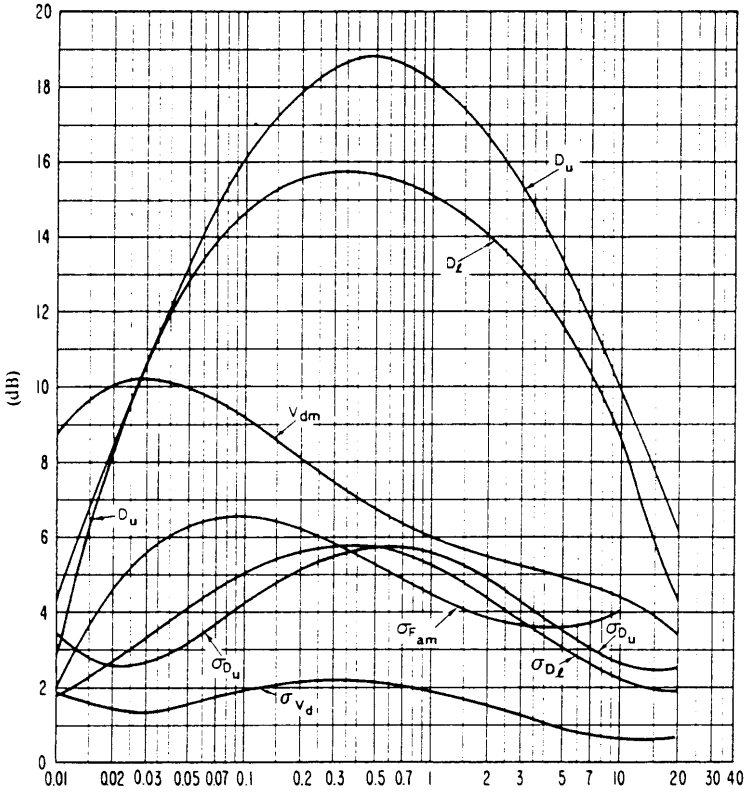
0372-25a

الشكل 25أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الربيع: 2000-1600 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 25 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الربيع: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

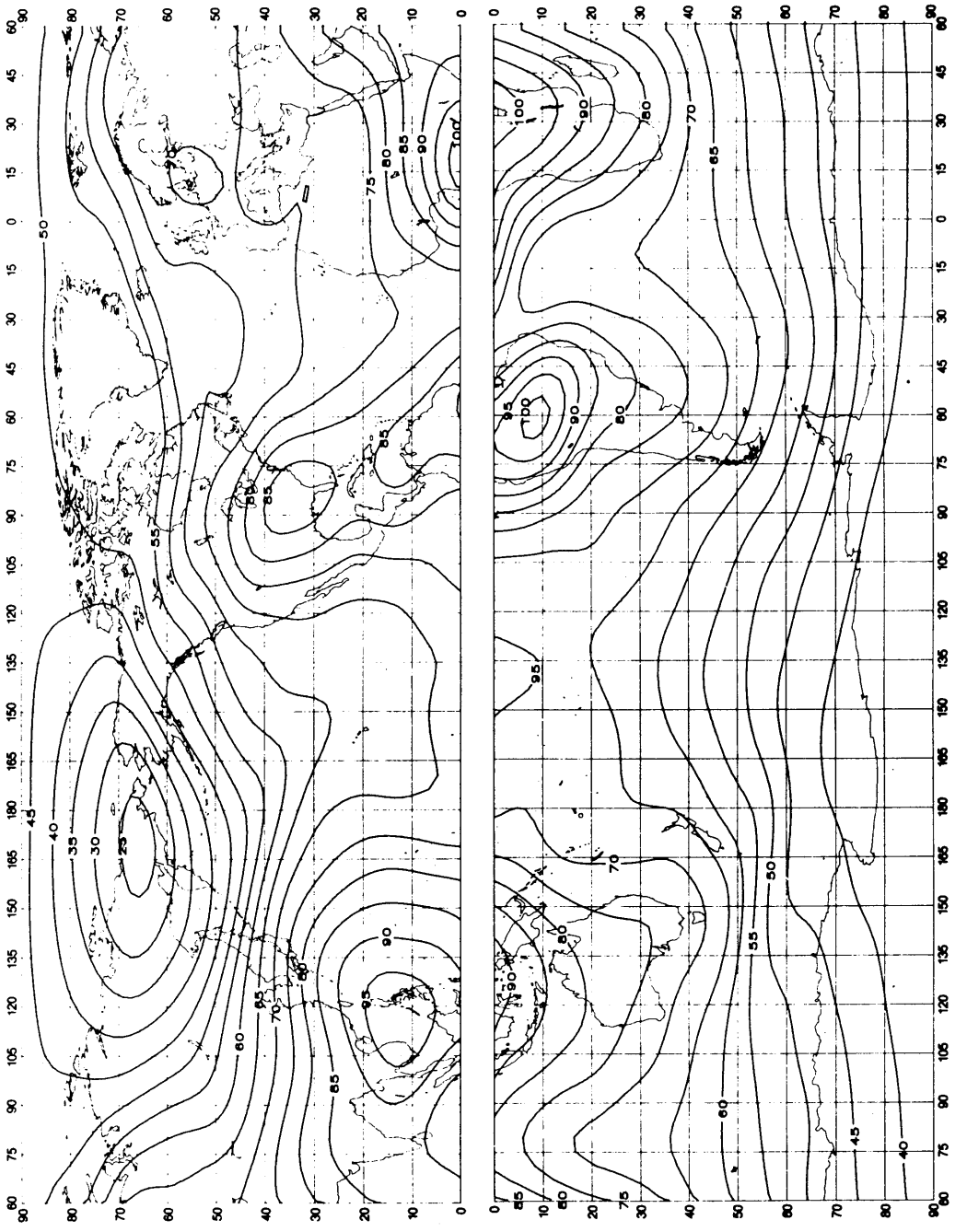
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 25 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الربيع: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

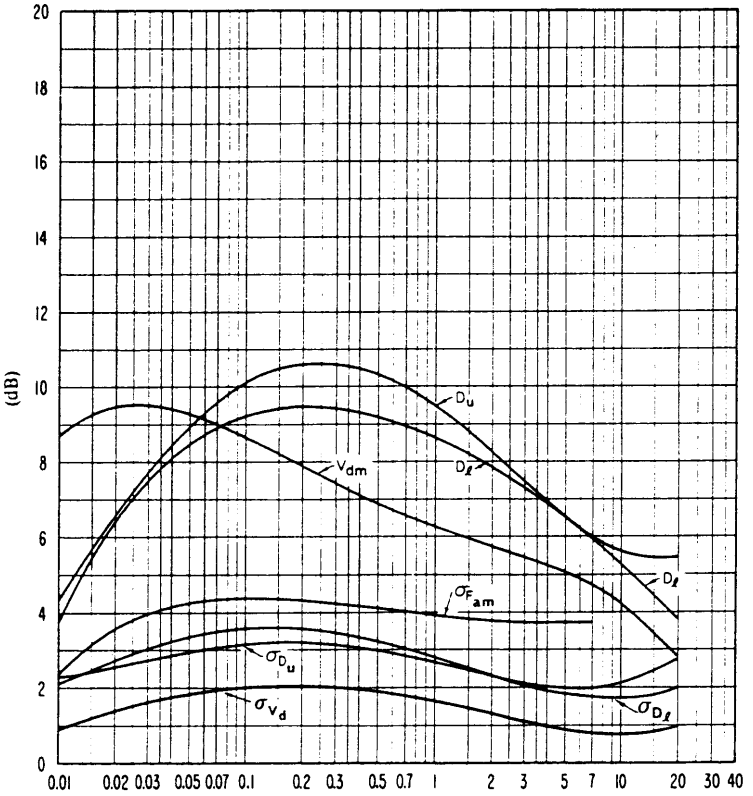
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-25b



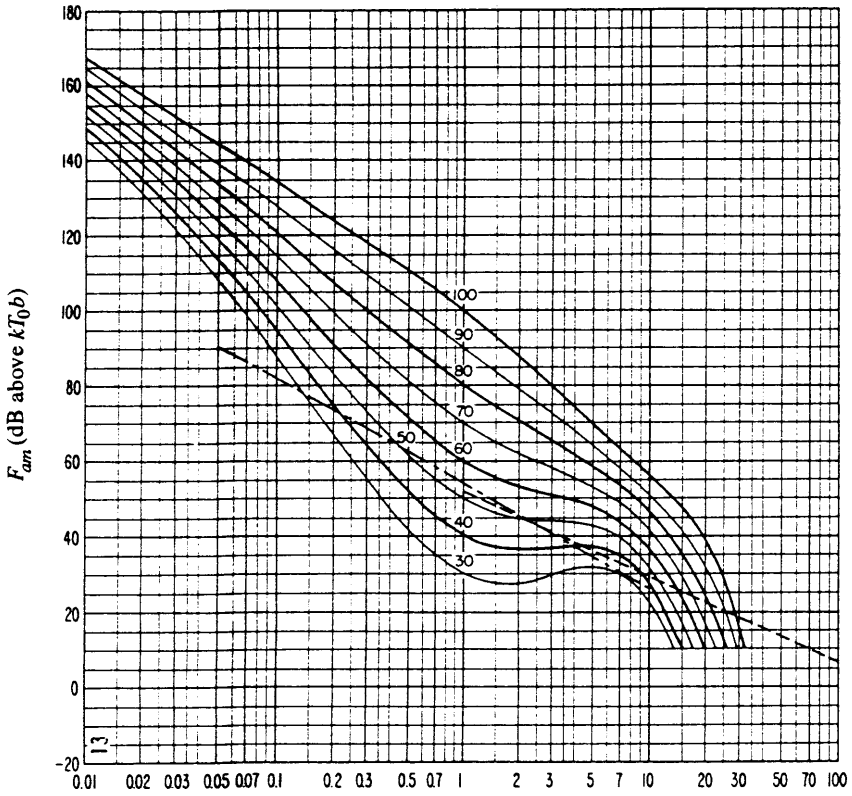
0372-26a

الشكل 26أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الربيع: 2400-2000 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 26 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الربيع: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)

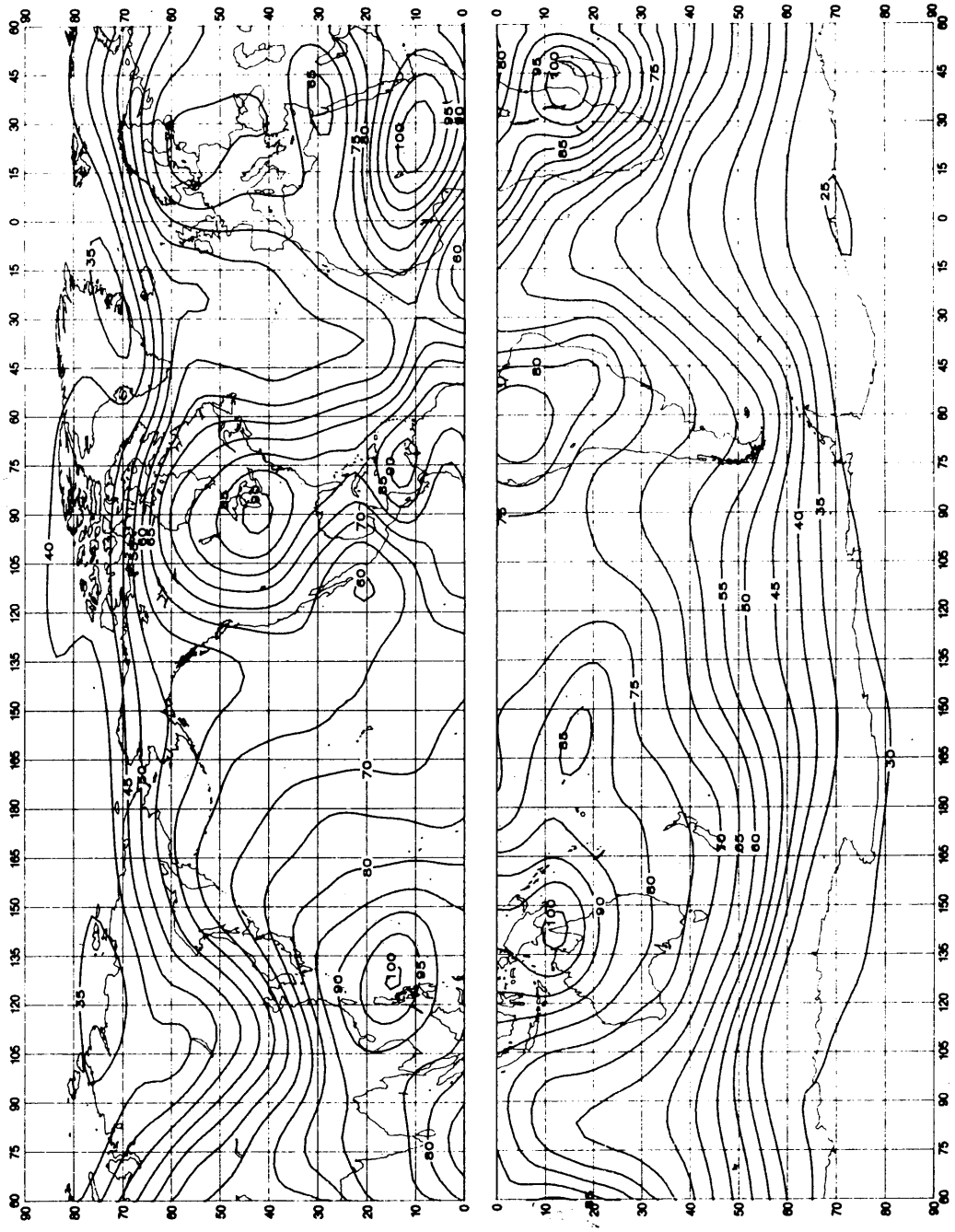
انظر شرح الشكل 15 ج)



الشـــكل 26 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الربيع: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)

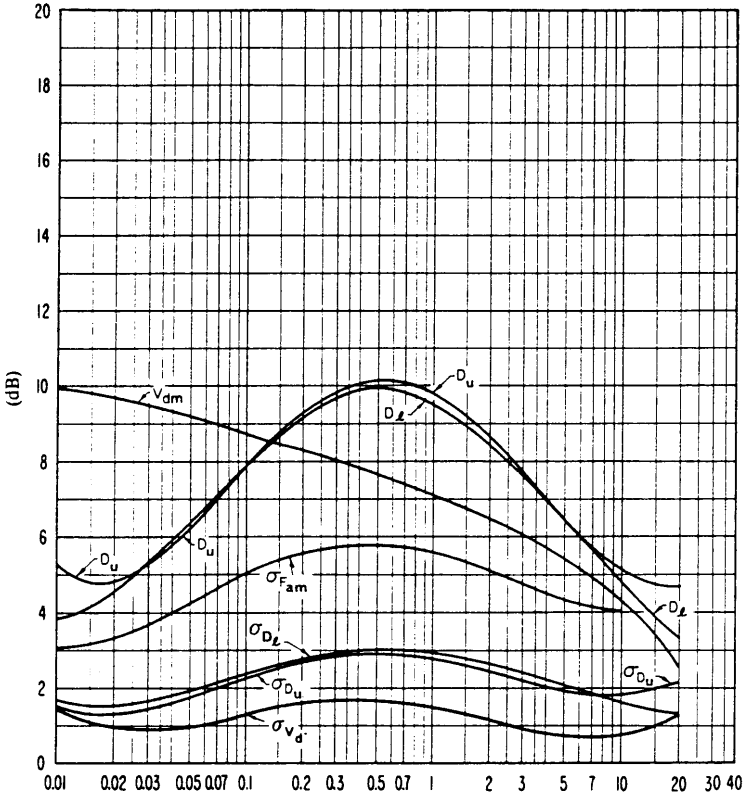
انظر شرح الشكل 15 ب)

0372-26b



0372-27a

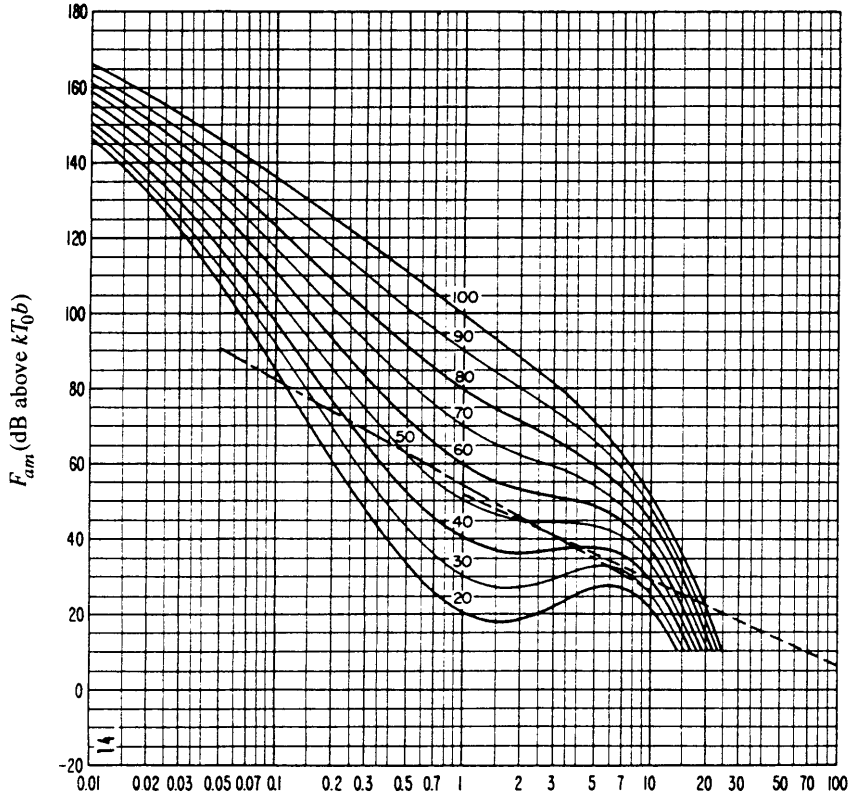
الشكل 27أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الصيف: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)



التردد (MHz)

الشـــكل 27 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الصيف: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ج)

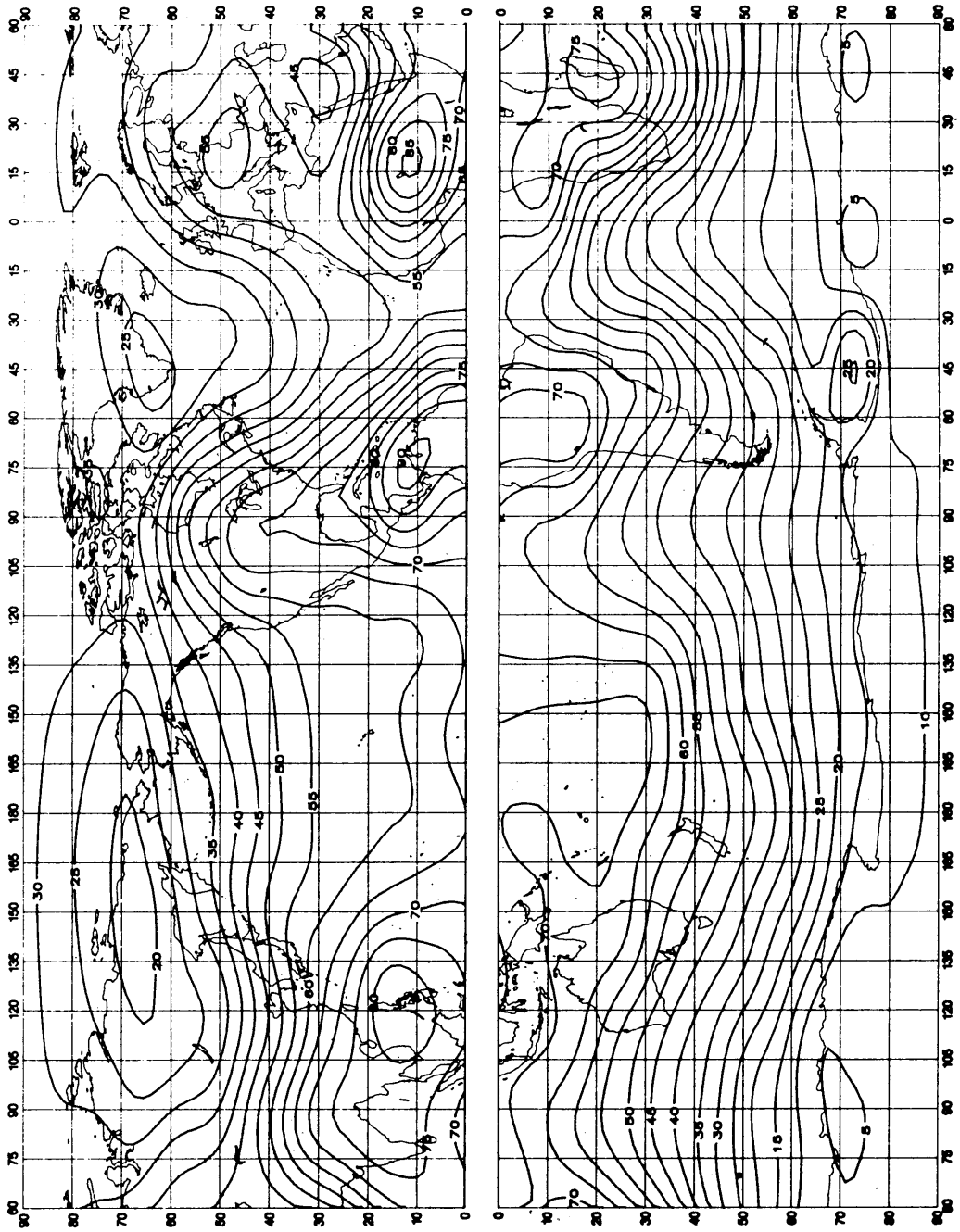


التردد (MHz)

الشـــكل 27 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الصيف: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

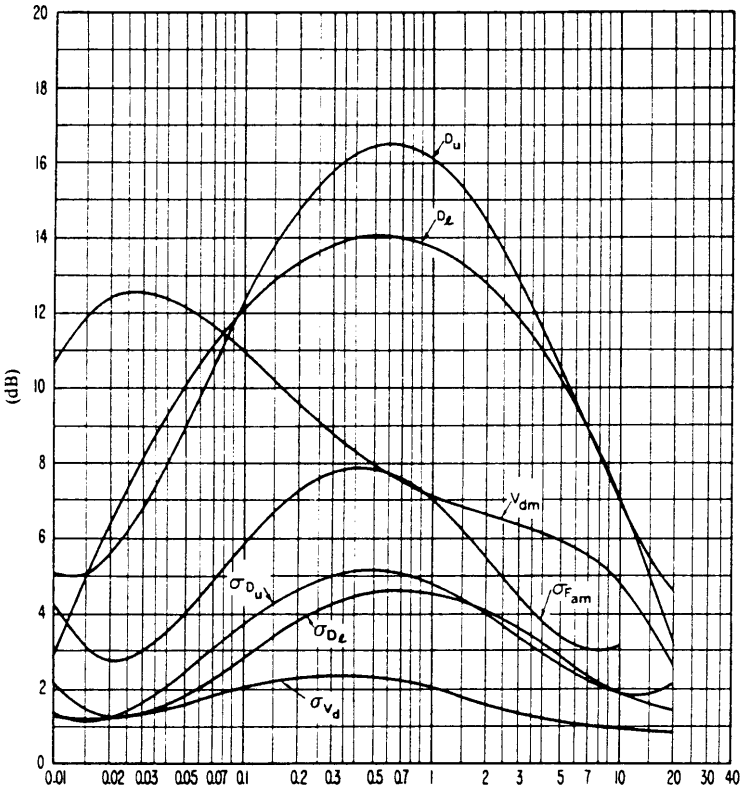
انظر شرح الشكل 15 ب)

0372-27b



الشكل 28أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الصيف: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

0372-28a

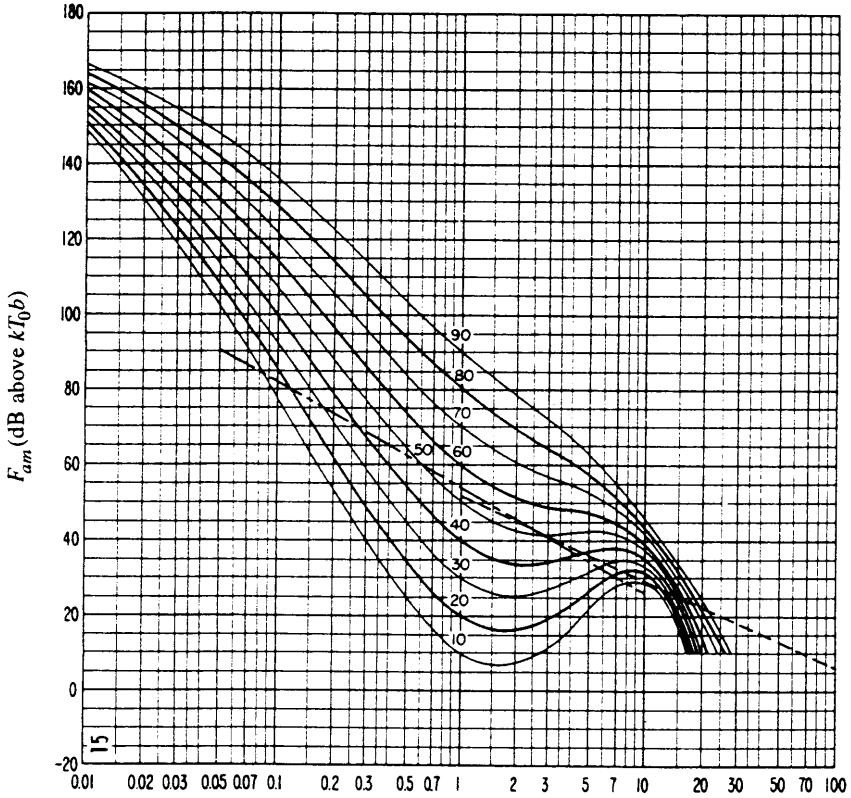


التردد (MHz)

الشـــكل 28 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الصيف: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

0372-28b

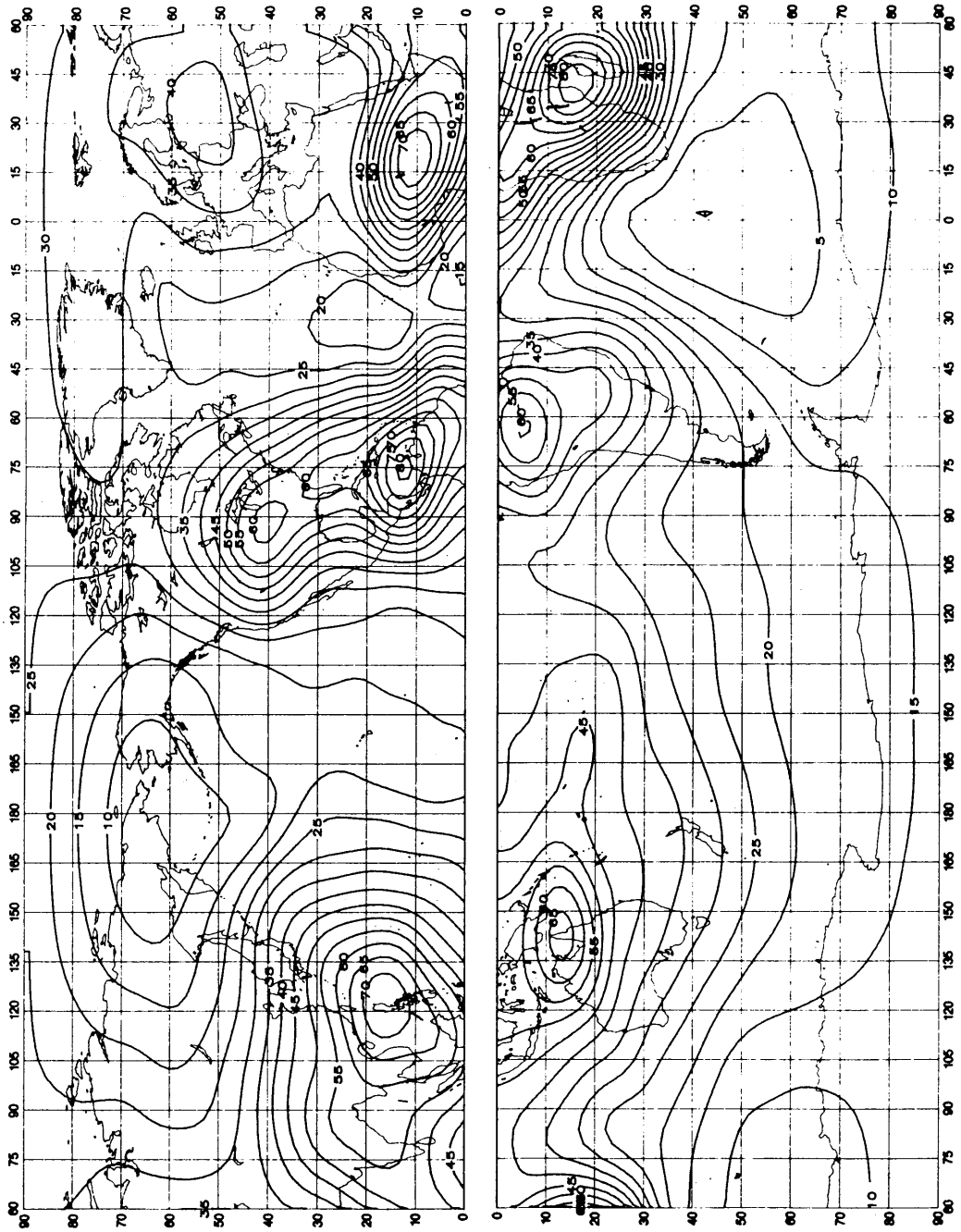
انظر شرح الشكل 15 ج)



التردد (MHz)

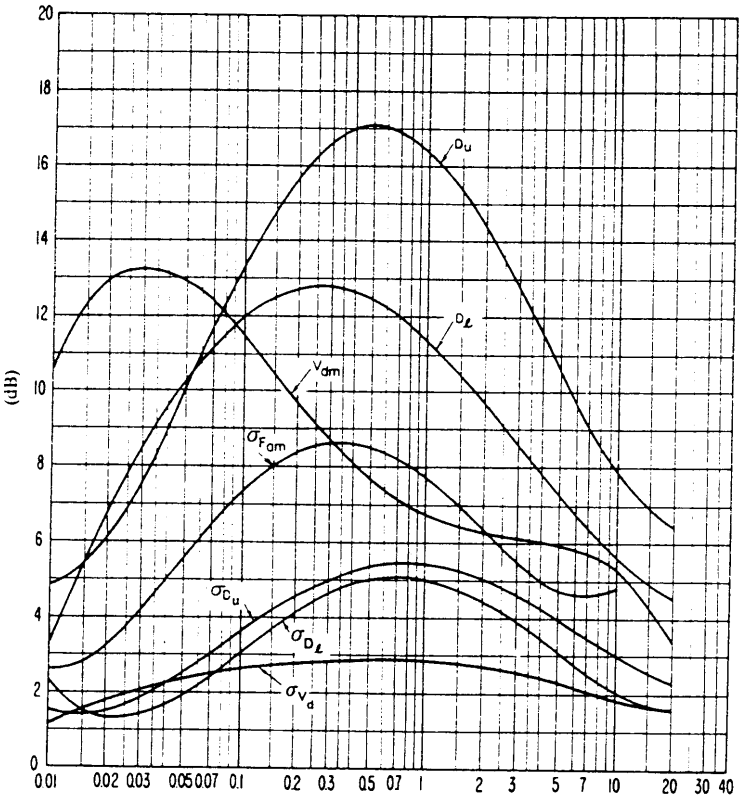
الشـــكل 28 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الصيف: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ب)



0372-29a

الشكل 29أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الصيف: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

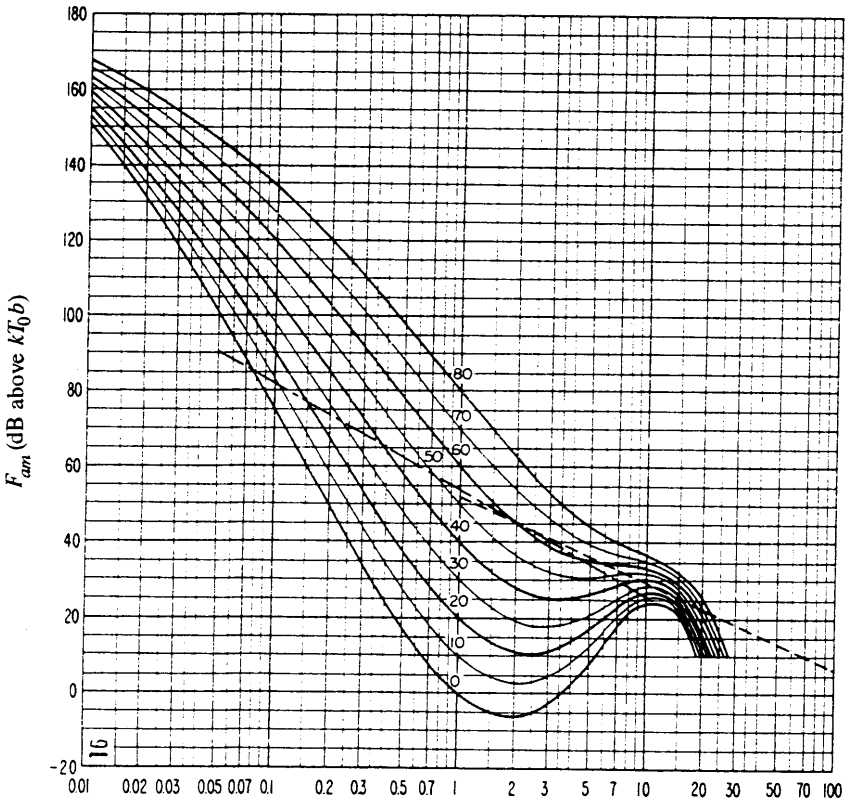


التردد (MHz)

الشـــكل 29 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الصيف: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

0372-29b

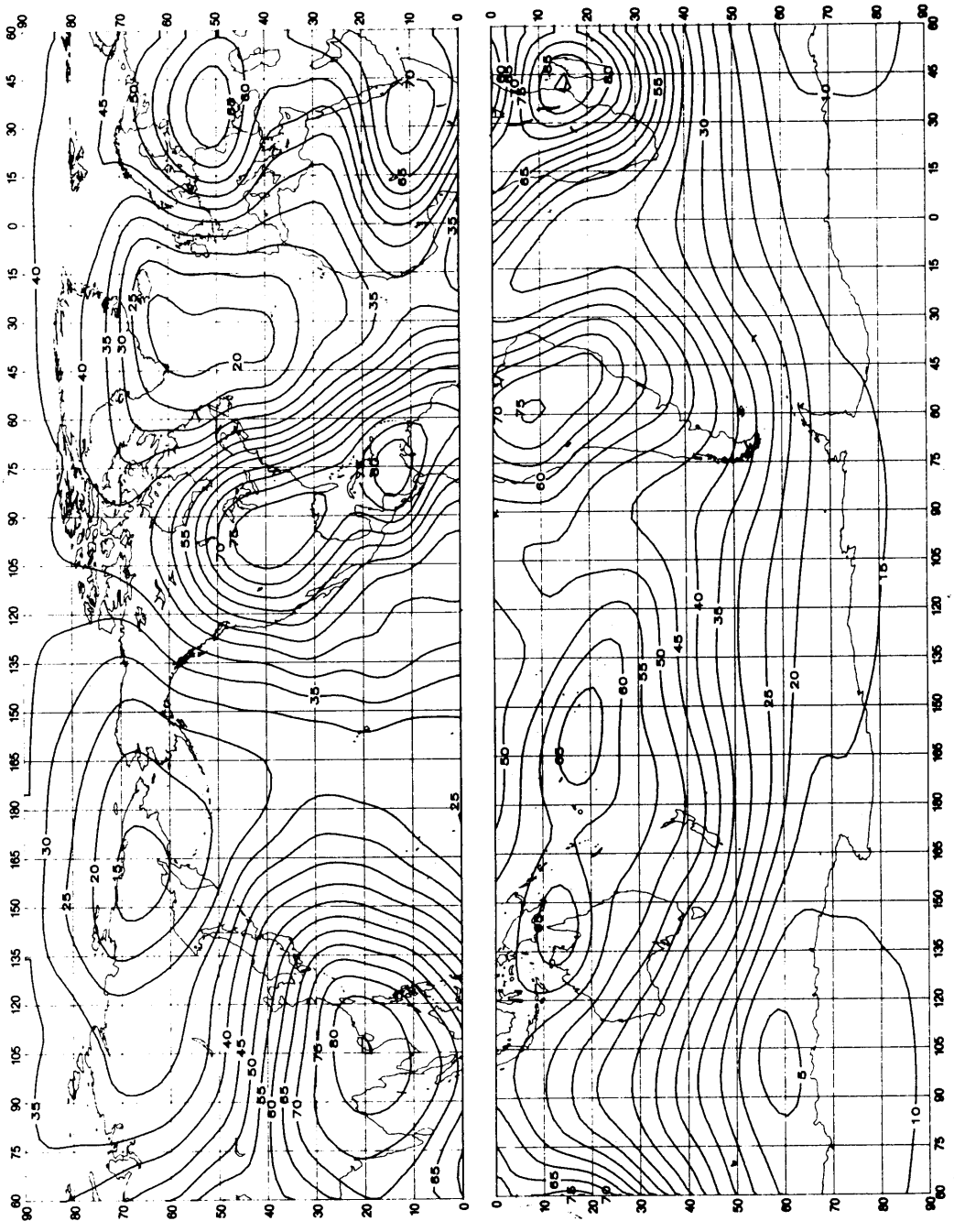
انظر شرح الشكل 15 ج)



التردد (MHz)

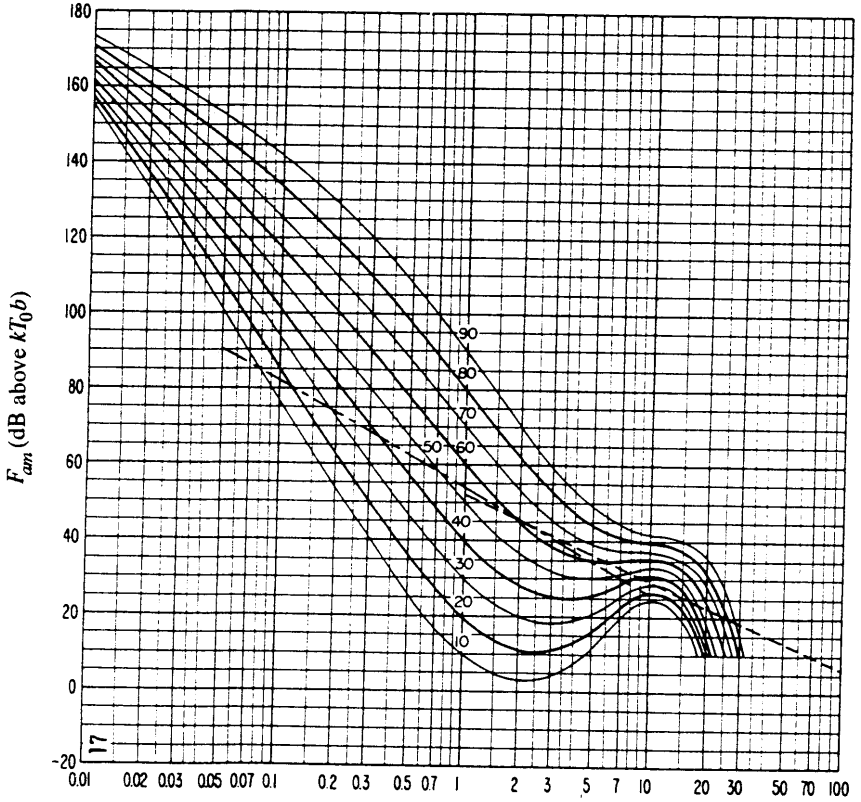
الشكل 29 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الصيف: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ب)



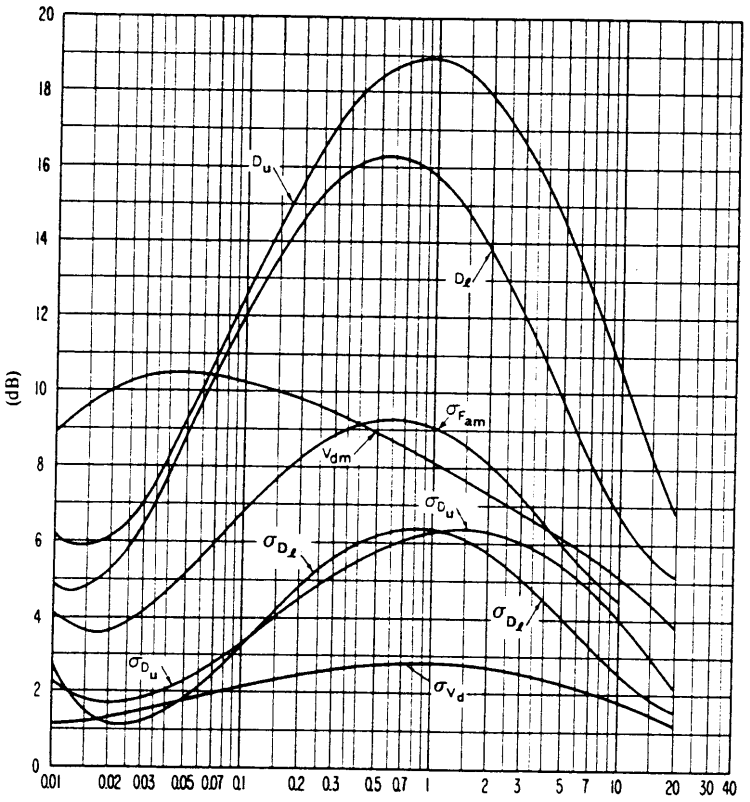
0372-30a

الشكل 30أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند $1\ MHz$) (الصيف: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 30 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الصيف: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

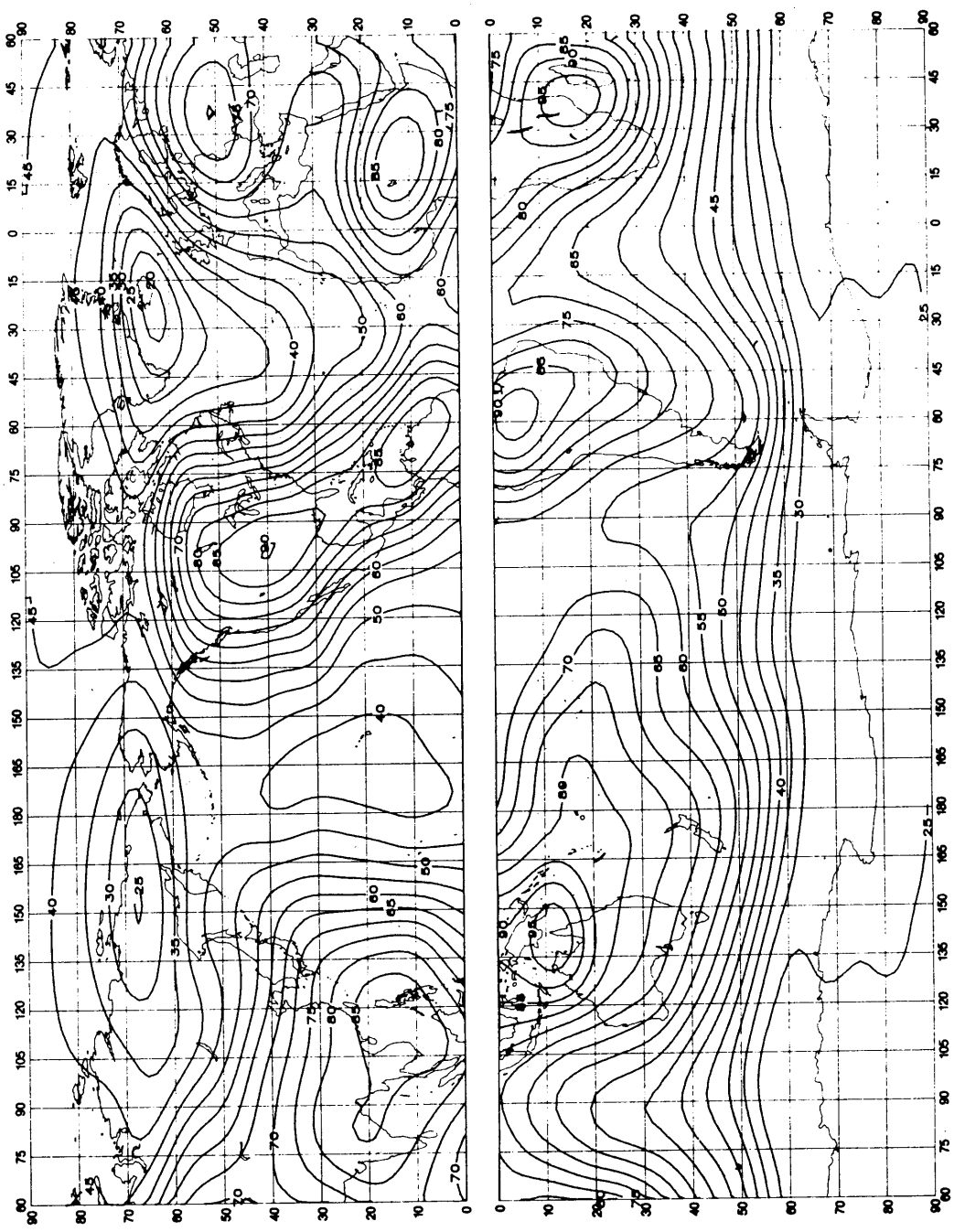
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 30 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الصيف: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

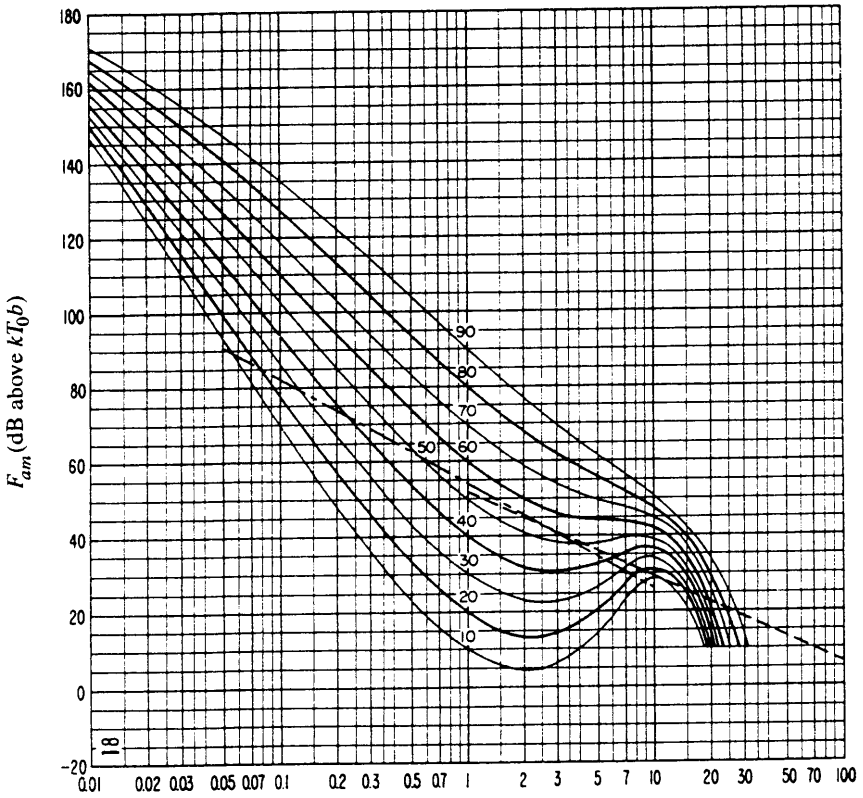
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-30b



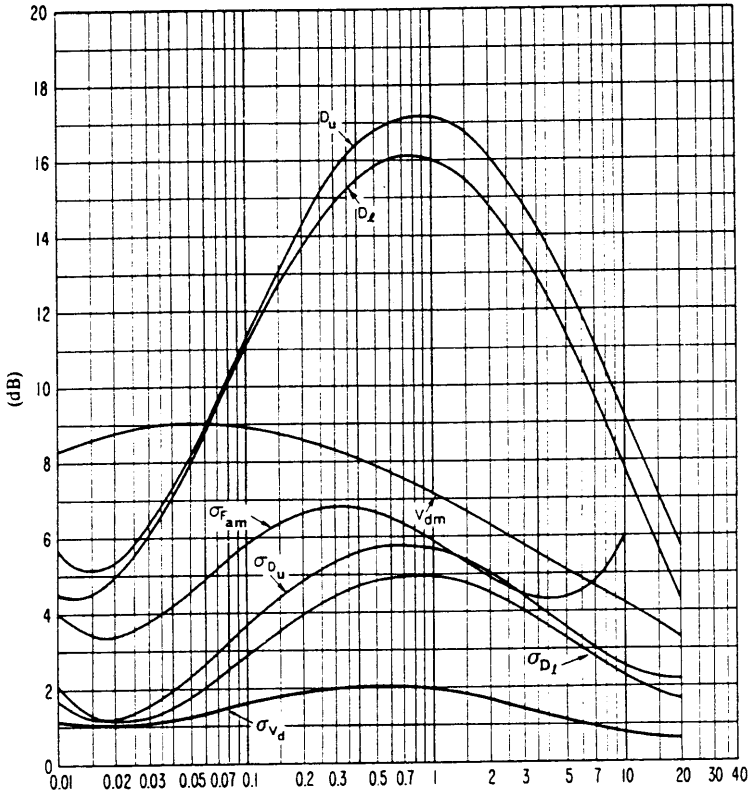
الشكل 31أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الصيف: 2000-1600 بالتوقيت المحلي)

0372-31a



الشـــكل 31 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الصيف: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

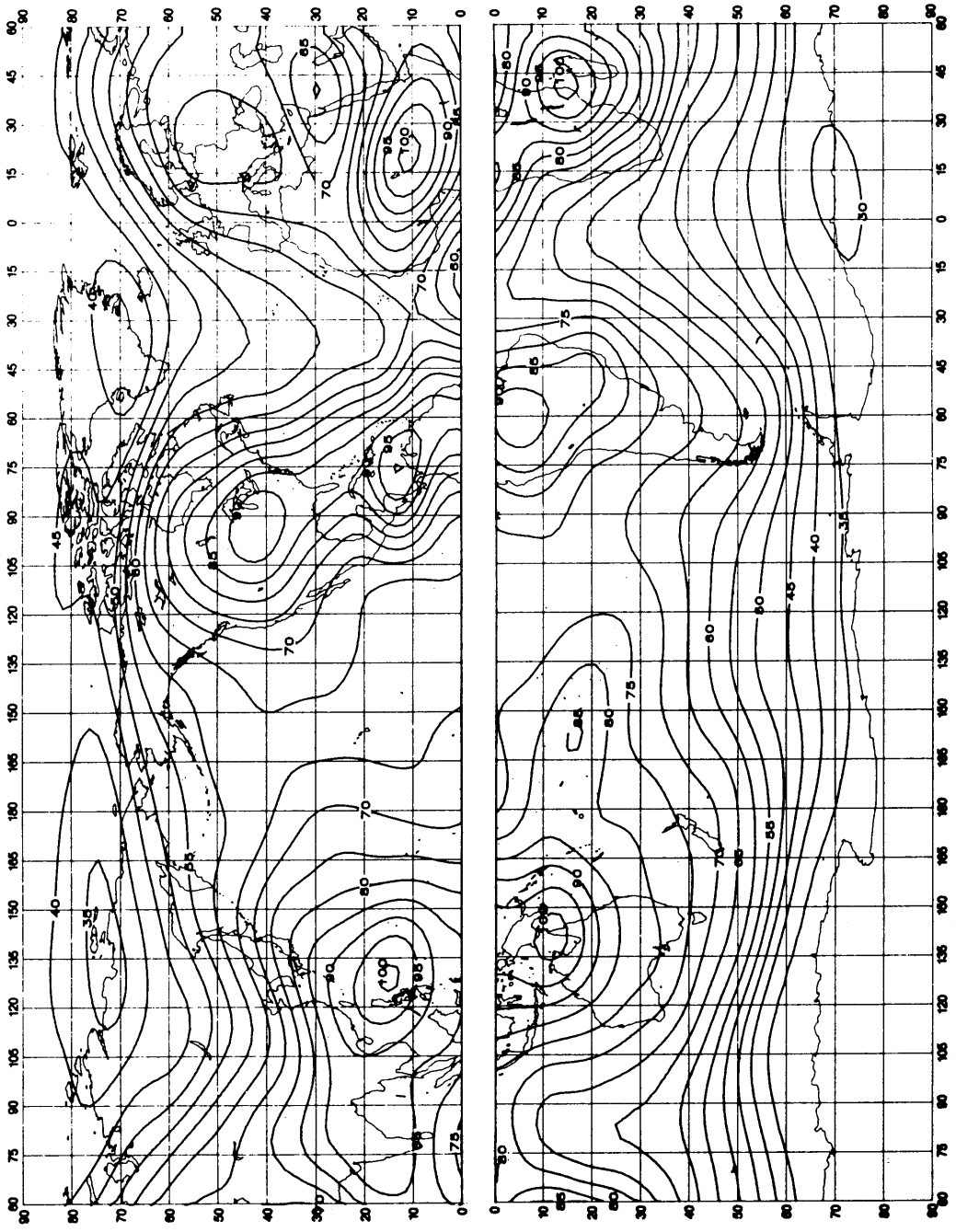
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 31 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الصيف: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

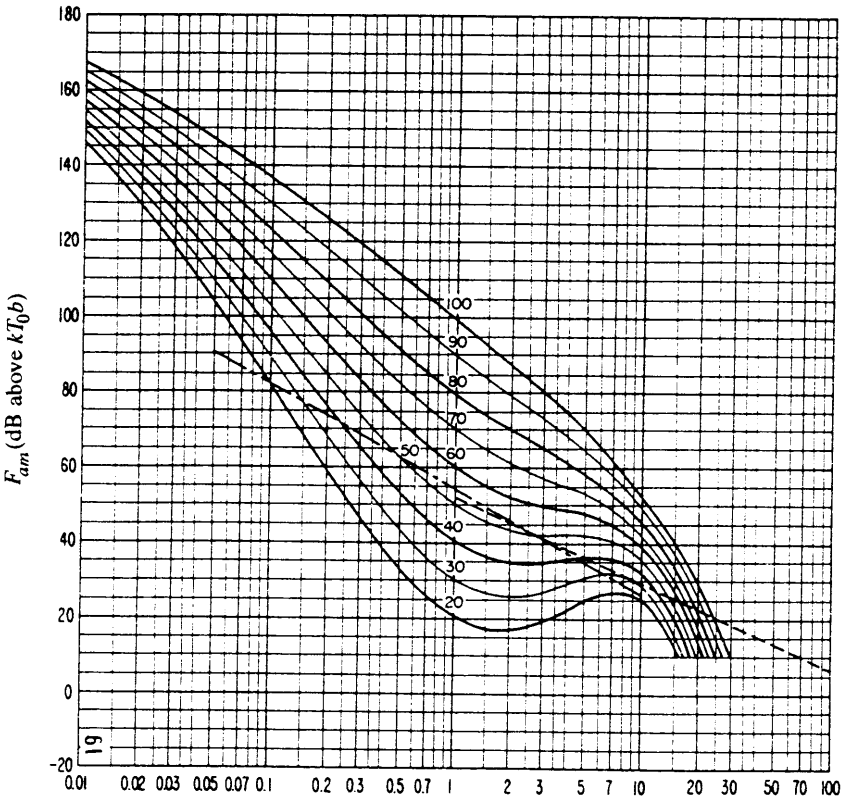
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-31b



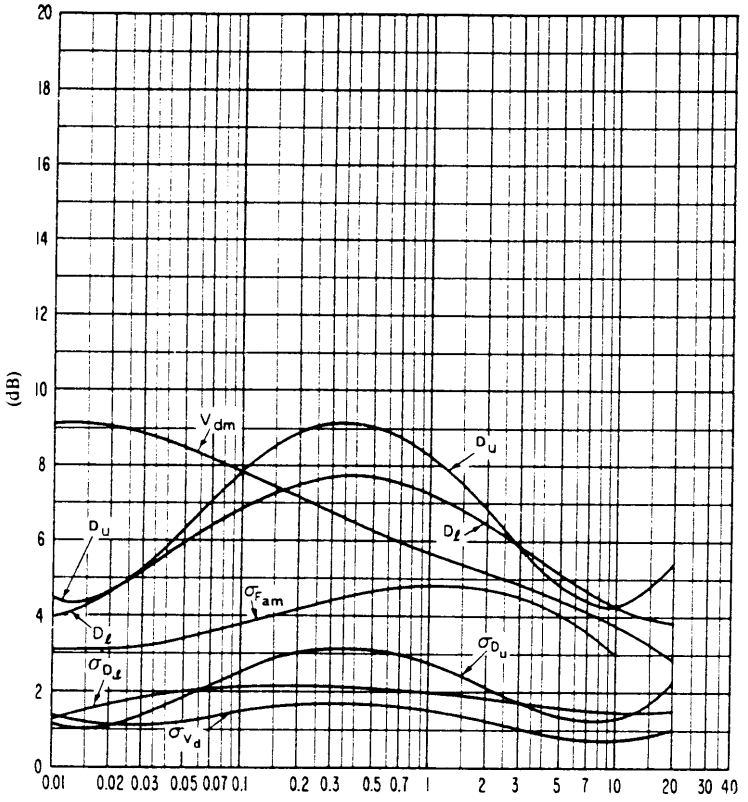
0372-32a

الشكل 32أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الصيف: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 32 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الصيف: 2400-2000 بالتوقيت المحلي)

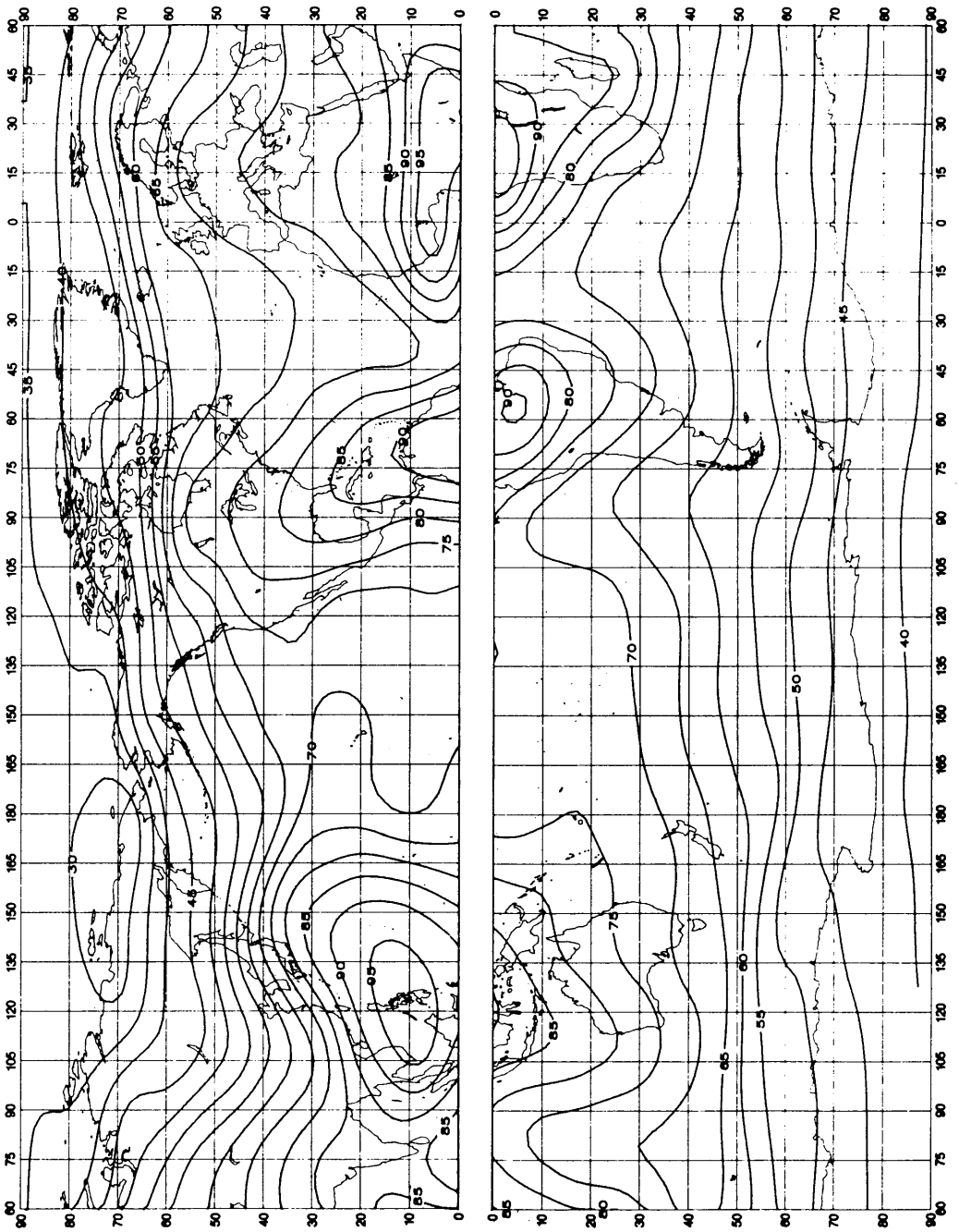
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 32 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الصيف: 2400-2000 بالتوقيت المحلي)

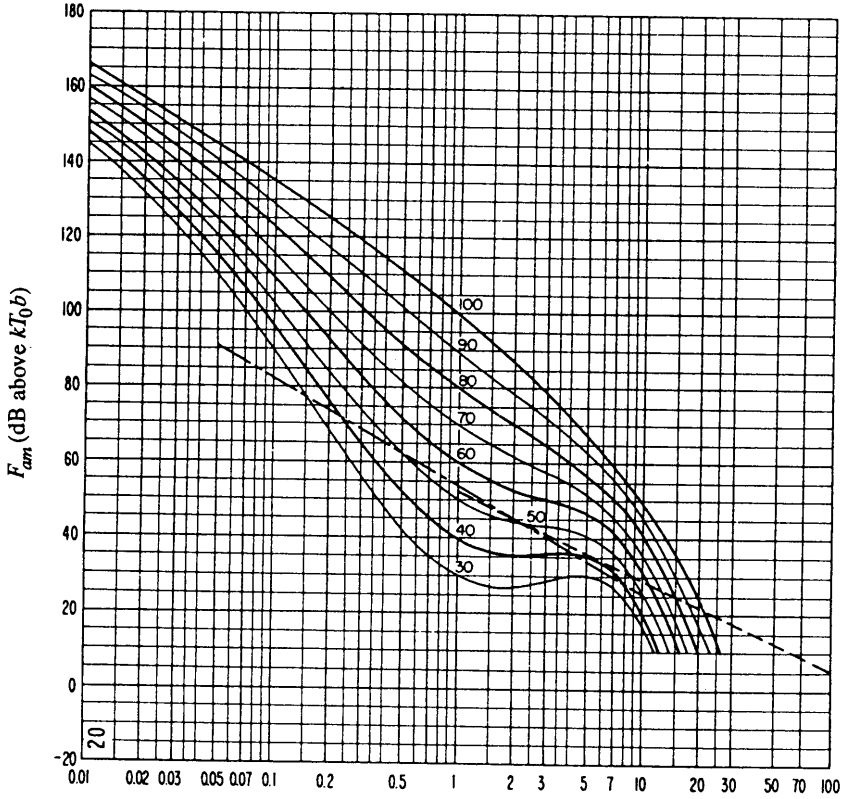
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-32b



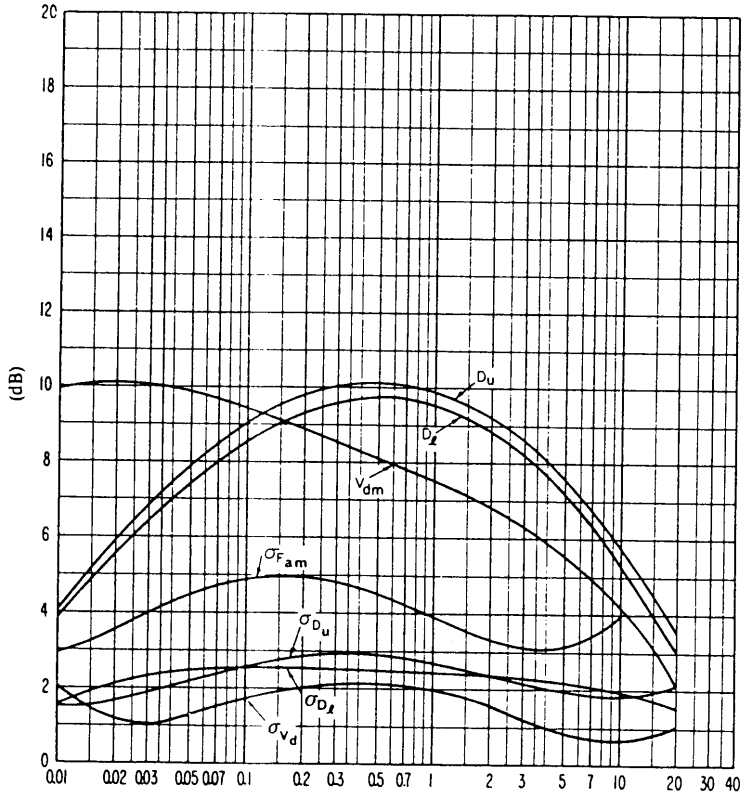
0372-33a

الشكل 33أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند $1\ MHz$) (الخريف: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 33 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الصيف: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

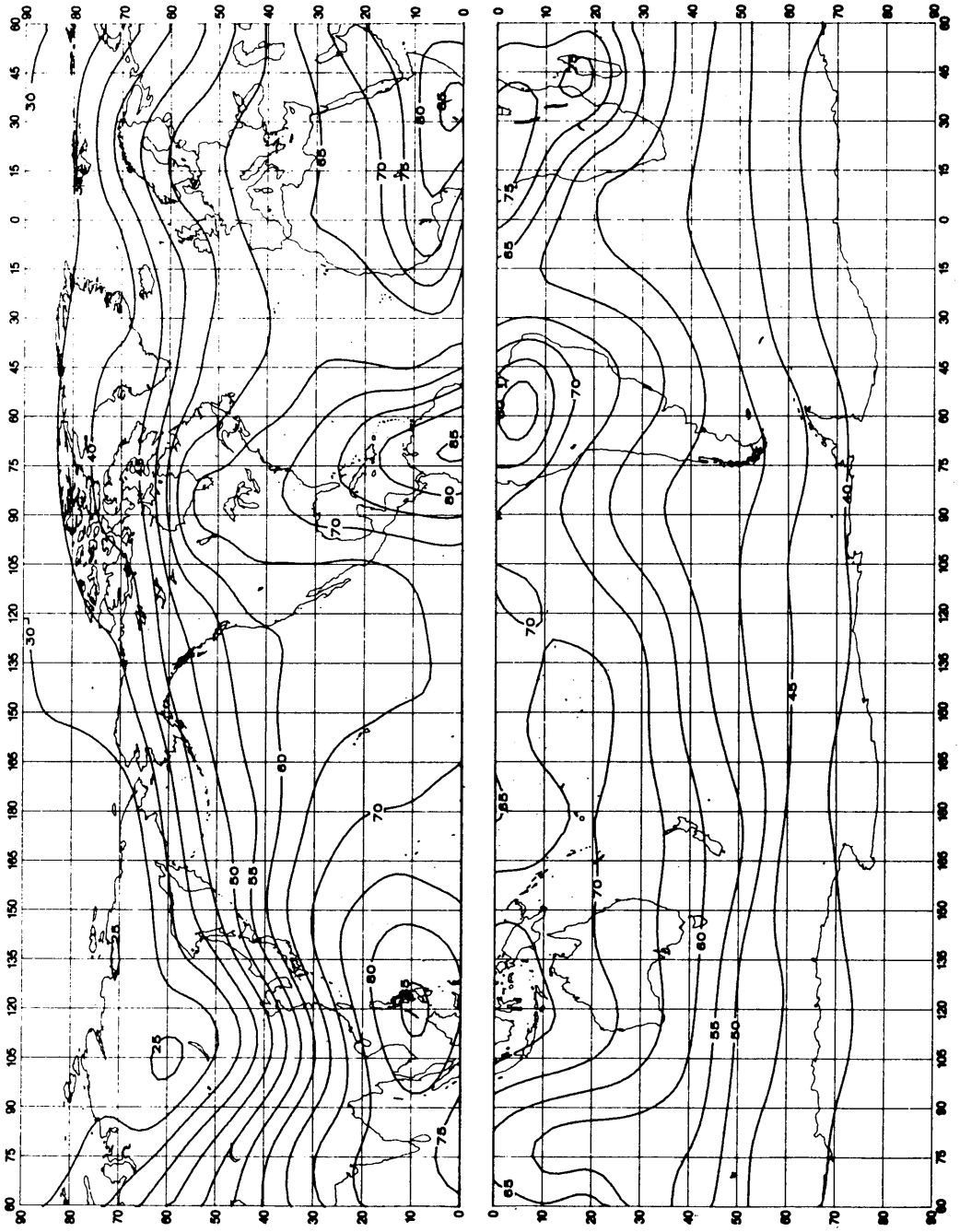
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 33 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الصيف: 0000-0400 بالتوقيت المحلي)

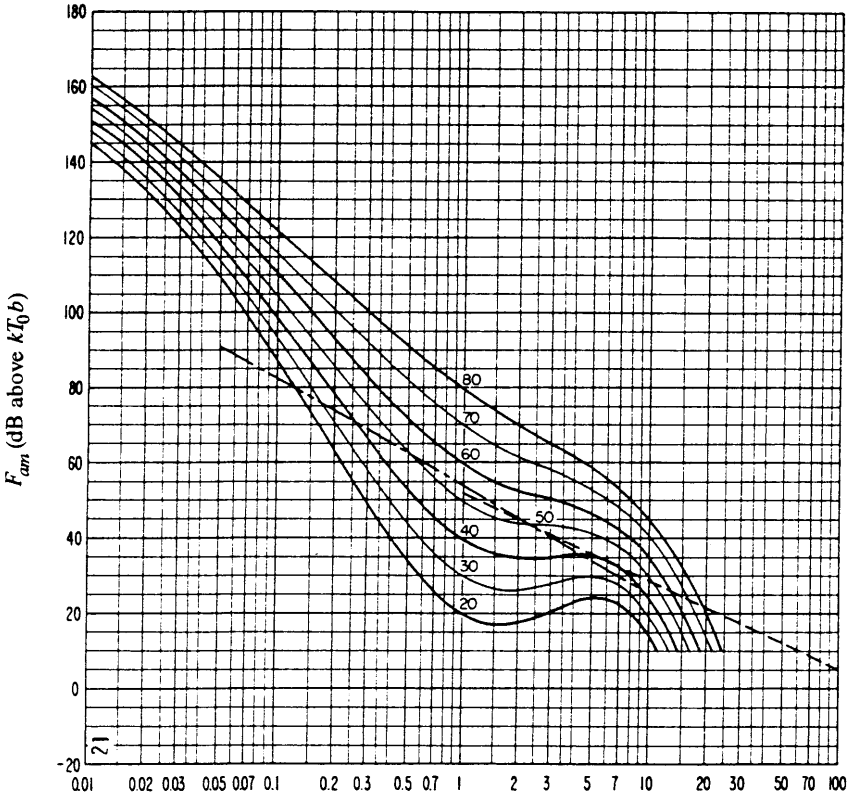
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-33b



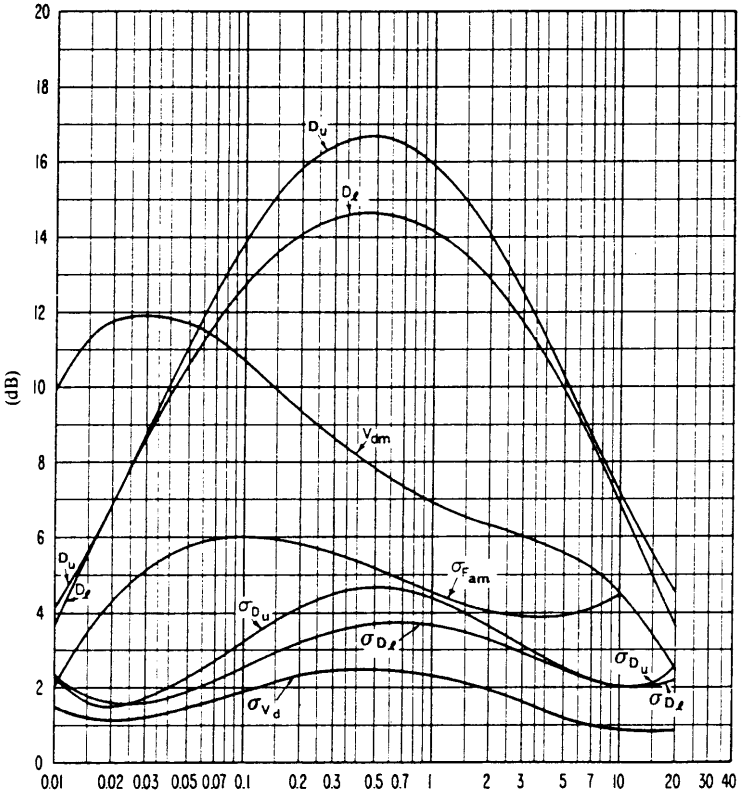
0372-34a

الشكل 34أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الخريف: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 34 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الخريف: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

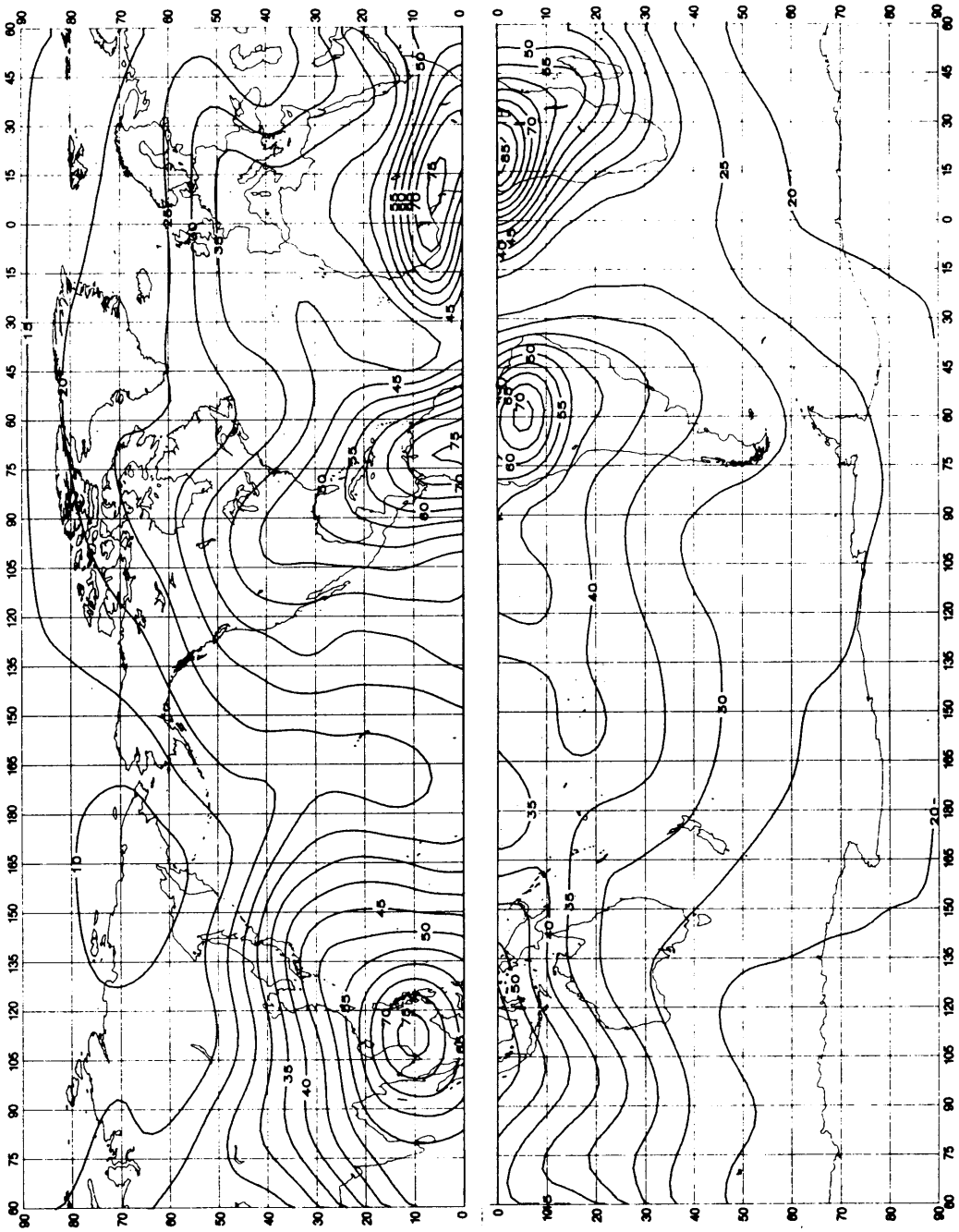
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 34 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الخريف: 0400-0800 بالتوقيت المحلي)

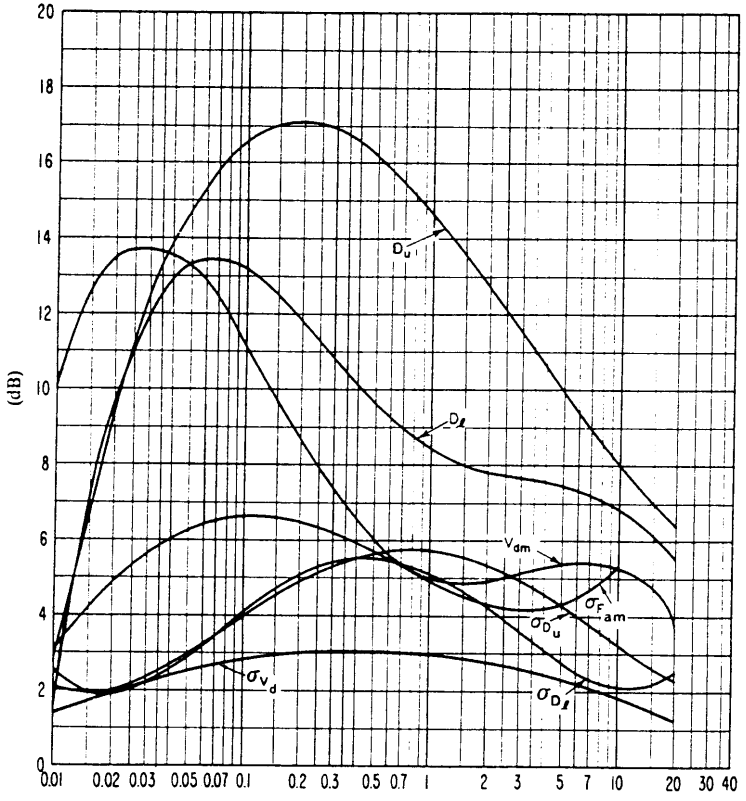
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-34b



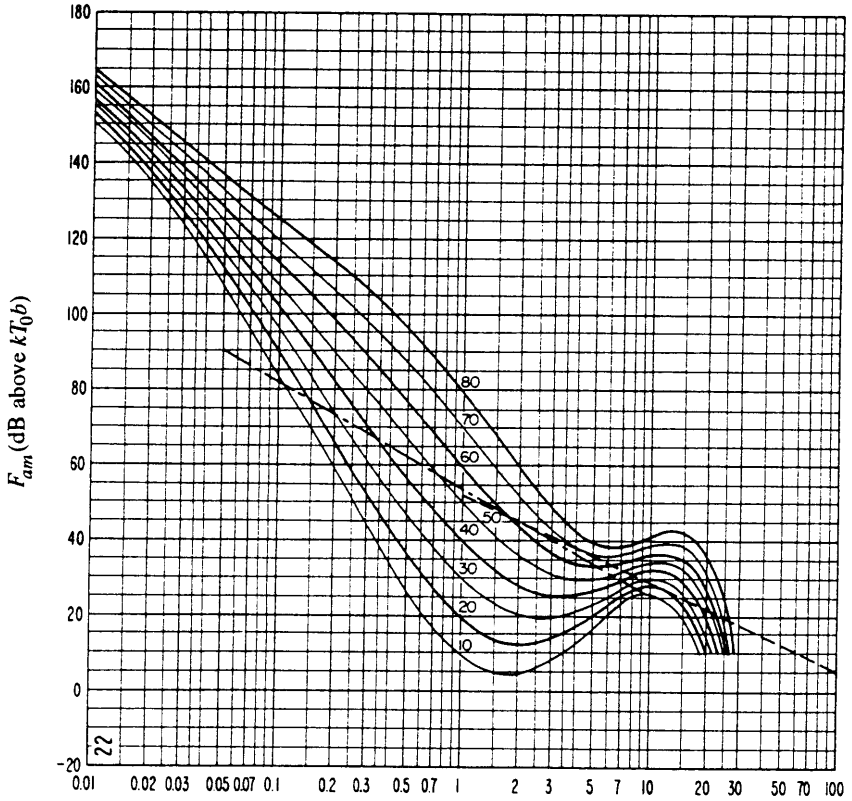
0372-35a

الشكل 35 أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند $1\ MHz$) (الخريف: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 35 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الخريف: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

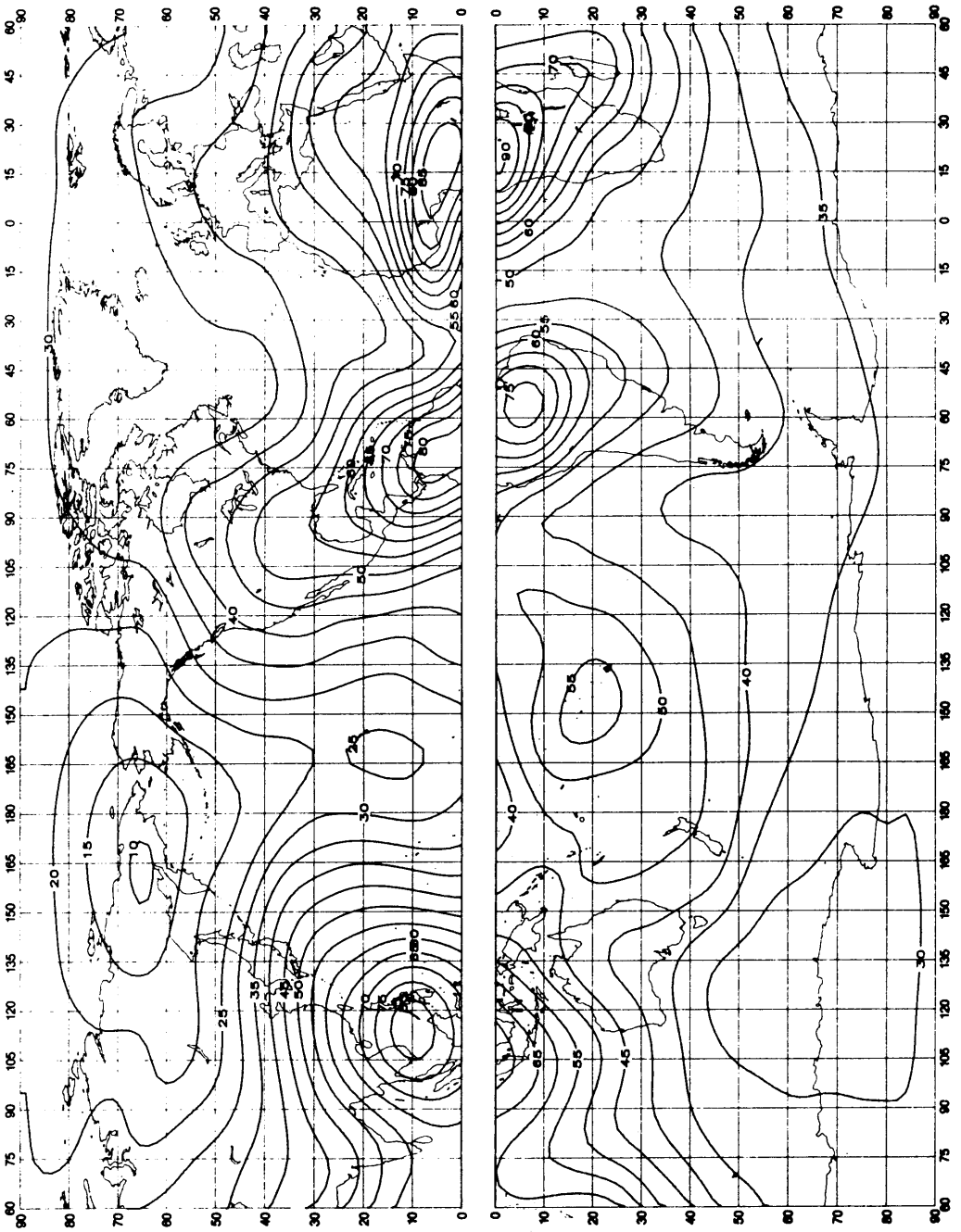
انظر شرح الشكل 15 ج)



الشـــكل 35 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الخريف: 0800-1200 بالتوقيت المحلي)

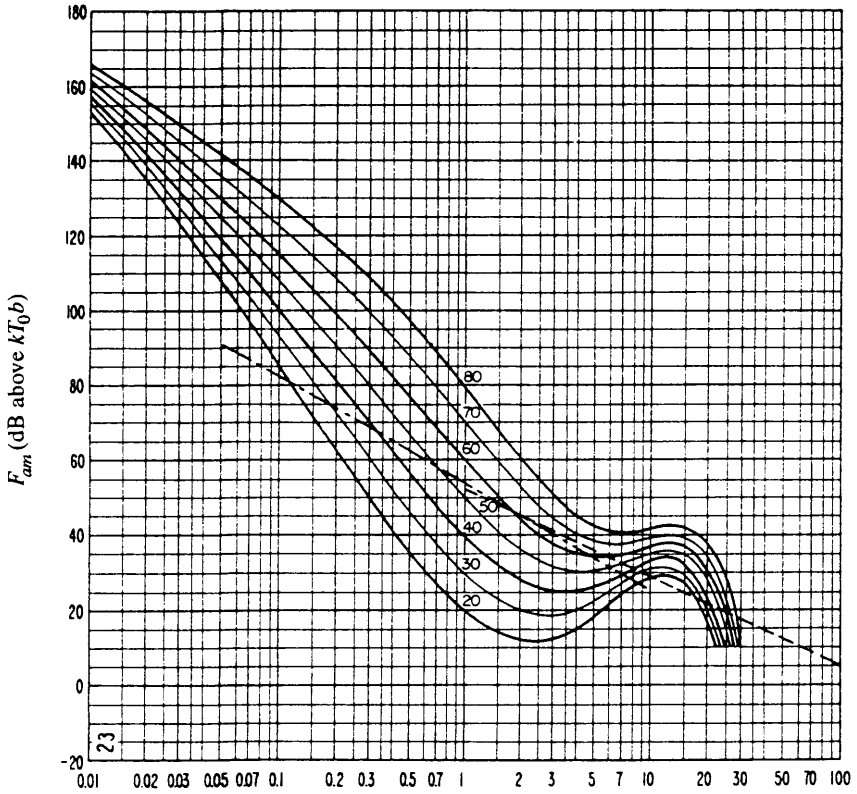
انظر شرح الشكل 15 ب)

0372-35b



الشكل 36أ) التقسيم/التوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الخريف: 1600-1200 بالتوقيت المحلي)

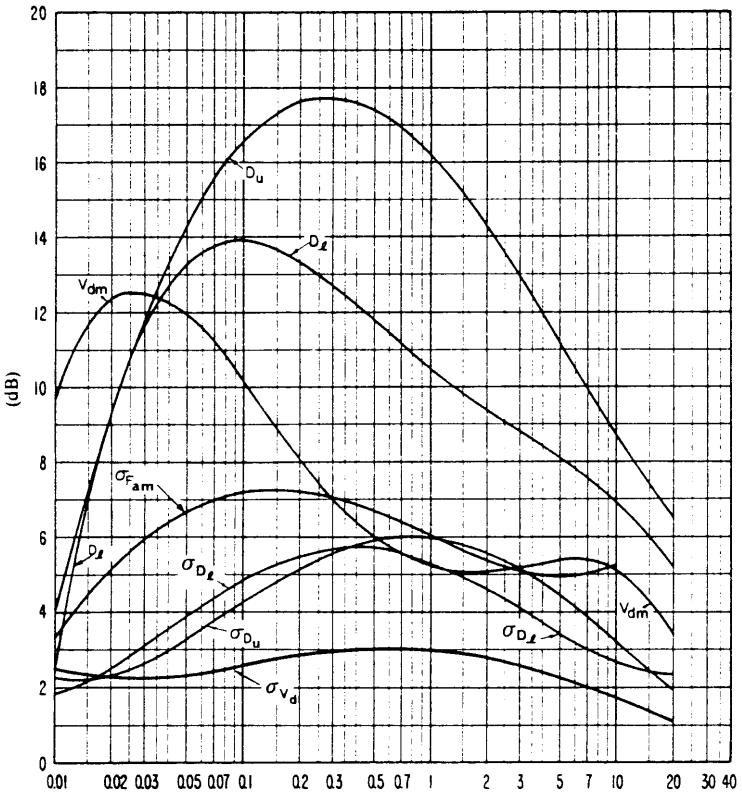
0372-36a



التردد (MHz)

الشكل 36 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الخريف: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ب)

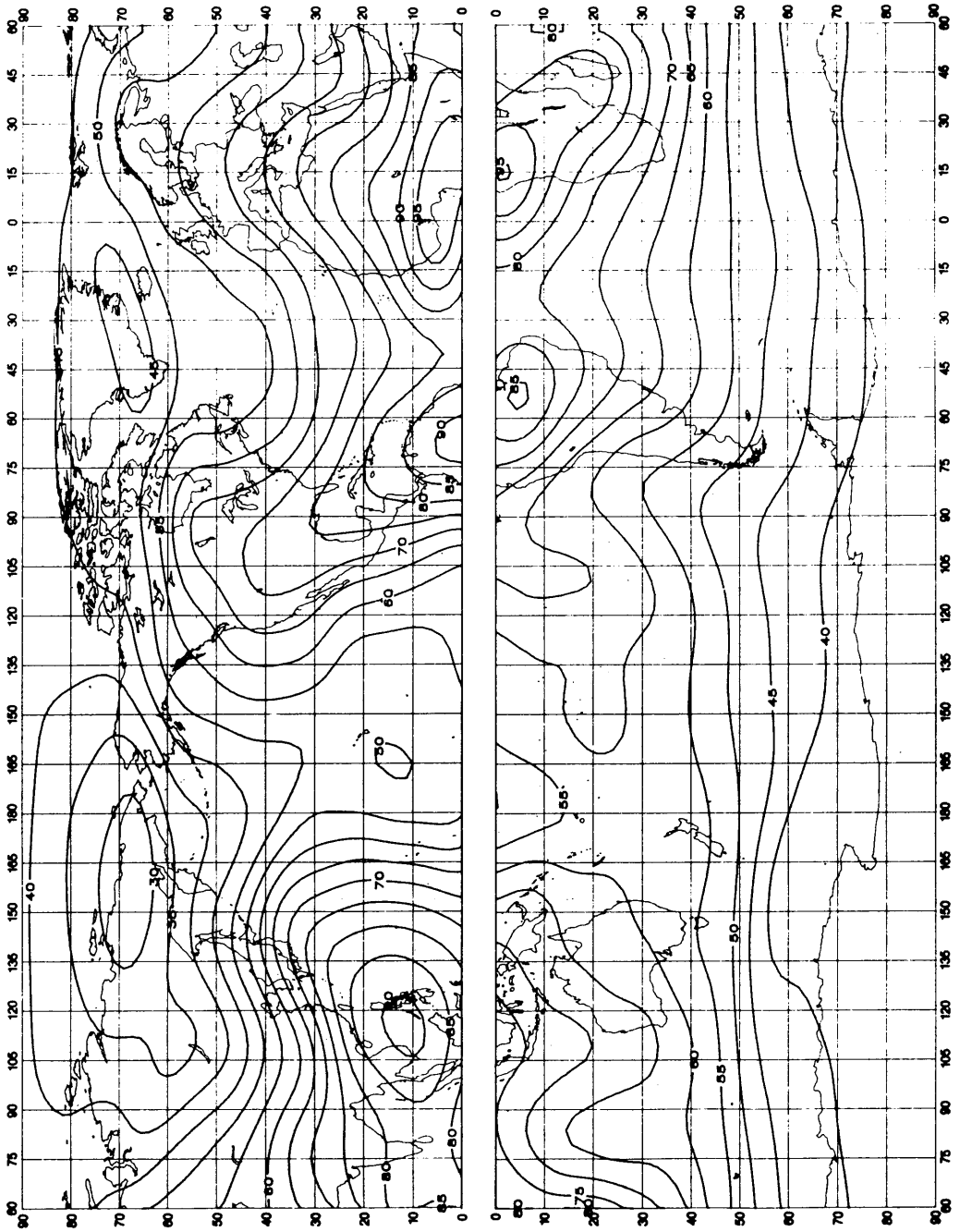


التردد (MHz)

الشـــكل 36 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الخريف: 1200-1600 بالتوقيت المحلي)

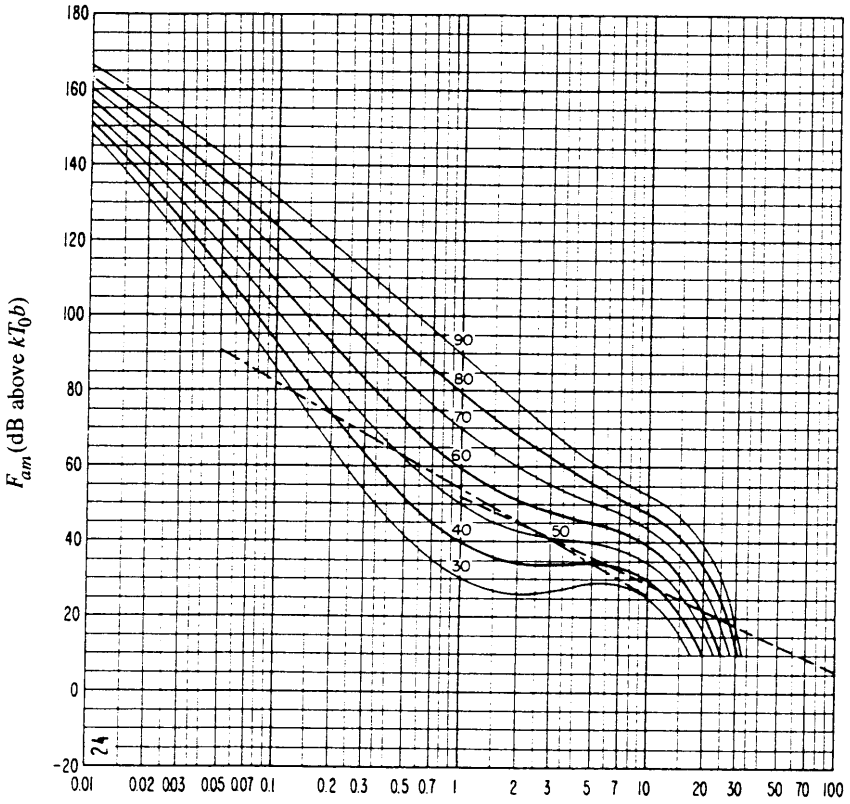
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-36b



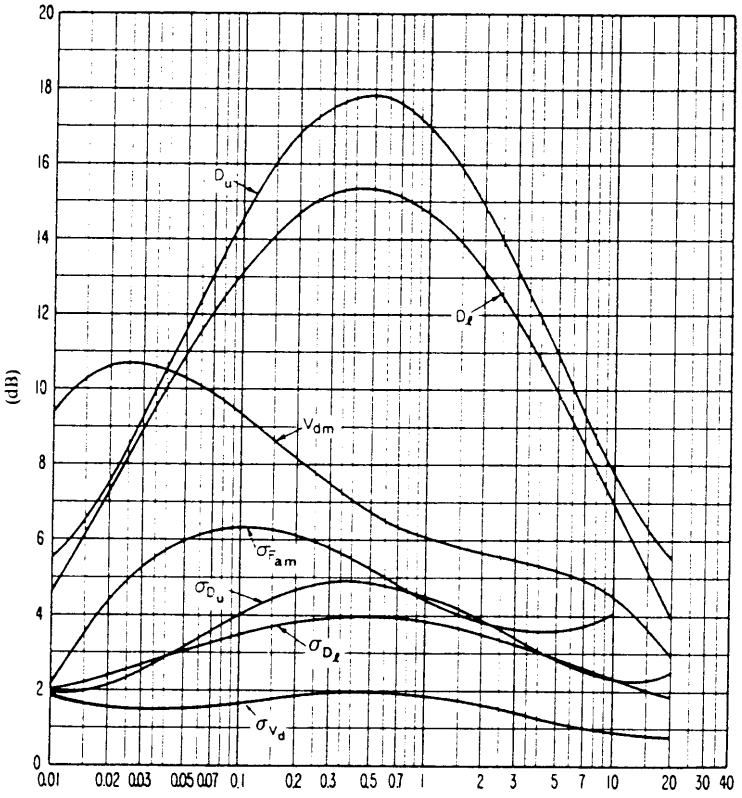
0372-37a

الشكل 37أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند $1\ MHz$) (الخريف: 2000-1600 بالتوقيت المحلي)



الشـــكل 37 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الخريف: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

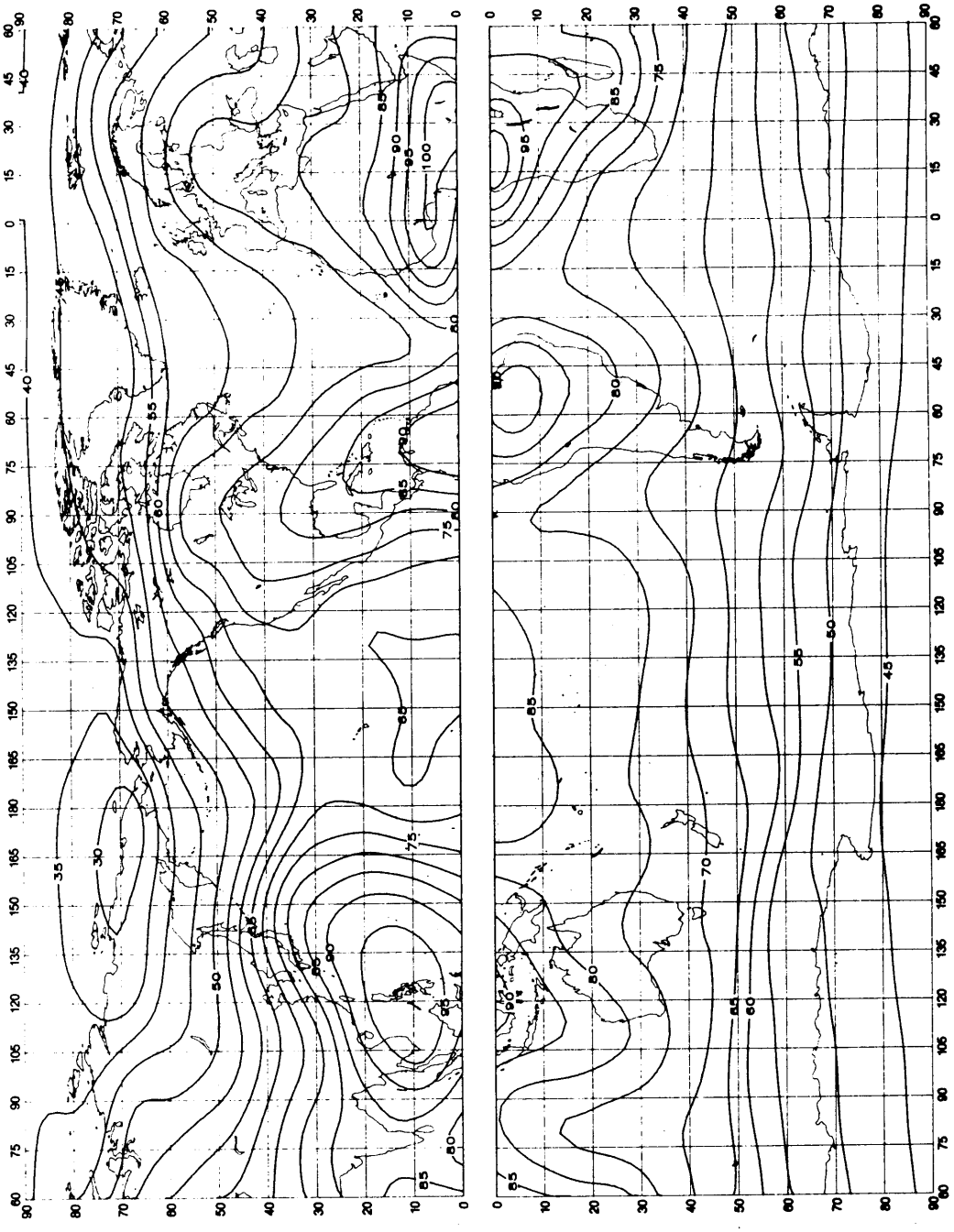
انظر شرح الشكل 15 ب)



الشـــكل 37 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الخريف: 1600-2000 بالتوقيت المحلي)

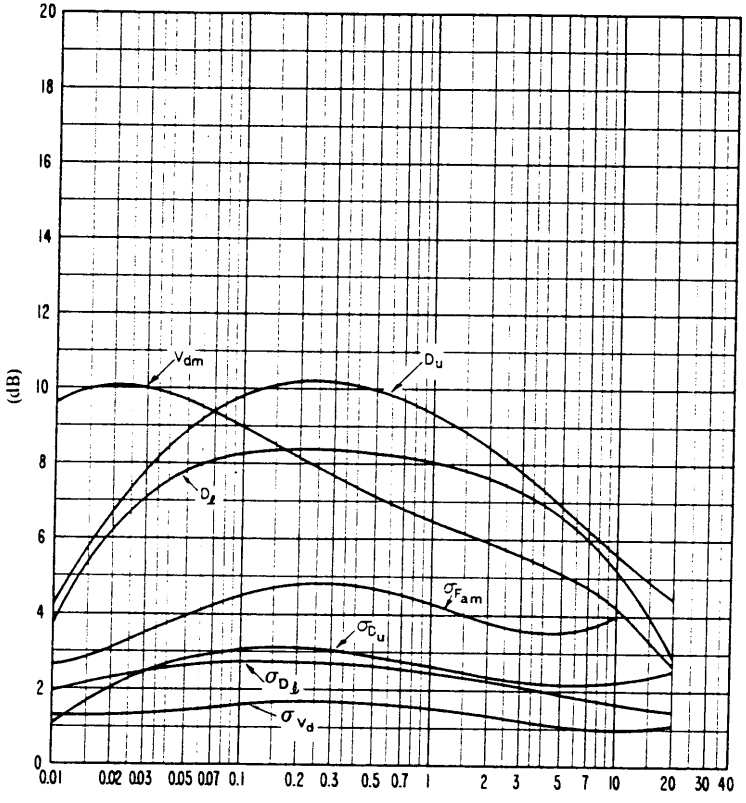
انظر شرح الشكل 15 ج)

0372-37b



الشكل 38أ) القيم المتوقعة للضوضاء الجوية الراديوية، F_{am} (بوحدات dB أعلى من kT_0b عند 1 MHz) (الخريف: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)

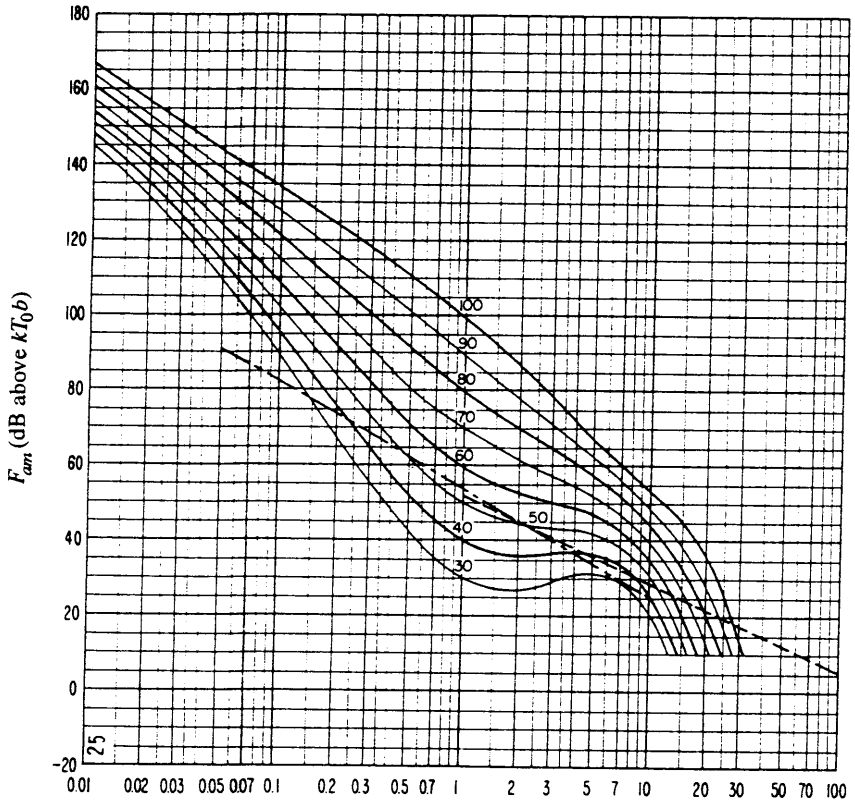
0372-38a



التردد (MHz)

الشـــكل 38 ج) *معطيات بشأن متغيرات الضوضاء وسماتها*
(الخريف: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ج)



التردد (MHz)

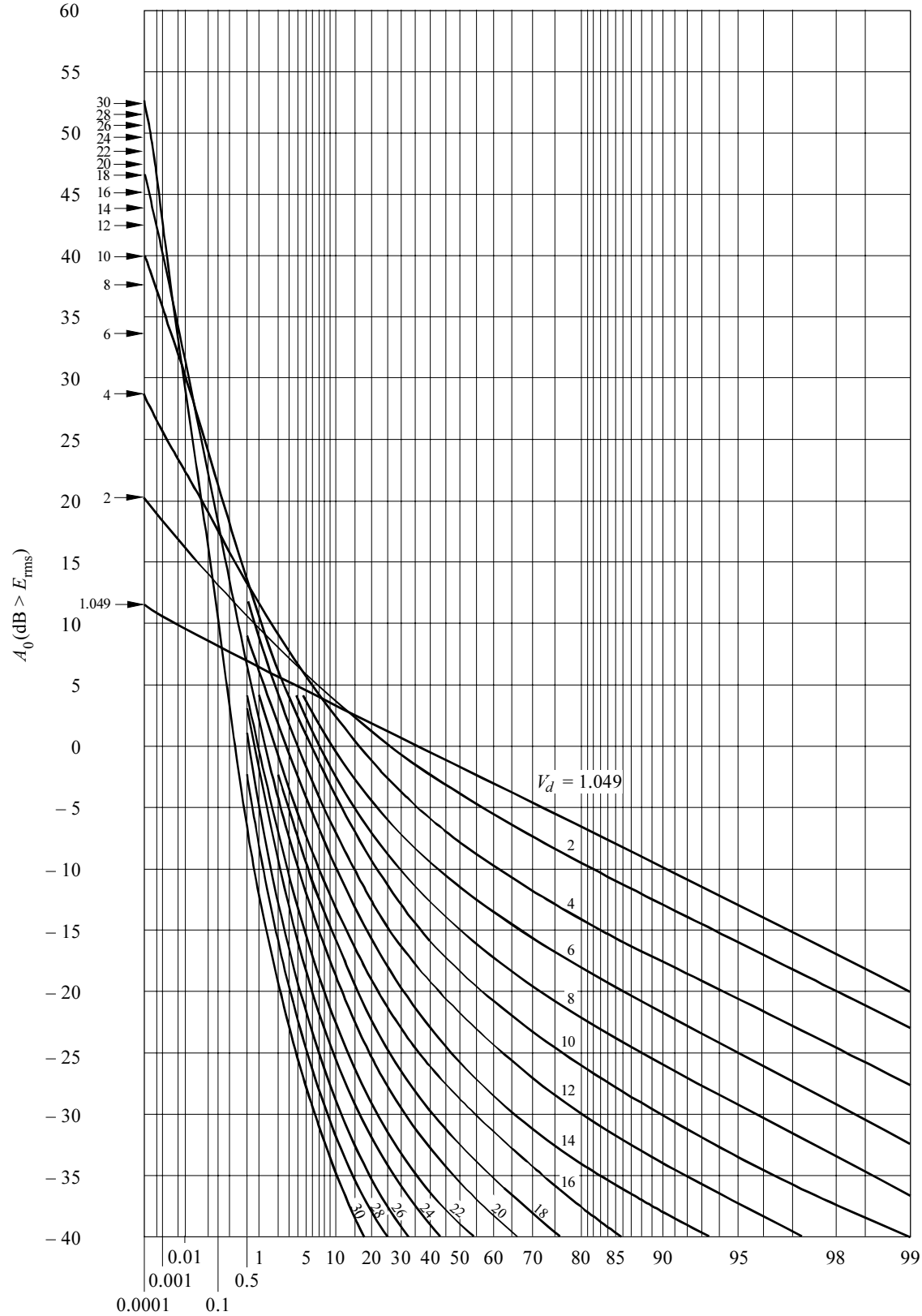
الشـــكل 38 ب) *تغير الضوضاء الراديوية بدلالة التردد*
(الخريف: 2000-2400 بالتوقيت المحلي)

انظر شرح الشكل 15 ب)

0372-38b

الشـــكل 39

توزيعات احتمال الاتساعات للضوضاء الجوية الراديوية من أجل قيم V_d المختلفة



الشـــكل 40

تحول قيم V_d المنطبقة على نطاق يبلغ 200 Hz إلى قيم V_d وV_{dm} تنطبق على عروض نطاقات أخرى، b