

بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

(توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دفتر استانداردها

استاندارد خطوط هوایی توزیع

شماره استاندارد ۱ - ۵۱

جلد اول: مبانی طراحی و جداول کاربردی

تهیه کننده: پژوهشکده برق - پژوهشگاه نیرو

آدرس: تهران - میدان ونک - خیابان شهید عباسپور - ساختمان مرکزی
صندوق پستی ۶۴۶۷ - ۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس ۱۰۱۷۷۴۰

پیشگفتار

پس از تدوین هر استاندارد و استفاده از آن به مرور نیازها و مشکلات مرتبط با آن شناخته شده و تکمیل و تجدیدنظر در آن امری لازم و ضروری می‌باشد، از آنجائیکه استاندارد ساختمان شبکه‌های توزیع نیرو، سالها پیش تدوین شده و اقدامی جهت تکمیل و تجدیدنظر در آن صورت نگرفته بود، به دلایل زیر تصمیم به بازنگری در آن گرفته شد:

- با توجه به گذشت چند سالی از تدوین استاندارد قدیم بایستی تحقیقات و بررسیهای لازم جهت استاندارد نمودن محصولات جدید و منسوخ نمودن محصولات قدیم صورت پذیرد.
- قیمت زیاد تجهیزات، دقت در امر خرید را طلب می‌کند و با توجه به گستردگی و پیچیدگی تجهیزات، دقت در مشخصات فنی وسایل، امکان مقایسه فنی محصولات سازندگان مختلف و مقید کردن آنها به رعایت موازن استاندارد را فراهم می‌سازد.
- با توجه به افزایش کادر فنی متخصص امکان محاسبه و طراحی به صورت خاص و با توجه به شرایط هر منطقه می‌باشد لذا ایجاد یکنواختی باید تنها در مجموعه‌ها یا تجهیزاتی که تابع شرایط خاص محیطی نباشد صورت گیرد بنابراین بجای استفاده از طرحهای نمونه با تنوع کم، معیارها و استانداردهای طراحی مطرح و در کنار آن در موارد خاص از طرحهای نمونه با تنوع زیاد استفاده شود.
- با توجه به اولویتها و نیازهای فعلی شبکه‌های توزیع، استانداردهای زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

الف - استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

ب - استاندارد خازنهای به کار رفته در شبکه‌های توزیع

پ - استاندارد راکتورهای به کار رفته در شبکه توزیع

ت - استاندارد مشخصات فنی ترانسفورماتورهای به کار رفته در شبکه توزیع

ث - استاندارد روشنایی معابر

ج - استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع

چ - استاندارد کابل‌های مورد استفاده در شبکه توزیع

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: الف

ح - استاندارد انشعابات شبکه‌های توزیع

خ - استاندارد خطوط هوایی شبکه‌های توزیع

جزوه حاضر جلد اول از پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی توزیع از سری استانداردهای شبکه‌های توزیع می‌باشد. پیش‌نویس استاندارد خطوط هوایی در تاریخ ۱۴ و ۱۵ شهریور سال ۱۳۷۴ مورد بررسی نمایندگان شرکتهای توزیع قرار گرفت، مطابق نظرات عنوان شده توسط دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی و جلسه فوق‌الذکر، تصمیم گرفته شد که این استاندارد با توجه به مباحث مطرح شده در قالب جلدهای جداگانه زیر تهیه گردد:

جلد اول: معیارهای طراحی و جداول کاربردی

جلد دوم: تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده

جلد سوم: تیرهای چوبی و مشخصات کراس‌آرمهای چوبی به کار رفته در شبکه توزیع

جلد چهارم: مقره‌های به کار رفته در شبکه توزیع

جلد پنجم: هادیها و مفتولهای خطوط هوایی توزیع

جلد ششم: کراس‌آرمها و آرایش پایه‌های به کار رفته در شبکه توزیع

در تهیه این استاندارد سعی شده است که امکانات و مهارتهای موجود و قابلیت‌های شرکتهای توزیع برق در نظر گرفته شود. در تهیه این استاندارد منابع زیر مورد استفاده قرار گرفته است:

[۱] استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق، وزارت نیرو، چاپ پنجم، شهریور ۱۳۶۴.

[۲] استاندارد هادیهای خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۳] آئین‌نامه و استاندارد بارگذاری خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۴] استاندارد شماره ۵۱۹ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، "حداقل بار وارده بر ساختمانها و

ابنیه فنی"

[۵] فواصل مجاز از خطوط انتقال نیرو، دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی

[۶] کتابهای طراحی خطوط انتقال و توزیع

[7] National Electrical Safety Code - 1984 Edition.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ب

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱- هدف و دامنه کاربرد
۱	۲- تعاریف
۱	۲-۱- کشش
۱	۲-۲- تنش
۱	۲-۳- فلش
۱	۲-۴- پارامتر سیم
۱	۲-۵- حداکثر مقاومت کششی
۱	۲-۶- حد نیروی ارتجاعی
۲	۲-۷- ضریب اطمینان سیم
۲	۲-۸- ضریب کشسانی
۲	۲-۹- ضریب انبساط خطی
۲	۲-۱۰- پایه مماسی
۲	۲-۱۱- پایه گوشه‌ای
۲	۲-۱۲- پایه انتهای
۲	۲-۱۳- سکشن
۲	۲-۱۴- اسپن
۳	۲-۱۵- فاصله هوایی مجاز
۴	۲-۱۶- پلان
۴	۲-۱۷- پروفیل
۵	۳- محاسبات الکتریکی
۶	۴- محاسبات مربوط به طراحی مکانیکی
۶	۴-۱- روابط منحنی سیم، کشش سیم، فلش سیم و طول سیم
۸	۴-۲- نیروهای وارد بر سیم و پایه
۱۴	۴-۳- معادله تغییر وضعیت

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه ج

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵- تعیین اسپن معادل طراحی و اسپنهای کاربردی، نوع و ارتفاع پایه‌ها و مشخصات خط در زمان اجرا . ۱۵	
۵-۱- تعیین اسپن معادل طراحی برای یک سکشن ۱۵	
۵-۲- شرایط محدودکننده برای تعیین طول دقیق اسپنها و تعیین محل پایه‌ها روی پروفیل ۱۷	
۵-۳- جداول نصب و منحنی‌های نصب ۱۹	
۵-۴- پایه‌گذاری روی پروفیل ۲۰	
۶- مهار و انواع آن ۲۳	
۶-۱- موارد کاربرد ۲۳	
۶-۲- محاسبه نیروی کشش مهار ۲۳	
۶-۳- انواع مهار ۲۴	
۶-۴- مشخصات سیمهای مهار ۲۷	
۷- فواصل هوایی مجاز ۲۷	
۷-۱- محاسبه فاصله هوایی ۲۷	
۷-۲- جداول کاربردی ۲۷	
۷-۳- شرایط کاربرد جداول ۲۸	
پیوست الف- جداول کشش و فلش و ضریب اطمینان برای سیم مینک ۲۹	
پیوست ب- جداول نصب برای سیم مینک ۵۶	
پیوست پ- شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور ۷۱	
پیوست ت- فواصل هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین ۷۵	
پیوست ث- منحنی‌های افت ولتاژ برای سیمهای توزیع ۷۷	
پیوست ج- منحنی‌های افت توان برای سیمهای توزیع ۸۰	
پیوست چ- منحنی‌های جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای توزیع ۸۳	
پیوست ح- مراحل طراحی و اجرای یک خط هوایی توزیع انرژی الکتریکی ۸۶	
پیوست خ- یک نمونه مثال عملی ۸۷	

شماره استاندارد ۱- ۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: د

۱- هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد شامل معیارهای طراحی الکتریکی و مکانیکی خطوط هوایی توزیع و همچنین جداول کاربردی در این زمینه می باشد با توجه به حجم بالای خطوط هوایی استفاده شده در شبکه های توزیع و شرایط مختلف آب و هوایی کشور، روش طراحی این خطوط ارائه شده است. دامنه کاربرد این استاندارد در سطوح ولتاژ فشار متوسط و ضعیف شبکه توزیع می باشد.

۲- تعاریف

۲-۱- کشش [T]: در هر نقطه از سیم نیرویی که در امتداد محور سیم بر آن نقطه وارد می شود کشش در آن نقطه نامیده می شود. عبارت دیگر اگر سیم در نقطه ای پاره شود نیرویی که لازم است به آن نقطه اعمال شود تا سیم به حالت قبلی بایستد کشش در آن نقطه نامیده می شود. بین دو پایه مشخص هر چه سیم شکم بیشتری داشته باشد نیروی کشش کمتر است. کشش در پایین ترین نقطه سیم افقی است و آن را با H نمایش می دهند.

۲-۲- تنش [σ]: در هر نقطه از سیم، نسبت کشش سیم به سطح مقطع را تنش در آن نقطه می گویند.

۲-۳- فلش [f]^(۱): بیشترین فاصله قائم بین سیم و خط راست واصل نقاط اتصال سیم به پایه (دو پایه متوالی) را فلش یا شکم سیم می گویند. این بیشترین فاصله همواره (پایه های هم ارتفاع و یا غیر هم ارتفاع) در نقطه وسط دو پایه حاصل می شود.

۲-۴- پارامتر سیم [a]: نسبت کشش افقی [H] به وزن واحد طول سیم را پارامتر سیم گویند.

توجه به این نکته لازم است که مقدار پارامتر سیم برای یک سیم در شرایط مختلف و وضعیت های آب و هوایی مختلف متفاوت است.

۲-۵- حداکثر مقاومت کششی [U.T.S.]^(۲): مقدار نیرویی است که باید به سیم وارد شود تا سیم در آستانه پاره شدن قرار گیرد.

۲-۶- حد نیروی ارتجاعی: کمترین نیرویی است که اگر به یک سیم وارد شود سیم شکل اولیه خود را از

۱ Sag

۲ Ultimate Tensile Strength

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱

دست می دهد و به حالت اول باز نمی گردد.

۷-۲- ضریب اطمینان سیم $[n]$: عددی است که با توجه به اهمیت خط برای آن در نظر گرفته می شود و

برابر است با نسبت حداکثر مقاومت کششی سیم به حداکثر نیروی موجود وارد بر سیم.

ضریب اطمینان سیم نباید از نسبت حداکثر مقاومت کششی به حد نیروی ارتجاعی کمتر شود. برای خطوط

توزیع ضریب اطمینان حداقل ۲/۵ مناسب است.

۸-۲- ضریب کشسانی $[E]$: فلزات اگر تحت نیروی کششی قرار گیرند تغییر طول پیدا می کنند و تا یک حد

مشخص (نقطه تسلیم) تغییرات طول فلز الاستیک بوده و نسبت به نیرو خطی است. در این محدوده نسبت تغییر

تنش وارد بر سیم به تغییر طول نسبی سیم را ضریب کشسانی می گویند.

مقدار مدول الاستیسیته برای سیم فاکس و مینک 8100 kg/mm^2 و برای سیم لینکس 8200 kg/mm^2 است.

۹-۲- ضریب انبساط خطی $[\alpha]$: نسبت تغییر طول نسبی سیم ناشی از حرارت به تغییر درجه حرارت را

ضریب انبساط خطی آن سیم می گویند.

۱۰-۲- پایه مماسی (میانی یا غیرکششی): این پایه در مسیر مستقیم خط استفاده می شود و کشش افقی

سیم در دو طرف آن یکسان است. زاویه مجاز انحراف خط در این پایه ها از چند درجه تجاوز نمی کند.

۱۱-۲- پایه گوشه ای (زاویه ای یا کششی): پایه ای است که زاویه مجاز انحراف خط در آن زیاد است. این

پایه باید حد بیشتری از کشش را تحمل کند. در جاهائیکه زاویه انحراف خط بیشتر از مقادیر مجاز پایه های مماسی

باشد از پایه گوشه ای استفاده می شود.

۱۲-۲- پایه انتهایی: پایه کششی است که در ابتدا و انتهای خط بکار می رود.

۱۳-۲- سکشن^(۱): به قسمتی از خط که بین دو پایه زاویه ای (کششی) و یا انتهایی قرار گرفته باشد یک

سکشن گفته می شود. کشش افقی سیم در طول یک سکشن تقریباً یکسان است.

۱۴-۲- اسپن^(۲) $[S]$: فاصله افقی دو پایه مجاور را اسپن می نامند.

۱-۱۴-۲- اسپن معادل طراحی $[S_{eq}]$: اسپنی است که علاوه بر داشتن ضریب اطمینان کافی در

۱. Section

۲. Span

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲

حقیقی در یک سکشن از رابطه زیر استفاده می شود.

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N S_n^2}{\sum_{n=1}^N S_n}} \quad (1) \quad S_n: \text{طول اسپن } n \text{ م (m)} \quad N: \text{تعداد اسپنهای سکشن مورد نظر}$$

۳-۱۴-۲ اسپن قائم یا وزنی $[S_v]$: فاصله افقی بین دو نقطه مینیمم سیم در طرفین یک پایه را اسپن قائم یا وزنی گویند.

۴-۱۴-۲ اسپن افق یا بادگیر $[S_w]$: فاصله افقی بین نقاط وسط دو اسپن مجاور را اسپن افق یا اسپن بادگیر می نامند.

۵-۱۴-۲ اسپن الکتریکی (حداکثر اسپن الکتریکی): از نظر شرایط الکتریکی برای فلش در یک اسپن یک مقدار حداکثر تعیین می شود و چون افزایش اسپن با افزایش فلش همراه است از نظر الکتریکی یک مقدار حداکثر برای اسپن وجود دارد. این اسپن، اسپن الکتریکی نامیده می شود.

۶-۱۴-۲ اسپن بحرانی $[S_c]$: هر چه اسپن بزرگتر باشد طوفان شرایط سخت تری (کشش بیشتری) در آن بوجود می آورد و هر چه اسپن کوچکتر باشد زمستان شرایط سخت تری در آن بوجود می آورد. اسپن بحرانی اسپنی است که برای آن سخت ترین شرایط در طوفان و زمستان یکسان باشد و از رابطه (۲) بدست می آید.

$$S_c = \sqrt{\frac{24 H_c^2 \alpha (t' - t)}{W'^2 - W^2}} \quad (2)$$

t و W : بترتیب دما و نیروی وارد بر سیم در صفحه عمود بر سیم برای شرایط زمستان

t' و W' : بترتیب دما و نیروی وارد بر سیم در صفحه عمود بر سیم برای شرایط طوفان

H_c : حداکثر کشش افقی مجاز

α : ضریب انبساط خطی سیم

۱۵-۲ فاصله هوایی مجاز: حداقل فاصله لازم بین هادیها و تجهیزات خطوط از سطح و تأسیسات اطراف خط را گویند.

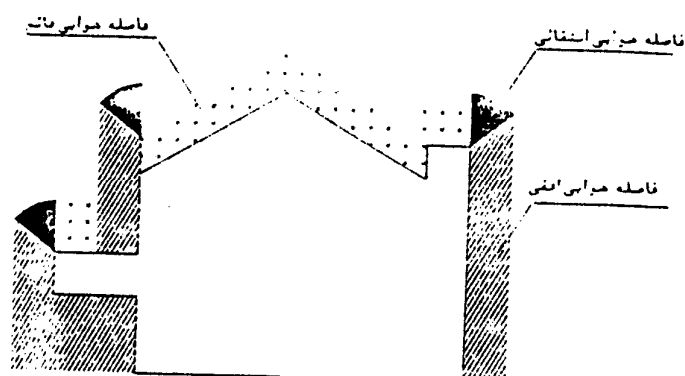
۱-۱۵-۲ فاصله هوایی مجاز قائم: به حداقل فاصله هوایی قائم خط از کف گفته می شود.

۲-۱۵-۲ فاصله هوایی مجاز افقی: حداقل فاصله جانبی خط از تأسیسات اطراف آن است.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳

۲-۱۵-۳- فاصله هوایی مجاز انتقالی: در گوشه‌های ساختمانها و تأسیسات باید هم فاصله مجاز افقی و هم

فاصله مجاز قائم رعایت شود (شکل (۱)).



شکل (۱) انواع فواصل هوایی

۲-۱۶- پلان: دید از بالای مسیر خط که نشاندهنده وضعیت زمین است پلان نامیده می‌شود.

۲-۱۷- پروفیل: دید از روبروی مسیر خط که نشاندهنده پستی و بلندی آن مسیر است پروفیل نامیده می‌شود.

۲-۱۸- تمپلت^(۳) (شابلون): صفحه مخصوصی از جنس سولتد شفاف است که روی آن منحنی‌های سیم رسم شده است و از آن برای یافتن نقاط مناسب جهت پایه‌گذاری روی پروفیل استفاده می‌شود.

* * *

برای برقراری ارتباط الکتریکی بین دو نقطه از طریق خطوط هوایی ابتدا باید مسیر مناسب برای ارتباط انتخاب شود. این کار از طریق نقشه‌برداری از منطقه و تهیه پروفیل و پلان منطقه با رعایت موازین مشخص صورت می‌گیرد. پس از مسیریابی، محاسبات الکتریکی خط صورت می‌گیرد و سطح ولتاژ، نوع هادی، نوع خط از نظر تعداد مدارها و آرایش آنها و ... انتخاب می‌شوند. سپس به محاسبات مکانیکی پرداخته شده و طول اسپن، مقدار فلش در هر اسپن، نوع و ارتفاع پایه و ... مشخص می‌شوند و سپس خط مورد نظر احداث می‌شود.

۱. Plan

۲. Profile

۳. Template

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴

۳- محاسبات الکتریکی

برای طراحی و اجرای یک خط انتقال و یا توزیع انرژی الکتریکی، علاوه بر طراحی مکانیکی، از نظر الکتریکی نیز باید مسائلی مورد توجه قرار گرفته و طراحی الکتریکی نیز صورت گیرد. طراحی الکتریکی خط شامل قسمتهای زیر است:

۳-۱- تعیین حداکثر افت ولتاژ در خط

۳-۲- تعیین حداکثر تلف توان در خط

۳-۳- انتخاب هادی

۳-۴- تعداد مدارهای خط

۳-۵- سطح اتصال کوتاه

توان انتقالی لازم (P) و طول خط (L) مشخص می‌باشند.

در نمودارهای پیوست (ث) برای هر یک از سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع در هر یک از ولتاژهای استاندارد شده (20KV و 33KV)، نمودارهای درصد افت ولتاژ بر حسب حاصلضرب مسافت در توان عبوری (P×L) آورده شده است.

در نمودارهای پیوست (ج) برای هر یک از سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع و در هر یک از ولتاژهای استاندارد شده (20KV و 33KV)، نمودارهای درصد افت توان بر حسب حاصلضرب مسافت در توان عبوری (P×L) آورده شده است.

با توجه به نمودارهای موجود هادی و ولتاژی باید انتخاب شوند که مجموع هزینه هادی، تأسیسات عایقی، تلف توان و افت ولتاژ کمترین مقدار باشد.

در انتخاب هادی سطح اتصال کوتاه نیز باید در نظر گرفته شود و هادی باید بتواند جریان اتصال کوتاه محاسبه شده را در زمان کوتاه قبل از عمل رله‌ها از خود عبور دهد و دچار تغییرات فیزیکی نشود. اندازه جریان اتصال کوتاه قابل تحمل یک سیم تابعی است از زمان عبور این جریان و نیز با تغییر دمای محیط تغییر می‌کند. یعنی برای یک هادی جریان اتصال کوتاه بصورت نمودارهایی که در دماهای مختلف بر حسب زمان عبور جریان رسم شده‌اند بیان می‌شود.

شماره استاندارد ۱- ۵۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵

نمردار جریان اتصال کوتاه هاديهاي استاندارد شده خطوط توزيع (مسی و ACSR) در پيوست (ب) آورده شده است.

۴- محاسبات مربوط به طراحی مکانیکی

هر خط انتقال انرژی باید علاوه بر داشتن مشخصات لازم برای پایداری الکتریکی دارای یک سری مشخصات مکانیکی نیز باشد تا در تمام شرایط جوی پایداری مکانیکی خود را حفظ کند. در طراحی مکانیکی خطوط توزیع انرژی هدف این است که خط طرح شده در تمام شرایط جوی احتمالی پایداری مکانیکی خود را با ضریب اطمینان لازم حفظ کرده و در عین حال از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه باشد.

۴-۱- روابط منحنی سیم، کشش در نقاط مختلف سیم، فلش برای هر اسپن، طول سیم در نقاط مختلف

۴-۱-۱- منحنی سیم و روابط فلش و طول سیم:

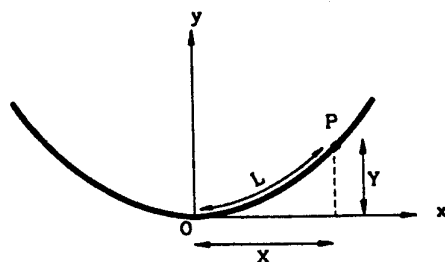
در طراحی مکانیکی خط، معادله منحنی سیم از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا با داشتن آن برای شرایط جوی مختلف می توان فلش و کشش سیم را کنترل کرد. مقدار کشش سیم در هیچ شرایطی نباید از حد مجاز پارگی آن تقسیم بر ضریب اطمینان مورد نظر بیشتر شود. به همین دلیل مقدار آن همیشه در سخت ترین شرایط (بیشترین کشش) کنترل می شود. مقدار فلش برای یک اسپن با بارگذاری ثابت، مرتبط با کشش است بدین ترتیب که با کم شدن فلش، کشش افزایش می یابد و چون نباید مقدار کشش از حد مشخصی فراتر رود مقدار فلش نمی تواند از حد مشخصی کمتر شود. در مقابل اگر فلش خیلی افزایش پیدا کند باعث حفظ فاصله مجاز از زمین ارتفاع پایه ها بلند می شود که اقتصادی نیست. بنابراین فلش در یک محدوده مشخصی می تواند تغییر کند.

برای نوشتن رابطه منحنی سیم اگر از تعادل نیروهای افقی و عمودی در شکل (۲) استفاده شود روابط بین طول سیم از مبدأ تا نقطه P (L)، فاصله افقی نقطه P از مبدأ (x) و فاصله قائم آن از مبدأ (Y) هر سه بر حسب متر، بصورت زیر بدست خواهند آمد.

$$L(x) = a \sinh \frac{x}{a} \quad (3)$$

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶

$$Y_{(x)} = a(\cosh \frac{x}{a} - 1) \quad (4)$$



شکل (۲) منحنی سیم

بابت روابط (۳) و (۴) و بادر نظری جملہ های اول و دوم با تقریب قابل قبول روابط زیر حاصل می شود:

$$Y_{(x)} = \frac{x^2}{2a} + \frac{x^4}{24a^3} \quad (6) \quad L_{(x)} = x + \frac{x^3}{6a^2} \quad (5)$$

معادله $Y_{(x)}$ با سهمی در یک جمله $\frac{x^2}{24a^3}$ تفاوت دارد و با تقریب می توان به رابطه (۷) رسید.

$$Y_{(x)} = \frac{x^2}{2a} \quad (7)$$

طول کل سیم در اسپن و مقدار فلش (Y_{max}) مطابق روابط زیر حساب می شوند.

$$\text{فلش} \quad f = Y_{max} = \frac{S^2}{8a} = \frac{WS^2}{8H} \quad [m] \quad (8)$$

$$\text{طول کل سیم در اسپن} \quad L = S + \frac{S^3}{24a^2} \quad [m] \quad (9)$$

W وزن واحد طول سیم (با در نظر گرفتن وزن یخ در صورت وجود) است.

۴-۱-۲- رابطه کشش در سیم: کشش در نقاط مختلف سیم از رابطه زیر بدست می آید.

$$T_{(x)} = W.Y_{(x)} + H \quad [Kgf] \quad (10)$$

در نقاط نگهدارنده سیم که $Y_{(x)} = f$ است کشش بصورت زیر خواهد بود:

$$T = W.f + H \quad [Kgf] \quad (11)$$

کشش سیم در سخت ترین شرایط باید به اندازه ای باشد که ضریب اطمینان مورد نظر (n) برآورده شود.

۴-۱-۳- روابط فلش و طول سیم برای حالاتیکه نقاط نگهدارنده اختلاف ارتفاع داشته باشند

با توجه به شکل (۳) روابط زیر استخراج می شود:

$$f_H = l(1 + \frac{h}{4l})^2 \quad [m] \quad (12)$$

$$f_L = l(1 - \frac{h}{4l})^2 \quad [m] \quad (13)$$

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷

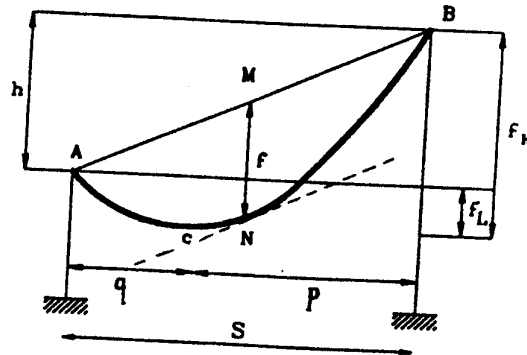
$$f = \frac{S'}{\Delta a} \quad [m] \quad (14)$$

و مانند پایه‌های هم‌ارتفاع:

$$L = S + \frac{S'}{2fa} + \frac{h'}{2S} \quad [m] \quad (15)$$

$$\Rightarrow L = L_0 + \frac{h'}{2S} \quad [m] \quad (16)$$

(L_0 طول سیم در حالت پایه‌های هم‌ارتفاع است)



شکل (۳) منحنی سیم در حالتی که پایه‌ها هم‌ارتفاع نیستند

۲-۴-۲- نیروهای وارد بر سیم و پایه:

نیروهایی که در صفحه قائم بر سیم به سیم وارد می‌شوند شامل نیروی وزن سیم، نیروی وزن یخ و نیروی باد و نیروهای وارد بر پایه شامل برایندهای کشش سیم در دو طرف پایه و نیروی باد می‌باشند. در پایه‌های مماسی برایندهای کشش سیم در دو طرف پایه فقط مؤلفه قائم دارد ولی در پایه‌های گوشه‌ای این نیرو مؤلفه افقی نیز خواهد داشت. مؤلفه قائم ممکن است بطرف بالا^(۱) یا بطرف پایین^(۲) باشد که در بخش ۴-۲-۲-۳ توضیح داده خواهد شد.

۴-۲-۱- نیروهای وارد بر سیم

$W \quad [Kgf/m]$

۴-۲-۱-۱- نیروی وزن سیم (برای طول یک متر)

۴-۲-۱-۲- نیروی وزن یخ روی سیم (برای طول یک متر)

1. Uplift

2. Downlift

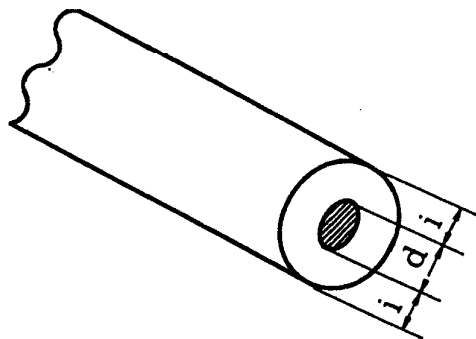
شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸

$$W_i = \rho \times V = 0.913 \times \pi i (i + d) \times 10^{-2} \left[\frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \right] \quad (17)$$

ρ : وزن مخصوص یخ (gr/cm^3)

i : ضخامت یخ دور سیم (mm)

d : قطر سیم (mm)



شکل (۴) سطح مقطع سیم به همراه پوشش یخ

۴-۲-۱-۳- نیروی باد (برای طول یک متر)

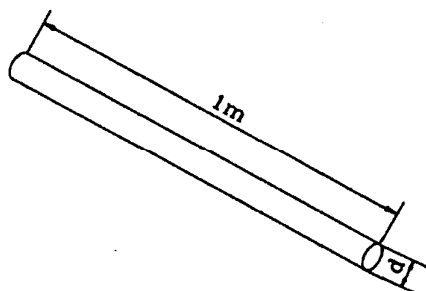
$$W_w = P_w \times A \quad [\text{kgf/m}] \quad (18)$$

$$A = d \times 10^{-2} \times 1 \quad [\text{m}] \quad (19)$$

$$W_w = P_w \times d \times 10^{-2} \quad \left[\frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \right] \quad (20)$$

P_w : فشار باد ($\frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$)

A : سطح مؤثر بادخور سیم در طول یک متر (m)



شکل (۵) قرار گرفتن طول سیم در مقابل باد

توجه شود که اگر روی سیم لایه یخ وجود داشته باشد قطر کل $(d + 2i)$ منظور می شود.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۹

رابطه فشار باد وارد بر سیم ($\frac{Kgf}{m}$) و سرعت باد ($\frac{m}{s}$) طبق استاندارد VDE بصورت زیر است:

$$P_w = \frac{v^2}{16} \quad (21)$$

۴-۲-۲- نیروهای وارد بر پایه:

نیروهای وارد بر پایه در تعیین پایه اهمیت زیادی دارند. و با داشتن براینده این نیروها می توان نوع و اندازه

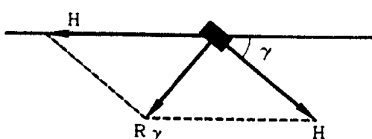
پایه را مشخص کرد. این نیروها عبارتند از:

۴-۲-۲-۱- مؤلفه قائم و افقی براینده نیروهای کشش سیم در دو طرف

مؤلفه قائم براینده کشش در دو طرف پایه برابر با وزن سیمی بطول اسپن وزنی (با در نظر گرفتن وزن یخ در صورت وجود) بعلاوه وزن مقره می باشد. مؤلفه افقی براینده کشش سیم در دو طرف پایه در پایه های مماسی تقریباً صفر است ولی در پایه های گوشه ای مطابق شکل (۶) قابل محاسبه است.

$$R_y = 2H \sin \frac{\gamma}{2} \quad [Kgf] \quad (22) \quad (\text{برای یک سیم})$$

γ : زاویه بین امتدادهای خط در دو طرف یک پایه در زاویه



شکل (۶) مؤلفه افقی براینده نیروهای کشش سیم

۴-۲-۲-۲- نیروی ناشی از باد روی سیم و مقره و پایه

- نیروی افقی باد روی سیم که به پایه وارد می شود از رابطه زیر بدست می آید:

$$W_{H_1} = S_w \times (W_w \times \rho) \quad [Kgf] \quad (23) \quad S_w: \text{اسپن بادگیر}$$

W_w : حداکثر نیروی باد روی یک متر از طول سیم

ρ : ضریبی که با توجه به مدت وزش باد در سال و مسائل اقتصادی منظور می شود. در جاهایی که مقدار

مشخص نشده است برای اطمینان مقدار آن ۱ در نظر گرفته می شود.

- نیروی باد روی مقره از رابطه مقابل حساب می شود:

شماره استاندارد ۱- ۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۰

$$W_s = P_w \times (L \times d \times J) \quad [\text{Kgf}] \quad (24) \quad \text{P}_w : \text{فشار باد}$$

L: طول مقره یا زنجیره مقره

d: قطر مقره یا زنجیره مقره

J: ضریبی که برای جبران فضاهای باز بین مقره‌ها استفاده شده است و معمولاً ۵/۰ در نظر گرفته می‌شود.

- نیروی باد روی پایه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$W_p = K S v^2 \quad [\text{kgf}] \quad (25) \quad S : \text{سطح باد خور پایه}$$

v سرعت باد ($\frac{m}{s}$) و K ضریبی است که مقدار آن از جدول (۱) بدست می‌آید.

جدول (۱) مقدار ضریب K برای سطوح مختلف

مقدار K	نوع سطح بادگیر
۰/۰۶۲۵	با مقطع دایره و قطر کمتر از ۵ سانتیمتر (مثل سیم)
۰/۰۵	با مقطع دایره و قطر بیشتر از ۵ سانتیمتر (پایه استوانه‌ای)
۰/۰۸۱۲	با مقطع تخت

این نیرو در مرکز ثقل پایه وارد می‌شود. اگر فاصله مرکز ثقل پایه از زمین h فرض شود این نیرو

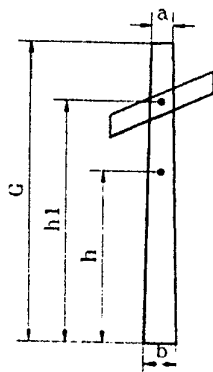
گشتاوری باندازه $W_p \times h$ به پای تیر وارد می‌کند. نیروی وارده بر نقطه نگهدارنده سیم در تیر که سبب

گشتاوری به این اندازه در پای تیر می‌شود (W_{H_r}) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$W_{H_r} = \frac{W_p \times h}{h_1} \quad [\text{Kgf}] \quad (26) \quad (h_1 \text{ فاصله نقطه نگهدارنده سیم از زمین است})$$

اگر ابعاد بالا و پایین تیر a و b و طول تیر از زمین G باشد h از رابطه (۲۷) بدست می‌آید.

$$h = \frac{b - \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}}}{h - a} \times G \quad (27)$$



شکل (۷) فواصل مختلف روی پایه

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۱

کل نیروی افقی که باد از طریق سیم و مقره و خود پایه به پایه وارد می‌کند و در انتخاب پایه مؤثر است (W_H) بصورت زیر بدست می‌آید.

$$W_H = (W_{H_1} + W_s) \times N + W_{H_r} \quad [\text{Kgf}] \quad (28)$$

N : تعداد سیمها

- در اینجا با داشتن نیروهای افقی و عمودی که به مقره وارد می‌شود می‌توان زاویه انحراف مقره را مطابق شکل (۸) بدست آورد.

$$W_v = S_v \times W \quad [\text{Kgf}] \quad (29)$$

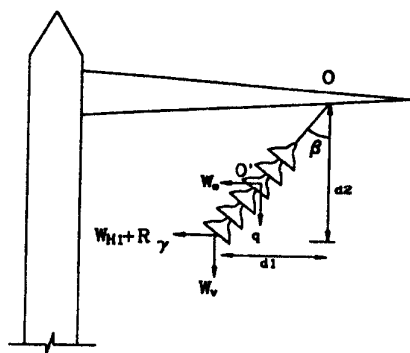
$$W_{H_1} = S_w \times (W_w \times \rho) \quad [\text{Kgf}] \quad (30)$$

$$W_s = P_w \times (L \times d \times J) \quad [\text{Kgf}] \quad (31)$$

W_v : نیروی ناشی از وزن سیم $[\text{Kgf}]$

S_v : اسپن وزنی $[\text{m}]$

W : وزن واحد طول سیم $[\text{Kgf/m}]$



شکل (۸) محاسبه زاویه انحراف مقره

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۲

$$\frac{d_i}{d_r} = \frac{W_{H_1} + R\gamma + \frac{W_s}{\gamma}}{W_v + \frac{q}{\gamma}} \quad (32) \quad [Kgf] \quad \text{وزن زنجیره مفره}$$

$R\gamma$: نیروی ناشی از زاویه دار بودن خط [Kgf]

$$\Rightarrow \tan\beta = \frac{W_{H_1} + R\gamma + \frac{W_s}{\gamma}}{W_v + \frac{q}{\gamma}} \quad (33)$$

۳-۲-۲-۴- محاسبه نیروی Uplift:

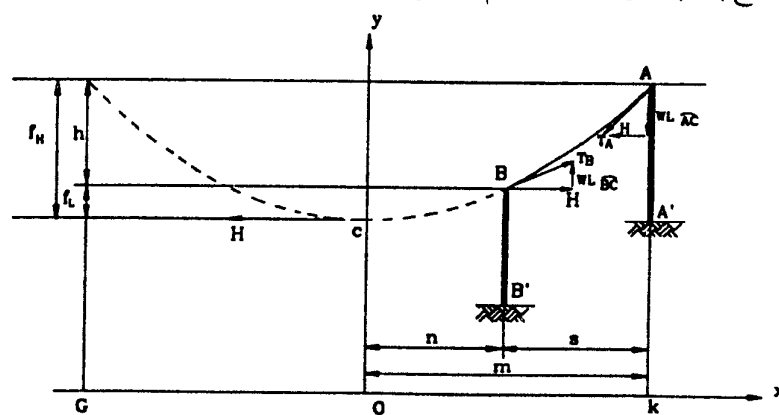
اگر دو پایه در یک اسپن مختلف الارتفاع باشند و نقطه مینیمم منحنی سیم در خارج از فاصله بین دو اسپن باشد در اینصورت به پایه پایینی نیرویی به سمت بالا وارد خواهد شد که نیروی Uplift نامیده می شود. شرط اینکه نقطه مینیمم منحنی سیم خارج از فاصله بین دو اسپن قرار گیرد یعنی نیروی Uplift داشته باشیم این است که $f < \frac{h}{4}$ یا $S < \sqrt{2ah}$ باشد. مؤلفه قائم نیروی Uplift برابر است با وزن طولی از سیم که بین پایه کوچکتر و نقطه مینیمم قرار گرفته است و مؤلفه افقی آن H می باشد.

$$\vec{T}_B = \vec{W}_L + \vec{H} \quad (34)$$

و مقدار عددی برآیند این دو مؤلفه بصورت زیر محاسبه می شود:

$$T_B = H + W_{f_L} \quad (35)$$

f_L : اختلاف ارتفاع پایه پایینتر و نقطه مینیمم منحنی است که از رابطه (۱۳) محاسبه می شود.



شکل (۹) نیروی بالا برنده

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۳

۳-۴- معادله تغییر وضعیت

۳-۴-۱- تعریف معادله تغییر وضعیت:

معادله تغییر وضعیت یک معادله درجه سوم بر حسب کشش (و یا تنش) سیم است. در این معادله با معلوم بودن مشخصات سیم و طول اسپن معادل، با داشتن شرایط در یک وضعیت آب و هوایی اولیه (H, t, w) و نیز مقادیر t' و w' از شرایط وضعیت جدید می توان کشش وضعیت جدید (H') را محاسبه کرد. (t و t' به ترتیب دمای محیط در شرایط اولیه و وضعیت جدید هستند)

۳-۴-۲- هدف از معادله تغییر وضعیت:

در طراحی خطوط انتقال و توزیع انرژی باید در هیچ یک از شرایط جوی فلش و کشش سیم از حد مجاز بیشتر نشوند. بنابراین کشش در موقع نصب باید مشخص شود و مقداری انتخاب شود که در بدترین شرایط مقادیر کشش و فلش سیم از مقادیر مجاز، تجاوز ننمایند. در معادله تغییر وضعیت، یک وضعیت آب و هوایی به همراه کشش سیم در این وضعیت شرایط اولیه را تشکیل می دهند و با استفاده از آن می توان کشش را در هر وضعیت آب و هوایی دیگر محاسبه کرد. کشش سیم برای انواع رژیم های آب و هوایی و در رژیم استقرار برای درجه حرارت های مختلف در حوالی درجه حرارت متوسط منطقه حساب می شود تا در موقع سیم کشی از آنها استفاده شود.

۳-۴-۳- رابطه معادله تغییر وضعیت:

با در نظر گرفتن تغییرات طول سیم ناشی از تغییر دما و ناشی از تغییر کشش معادله تغییر وضعیت بصورت زیر بدست می آید:

$$H'^2 + \left[\frac{AES^2 W'^2}{24 H^2} + \alpha AE (t' - t) - H \right] H'^2 - \frac{AES^2 W'^2}{24} = 0 \quad (36)$$

H و H' بر حسب Kgf ، t و t' بر حسب درجه سانتیگراد، W بر حسب Kgf/m ، A بر حسب mm^2 ، E بر حسب Kg/mm^2 ، S بر حسب متر و α بر حسب $1/^\circ C$ است.

۳-۴-۴- پیری سیم و اثرات آن در معادله تغییر وضعیت:

سیم در اثر کشش وارد بر آن، پس از گذشت زمان، اضافه طولی پیدا خواهد کرد که فلش را افزایش و کشش را کاهش می دهد. دخالت دادن اثرات پیری در معادله تغییر وضعیت به دو صورت ممکن است. روش اول

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول- مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۴

منظور کردن درجه حرارت معادل پیری (Δt) است، بدین نحو که مطابق استاندارد برای هر سیمی در هر شرایط جوی یک درجه حرارت معادل پیری در نظر گرفته شده و آن میزان حرارتی است که اضافه طول ناشی از آن با اضافه طول ناشی از پیری سیم برابر است. و بنابراین در هنگام سیم‌کشی درجه حرارت محیط به اندازه Δt کمتر از درجه حرارت واقعی در نظر گرفته می‌شود.

روش دیگر استفاده از جداول فلش و کشش اولیه و فلش و کشش بعد از پیری است. بدین نحو که ابتدا با در نظر گرفتن سخت‌ترین شرایط همراه با بیشترین کشش بعنوان شرایط اولیه، نمودار فلش و کشش برای دماهای مختلف و اسپنهای مختلف رسم می‌شود. همین کار برای سیم بعد از پیری نیز انجام می‌شود و سپس نمودارهای بدست آمده کنترل می‌گردد. اگر در یک محدوده طول اسپن، کشش در یکی از شرایط از مقدار حداکثر فراتر رفته باشد در آن محدوده طول اسپن آن شرایط را شرایط اولیه در نظر گرفته و تمام مقادیر با شرایط اولیه جدید بدست آمده و رسم می‌شوند و دوباره نمودارها کنترل می‌شوند. به این ترتیب نمودار کشش و فلش صحیح کاربردی برای شرایط مختلف بدست می‌آید.

۵- تعیین اسپن معادل طراحی و اسپنهای کاربردی، نوع و ارتفاع پایه‌ها و مشخصات خط در زمان اجرا

۵-۱- تعیین اسپن معادل طراحی برای یک سگشن

برای این منظور باید مراحل زیر انجام شود.

۵-۱-۱- تعیین سخت‌ترین شرایط:

برای تعیین سخت‌ترین شرایط از جداول کشش و فلش برای رژیمهای مختلف، استفاده می‌شود. برای بدست آوردن این جداول باید یک شرط اولیه (H_1, t_1, w_1) موجود باشد. برای این منظور، در یک رژیم دلخواه w_1 (نیروهای وارد بر واحد طول سیم در صفحه عمود بر سیم) و t_1 (درجه حرارت محیط) که مشخص هستند در نظر گرفته می‌شوند با فرض پارامترهای مختلف برای سیم در این رژیم، کشش‌های اولیه مختلف (H_1) بدست می‌آید. بنابراین به ازاء هر مقدار پارامتر سیم یک شرایط اولیه وجود دارد. با این شرایط اولیه بازاء طول اسپنهای مختلف و برای شرایط جوی مختلف مقادیر فلش، کشش و ضریب اطمینان محاسبه

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۵

می شوند. برای پارامتر و طول اسپن مقداری قابل قبول هستند که نتایج بدست آمده از آنها در شرایط مختلف از مقادیر مجاز تجاوز نکند. در این جداول می توان برای اسپنهای مختلف، سخت ترین شرایط را استخراج کرد. در پیوست (الف) این جداول برای سیم Mink آورده شده اند.

۵-۱-۲- تهیه جدول مقایسه:

برای این منظور بازاء هر پارامتر در جدول کامپیوتری مربوط به آن محدودیتهای زیر اعمال می شود تا در آن پارامتر اسپنهای قابل قبول استخراج شوند.

۵-۱-۲-۱- اسپنهایی که در تمام شرایط ضریب اطمینان لازم را دارا هستند مشخص می شوند.

۵-۱-۲-۲- از اسپنهای مشخص شده مقادیر کمتر از حداکثر اسپن بادگیر و حداکثر اسپن وزنی مشخص می شوند. (این محدودیتها در بندهای ۵-۱-۲ و ۵-۲-۲ ذکر شده اند).

۵-۱-۲-۳- از اسپنهای بدست آمده پس از مرحله قبل مقداری که در شرط حداکثر اسپن الکتریکی (ویا حداکثر فلش الکتریکی) صدق می کنند استخراج می شوند (این شرط در بند ۵-۲-۴ توضیح داده شده است).

در هر یک از اسپنهایی که برای هر پارامتر تعیین شده است (از سه مرحله قبل) فلش حداکثر تعیین می شود.

۵-۱-۳- تعیین فواصل مجاز:

در این مرحله فاصله مجاز استاندارد سیم از زمین مشخص می شود (با استفاده از جداول فواصل مجاز). به مقدار استخراج شده از جدول ۵/۰ متر برای خطا در پروفیل و جابجایی پایه روی زمین در اثر اشتباه یا عوارض اضافه می کنند.

$$(۳۷) \quad ۵/۰ + \text{مقدار استخراج شده} = \text{فاصله مجاز سیم از زمین}$$

۵-۱-۴- تعیین ارتفاع پایه ها در جدول مقایسه:

با مشخص بودن فاصله مجاز سیم از زمین و همچنین مقادیر فلش حداکثر بازاء پارامترهای مختلف می توان ارتفاع مورد نیاز پایه ها (h_s) را تعیین نمود و در جدول وارد کرد. پس از انجام چهار مرحله فوق جدولی بصورت جدول (۲) با ستونهای زیاد بدست می آید.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۶

جدول (۲) - جدول مقایسه

a		
S		
f_{max}		
h_s		

اکنون با توجه به محدوده ارتفاع نقاط نگهدارنده (کراس آرمها) برخی از h_s های بدست آمده که در این محدوده نیستند حذف می شوند.

۵-۱-۵- برآورد اقتصادی و انتخاب نهایی اسپن:

بازاء پارامترهایی که مقادیر h_s در آنها قابل قبول است، اسپنهای مختلفی وجود دارد، که هر چه اسپن بزرگتر انتخاب شود ارتفاع پایه هم بزرگتر بدست می آید که ممکن است اقتصادی نباشد و هر چه ارتفاع پایه کمتر گرفته شود طول اسپن نیز کمتر بدست می آید که باز ممکن است تعداد پایه ها زیاد شود و اقتصادی نباشد. بنابراین در این مرحله از کار، یک برآورد اقتصادی باید صورت بگیرد و پارامتری که اسپن حداکثر و ارتفاع پایه بهینه را می دهد انتخاب شود. (دقت شود که پارامتر a انتخاب شده برای شرایط اولیه در نظر گرفته شده می باشد و برای رژیمهای دیگر مقدار پارامتر از تقسیم مقدار کشش بر وزن واحد طول بدست می آید).

۵-۱-۶- در صورت مشخص بودن ارتفاع تیر:

در اینصورت با توجه به فاصله مجاز سیم از زمین حداکثر فلش تعیین می گردد و در محدوده مجاز بدست آمده نیز می توان یک برآورد اقتصادی بین طول اسپن و سائز تیرها با توجه به حداکثر کشش و مقادیر استاندارد شده اندازه تیرها انجام داد.

۵-۲- شرایط محدودکننده برای تعیین طول دقیق اسپنها و تعیین محل پایه ها روی پروفیل

۵-۲-۱- حداکثر اسپن وزنی:

نیروی قائم وارد بر پایه ها از حاصلضرب طول اسپن وزنی در وزن واحد طول سیم (در صورت وجود یخ، وزن یخ هم لحاظ می شود) بعلاوه وزن زنجیره مقره همراه با یخ بدست می آید و چون هر پایه ای نیروی قائم قابل تحمل خاصی دارد بنابراین در هنگام پایه گذاری باید به این مسأله توجه داشت تا نیروی بیشتری به آن وارد نشود. محدودیت فوق حداکثر اسپن وزنی را برای پایه موردنظر مشخص می کند.

شماره استاندارد ۱- ۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۷

۵-۲-۲- حداکثر اسپن بادگیر:

نیروی افقی وارد بر پایه ناشی از باد روی سیم از حاصلضرب اسپن بادگیر در نیروی باد وارد بر واحد طول بدست می آید. مجموع این نیرو و نیروهای افقی دیگر وارد بر پایه که در بند ۴-۲-۲ به آنها اشاره شد نباید از حداکثر نیروی افقی مورد تحمل پایه بیشتر شود. این محدودیت حداکثر اسپن بادگیر را مشخص می کند و در هنگام پایه گذاری روی پروفیل باید توجه شود که هیچ اسپنی از حداکثر اسپن بادگیر بزرگتر نشود.

۵-۲-۳- حداکثر میزان انحراف زنجیره مقره:

چنانکه در بند ۴-۲-۲-۲ بیان شد میزان انحراف زنجیره مقره بر حسب نیروهای وارده طبق رابطه (۳۳) محاسبه می شود.

اگر پایه مشخص باشد باید بین نیروهای وارد بر سیم تعادلی برقرار نموده که در رابطه (۳۳)، β از β_{max} (که برای پایه مورد نظر تعیین شده است) بیشتر نشود. β_{max} حداکثر زاویه ای است که در یک پایه میانی با توجه به نوع کراس آرم، مقره می تواند با امتداد قائم داشته باشد).

برای برقراری سه شرط فوق در صفحه مختصات (S_v , S_w) با در نظر گرفتن مقدار S_{vmax} که حداکثر اسپن وزنی و S_{wmax} که حداکثر اسپن بادگیر است حدود تغییرات این دو اسپن نشان داده می شود. همچنین با استفاده از رابطه β و مشخص بودن β_{max} یک منحنی در صفحه (S_v , S_w) بدست می آید که نقاط یک طرف این منحنی نقاط مجاز برای (S_v , S_w) می باشند. اکنون با حدود فوق یک محدوده برای انتخاب S_v و S_w در صفحه (S_v , S_w) بدست آمده است که نقاط داخل این محدوده مجاز و بقیه نقاط غیرمجاز می باشند.

۵-۲-۴- حداکثر اسپن الکتریکی:

طبق استاندارد VDE رابطه بین حداقل فاصله فازها (PC)، فلش در حداکثر درجه حرارت (f_{max})، طول زنجیره مقره (L_i) و ولتاژ خط (u) بصورت زیر است:

$$PC = Ke \sqrt{f_{max} + L_i} + \frac{u}{150} \quad (38)$$

f_{max} ، L_i بر حسب متر و u بر حسب کیلوولت است.

Ke ضریبی است که با توجه به نوع سیم و موقعیت فازها طبق جدول (۳) تعیین می شود. در صورت مشخص بودن کراس آرم و آرایش سیمها روی پایه، PC مشخص است پس این رابطه f را محدود می کند که با

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۸

معلوم بودن پارامتر سیم به محدودیت اسپن منتهی می شود.

۵-۲-۵- نیروی بالا برنده: در طول مراحل پایه گذاری بایستی به نیروی بالا برنده هم توجه شود (مطابق بند

۴-۲-۲-۳) در صورتیکه حذف نیروی بالا برنده ممکن نباشد باید این مقدار محاسبه و در تعیین پایه دخالت

داده شود.

جدول (۳) مقدار ضریب K_0 با توجه به سطح مقطع و جنس هادیها و موقعیت فازها

جنس سیم	نام سیم	سطح مقطع	ضریب K_0	
			سیمهای عمودی	سیمهای افقی
مسی		۱۶	۰/۸۵	۰/۶۵
		۲۵	۰/۸۵	۰/۶۵
		۳۵	۰/۷۵	۰/۶۲
		۵۰	۰/۷۵	۰/۶۲
		۷۰	۰/۷۵	۰/۶۲
آلومینیم با هسته فولاد	فاکس	۴۲/۷۷	۰/۸۵	۰/۶۵
	مینک	۷۳/۶۵	۰/۸۵	۰/۶۵
	هاینا	۱۲۶/۴۳	۰/۷۵	۰/۶۲
	لینکس	۲۲۶/۲	۰/۷۵	۰/۶۲

۵-۳- جداول نصب و منحنی های نصب

پس از انتخاب پارامتر سیم و طول اسپن معادل، برای نصب خط نیاز به منحنی های فلش و کشش در زمان نصب می باشد. برای تهیه منحنی های نصب ابتدا باید جداول نصب تهیه شود. این جداول به کمک معادله تغییر وضعیت و با در نظر گرفتن شرایط نصب بدون یخ و باد بدست می آیند.

از این جداول می توان بازاء پارامتر سیم و اسپن معادل انتخاب شده مقادیر فلش و کشش سیم را برای دماهای مختلف نصب در اسپنی بطول اسپن معادل استخراج کرد. چون در اسپنهای یک سکشن، کشش افقی برابر است بنابراین با تغییر طول یک اسپن در سکشن، کشش آن تفاوتی پیدا نمی کند و مقادیری که در جدول نصب برای طول اسپن معادل آورده شده اند برای دیگر طول اسپنهای آن سکشن نیز برقرار است.

اما با افزایش اسپن، فلش افزایش پیدا می کند:

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۱۹

$$l' = \frac{WS^2}{\Delta H}$$

$$\Rightarrow l' = l'_{eq} \left(\frac{S}{S_{eq}} \right)^2 \quad [m] \quad (39)$$

$$l'_{eq} = \frac{WS_{eq}^2}{\Delta H}$$

S_{eq} اسپن معادل و l'_{eq} فلش در این اسپن است.

با در نظر گرفتن رابطه (۳۹) می توان نمودار فلش را بر حسب اسپن رسم کرد. چون در دماهای مختلف مقادیر l'_{eq} متفاوت است برای یک اسپن معادل انتخاب شده بازاء دماهای مختلف، نمودارهای مختلفی از فلش بر حسب اسپن وجود دارد.

جداول نصب برای سیم Mink در پیوست (ب) آورده شده است. در انتهای این ضمیمه یک نمونه از نمودارهای کشش و فلش در زمان نصب برای یک اسپن معادل انتخاب شده، آورده شده است.

۴-۵- پایه گذاری روی پروفیل

۴-۵-۱- تهیه تمپلت:

پس از تعیین اسپن معادل طراحی، پارامتر کاربردی سیم و حداقل ارتفاع پایه برای پایه گذاری روی پروفیل تمپلت فلش تهیه می شود و از آن استفاده می شود تمپلت از جنس پلاستیک مخصوصی بنام سولند شفاف است که روی آن منحنی هایی رسم شده است. منحنی های مشخص شده زیر روی تمپلت رسم می شوند:

۴-۵-۱-۱- منحنی گرم: در این منحنی برای رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین حداکثر فلش ممکن در نظر

گرفته می شود بنابراین منحنی گرم بر اساس حداکثر درجه حرارت و مدول الاستیسیته نهایی و پیری

سیم رسم می شود.

۴-۵-۱-۲- منحنی فاصله لازم سیم تا زمین: این منحنی همان منحنی گرم است که باندازه h به سمت پایین

آورده شده است (h فاصله لازم سیم تا زمین در حداکثر فلش است).

۴-۵-۱-۳- منحنی سرد: برای کنترل نیروی بالابرنده، حداقل فلش اولیه و انحراف زنجیره مقرر از منحنی

سرد استفاده می شود. این منحنی در حداقل درجه حرارت بدون یخ و باد، با در نظر گرفتن مدول

الاستیسیته اولیه رسم می شود.

۴-۵-۱-۴- منحنی معمولی: این منحنی در درجه حرارت معمولی منطقه و مدول الاستیسیته نهایی و پیری

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۰

سیم رسم می شود.

۵-۴-۱-۵- منحنی محل پایه استاندارد: منحنی تعیین محل پایه استاندارد زیر منحنی فاصله مجاز سیم تا

زمین قرار می گیرد و بگونه ای است که طول خطوط قائم بین این منحنی و منحنی گرم در تمام نقاط

منحنی برابر اولین طول پایه استاندارد است.

۵-۴-۲- نحوه پایه گذاری روی پروفیل:

در پایه گذاری روی پروفیل تعیین محل پایه با توجه به موقعیت زمین و طول اسپن معادل و تعیین ارتفاع پایه با توجه به اطلاعات و محدودیتهای ذکر شده به نحوی که از نظر اقتصادی بهترین حالت باشد مورد نظر است. برای شروع پایه گذاری، اولین پایه، پایه انتهایی مناسب در نظر گرفته می شود و سپس برای تعیین محل پایه های بعدی به اندازه اسپن معادل طراحی از پایه قبلی جلو رفته اگر در این نقطه امکان نصب پایه بود پایه گذاشته می شود و در صورت وجود موانع باید محل پایه در جای دیگر به نحوی قرار گیرد که در چهارچوب شرایط محدود کننده قرار بگیرد و اقتصادی باشد. برای این کار و رسم منحنی سیم دو راه وجود دارد:

- اگر بدلائلی محل پایه مشخص و تغییرناپذیر باشد در آن نقطه خط قائمی رسم می شود و محدوده ارتفاع نقطه نگهدارنده برای پایتترین فاز روی آن مشخص می شود. اکنون تمپلت روی پروفیل به نحوی جابجا می شود که همواره خطوط متعامد پروفیل با خطوط متعامد تمپلت موازی باشند و در این حالت منحنی گرم به نحوی بین دو پایه قرار می گیرد که شرایط زیر را تأمین کند:

(الف) از نقطه نگهدارنده پایه قبلی و از یکی از نقاط مجاز نگهدارنده پایه جدید بگذرد.

(ب) منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین بر روی تمپلت با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر باشد.

و در این حالت منحنی سیم رسم می گردد.

- اگر محل پایه مشخص نباشد و امکان پایه گذاری در نقاط مختلفی وجود داشته باشد تمپلت آنقدر روی

پروفیل (با حفظ توازی خطوط تمپلت و پروفیل) جابجا می شود که:

(الف) منحنی گرم از نقطه نگهدارنده سیم در پایه قبلی بگذرد،

(ب) منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر از آن باشد.

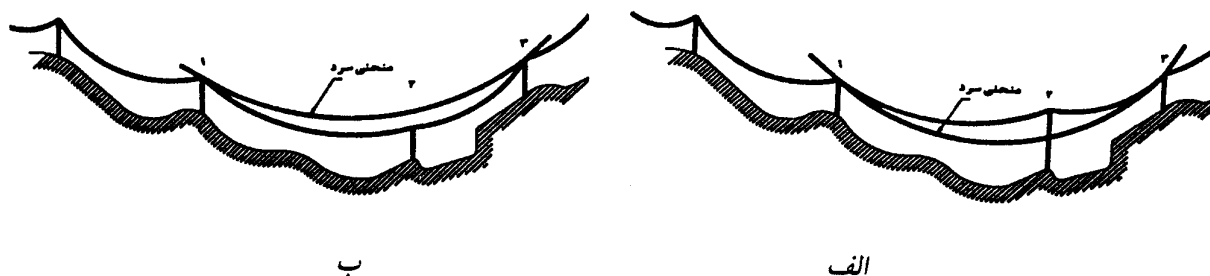
در این حالت منحنی گرم مکان هندسی نقاط نگهدارنده سیم در پایه بعدی است. پس از رسم منحنی

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۱

بروسيله بقيه محدوديتها و عوارض زمين محل دقيق پايه مشخص مي شود.

۵-۴-۳- کنترلهاي پس از پايه گذاري روي پروفيل:

پس از رسم منحنی باید روی پروفیل حریمهای مجاز سیم، اسپن بادگیر و اسپن وزنی کنترل شود تا مقادیر مجاز را دارا باشند. اگر در یک اسپن پایه ای توان تحمل نیروهای وارد بر آنرا نداشته باشد از مهار استفاده می شود. وجود نیروی بالابرنده توسط منحنی سرد کنترل می شود. بدین نحو که در جاییکه احتمال وجود نیروی بالابرنده می رود مانند اشکال (۱۰-الف) و (۱۰-ب) منحنی سرد بین دو پایه ۱ و ۳ قرار داده می شود.



شکل (۱۰)

اگر این منحنی از نقطه نگهدارنده سیم در پایه ۲ بالاتر باشد نشاندهنده این است که در شرایط آب و هوایی سرد در پایه ۲ نیروی بالابرنده وجود خواهد داشت (شکل ۱۰-ب) و در غیر اینصورت خیر (شکل ۱۰-الف).

در صورت وجود نیروی بالابرنده موارد زیر می تواند صورت گیرد:

الف) به جای پایه غیرکششی از پایه کششی که بتواند نیروی بالابرنده را تحمل کند استفاده می شود.

ب) در پایه گذاری تغییراتی داده می شود که پایه فوق حذف شود.

پ) به تناسب کمبود نیروی قائم، وزنه به زیر زنجیره مقرره آویزان شود.

ت) از مهار استفاده شود.

در انتهای پایه گذاری در هر سکشن اگر اسپن آخر خیلی کوتاه یا خیلی بلند باشد می توان مقدار اضافی یا کاستی اسپن آخر را بین اسپنهای دیگر تقسیم کرد و یا از اسپن آخر بطرف عکس شروع به پایه گذاری دوباره و مناسب می شود.

شماره استاندارد ۱- ۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۲

در هنگام پایه گذاری روی پروفیل حتی اگر در طول مسیر خط زاویه ای وجود نداشته باشد باید با توجه به مقاومت پایه ها و نیروهای موجود در منطقه بعد از هر چند پایه غیرکششی یک پایه کششی بعنوان ستون خط نصب شود.

۶- مهار و انواع آن

۶-۱- موارد کاربرد:

برای حفظ پایداری مکانیکی در طول خط باید پایه به نوعی باشد که قدرت تحمل نیروهای وارد بر آن را داشته باشد. گاهی پایه ها قدرت تحمل نیروهای وارد بر آنها را ندارند و یا محل نصب به گونه ای است که قدرت تحمل پایه در برابر نیروهای وارد بر آن کم می شود (مثلاً زمین شیب دار، زمین باتلاق و ...). در اینگونه موارد از مهار استفاده می شود.

۶-۲- محاسبه نیروی کشش مهار: بطور کلی مهار باید اختلاف نیروی افقی وارد بر پایه و نیروی مقاومت پایه را جبران کند. نیروهای افقی وارد بر پایه عبارتند از: نیروی ناشی از زاویه دار بودن خط و نیز نیروی ناشی از باد که از طریق سیم و مقره و خود پایه به پایه وارد می شود. همانگونه که در بند ۴-۲-۲ محاسبه شد اندازه این نیروها مطابق زیر بدست می آید.

$$W_{H1} = S_w \times (W_w \times \rho) \quad [Kgf]$$

نیروی ناشی از باد روی سیم

$$W_s = P_w \times (L \times d \times J) \quad [Kgf]$$

نیروی ناشی از باد روی مقره

$$W_p = K S v^2 \quad [Kgf]$$

نیروی ناشی از باد روی خود پایه در مرکز ثقل پایه

$$W_{H2} = \frac{W_p \times h}{h_1} \quad [Kgf]$$

نیروی ناشی از باد روی خود پایه در رأس پایه

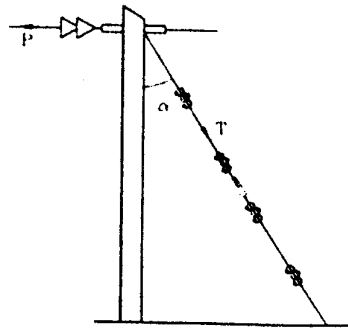
$$R\gamma = \gamma H \sin \frac{\gamma}{\gamma} \quad [Kgf]$$

نیروی ناشی از زاویه دار بودن خط

با توجه به شکل (۱۱) نیروی کشش مهار (T) مطابق رابطه زیر است:

$$T = \frac{P}{\sin \alpha} \quad [Kgf] \quad (40)$$

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۳



شکل (۱۱) مهار ساده

که در رابطه (۴۰) P اختلاف برآیند تمام نیروهای فوق با نیروی مقاومت پایه می باشد. بنابراین با محاسبه نیروهای فوق و داشتن زاویه مهار نسبت به پایه می توان نیروی کشش مهار را محاسبه کرد. برای محاسبه برآیند نیروهای وارد بر پایه بدترین حالت که حالت همجهت بودن نیروهاست در نظر گرفته می شود بنابراین نیروی برآیند (M) مطابق رابطه (۴۱) بدست می آید.

$$M = W_{H_r} + 3 \times (W_{H_1} + W_s + R\gamma) \quad [Kgf] \quad (41)$$

ممکن است به جای نصب یک مهار از چند مهار استفاده شود. در اینصورت مجموع قدرت تحمل آنها محاسبه خواهد شد.

در نهایت نیروی کشش مهار یا مهارها مطابق رابطه (۴۲) بدست می آید.

$$T = \frac{M - Kf}{\sin \alpha} \quad [Kgf] \quad (42)$$

در رابطه (۴۲) f قدرت اسمی تحمل کشش پایه و K تعداد پایه های مورد استفاده می باشد.

در صورتیکه محل نصب مهار به پایه با محل نصب سیم به پایه اختلاف ارتفاع داشته باشند نیروی کششی که مهار باید تحمل کند T' است که از رابطه زیر حساب می شود:

$$T' = \frac{h_1}{h_r} \times \frac{M - Kf}{\sin \alpha} \quad (43)$$

h_1 : ارتفاع محل نصب سیم از پای تیر

h_r : ارتفاع محل نصب مهار از پای تیر

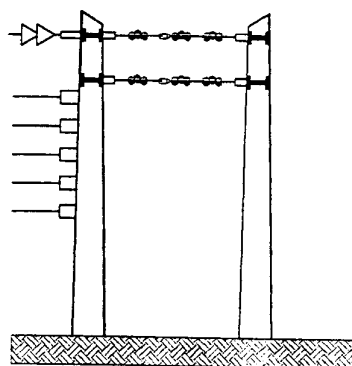
۳-۶- انواع مهار:

انواع مهار از نظر نحوه نصب و محل استفاده عبارتند از:

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۴

۶-۳-۱- مهار ساده یا معمولی: در این حالت پایه توسط سیم فولادی گالوانیزه‌ای که از یکطرف به سر پایه و از طرف دیگر به میله مهار و میله مهار به صفحه یا کنده مهار در زمین متصل می‌باشد، مهار می‌شود. این نوع مهار برای مقابله با نیروی برآیند کشش سیم وارد بر پایه در ابتدا، انتها، زوایا، سرپیچها و سر انشعابات خطوط استفاده می‌شود. همچنین زمانی که پایه روی تپه نصب می‌شود برای مقابله با نیروی کشش وارد از طرف تپه به پایه در جهت عکس شیب تپه از این نوع مهار استفاده می‌گردد (شکل (۱۱)).

۶-۳-۲- مهار اسپن (تیر به تیر): از این نوع مهار برای جاهائیکه فاصله کافی برای نصب مهار معمولی در پشت تیر موجود نمی‌باشد استفاده می‌گردد. در این حالت پایه توسط پایه دیگری که در نقطه مناسبی نصب می‌گردد مهار می‌شود. دو پایه معمولاً توسط سیم فولادی مهار به هم متصل می‌شوند ولی در جاهائیکه زیبایی محل مد نظر باشد می‌توان برای اتصال دو پایه از تعدادی نبشی استفاده کرد.

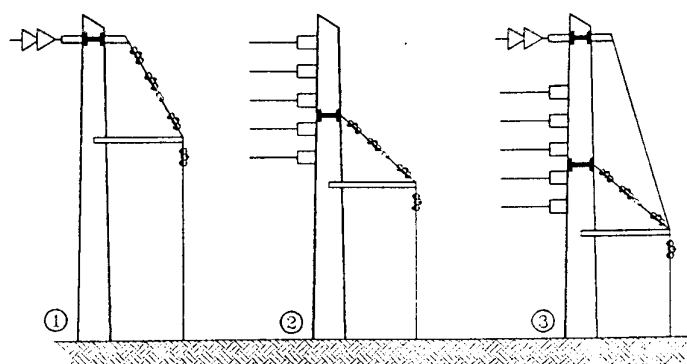


شکل (۱۲) مهار اسپن (تیر به تیر)

۶-۳-۳- مهار پیاده روی (زانویی): از این نوع مهار در جایی استفاده می‌شود که فاصله‌ای بیش از یکی دو متر در پشت تیر جهت نصب مهار موجود نباشد. نصب این مهار مطابق شکل (۱۳) است.

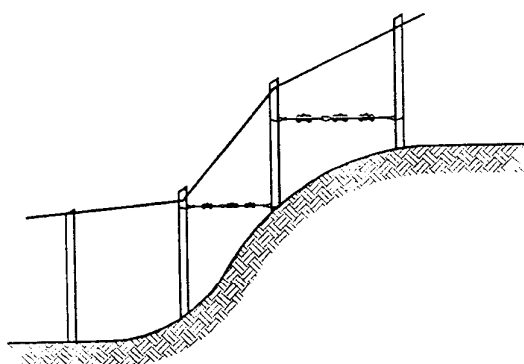
۶-۳-۴- مهار مرکب: برای استحکام بیشتر مهار می‌توان از این سیستم استفاده نمود که در واقع ترکیبی از مهار اسپن و مهار ساده می‌باشد.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۵



شکل (۱۳) مهار پیاده روی یا زانویی

۶-۳-۵- مهار سر: این نوع مهار شبیه مهار اسپن است با این تفاوت که به جای نصب تیر مهار از تیرهای خط جهت نگهداری یکدیگر استفاده می شود. مثلاً وقتی خط از روی تپه هایی با شیب تند عبور می کند هر تیر باید برای استحکام بیشتر و جلوگیری از بطرف پایین کشیده شدن مهار شود در این مواقع هر تیر توسط تیر دیگر و مانند شکل (۱۴) مهار می شود.



شکل (۱۴) مهار سر

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۶

۴-۶- مشخصات سیمهای مهار:

جدول (۴) مشخصات سیمهای مهار

سیمهای مهار با قدرت خیلی زیاد	سیمهای مهار با قدرت زیاد	سیمهای مهار معمولی		سیمهای مهار با قدرت خیلی زیاد	سیمهای مهار با قدرت زیاد
۱۲/۷	۹/۵	۱۲/۷	۹/۵	۱۲/۷	۹/۵
۷	۷	۷	۷	۷	۷
۴/۲	۳/۰۵	۴/۱۶	۳/۱۷	۴/۱۶	۳/۱۷
۱۲۲۰۰	۷۰۰۰	۲۳۶۰	۱۶۳۰	۲۳۶۰	۱۶۳۰

۷- فواصل مجاز خطوط هوایی

۷-۱- محاسبه فاصله هوایی:

فاصله هوایی که برای یک خط در نظر گرفته می شود از مجموع سه فاصله مبنا، الکتریکی و مکانیکی بدست می آید.

فاصله هوایی = فاصله مبنا + فاصله الکتریکی + فاصله مکانیکی

۷-۱-۱- فاصله مبنا: این فاصله فقط با در نظر گرفتن موقعیت خط و شرایط منطقه (با فرض ثابت بودن سیم و بدون برق بودن آن) سنجیده می شود.

۷-۱-۲- فاصله الکتریکی: این فاصله براساس مشخصات الکتریکی خط (ولتاژ و میدان الکتریکی ناشی از آن) بدست می آید.

۷-۱-۳- فاصله مکانیکی: این فاصله با در نظر گرفتن شرایط مکانیکی هادی (حرکت و جابجایی، تغییرات فلش و ...) بدست می آید.

۷-۲- جداول کاربردی:

در ادامه، فاصله هوایی لازم برای خطوط توزیع در شرایط مکانی مختلف در چهار بخش آورده شده است.

۷-۲-۱- فاصله هوایی مجاز از تأسیسات:

در جدول (ت-۱) فاصله هوایی مجاز هادیهای خط از تأسیسات مختلف آورده شده است. این مقادیر برای تأسیسات مختلف و مقادیر ولتاژ ۳۸۰۷ و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۷

۷-۲-۲- فاصله هوایی مجاز تجهیزات خطوط از تأسیسات:

این مقادیر در جدول (ت-۲) برای تأسیسات مختلف و ولتاژهای ۳۸۰۷ و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

۷-۲-۳- فاصله قائم مجاز هادی از کف:

جدول (ت-۳) فاصله قائم هادیهای خط را از سطح نشان می دهد. این مقادیر برای مکانهای مختلف و برای مقادیر ولتاژ ۳۸۰۷ و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

۷-۲-۴- فاصله قائم مجاز تجهیزات:

جدول (ت-۴) فاصله قائم تجهیزات برقدار بی حفاظ خط از سطح را نشان می دهد. این مقادیر برای مکانهای مختلف و مقادیر ولتاژ ۳۸۰۷ و ۱۱KV و ۲۰KV و ۳۳KV آورده شده است.

۷-۳- شرایط کاربرد جداول:

اندازه هایی که بعنوان حداقل فاصله مجاز خطوط در جداول آمده است باید در شرایطی که حداکثر فلش روی خط مورد نظر وجود دارد کنترل شوند. در دو حالت زیر فلش حداکثر است.

۷-۳-۱- حالتی که محیط دارای دمای 50°C (در صورتیکه دمای هادی بیشتر از 50°C باشد آن دما در

نظر گرفته می شود) و بدون باد است.

۷-۳-۲- حالتی که محیط دارای دمای 50°C ، بدون باد و همراه با حداکثر یخ موجود است.

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۸

پیوست (الف) - جداول کشش و فلش و ضریب اطمینان برای سیم مینک

در این پیوست با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف برای سیم Mink در یک وضعیت آب و هوایی اولیه، کشش و فلش و ضریب اطمینان برای شرایط جوی مختلف و بازاء اسپنهای مختلف محاسبه شده‌اند. اولین شرایط جوی در جدول، شرایط اولیه در نظر گرفته شده است و پارامتر مورد نظر برای آن شرایط است.

جداول صفحات ۳۰ تا ۴۲ مربوط به منطقه آب و هوایی سبک و متوسط و جداول صفحات ۴۳ تا ۵۵ مربوط به منطقه آب و هوایی سنگین و فوق سنگین است.

طول اسپنها در محدوده‌ای در نظر گرفته شده است که فلش و ضریب اطمینان در حد قابل قبول معمول قرار گیرند.

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۲۹

		a = 400			wire : MINK			
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	102	617.54	660.28	400.06	692.83	506.17	704.17
	f	0.5	0.29	0.43	0.3	0.4	0.45	0.33
	n	21.79	3.6	3.37	5.56	3.21	4.39	3.16
S=45	H	102	584.77	649.71	374.5	677.39	499.38	678.36
	f	0.63	0.38	0.55	0.41	0.51	0.57	0.44
	n	21.79	3.8	3.42	5.94	3.28	4.45	3.28
S=50	H	102	553.89	640.1	352.49	663.16	493.43	654.04
	f	0.78	0.5	0.69	0.54	0.65	0.71	0.56
	n	21.79	4.01	3.47	6.31	3.35	4.51	3.4
S=55	H	102	525.98	631.51	334.26	650.35	488.29	631.84
	f	0.95	0.63	0.84	0.68	0.8	0.87	0.7
	n	21.79	4.23	3.52	6.65	3.42	4.55	3.52
S=60	H	102	501.62	623.95	319.52	639	483.87	612.1
	f	1.12	0.79	1.01	0.85	0.97	1.05	0.86
	n	21.79	4.43	3.56	6.96	3.48	4.59	3.63
S=65	H	102	480.87	617.33	307.7	629.05	480.09	594.86
	f	1.32	0.97	1.2	1.04	1.15	1.24	1.04
	n	21.79	4.62	3.6	7.22	3.53	4.63	3.74
S=70	H	102	463.46	611.57	298.22	620.39	476.86	579.98
	f	1.53	1.16	1.41	1.24	1.36	1.45	1.24
	n	21.79	4.8	3.63	7.45	3.58	4.66	3.83
S=75	H	102	448.96	606.56	290.57	612.88	474.09	567.22
	f	1.76	1.38	1.63	1.46	1.57	1.67	1.46
	n	21.79	4.95	3.66	7.65	3.63	4.69	3.92
S=80	H	102	436.88	602.21	284.35	606.37	471.71	556.31
	f	2	1.61	1.87	1.7	1.81	1.91	1.69
	n	21.79	5.09	3.69	7.82	3.67	4.71	4
S=85	H	102	426.8	598.42	279.23	600.71	469.65	546.97
	f	2.26	1.86	2.12	1.96	2.06	2.17	1.94
	n	21.79	5.21	3.71	7.96	3.7	4.73	4.06
S=90	H	102	418.34	595.1	274.98	595.79	467.86	538.97
	f	2.53	2.13	2.39	2.23	2.33	2.44	2.21
	n	21.79	5.31	3.74	8.08	3.73	4.75	4.12
S=95	H	102	411.2	592.2	271.42	591.5	466.31	532.07
	f	2.82	2.41	2.68	2.52	2.62	2.73	2.49
	n	21.79	5.41	3.75	8.19	3.76	4.77	4.18
S=100	H	102	405.14	589.65	268.41	587.74	464.95	526.12
	f	3.12	2.72	2.98	2.82	2.92	3.03	2.79
	n	21.79	5.49	3.77	8.28	3.78	4.78	4.23
S=105	H	102	399.95	587.4	265.84	584.44	463.76	520.94
	f	3.45	3.03	3.3	3.14	3.24	3.35	3.11
	n	21.79	5.56	3.78	8.36	3.8	4.79	4.27
S=110	H	102	395.48	585.41	263.63	581.52	462.71	516.43
	f	3.78	3.37	3.63	3.47	3.57	3.68	3.44
	n	21.79	5.62	3.8	8.43	3.82	4.8	4.3
S=115	H	102	391.6	583.64	261.71	578.94	461.78	512.47
	f	4.13	3.72	3.98	3.82	3.92	4.04	3.79
	n	21.79	5.68	3.81	8.49	3.84	4.81	4.34
S=120	H	102	388.22	582.07	260.05	576.65	460.95	508.98
	f	4.5	4.08	4.35	4.19	4.28	4.4	4.15
	n	21.79	5.73	3.82	8.55	3.86	4.82	4.37

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبنای طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۰

a =		450			wire :		MINK	
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	114.75	670.23	703.62	446.88	738.87	544.37	754.75
	f	0.44	0.26	0.4	0.27	0.37	0.41	0.31
	n	19.37	3.32	3.16	4.97	3.01	4.08	2.95
S=45	H	114.75	643.62	697.33	424.23	728.27	540.55	734.83
	f	0.56	0.35	0.51	0.36	0.48	0.53	0.4
	n	19.37	3.45	3.19	5.24	3.05	4.11	3.03
S=50	H	114.75	617.47	691.42	403.39	718.17	537.09	715.4
	f	0.69	0.45	0.64	0.47	0.6	0.66	0.51
	n	19.37	3.6	3.22	5.51	3.1	4.14	3.11
S=55	H	114.75	592.63	685.97	384.95	708.76	533.99	696.96
	f	0.84	0.56	0.78	0.59	0.73	0.8	0.64
	n	19.37	3.75	3.24	5.77	3.14	4.16	3.19
S=60	H	114.75	569.76	681.01	369.12	700.13	531.24	679.86
	f	1	0.7	0.93	0.74	0.88	0.95	0.78
	n	19.37	3.9	3.26	6.02	3.18	4.18	3.27
S=65	H	114.75	549.22	676.54	355.77	692.31	528.81	664.3
	f	1.17	0.85	1.1	0.9	1.05	1.13	0.93
	n	19.37	4.05	3.29	6.25	3.21	4.2	3.35
S=70	H	114.75	531.14	672.53	344.64	685.28	526.68	650.34
	f	1.36	1.02	1.28	1.08	1.23	1.31	1.11
	n	19.37	4.19	3.31	6.45	3.24	4.22	3.42
S=75	H	114.75	515.42	668.95	335.39	679.02	524.81	637.94
	f	1.56	1.2	1.48	1.27	1.42	1.51	1.29
	n	19.37	4.31	3.32	6.63	3.27	4.24	3.48
S=80	H	114.75	501.87	665.76	327.68	673.44	523.17	627
	f	1.78	1.4	1.69	1.48	1.63	1.72	1.5
	n	19.37	4.43	3.34	6.78	3.3	4.25	3.55
S=85	H	114.75	490.23	662.93	321.23	668.48	521.72	617.38
	f	2.01	1.62	1.92	1.7	1.85	1.95	1.72
	n	19.37	4.53	3.35	6.92	3.33	4.26	3.6
S=90	H	114.75	480.23	660.41	315.81	664.08	520.45	608.93
	f	2.25	1.86	2.16	1.94	2.09	2.19	1.95
	n	19.37	4.63	3.37	7.04	3.35	4.27	3.65
S=95	H	114.75	471.64	658.16	311.23	660.17	519.33	601.52
	f	2.51	2.11	2.41	2.19	2.35	2.45	2.2
	n	19.37	4.71	3.38	7.14	3.37	4.28	3.7
S=100	H	114.75	464.23	656.16	307.31	656.7	518.33	594.99
	f	2.78	2.37	2.68	2.46	2.61	2.72	2.47
	n	19.37	4.79	3.39	7.23	3.39	4.29	3.74
S=105	H	114.75	457.81	654.36	303.96	653.6	517.45	589.25
	f	3.06	2.65	2.96	2.74	2.89	3	2.75
	n	19.37	4.86	3.4	7.31	3.4	4.3	3.77
S=110	H	114.75	452.23	652.76	301.06	650.83	516.66	584.17
	f	3.36	2.94	3.26	3.04	3.19	3.3	3.04
	n	19.37	4.92	3.41	7.38	3.42	4.3	3.81
S=115	H	114.75	447.36	651.32	298.54	648.35	515.95	579.67
	f	3.67	3.25	3.57	3.35	3.5	3.61	3.35
	n	19.37	4.97	3.41	7.45	3.43	4.31	3.83
S=120	H	114.75	443.08	650.02	296.34	646.12	515.32	575.67
	f	4	3.58	3.9	3.68	3.82	3.94	3.67
	n	19.37	5.02	3.42	7.5	3.44	4.31	3.86

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبنای طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۱

a = 500		wire : MINK						
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	127.5	712.39	738.67	485.72	776.07	576.13	795.25
	f	0.4	0.25	0.38	0.25	0.35	0.39	0.3
	n	17.44	3.12	3.01	4.58	2.86	3.86	2.8
S=45	H	127.5	691.09	736.22	466.47	769.55	575.04	780.27
	f	0.51	0.32	0.48	0.33	0.45	0.5	0.38
	n	17.44	3.22	3.02	4.77	2.89	3.87	2.85
S=50	H	127.5	669.6	733.68	447.96	763.2	574.03	765.32
	f	0.63	0.41	0.6	0.42	0.56	0.61	0.48
	n	17.44	3.32	3.03	4.96	2.91	3.87	2.9
S=55	H	127.5	648.54	731.28	430.78	757.14	573.1	750.76
	f	0.76	0.51	0.73	0.53	0.69	0.74	0.59
	n	17.44	3.43	3.04	5.16	2.94	3.88	2.96
S=60	H	127.5	628.43	729.04	415.28	751.43	572.25	736.86
	f	0.9	0.63	0.87	0.66	0.82	0.89	0.72
	n	17.44	3.54	3.05	5.35	2.96	3.88	3.02
S=65	H	127.5	609.65	726.97	401.6	746.14	571.48	723.83
	f	1.06	0.76	1.02	0.8	0.97	1.04	0.86
	n	17.44	3.65	3.06	5.54	2.98	3.89	3.07
S=70	H	127.5	592.47	725.08	389.73	741.26	570.79	711.79
	f	1.23	0.91	1.19	0.95	1.13	1.21	1.01
	n	17.44	3.75	3.07	5.7	3	3.89	3.12
S=75	H	127.5	576.97	723.35	379.52	736.8	570.17	700.77
	f	1.41	1.07	1.37	1.12	1.31	1.39	1.18
	n	17.44	3.85	3.07	5.86	3.02	3.9	3.17
S=80	H	127.5	563.15	721.78	370.78	732.75	569.62	690.78
	f	1.6	1.25	1.56	1.31	1.5	1.58	1.36
	n	17.44	3.95	3.08	6	3.03	3.9	3.22
S=85	H	127.5	550.92	720.36	363.31	729.07	569.12	681.77
	f	1.81	1.44	1.76	1.5	1.7	1.79	1.55
	n	17.44	4.04	3.09	6.12	3.05	3.91	3.26
S=90	H	127.5	540.15	719.06	356.91	725.74	568.68	673.67
	f	2.02	1.65	1.98	1.72	1.92	2.01	1.76
	n	17.44	4.12	3.09	6.23	3.06	3.91	3.3
S=95	H	127.5	530.68	717.9	351.42	722.73	568.28	666.42
	f	2.26	1.87	2.21	1.94	2.14	2.24	1.99
	n	17.44	4.19	3.1	6.33	3.08	3.91	3.34
S=100	H	127.5	522.36	716.84	346.68	720.01	567.93	659.92
	f	2.5	2.11	2.45	2.18	2.38	2.48	2.22
	n	17.44	4.26	3.1	6.41	3.09	3.91	3.37
S=105	H	127.5	515.05	715.88	342.58	717.55	567.6	654.11
	f	2.76	2.36	2.71	2.44	2.64	2.74	2.47
	n	17.44	4.32	3.11	6.49	3.1	3.92	3.4
S=110	H	127.5	508.6	715.01	339.01	715.33	567.32	648.9
	f	3.02	2.62	2.98	2.7	2.9	3.01	2.74
	n	17.44	4.37	3.11	6.56	3.11	3.92	3.43
S=115	H	127.5	502.91	714.22	335.89	713.31	567.05	644.22
	f	3.31	2.89	3.26	2.98	3.18	3.29	3.01
	n	17.44	4.42	3.11	6.62	3.12	3.92	3.45
S=120	H	127.5	497.87	713.5	333.14	711.48	566.82	640.02
	f	3.6	3.18	3.55	3.27	3.47	3.58	3.3
	n	17.44	4.47	3.12	6.67	3.12	3.92	3.47

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۲

		a = 550			wire : MINK			
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	140.25	747.21	768.36	518.5	807.05	603.15	828.73
	f	0.36	0.24	0.37	0.23	0.34	0.37	0.28
	n	15.85	2.98	2.89	4.29	2.75	3.69	2.68
S=45	H	140.25	730.24	768.7	502.44	803.85	604.4	817.74
	f	0.46	0.31	0.46	0.3	0.43	0.47	0.36
	n	15.85	3.04	2.89	4.42	2.77	3.68	2.72
S=50	H	140.25	712.84	769.03	486.55	800.69	605.59	806.61
	f	0.57	0.39	0.57	0.39	0.54	0.58	0.45
	n	15.85	3.12	2.89	4.57	2.78	3.67	2.76
S=55	H	140.25	695.42	769.35	471.28	797.62	606.7	795.56
	f	0.69	0.48	0.69	0.49	0.65	0.7	0.56
	n	15.85	3.2	2.89	4.72	2.79	3.66	2.79
S=60	H	140.25	678.37	769.66	457	794.67	607.74	784.81
	f	0.82	0.58	0.82	0.6	0.78	0.83	0.67
	n	15.85	3.28	2.89	4.86	2.8	3.66	2.83
S=65	H	140.25	662.02	769.94	443.92	791.88	608.69	774.51
	f	0.96	0.7	0.96	0.72	0.92	0.98	0.8
	n	15.85	3.36	2.89	5.01	2.81	3.65	2.87
S=70	H	140.25	646.61	770.21	432.16	789.27	609.57	764.76
	f	1.11	0.83	1.12	0.86	1.07	1.13	0.94
	n	15.85	3.44	2.89	5.14	2.82	3.65	2.91
S=75	H	140.25	632.3	770.45	421.71	786.83	610.37	755.64
	f	1.28	0.98	1.28	1.01	1.23	1.3	1.09
	n	15.85	3.52	2.89	5.27	2.83	3.64	2.94
S=80	H	140.25	619.17	770.68	412.51	784.58	611.1	747.19
	f	1.45	1.14	1.46	1.17	1.4	1.48	1.26
	n	15.85	3.59	2.88	5.39	2.83	3.64	2.98
S=85	H	140.25	607.23	770.89	404.45	782.49	611.76	739.4
	f	1.64	1.31	1.65	1.35	1.58	1.66	1.43
	n	15.85	3.66	2.88	5.5	2.84	3.63	3.01
S=90	H	140.25	596.46	771.09	397.41	780.58	612.36	732.26
	f	1.84	1.49	1.85	1.54	1.78	1.86	1.62
	n	15.85	3.73	2.88	5.59	2.85	3.63	3.04
S=95	H	140.25	586.78	771.26	391.25	778.82	612.9	725.74
	f	2.05	1.69	2.06	1.75	1.99	2.07	1.82
	n	15.85	3.79	2.88	5.68	2.85	3.63	3.06
S=100	H	140.25	578.1	771.43	385.87	777.21	613.4	719.8
	f	2.27	1.9	2.28	1.96	2.21	2.3	2.04
	n	15.85	3.85	2.88	5.76	2.86	3.62	3.09
S=105	H	140.25	570.35	771.58	381.15	775.73	613.85	714.4
	f	2.51	2.13	2.51	2.19	2.44	2.53	2.26
	n	15.85	3.9	2.88	5.83	2.87	3.62	3.11
S=110	H	140.25	563.41	771.72	377	774.37	614.26	709.49
	f	2.75	2.36	2.76	2.43	2.68	2.78	2.5
	n	15.85	3.95	2.88	5.9	2.87	3.62	3.13
S=115	H	140.25	557.2	771.84	373.34	773.13	614.64	705.03
	f	3.01	2.61	3.01	2.68	2.94	3.03	2.75
	n	15.85	3.99	2.88	5.95	2.88	3.62	3.15
S=120	H	140.25	551.63	771.96	370.11	771.99	614.98	700.96
	f	3.27	2.87	3.28	2.94	3.2	3.3	3.01
	n	15.85	4.03	2.88	6.01	2.88	3.61	3.17

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۳

		a = 600			wire : MINK			
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	153	776.82	793.72	546.78	833.58	626.66	857.25
	f	0.33	0.23	0.35	0.22	-0.33	0.36	0.27
	n	14.53	2.86	2.8	4.07	2.67	3.55	2.59
S=45	H	153	763.35	796.47	533.5	833.06	629.85	849.46
	f	0.42	0.29	0.45	0.29	0.42	0.45	0.35
	n	14.53	2.91	2.79	4.17	2.67	3.53	2.62
S=50	H	153	749.37	799.19	520.09	832.53	632.93	841.47
	f	0.52	0.37	0.55	0.36	0.52	0.56	0.44
	n	14.53	2.97	2.78	4.27	2.67	3.51	2.64
S=55	H	153	735.18	801.83	506.9	832.02	635.87	833.45
	f	0.63	0.45	0.66	0.45	0.62	0.67	0.53
	n	14.53	3.02	2.77	4.39	2.67	3.5	2.67
S=60	H	153	721.05	804.38	494.22	831.52	638.65	825.53
	f	0.75	0.55	0.79	0.55	0.74	0.79	0.64
	n	14.53	3.08	2.76	4.5	2.67	3.48	2.69
S=65	H	153	707.23	806.81	482.28	831.03	641.24	817.81
	f	0.88	0.66	0.92	0.66	0.87	0.93	0.76
	n	14.53	3.14	2.76	4.61	2.67	3.47	2.72
S=70	H	153	693.92	809.11	471.22	830.58	643.66	810.39
	f	1.02	0.78	1.06	0.79	1.01	1.07	0.89
	n	14.53	3.2	2.75	4.72	2.68	3.45	2.74
S=75	H	153	681.29	811.28	461.12	830.14	645.9	803.33
	f	1.17	0.91	1.22	0.92	1.16	1.23	1.03
	n	14.53	3.26	2.74	4.82	2.68	3.44	2.77
S=80	H	153	669.43	813.31	452	829.74	647.97	796.66
	f	1.33	1.05	1.38	1.07	1.32	1.39	1.18
	n	14.53	3.32	2.73	4.92	2.68	3.43	2.79
S=85	H	153	658.41	815.2	443.81	829.35	649.88	790.41
	f	1.51	1.21	1.56	1.23	1.49	1.57	1.34
	n	14.53	3.38	2.73	5.01	2.68	3.42	2.81
S=90	H	153	648.24	816.97	436.51	829	651.64	784.59
	f	1.69	1.37	1.74	1.4	1.68	1.75	1.51
	n	14.53	3.43	2.72	5.09	2.68	3.41	2.83
S=95	H	153	638.92	818.61	430	828.67	653.25	779.18
	f	1.88	1.55	1.94	1.59	1.87	1.95	1.7
	n	14.53	3.48	2.72	5.17	2.68	3.4	2.85
S=100	H	153	630.42	820.13	424.23	828.36	654.74	774.18
	f	2.08	1.75	2.14	1.78	2.07	2.15	1.9
	n	14.53	3.53	2.71	5.24	2.68	3.4	2.87
S=105	H	153	622.68	821.55	419.09	828.07	656.1	769.56
	f	2.3	1.95	2.36	1.99	2.28	2.37	2.1
	n	14.53	3.57	2.71	5.3	2.68	3.39	2.89
S=110	H	153	615.65	822.86	414.52	827.81	657.36	765.31
	f	2.52	2.16	2.59	2.21	2.51	2.59	2.32
	n	14.53	3.61	2.7	5.36	2.69	3.38	2.9
S=115	H	153	609.27	824.08	410.45	827.56	658.52	761.39
	f	2.76	2.39	2.82	2.44	2.74	2.83	2.55
	n	14.53	3.65	2.7	5.42	2.69	3.38	2.92
S=120	H	153	603.49	825.21	406.82	827.34	659.58	757.79
	f	3	2.63	3.07	2.68	2.99	3.08	2.79
	n	14.53	3.68	2.69	5.46	2.69	3.37	2.93

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۴

a = 650		wire : MINK						
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	165.75	802.67	816.06	571.7	856.88	647.57	882.18
	f	0.31	0.22	0.34	0.21	0.32	0.35	0.27
	n	13.41	2.77	2.72	3.89	2.59	3.43	2.52
S=45	H	165.75	792.02	820.74	560.77	858.5	652.35	876.95
	f	0.39	0.28	0.43	0.27	0.4	0.44	0.34
	n	13.41	2.81	2.71	3.96	2.59	3.41	2.53
S=50	H	165.75	780.87	825.42	549.57	860.14	657.02	871.55
	f	0.48	0.35	0.53	0.34	0.5	0.54	0.42
	n	13.41	2.85	2.69	4.04	2.58	3.38	2.55
S=55	H	165.75	769.43	830.02	538.36	861.77	661.54	866.07
	f	0.58	0.43	0.64	0.43	0.6	0.64	0.51
	n	13.41	2.89	2.68	4.13	2.58	3.36	2.57
S=60	H	165.75	757.9	834.49	527.38	863.36	665.85	860.59
	f	0.69	0.52	0.76	0.52	0.72	0.76	0.61
	n	13.41	2.93	2.66	4.22	2.57	3.34	2.58
S=65	H	165.75	746.46	838.81	516.8	864.91	669.94	855.2
	f	0.81	0.62	0.89	0.62	0.84	0.89	0.72
	n	13.41	2.98	2.65	4.3	2.57	3.32	2.6
S=70	H	165.75	735.28	842.94	506.79	866.41	673.79	849.95
	f	0.94	0.73	1.02	0.73	0.97	1.02	0.85
	n	13.41	3.02	2.64	4.39	2.57	3.3	2.62
S=75	H	165.75	724.48	846.87	497.43	867.84	677.4	844.88
	f	1.08	0.85	1.17	0.86	1.11	1.17	0.98
	n	13.41	3.07	2.62	4.47	2.56	3.28	2.63
S=80	H	165.75	714.16	850.59	488.78	869.2	680.78	840.03
	f	1.23	0.99	1.32	0.99	1.26	1.32	1.12
	n	13.41	3.11	2.61	4.55	2.56	3.27	2.65
S=85	H	165.75	704.39	854.11	480.85	870.48	683.94	835.42
	f	1.39	1.13	1.49	1.14	1.42	1.49	1.27
	n	13.41	3.16	2.6	4.62	2.55	3.25	2.66
S=90	H	165.75	695.22	857.42	473.64	871.7	686.87	831.06
	f	1.56	1.28	1.66	1.29	1.59	1.66	1.43
	n	13.41	3.2	2.59	4.69	2.55	3.24	2.67
S=95	H	165.75	686.67	860.53	467.1	872.84	689.6	826.96
	f	1.74	1.45	1.84	1.46	1.77	1.84	1.6
	n	13.41	3.24	2.58	4.76	2.55	3.22	2.69
S=100	H	165.75	678.74	863.45	461.2	873.91	692.14	823.12
	f	1.92	1.62	2.04	1.64	1.96	2.04	1.78
	n	13.41	3.28	2.57	4.82	2.54	3.21	2.7
S=105	H	165.75	671.41	866.19	455.88	874.92	694.49	819.52
	f	2.12	1.81	2.24	1.83	2.16	2.24	1.97
	n	13.41	3.31	2.57	4.88	2.54	3.2	2.71
S=110	H	165.75	664.65	868.75	451.08	875.86	696.68	816.17
	f	2.33	2	2.45	2.03	2.37	2.45	2.18
	n	13.41	3.34	2.56	4.93	2.54	3.19	2.72
S=115	H	165.75	658.44	871.15	446.76	876.74	698.7	813.06
	f	2.54	2.21	2.67	2.24	2.59	2.67	2.39
	n	13.41	3.38	2.55	4.98	2.54	3.18	2.73
S=120	H	165.75	652.73	873.4	442.87	877.57	700.59	810.16
	f	2.77	2.43	2.9	2.46	2.82	2.9	2.61
	n	13.41	3.41	2.55	5.02	2.53	3.17	2.74

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۵

		a = 700				wire : MINK		
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	178.5	825.75	836.16	594.11	877.79	686.53	904.46
	f	0.29	0.21	0.34	0.2	0.31	0.34	0.26
	n	12.45	2.69	2.66	3.74	2.53	3.34	2.46
S=45	H	178.5	817.37	842.39	585.14	881.13	672.59	901.3
	f	0.36	0.27	0.42	0.26	0.39	0.42	0.33
	n	12.45	2.72	2.64	3.8	2.52	3.31	2.47
S=50	H	178.5	808.55	848.67	575.85	884.53	678.59	898
	f	0.45	0.34	0.52	0.33	0.48	0.52	0.41
	n	12.45	2.75	2.62	3.86	2.51	3.28	2.48
S=55	H	178.5	799.44	854.89	566.43	887.94	684.43	894.64
	f	0.54	0.42	0.62	0.4	0.58	0.62	0.5
	n	12.45	2.78	2.6	3.92	2.5	3.25	2.48
S=60	H	178.5	790.16	861	557.06	891.31	690.07	891.25
	f	0.64	0.5	0.74	0.49	0.69	0.74	0.59
	n	12.45	2.81	2.58	3.99	2.49	3.22	2.49
S=65	H	178.5	780.86	866.93	547.89	894.62	695.48	887.88
	f	0.75	0.6	0.86	0.58	0.81	0.86	0.7
	n	12.45	2.85	2.56	4.06	2.48	3.2	2.5
S=70	H	178.5	771.66	872.67	539.05	897.83	700.63	884.57
	f	0.88	0.7	0.99	0.69	0.94	0.99	0.81
	n	12.45	2.88	2.55	4.12	2.48	3.17	2.51
S=75	H	178.5	762.65	878.18	530.64	900.93	705.5	881.33
	f	1	0.81	1.13	0.8	1.07	1.12	0.94
	n	12.45	2.91	2.53	4.19	2.47	3.15	2.52
S=80	H	178.5	753.93	883.44	522.72	903.91	710.11	878.21
	f	1.14	0.93	1.27	0.93	1.21	1.27	1.07
	n	12.45	2.95	2.52	4.25	2.46	3.13	2.53
S=85	H	178.5	745.56	888.46	515.33	906.76	714.45	875.2
	f	1.29	1.07	1.43	1.06	1.37	1.42	1.21
	n	12.45	2.98	2.5	4.31	2.45	3.11	2.54
S=90	H	178.5	737.59	893.23	508.49	909.47	718.53	872.33
	f	1.45	1.21	1.59	1.21	1.53	1.59	1.36
	n	12.45	3.01	2.49	4.37	2.44	3.09	2.55
S=95	H	178.5	730.05	897.74	502.18	912.04	722.36	869.59
	f	1.61	1.36	1.77	1.36	1.7	1.76	1.52
	n	12.45	3.04	2.48	4.43	2.44	3.08	2.56
S=100	H	178.5	722.95	902.02	496.4	914.48	725.94	867.01
	f	1.79	1.52	1.95	1.52	1.88	1.94	1.69
	n	12.45	3.07	2.46	4.48	2.43	3.06	2.56
S=105	H	178.5	716.3	906.06	491.12	916.79	729.3	864.56
	f	1.97	1.69	2.14	1.7	2.06	2.13	1.87
	n	12.45	3.1	2.45	4.53	2.42	3.05	2.57
S=110	H	178.5	710.09	909.87	486.29	918.97	732.45	862.25
	f	2.16	1.87	2.34	1.88	2.26	2.33	2.06
	n	12.45	3.13	2.44	4.57	2.42	3.04	2.58
S=115	H	178.5	704.32	913.47	481.9	921.03	735.39	860.08
	f	2.36	2.07	2.55	2.08	2.46	2.53	2.26
	n	12.45	3.16	2.43	4.61	2.41	3.02	2.58
S=120	H	178.5	698.95	916.86	477.89	922.96	738.14	858.05
	f	2.57	2.27	2.76	2.28	2.68	2.75	2.46
	n	12.45	3.18	2.42	4.65	2.41	3.01	2.59

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۶

a = 750		wire : MINK						
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	191.25	846.74	854.57	614.61	896.9	684	924.76
	f	0.27	0.21	0.33	0.2	0.31	0.33	0.25
	n	11.62	2.63	2.6	3.62	2.48	3.25	2.4
S=45	H	191.25	840.22	862.05	607.27	901.62	691.11	923.26
	f	0.34	0.27	0.41	0.25	0.39	0.41	0.32
	n	11.62	2.65	2.58	3.66	2.47	3.22	2.41
S=50	H	191.25	833.33	869.63	599.61	906.47	698.19	921.7
	f	0.42	0.33	0.51	0.32	0.47	0.5	0.4
	n	11.62	2.67	2.56	3.71	2.45	3.18	2.41
S=55	H	191.25	826.15	877.19	591.76	911.35	705.15	920.09
	f	0.5	0.4	0.61	0.39	0.57	0.6	0.48
	n	11.62	2.69	2.53	3.76	2.44	3.15	2.42
S=60	H	191.25	818.81	884.67	583.86	916.21	711.92	918.47
	f	0.6	0.48	0.72	0.47	0.67	0.71	0.58
	n	11.62	2.71	2.51	3.81	2.43	3.12	2.42
S=65	H	191.25	811.38	891.99	576.04	921.01	718.47	916.83
	f	0.7	0.57	0.83	0.55	0.79	0.83	0.68
	n	11.62	2.74	2.49	3.86	2.41	3.09	2.42
S=70	H	191.25	803.96	899.11	568.39	925.71	724.76	915.22
	f	0.82	0.67	0.96	0.65	0.91	0.95	0.79
	n	11.62	2.77	2.47	3.91	2.4	3.07	2.43
S=75	H	191.25	796.62	906	561	930.29	730.77	913.62
	f	0.94	0.78	1.09	0.76	1.04	1.08	0.9
	n	11.62	2.79	2.45	3.96	2.39	3.04	2.43
S=80	H	191.25	789.44	912.63	553.94	934.71	736.49	912.07
	f	1.07	0.89	1.23	0.87	1.17	1.22	1.03
	n	11.62	2.82	2.44	4.01	2.38	3.02	2.44
S=85	H	191.25	782.48	919	547.25	938.97	741.93	910.57
	f	1.2	1.02	1.38	1	1.32	1.37	1.16
	n	11.62	2.84	2.42	4.06	2.37	3	2.44
S=90	H	191.25	775.76	925.1	540.96	943.06	747.08	909.11
	f	1.35	1.15	1.54	1.13	1.47	1.53	1.31
	n	11.62	2.87	2.4	4.11	2.36	2.98	2.45
S=95	H	191.25	769.34	930.92	535.08	946.98	751.95	907.72
	f	1.5	1.29	1.7	1.28	1.64	1.69	1.46
	n	11.62	2.89	2.39	4.15	2.35	2.96	2.45
S=100	H	191.25	763.22	936.47	529.62	950.72	756.55	906.39
	f	1.67	1.44	1.88	1.43	1.8	1.86	1.62
	n	11.62	2.91	2.37	4.2	2.34	2.94	2.45
S=105	H	191.25	757.42	941.75	524.55	954.28	760.89	905.12
	f	1.84	1.6	2.06	1.59	1.98	2.04	1.79
	n	11.62	2.93	2.36	4.24	2.33	2.92	2.46
S=110	H	191.25	751.94	946.77	519.88	957.67	764.98	903.91
	f	2.02	1.77	2.25	1.76	2.17	2.23	1.96
	n	11.62	2.96	2.35	4.28	2.32	2.91	2.46
S=115	H	191.25	746.78	951.54	515.56	960.89	768.84	902.76
	f	2.2	1.95	2.44	1.94	2.36	2.42	2.15
	n	11.62	2.98	2.34	4.31	2.31	2.89	2.46
S=120	H	191.25	741.94	956.06	511.59	963.95	772.48	901.68
	f	2.4	2.14	2.65	2.13	2.56	2.63	2.34
	n	11.62	3	2.33	4.35	2.31	2.88	2.47

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۷

a = 800		wire : MINK						
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	204	866.14	871.68	633.64	914.63	700.33	943.54
	f	0.25	0.2	0.32	0.19	0.3	0.32	0.25
	n	10.9	2.57	2.55	3.51	2.43	3.17	2.36
S=45	H	204	861.15	880.17	627.66	920.48	708.28	943.41
	f	0.32	0.26	0.4	0.24	0.38	0.4	0.31
	n	10.9	2.58	2.53	3.54	2.42	3.14	2.36
S=50	H	204	855.85	888.81	621.37	926.49	716.25	943.27
	f	0.39	0.32	0.49	0.3	0.46	0.49	0.39
	n	10.9	2.6	2.5	3.58	2.4	3.1	2.36
S=55	H	204	850.3	897.48	614.88	932.59	724.14	943.12
	f	0.47	0.39	0.59	0.37	0.56	0.59	0.47
	n	10.9	2.61	2.48	3.62	2.38	3.07	2.36
S=60	H	204	844.59	906.1	608.3	938.71	731.87	942.97
	f	0.56	0.47	0.7	0.45	0.66	0.69	0.56
	n	10.9	2.63	2.45	3.65	2.37	3.04	2.36
S=65	H	204	838.78	914.59	601.7	944.78	739.4	942.82
	f	0.66	0.55	0.81	0.53	0.77	0.81	0.66
	n	10.9	2.65	2.43	3.69	2.35	3.01	2.36
S=70	H	204	832.93	922.9	595.19	950.75	746.68	942.67
	f	0.77	0.65	0.93	0.62	0.88	0.92	0.76
	n	10.9	2.67	2.41	3.73	2.34	2.98	2.36
S=75	H	204	827.11	930.98	588.82	956.61	753.69	942.53
	f	0.88	0.75	1.06	0.72	1.01	1.05	0.88
	n	10.9	2.69	2.39	3.78	2.32	2.95	2.36
S=80	H	204	821.36	938.82	582.66	962.3	760.41	942.38
	f	1	0.86	1.2	0.83	1.14	1.19	1
	n	10.9	2.71	2.37	3.82	2.31	2.92	2.36
S=85	H	204	815.73	946.4	576.75	967.83	766.84	942.24
	f	1.13	0.97	1.34	0.95	1.28	1.33	1.13
	n	10.9	2.73	2.35	3.85	2.3	2.9	2.36
S=90	H	204	810.25	953.69	571.12	973.16	772.97	942.1
	f	1.27	1.1	1.49	1.07	1.43	1.48	1.26
	n	10.9	2.74	2.33	3.89	2.28	2.88	2.36
S=95	H	204	804.95	960.69	565.79	978.31	778.81	941.97
	f	1.41	1.23	1.65	1.21	1.58	1.63	1.41
	n	10.9	2.76	2.31	3.93	2.27	2.85	2.36
S=100	H	204	799.86	967.41	560.78	983.25	784.36	941.84
	f	1.56	1.38	1.82	1.35	1.75	1.8	1.56
	n	10.9	2.78	2.3	3.96	2.26	2.83	2.36
S=105	H	204	794.99	973.84	556.08	987.98	789.64	941.72
	f	1.72	1.53	1.99	1.5	1.91	1.97	1.72
	n	10.9	2.8	2.28	4	2.25	2.82	2.36
S=110	H	204	790.34	980	551.69	992.52	794.64	941.6
	f	1.89	1.68	2.17	1.66	2.09	2.15	1.89
	n	10.9	2.81	2.27	4.03	2.24	2.8	2.36
S=115	H	204	785.93	985.87	547.6	996.86	799.38	941.48
	f	2.07	1.85	2.36	1.83	2.28	2.33	2.06
	n	10.9	2.83	2.25	4.06	2.23	2.78	2.36
S=120	H	204	781.74	991.48	543.8	1001	803.88	941.38
	f	2.25	2.03	2.55	2	2.47	2.52	2.24
	n	10.9	2.84	2.24	4.09	2.22	2.77	2.36

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۸

a = 850		wire : MINK						
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	216.75	884.31	887.8	651.52	931.29	715.78	961.15
	f	0.24	0.2	0.32	0.19	0.29	0.31	0.24
	n	10.26	2.51	2.5	3.41	2.39	3.11	2.31
S=45	H	216.75	880.58	897.09	646.67	938.05	724.39	962.13
	f	0.3	0.25	0.4	0.24	0.37	0.39	0.31
	n	10.26	2.52	2.48	3.44	2.37	3.07	2.31
S=50	H	216.75	876.6	906.59	641.55	945.03	733.09	963.16
	f	0.37	0.31	0.48	0.29	0.45	0.48	0.38
	n	10.26	2.54	2.45	3.47	2.35	3.03	2.31
S=55	H	216.75	872.43	916.18	636.23	952.14	741.75	964.24
	f	0.44	0.38	0.58	0.36	0.55	0.57	0.46
	n	10.26	2.55	2.43	3.49	2.33	3	2.31
S=60	H	216.75	868.11	925.75	630.8	959.29	750.29	965.33
	f	0.53	0.46	0.68	0.43	0.64	0.68	0.55
	n	10.26	2.56	2.4	3.52	2.32	2.96	2.3
S=65	H	216.75	863.69	935.22	625.31	966.43	758.65	966.44
	f	0.62	0.54	0.79	0.51	0.75	0.78	0.64
	n	10.26	2.57	2.38	3.56	2.3	2.93	2.3
S=70	H	216.75	859.21	944.55	619.84	973.5	766.79	967.56
	f	0.72	0.63	0.91	0.6	0.86	0.9	0.74
	n	10.26	2.59	2.35	3.59	2.28	2.9	2.3
S=75	H	216.75	854.73	953.67	614.44	980.46	774.67	968.67
	f	0.83	0.72	1.04	0.69	0.98	1.02	0.85
	n	10.26	2.6	2.33	3.62	2.27	2.87	2.29
S=80	H	216.75	850.27	962.55	609.16	987.27	782.27	969.76
	f	0.94	0.83	1.17	0.79	1.11	1.15	0.97
	n	10.26	2.61	2.31	3.65	2.25	2.84	2.29
S=85	H	216.75	845.87	971.18	604.05	993.9	789.59	970.84
	f	1.06	0.94	1.31	0.91	1.25	1.29	1.09
	n	10.26	2.63	2.29	3.68	2.24	2.82	2.29
S=90	H	216.75	841.56	979.54	599.13	1000.35	796.61	971.89
	f	1.19	1.06	1.45	1.02	1.39	1.43	1.22
	n	10.26	2.64	2.27	3.71	2.22	2.79	2.29
S=95	H	216.75	837.36	987.6	594.42	1006.59	803.33	972.92
	f	1.33	1.19	1.61	1.15	1.54	1.58	1.36
	n	10.26	2.65	2.25	3.74	2.21	2.77	2.28
S=100	H	216.75	833.29	995.38	589.94	1012.63	809.76	973.91
	f	1.47	1.32	1.77	1.28	1.69	1.74	1.51
	n	10.26	2.67	2.23	3.77	2.2	2.75	2.28
S=105	H	216.75	829.36	1002.86	585.7	1018.44	815.9	974.87
	f	1.62	1.46	1.93	1.42	1.86	1.9	1.66
	n	10.26	2.68	2.22	3.8	2.18	2.72	2.28
S=110	H	216.75	825.58	1010.06	581.7	1024.04	821.76	975.8
	f	1.78	1.61	2.11	1.57	2.03	2.07	1.82
	n	10.26	2.69	2.2	3.82	2.17	2.71	2.28
S=115	H	216.75	821.96	1016.96	577.93	1029.42	827.34	976.69
	f	1.94	1.77	2.29	1.73	2.2	2.25	1.99
	n	10.26	2.7	2.19	3.85	2.16	2.69	2.28
S=120	H	216.75	818.5	1023.58	574.4	1034.59	832.66	977.55
	f	2.12	1.94	2.47	1.9	2.39	2.44	2.16
	n	10.26	2.72	2.17	3.87	2.15	2.67	2.27

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۳۹

a = 900		wire : MINK						
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m2)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	229.5	901.52	903.13	668.49	947.12	730.53	977.84
	f	0.22	0.2	0.31	0.18	0.29	0.31	0.24
	n	9.69	2.47	2.46	3.33	2.35	3.04	2.27
S=45	H	229.5	898.83	913.07	664.6	954.61	739.68	979.74
	f	0.28	0.25	0.39	0.23	0.36	0.39	0.3
	n	9.69	2.47	2.43	3.34	2.33	3.01	2.27
S=50	H	229.5	895.96	923.27	660.46	962.38	748.96	981.74
	f	0.35	0.31	0.48	0.29	0.45	0.47	0.37
	n	9.69	2.48	2.41	3.37	2.31	2.97	2.26
S=55	H	229.5	892.94	933.61	656.15	970.32	758.26	983.83
	f	0.42	0.37	0.57	0.35	0.53	0.56	0.45
	n	9.69	2.49	2.38	3.39	2.29	2.93	2.26
S=60	H	229.5	889.8	943.97	651.71	978.35	767.47	985.98
	f	0.5	0.45	0.67	0.42	0.63	0.66	0.54
	n	9.69	2.5	2.35	3.41	2.27	2.9	2.25
S=65	H	229.5	886.57	954.28	647.21	986.39	776.54	988.16
	f	0.59	0.52	0.78	0.49	0.73	0.77	0.63
	n	9.69	2.51	2.33	3.43	2.25	2.86	2.25
S=70	H	229.5	883.29	964.46	642.68	994.39	785.41	990.35
	f	0.68	0.61	0.89	0.58	0.85	0.88	0.73
	n	9.69	2.52	2.3	3.46	2.24	2.83	2.24
S=75	H	229.5	879.99	974.47	638.18	1002.29	794.05	992.55
	f	0.78	0.7	1.02	0.67	0.96	1	0.83
	n	9.69	2.53	2.28	3.48	2.22	2.8	2.24
S=80	H	229.5	876.68	984.26	633.74	1010.07	802.42	994.74
	f	0.89	0.8	1.14	0.76	1.09	1.12	0.94
	n	9.69	2.54	2.26	3.51	2.2	2.77	2.23
S=85	H	229.5	873.4	993.81	629.4	1017.68	810.52	996.89
	f	1	0.91	1.28	0.87	1.22	1.26	1.06
	n	9.69	2.55	2.24	3.53	2.18	2.74	2.23
S=90	H	229.5	870.16	1003.1	625.19	1025.1	818.33	999.01
	f	1.13	1.02	1.42	0.98	1.36	1.39	1.19
	n	9.69	2.55	2.22	3.56	2.17	2.72	2.23
S=95	H	229.5	866.99	1012.11	621.12	1032.33	825.85	1001.08
	f	1.25	1.15	1.57	1.1	1.5	1.54	1.32
	n	9.69	2.56	2.2	3.58	2.15	2.69	2.22
S=100	H	229.5	863.89	1020.83	617.22	1039.35	833.08	1003.11
	f	1.39	1.27	1.72	1.23	1.65	1.69	1.46
	n	9.69	2.57	2.18	3.6	2.14	2.67	2.22
S=105	H	229.5	860.88	1029.27	613.49	1046.14	840.01	1005.07
	f	1.53	1.41	1.88	1.36	1.81	1.85	1.61
	n	9.69	2.58	2.16	3.62	2.12	2.65	2.21
S=110	H	229.5	857.96	1037.41	609.94	1052.71	846.66	1006.98
	f	1.68	1.55	2.05	1.5	1.97	2.01	1.76
	n	9.69	2.59	2.14	3.64	2.11	2.63	2.21
S=115	H	229.5	855.15	1045.26	606.57	1059.06	853.03	1008.82
	f	1.84	1.7	2.22	1.65	2.14	2.18	1.92
	n	9.69	2.6	2.13	3.66	2.1	2.61	2.2
S=120	H	229.5	852.45	1052.82	603.38	1065.18	859.13	1010.6
	f	2	1.86	2.41	1.81	2.32	2.36	2.09
	n	9.69	2.61	2.11	3.68	2.09	2.59	2.2

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۰

a = 950		wire : MINK						
	t (c)	55	-5	0	15	-5	15	-10
	ice(mm)	0	6	0	0	15	0	7
	W(kg/m ²)	0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	242.25	917.95	917.84	684.74	962.29	744.73	993.79
	f	0.21	0.19	0.31	0.18	0.29	0.3	0.24
	n	9.18	2.42	2.42	3.25	2.31	2.98	2.24
S=45	H	242.25	916.14	928.3	681.65	970.38	754.31	996.45
	f	0.27	0.24	0.38	0.22	0.36	0.38	0.3
	n	9.18	2.43	2.39	3.26	2.29	2.95	2.23
S=50	H	242.25	914.2	939.07	678.36	978.79	764.07	999.26
	f	0.33	0.3	0.47	0.28	0.44	0.46	0.37
	n	9.18	2.43	2.37	3.28	2.27	2.91	2.22
S=55	H	242.25	912.16	950.02	674.9	987.42	773.88	1002.2
	f	0.4	0.36	0.56	0.34	0.53	0.55	0.44
	n	9.18	2.44	2.34	3.29	2.25	2.87	2.22
S=60	H	242.25	910.02	961.04	671.34	996.17	783.65	1005.23
	f	0.47	0.44	0.66	0.41	0.62	0.65	0.53
	n	9.18	2.44	2.31	3.31	2.23	2.84	2.21
S=65	H	242.25	907.82	972.05	667.69	1004.97	793.32	1008.32
	f	0.56	0.51	0.76	0.48	0.72	0.75	0.61
	n	9.18	2.45	2.29	3.33	2.21	2.8	2.2
S=70	H	242.25	905.57	982.96	664.01	1013.76	802.81	1011.45
	f	0.64	0.6	0.88	0.56	0.83	0.86	0.71
	n	9.18	2.45	2.26	3.35	2.19	2.77	2.2
S=75	H	242.25	903.29	993.72	660.32	1022.48	812.1	1014.59
	f	0.74	0.69	1	0.64	0.94	0.98	0.81
	n	9.18	2.46	2.24	3.37	2.17	2.74	2.19
S=80	H	242.25	901.01	1004.3	656.66	1031.08	821.14	1017.72
	f	0.84	0.78	1.12	0.74	1.07	1.1	0.92
	n	9.18	2.47	2.21	3.39	2.16	2.71	2.18
S=85	H	242.25	898.73	1014.65	653.06	1039.54	829.93	1020.82
	f	0.95	0.88	1.25	0.84	1.19	1.23	1.04
	n	9.18	2.47	2.19	3.4	2.14	2.68	2.18
S=90	H	242.25	896.47	1024.76	649.53	1047.83	838.44	1023.89
	f	1.07	0.99	1.39	0.94	1.33	1.36	1.16
	n	9.18	2.48	2.17	3.42	2.12	2.65	2.17
S=95	H	242.25	894.24	1034.6	646.1	1055.93	846.68	1026.9
	f	1.19	1.11	1.53	1.06	1.47	1.5	1.29
	n	9.18	2.49	2.15	3.44	2.11	2.63	2.16
S=100	H	242.25	892.05	1044.17	642.78	1063.82	854.62	1029.85
	f	1.32	1.23	1.68	1.18	1.61	1.65	1.42
	n	9.18	2.49	2.13	3.46	2.09	2.6	2.16
S=105	H	242.25	889.91	1053.45	639.58	1071.49	862.28	1032.73
	f	1.45	1.36	1.84	1.3	1.77	1.8	1.57
	n	9.18	2.5	2.11	3.48	2.07	2.58	2.15
S=110	H	242.25	887.82	1062.44	636.52	1078.95	869.65	1035.54
	f	1.59	1.5	2	1.44	1.92	1.96	1.71
	n	9.18	2.5	2.09	3.49	2.06	2.56	2.15
S=115	H	242.25	885.8	1071.15	633.58	1086.17	876.74	1038.27
	f	1.74	1.64	2.17	1.58	2.09	2.13	1.87
	n	9.18	2.51	2.08	3.51	2.05	2.54	2.14
S=120	H	242.25	883.84	1079.57	630.79	1093.16	883.56	1040.91
	f	1.89	1.79	2.35	1.73	2.26	2.3	2.03
	n	9.18	2.52	2.06	3.52	2.03	2.52	2.14

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۱

a = 1000		wire : MINK						
t (c)		55	-5	0	15	-5	15	-10
ice (mm)		0	6	0	0	15	0	7
W(kg/m2)		0	30	126	50	0	100	40
S=40	H	255	933.77	932.06	700.41	976.93	758.5	1009.16
	f	0.2	0.19	0.3	0.17	0.28	0.3	0.23
	n	8.72	2.38	2.39	3.17	2.28	2.93	2.2
S=45	H	255	932.69	942.93	698	985.5	768.41	1012.45
	f	0.25	0.24	0.38	0.22	0.35	0.37	0.29
	n	8.72	2.38	2.36	3.18	2.26	2.89	2.2
S=50	H	255	931.54	954.16	695.42	994.43	778.55	1015.93
	f	0.31	0.3	0.46	0.27	0.43	0.45	0.36
	n	8.72	2.39	2.33	3.2	2.24	2.86	2.19
S=55	H	255	930.32	965.61	692.71	1003.63	788.78	1019.58
	f	0.38	0.36	0.55	0.33	0.52	0.54	0.44
	n	8.72	2.39	2.3	3.21	2.21	2.82	2.18
S=60	H	255	929.04	977.18	689.89	1012.99	799.02	1023.36
	f	0.45	0.43	0.65	0.39	0.61	0.63	0.52
	n	8.72	2.39	2.27	3.22	2.19	2.78	2.17
S=65	H	255	927.72	988.76	687	1022.43	809.18	1027.22
	f	0.53	0.5	0.75	0.47	0.71	0.74	0.6
	n	8.72	2.4	2.25	3.24	2.17	2.75	2.16
S=70	H	255	926.36	1000.29	684.06	1031.89	819.2	1031.14
	f	0.61	0.58	0.86	0.54	0.81	0.84	0.7
	n	8.72	2.4	2.22	3.25	2.15	2.71	2.16
S=75	H	255	924.99	1011.7	681.11	1041.3	829.05	1035.09
	f	0.7	0.67	0.98	0.62	0.93	0.96	0.8
	n	8.72	2.4	2.2	3.26	2.13	2.68	2.15
S=80	H	255	923.6	1022.95	678.16	1050.62	838.68	1039.05
	f	0.8	0.76	1.1	0.71	1.05	1.08	0.9
	n	8.72	2.41	2.17	3.28	2.12	2.65	2.14
S=85	H	255	922.21	1034	675.23	1059.82	848.06	1042.98
	f	0.9	0.86	1.23	0.81	1.17	1.2	1.02
	n	8.72	2.41	2.15	3.29	2.1	2.62	2.13
S=90	H	255	920.83	1044.82	672.35	1068.86	857.2	1046.88
	f	1.01	0.97	1.36	0.91	1.3	1.33	1.14
	n	8.72	2.41	2.13	3.31	2.08	2.59	2.12
S=95	H	255	919.46	1055.4	669.53	1077.73	866.06	1050.73
	f	1.13	1.08	1.5	1.02	1.44	1.47	1.26
	n	8.72	2.42	2.11	3.32	2.06	2.57	2.12
S=100	H	255	918.1	1065.71	666.79	1086.4	874.64	1054.52
	f	1.25	1.2	1.65	1.13	1.58	1.61	1.39
	n	8.72	2.42	2.09	3.33	2.05	2.54	2.11
S=105	H	255	916.77	1075.75	664.12	1094.85	882.95	1058.23
	f	1.38	1.32	1.8	1.26	1.73	1.76	1.53
	n	8.72	2.42	2.07	3.35	2.03	2.52	2.1
S=110	H	255	915.47	1085.51	661.55	1103.1	890.98	1061.86
	f	1.51	1.45	1.96	1.38	1.88	1.91	1.67
	n	8.72	2.43	2.05	3.36	2.02	2.49	2.09
S=115	H	255	914.2	1094.99	659.07	1111.11	898.73	1065.4
	f	1.65	1.59	2.12	1.52	2.04	2.07	1.82
	n	8.72	2.43	2.03	3.37	2	2.47	2.09
S=120	H	255	912.97	1104.18	656.7	1118.9	906.21	1068.84
	f	1.8	1.74	2.29	1.66	2.21	2.24	1.98
	n	8.72	2.43	2.01	3.39	1.99	2.45	2.08

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول- مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۲

		a = 400			wire : MINK			
	t (C)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice (mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	102	746.21	829.84	600.89	639.87	1609.21	421.93
	f	0.5	0.46	0.68	0.08	0.75	1.12	0.53
	n	21.79	2.98	2.68	3.7	3.47	1.38	5.27
S=45	H	102	740.19	854.14	539.01	666.63	1703.72	425.43
	f	0.63	0.59	0.84	0.12	0.91	1.34	0.67
	n	21.79	3	2.6	4.12	3.33	1.3	5.23
S=50	H	102	734.66	876.27	472.12	690.67	1792.26	428.43
	f	0.78	0.73	1.01	0.17	1.09	1.57	0.82
	n	21.79	3.03	2.54	4.71	3.22	1.24	5.19
S=55	H	102	729.66	896.37	402.64	712.28	1875.37	431
	f	0.95	0.89	1.2	0.24	1.27	1.81	0.99
	n	21.79	3.05	2.48	5.52	3.12	1.19	5.16
S=60	H	102	725.19	914.62	335.04	731.75	1953.54	433.21
	f	1.12	1.06	1.39	0.34	1.48	2.07	1.17
	n	21.79	3.07	2.43	6.64	3.04	1.14	5.13
S=65	H	102	721.23	931.19	275.87	749.31	2027.16	435.11
	f	1.32	1.25	1.61	0.49	1.69	2.34	1.37
	n	21.79	3.08	2.39	8.06	2.97	1.1	5.11
S=70	H	102	717.73	946.23	230.44	765.17	2096.6	436.74
	f	1.53	1.46	1.84	0.68	1.92	2.63	1.58
	n	21.79	3.1	2.35	9.65	2.91	1.06	5.09
S=75	H	102	714.64	959.89	198.78	779.52	2162.15	438.16
	f	1.76	1.69	2.08	0.9	2.16	2.93	1.81
	n	21.79	3.11	2.32	11.18	2.85	1.03	5.07
S=80	H	102	711.91	972.3	177.32	792.52	2224.09	439.38
	f	2	1.92	2.33	1.15	2.42	3.24	2.05
	n	21.79	3.12	2.29	12.54	2.8	1	5.06
S=85	H	102	709.51	983.6	162.48	804.31	2282.67	440.45
	f	2.26	2.18	2.6	1.42	2.69	3.56	2.31
	n	21.79	3.13	2.26	13.68	2.76	0.97	5.05
S=90	H	102	707.39	993.88	151.87	815.03	2338.12	441.39
	f	2.53	2.45	2.89	1.7	2.98	3.9	2.59
	n	21.79	3.14	2.24	14.64	2.73	0.95	5.04
S=95	H	102	705.51	1003.27	144	824.78	2390.64	442.21
	f	2.82	2.74	3.19	2	3.28	4.25	2.88
	n	21.79	3.15	2.22	15.44	2.7	0.93	5.03
S=100	H	102	703.85	1011.83	137.98	833.68	2440.4	442.93
	f	3.12	3.04	3.5	2.31	3.6	4.61	3.18
	n	21.79	3.16	2.2	16.11	2.67	0.91	5.02
S=105	H	102	702.36	1019.67	133.26	841.8	2487.59	443.57
	f	3.45	3.36	3.83	2.64	3.93	4.99	3.5
	n	21.79	3.17	2.18	16.68	2.64	0.89	5.01
S=110	H	102	701.04	1026.84	129.47	849.23	2532.36	444.15
	f	3.78	3.7	4.18	2.98	4.27	5.38	3.84
	n	21.79	3.17	2.16	17.17	2.62	0.88	5.01
S=115	H	102	699.86	1033.42	126.38	856.03	2574.85	444.65
	f	4.13	4.05	4.53	3.34	4.63	5.78	4.19
	n	21.79	3.18	2.15	17.59	2.6	0.86	5
S=120	H	102	698.79	1039.46	123.81	862.27	2615.21	445.11
	f	4.5	4.41	4.91	3.71	5.01	6.19	4.56
	n	21.79	3.18	2.14	17.95	2.58	0.85	4.99

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۳

a =		450			wire : MINK			
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	114.75	789	861.38	664.47	664.35	1635.07	451.2
	f	0.44	0.43	0.66	0.08	0.72	1.1	0.5
	n	19.37	2.82	2.58	3.35	3.35	1.36	4.93
S=45	H	114.75	787.52	889.59	615.13	694.37	1733.94	457.02
	f	0.56	0.55	0.81	0.1	0.87	1.31	0.62
	n	19.37	2.82	2.5	3.61	3.2	1.28	4.86
S=50	H	114.75	786.12	915.7	561.04	721.75	1827.18	462.17
	f	0.69	0.68	0.97	0.14	1.04	1.54	0.76
	n	19.37	2.83	2.43	3.96	3.08	1.22	4.81
S=55	H	114.75	784.82	939.81	503.12	746.75	1915.29	466.7
	f	0.84	0.83	1.14	0.19	1.21	1.78	0.91
	n	19.37	2.83	2.37	4.42	2.98	1.16	4.76
S=60	H	114.75	783.62	962.05	442.92	769.61	1998.73	470.69
	f	1	0.98	1.33	0.26	1.4	2.03	1.08
	n	19.37	2.84	2.31	5.02	2.89	1.11	4.72
S=65	H	114.75	782.53	982.56	383.11	790.52	2077.86	474.19
	f	1.17	1.16	1.52	0.35	1.6	2.29	1.26
	n	19.37	2.84	2.26	5.8	2.81	1.07	4.69
S=70	H	114.75	781.54	1001.46	327.57	809.68	2153.01	477.28
	f	1.36	1.34	1.73	0.48	1.81	2.56	1.45
	n	19.37	2.84	2.22	6.79	2.75	1.03	4.66
S=75	H	114.75	780.65	1018.88	280.42	827.26	2224.45	480
	f	1.56	1.54	1.96	0.64	2.04	2.84	1.65
	n	19.37	2.85	2.18	7.93	2.69	1	4.63
S=80	H	114.75	779.85	1034.94	243.77	843.39	2292.44	482.4
	f	1.78	1.76	2.19	0.84	2.28	3.14	1.87
	n	19.37	2.85	2.15	9.12	2.64	0.97	4.61
S=85	H	114.75	779.12	1049.76	216.83	858.22	2357.2	484.52
	f	2.01	1.99	2.44	1.06	2.52	3.45	2.1
	n	19.37	2.85	2.12	10.25	2.59	0.94	4.59
S=90	H	114.75	778.47	1063.44	197.32	871.87	2418.93	486.4
	f	2.25	2.23	2.7	1.31	2.79	3.77	2.35
	n	19.37	2.86	2.09	11.27	2.55	0.92	4.57
S=95	H	114.75	777.88	1076.07	183.02	884.44	2477.81	488.08
	f	2.51	2.48	2.97	1.57	3.06	4.1	2.61
	n	19.37	2.86	2.07	12.15	2.51	0.9	4.55
S=100	H	114.75	777.35	1087.75	172.3	896.03	2534	489.58
	f	2.78	2.75	3.26	1.85	3.35	4.44	2.88
	n	19.37	2.86	2.04	12.9	2.48	0.88	4.54
S=105	H	114.75	776.88	1098.55	164.06	906.73	2587.66	490.91
	f	3.06	3.04	3.56	2.14	3.65	4.79	3.16
	n	19.37	2.86	2.02	13.55	2.45	0.86	4.53
S=110	H	114.75	776.45	1108.55	157.59	916.61	2638.93	492.12
	f	3.36	3.34	3.87	2.45	3.96	5.16	3.46
	n	19.37	2.86	2.01	14.11	2.43	0.84	4.52
S=115	H	114.75	776.06	1117.82	152.4	925.76	2687.93	493.19
	f	3.67	3.65	4.19	2.77	4.28	5.54	3.78
	n	19.37	2.86	1.99	14.59	2.4	0.83	4.51
S=120	H	114.75	775.7	1126.42	148.15	934.23	2734.78	494.17
	f	4	3.97	4.53	3.1	4.62	5.92	4.11
	n	19.37	2.87	1.97	15	2.38	0.81	4.5

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۴

		a = 500				wire : MINK		
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	127.5	823.62	886.95	713.73	684.43	1655.53	476.04
	f	0.4	0.42	0.64	0.07	0.7	1.09	0.47
	n	17.44	2.7	2.51	3.11	3.25	1.34	4.67
S=45	H	127.5	825.87	918.2	673.64	717.01	1757.62	483.91
	f	0.51	0.52	0.78	0.1	0.85	1.3	0.59
	n	17.44	2.69	2.42	3.3	3.1	1.26	4.59
S=50	H	127.5	828.04	947.47	629.43	747.07	1854.36	491.03
	f	0.63	0.65	0.94	0.13	1	1.52	0.72
	n	17.44	2.68	2.35	3.53	2.98	1.2	4.53
S=55	H	127.5	830.09	974.83	581.52	774.83	1946.23	497.44
	f	0.76	0.78	1.1	0.17	1.17	1.75	0.86
	n	17.44	2.68	2.28	3.82	2.87	1.14	4.47
S=60	H	127.5	832.01	1000.37	530.59	800.5	2033.65	503.2
	f	0.9	0.93	1.28	0.22	1.35	1.99	1.01
	n	17.44	2.67	2.22	4.19	2.78	1.09	4.42
S=65	H	127.5	833.81	1024.19	477.74	824.26	2116.98	508.37
	f	1.06	1.08	1.46	0.28	1.54	2.25	1.17
	n	17.44	2.67	2.17	4.65	2.7	1.05	4.37
S=70	H	127.5	835.46	1046.41	424.66	846.27	2196.52	512.99
	f	1.23	1.26	1.66	0.37	1.74	2.51	1.35
	n	17.44	2.66	2.12	5.23	2.63	1.01	4.33
S=75	H	127.5	836.99	1067.12	373.77	866.68	2272.54	517.14
	f	1.41	1.44	1.87	0.48	1.95	2.78	1.53
	n	17.44	2.66	2.08	5.95	2.56	0.98	4.3
S=80	H	127.5	838.39	1086.44	327.88	885.61	2345.25	520.85
	f	1.6	1.63	2.09	0.62	2.17	3.07	1.73
	n	17.44	2.65	2.05	6.78	2.51	0.95	4.27
S=85	H	127.5	839.67	1104.46	289.25	903.2	2414.87	524.19
	f	1.81	1.84	2.32	0.8	2.4	3.37	1.94
	n	17.44	2.65	2.01	7.69	2.46	0.92	4.24
S=90	H	127.5	840.84	1121.27	258.54	919.55	2481.59	527.19
	f	2.02	2.06	2.56	1	2.64	3.67	2.16
	n	17.44	2.64	1.98	8.6	2.42	0.9	4.22
S=95	H	127.5	841.92	1136.96	234.96	934.76	2545.56	529.9
	f	2.26	2.3	2.81	1.22	2.89	3.99	2.4
	n	17.44	2.64	1.96	9.46	2.38	0.87	4.2
S=100	H	127.5	842.9	1151.61	217.01	948.92	2606.94	532.34
	f	2.5	2.54	3.08	1.47	3.16	4.32	2.65
	n	17.44	2.64	1.93	10.24	2.34	0.85	4.18
S=105	H	127.5	843.79	1165.3	203.25	962.11	2665.86	534.54
	f	2.76	2.8	3.35	1.73	3.44	4.65	2.91
	n	17.44	2.63	1.91	10.94	2.31	0.83	4.16
S=110	H	127.5	844.62	1178.1	192.55	974.41	2722.46	536.54
	f	3.02	3.07	3.64	2	3.72	5	3.18
	n	17.44	2.63	1.89	11.55	2.28	0.82	4.14
S=115	H	127.5	845.37	1190.06	184.07	985.89	2776.84	538.35
	f	3.31	3.35	3.94	2.29	4.02	5.36	3.46
	n	17.44	2.63	1.87	12.08	2.25	0.8	4.13
S=120	H	127.5	846.06	1201.27	177.24	996.61	2829.11	540
	f	3.6	3.64	4.25	2.59	4.33	5.73	3.76
	n	17.44	2.63	1.85	12.54	2.23	0.79	4.12

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۵

a = 550		wire : MINK						
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	140.25	852.51	908.37	753.55	701.42	1672.36	497.54
	f	0.36	0.4	0.62	0.07	0.68	1.08	0.45
	n	15.85	2.61	2.45	2.95	3.17	1.33	4.47
S=45	H	140.25	857.76	941.97	720.4	736	1776.87	507.14
	f	0.46	0.51	0.76	0.09	0.82	1.28	0.56
	n	15.85	2.59	2.36	3.09	3.02	1.25	4.38
S=50	H	140.25	862.87	973.74	683.73	768.19	1876.26	515.99
	f	0.57	0.62	0.91	0.12	0.98	1.5	0.68
	n	15.85	2.58	2.28	3.25	2.89	1.18	4.31
S=55	H	140.25	867.8	1003.7	643.77	798.2	1971	524.1
	f	0.69	0.75	1.07	0.15	1.14	1.73	0.81
	n	15.85	2.56	2.21	3.45	2.79	1.13	4.24
S=60	H	140.25	872.49	1031.93	600.87	826.18	2061.49	531.51
	f	0.82	0.88	1.24	0.19	1.31	1.96	0.95
	n	15.85	2.55	2.15	3.7	2.69	1.08	4.18
S=65	H	140.25	876.93	1058.51	555.55	852.31	2148.07	538.26
	f	0.96	1.03	1.41	0.24	1.49	2.21	1.11
	n	15.85	2.53	2.1	4	2.61	1.03	4.13
S=70	H	140.25	881.09	1083.51	508.61	876.73	2231.04	544.39
	f	1.11	1.19	1.6	0.31	1.68	2.47	1.27
	n	15.85	2.52	2.05	4.37	2.54	1	4.08
S=75	H	140.25	884.98	1107.04	461.2	899.57	2310.63	549.97
	f	1.28	1.36	1.8	0.39	1.87	2.74	1.44
	n	15.85	2.51	2.01	4.82	2.47	0.96	4.04
S=80	H	140.25	888.61	1129.17	414.9	920.95	2387.06	555.05
	f	1.45	1.54	2.01	0.49	2.08	3.02	1.62
	n	15.85	2.5	1.97	5.36	2.41	0.93	4.01
S=85	H	140.25	891.98	1150	371.61	940.97	2460.54	559.66
	f	1.64	1.73	2.23	0.62	2.3	3.3	1.82
	n	15.85	2.49	1.93	5.98	2.36	0.9	3.97
S=90	H	140.25	895.11	1169.6	333.14	959.73	2531.23	563.87
	f	1.84	1.94	2.45	0.78	2.53	3.6	2.02
	n	15.85	2.48	1.9	6.67	2.32	0.88	3.94
S=95	H	140.25	898	1188.05	300.61	977.33	2599.29	567.69
	f	2.05	2.15	2.69	0.96	2.77	3.91	2.24
	n	15.85	2.48	1.87	7.4	2.27	0.86	3.92
S=100	H	140.25	900.68	1205.42	274.14	993.85	2664.85	571.18
	f	2.27	2.38	2.94	1.16	3.02	4.22	2.47
	n	15.85	2.47	1.84	8.11	2.24	0.83	3.89
S=105	H	140.25	903.17	1221.78	253.08	1009.35	2728.05	574.37
	f	2.51	2.61	3.2	1.39	3.28	4.55	2.7
	n	15.85	2.46	1.82	8.78	2.2	0.81	3.87
S=110	H	140.25	905.46	1237.2	236.43	1023.92	2789	577.29
	f	2.75	2.86	3.47	1.63	3.54	4.88	2.95
	n	15.85	2.46	1.8	9.4	2.17	0.8	3.85
S=115	H	140.25	907.59	1251.73	223.2	1037.62	2847.8	579.95
	f	3.01	3.12	3.74	1.89	3.82	5.22	3.21
	n	15.85	2.45	1.78	9.96	2.14	0.78	3.83
S=120	H	140.25	909.56	1265.43	212.59	1050.51	2904.56	582.4
	f	3.27	3.39	4.03	2.16	4.11	5.58	3.48
	n	15.85	2.44	1.76	10.46	2.12	0.77	3.82

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۶

		a = 600				wire : MINK		
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	153	877.31	926.84	786.91	716.18	1686.66	516.54
	f	0.33	0.39	0.61	0.06	0.67	1.07	0.44
	n	14.53	2.53	2.4	2.82	3.1	1.32	4.3
S=45	H	153	884.93	962.26	759.08	752.34	1793.03	527.57
	f	0.42	0.49	0.75	0.09	0.81	1.27	0.54
	n	14.53	2.51	2.31	2.93	2.95	1.24	4.21
S=50	H	153	892.46	996	728.25	786.25	1894.47	537.89
	f	0.52	0.6	0.89	0.11	0.95	1.48	0.65
	n	14.53	2.49	2.23	3.05	2.83	1.17	4.13
S=55	H	153	899.78	1028.06	694.54	818.06	1991.43	547.48
	f	0.63	0.72	1.04	0.14	1.11	1.71	0.78
	n	14.53	2.47	2.16	3.2	2.72	1.12	4.06
S=60	H	153	906.84	1058.47	658.16	847.95	2084.32	556.35
	f	0.75	0.85	1.21	0.17	1.27	1.94	0.91
	n	14.53	2.45	2.1	3.38	2.62	1.07	4
S=65	H	153	913.59	1087.31	619.4	876.05	2173.46	564.55
	f	0.88	0.99	1.38	0.22	1.45	2.19	1.05
	n	14.53	2.43	2.04	3.59	2.54	1.02	3.94
S=70	H	153	920.01	1114.64	578.67	902.49	2259.12	572.1
	f	1.02	1.14	1.56	0.27	1.63	2.44	1.21
	n	14.53	2.42	1.99	3.84	2.46	0.98	3.89
S=75	H	153	926.08	1140.54	536.57	927.39	2341.54	579.04
	f	1.17	1.3	1.75	0.33	1.82	2.7	1.37
	n	14.53	2.4	1.95	4.14	2.4	0.95	3.84
S=80	H	153	931.81	1165.07	493.91	950.86	2420.94	585.44
	f	1.33	1.47	1.95	0.41	2.02	2.97	1.54
	n	14.53	2.39	1.91	4.5	2.34	0.92	3.8
S=85	H	153	937.19	1188.31	451.78	972.99	2497.5	591.32
	f	1.51	1.65	2.15	0.51	2.23	3.25	1.72
	n	14.53	2.37	1.87	4.92	2.28	0.89	3.76
S=90	H	153	942.23	1210.34	411.5	993.87	2571.39	596.73
	f	1.69	1.84	2.37	0.63	2.44	3.54	1.91
	n	14.53	2.36	1.84	5.4	2.24	0.86	3.73
S=95	H	153	946.96	1231.22	374.4	1013.58	2642.74	601.71
	f	1.88	2.04	2.6	0.77	2.67	3.84	2.11
	n	14.53	2.35	1.81	5.94	2.19	0.84	3.69
S=100	H	153	951.39	1251.01	341.57	1032.21	2711.7	606.29
	f	2.08	2.25	2.83	0.93	2.9	4.15	2.32
	n	14.53	2.34	1.78	6.51	2.15	0.82	3.67
S=105	H	153	955.52	1269.77	313.55	1049.81	2778.38	610.52
	f	2.3	2.47	3.08	1.12	3.15	4.46	2.54
	n	14.53	2.33	1.75	7.09	2.12	0.8	3.64
S=110	H	153	959.39	1287.57	290.24	1066.45	2842.89	614.42
	f	2.52	2.7	3.33	1.33	3.4	4.79	2.77
	n	14.53	2.32	1.73	7.66	2.08	0.78	3.62
S=115	H	153	963	1304.46	271.15	1082.19	2905.34	618.01
	f	2.76	2.94	3.59	1.55	3.66	5.12	3.02
	n	14.53	2.31	1.7	8.2	2.05	0.77	3.6
S=120	H	153	966.38	1320.48	255.59	1097.1	2965.81	621.34
	f	3	3.19	3.86	1.8	3.94	5.46	3.27
	n	14.53	2.3	1.68	8.7	2.03	0.75	3.58

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۷

a =		650			wire : MINK			
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	165.75	899.12	943.16	815.7	729.33	1699.15	533.67
	f	0.31	0.38	0.6	0.06	0.66	1.06	0.42
	n	13.41	2.47	2.36	2.73	3.05	1.31	4.17
S=45	H	165.75	908.64	980.01	792.04	766.74	1806.97	545.86
	f	0.39	0.48	0.73	0.08	0.79	1.26	0.52
	n	13.41	2.45	2.27	2.81	2.9	1.23	4.07
S=50	H	165.75	918.12	1015.31	765.79	802.01	1910.01	557.4
	f	0.48	0.58	0.87	0.1	0.93	1.47	0.63
	n	13.41	2.42	2.19	2.9	2.77	1.16	3.99
S=55	H	165.75	927.42	1049.05	737.03	835.3	2008.74	568.25
	f	0.58	0.7	1.02	0.13	1.09	1.69	0.75
	n	13.41	2.4	2.12	3.02	2.66	1.11	3.91
S=60	H	165.75	936.47	1081.24	705.9	866.74	2103.52	578.4
	f	0.69	0.82	1.18	0.16	1.25	1.93	0.88
	n	13.41	2.37	2.06	3.15	2.56	1.06	3.84
S=65	H	165.75	945.21	1111.94	672.57	896.47	2194.69	587.87
	f	0.81	0.96	1.35	0.2	1.41	2.17	1.01
	n	13.41	2.35	2	3.31	2.48	1.01	3.78
S=70	H	165.75	953.59	1141.19	637.29	924.61	2282.5	596.7
	f	0.94	1.1	1.52	0.25	1.59	2.42	1.16
	n	13.41	2.33	1.95	3.49	2.4	0.97	3.73
S=75	H	165.75	961.59	1169.07	600.38	951.25	2367.2	604.9
	f	1.08	1.25	1.71	0.3	1.77	2.67	1.31
	n	13.41	2.31	1.9	3.7	2.34	0.94	3.67
S=80	H	165.75	969.21	1195.64	562.3	976.5	2448.99	612.53
	f	1.23	1.41	1.9	0.36	1.97	2.94	1.47
	n	13.41	2.29	1.86	3.95	2.28	0.91	3.63
S=85	H	165.75	976.44	1220.94	523.66	1000.44	2528.04	619.61
	f	1.39	1.58	2.1	0.44	2.17	3.22	1.64
	n	13.41	2.28	1.82	4.25	2.22	0.88	3.59
S=90	H	165.75	983.29	1245.06	485.23	1023.16	2604.51	626.19
	f	1.56	1.76	2.31	0.53	2.37	3.5	1.82
	n	13.41	2.26	1.79	4.58	2.17	0.85	3.55
S=95	H	165.75	989.76	1268.05	447.93	1044.72	2678.55	632.3
	f	1.74	1.95	2.52	0.64	2.59	3.79	2.01
	n	13.41	2.25	1.75	4.96	2.13	0.83	3.52
S=100	H	165.75	995.88	1289.96	412.76	1065.2	2750.28	637.97
	f	1.92	2.15	2.75	0.77	2.81	4.09	2.21
	n	13.41	2.23	1.72	5.39	2.09	0.81	3.48
S=105	H	165.75	1001.64	1310.85	380.62	1084.66	2819.82	643.24
	f	2.12	2.36	2.98	0.92	3.05	4.4	2.42
	n	13.41	2.22	1.7	5.84	2.05	0.79	3.46
S=110	H	165.75	1007.07	1330.77	352.12	1103.17	2887.27	648.14
	f	2.33	2.57	3.22	1.1	3.29	4.71	2.63
	n	13.41	2.21	1.67	6.31	2.02	0.77	3.43
S=115	H	165.75	1012.19	1349.77	327.5	1120.76	2952.72	652.7
	f	2.54	2.8	3.47	1.29	3.54	5.04	2.85
	n	13.41	2.2	1.65	6.79	1.98	0.75	3.41
S=120	H	165.75	1017.01	1367.9	306.64	1137.5	3016.26	656.94
	f	2.77	3.03	3.73	1.5	3.8	5.37	3.09
	n	13.41	2.19	1.63	7.25	1.95	0.74	3.38

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۴۸

a = 700		wire : MINK						
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	178.5	918.74	957.9	841.17	741.29	1710.33	549.38
	f	0.29	0.37	0.59	0.06	0.65	1.05	0.41
	n	12.45	2.42	2.32	2.64	3	1.3	4.05
S=45	H	178.5	929.77	995.87	820.83	779.68	1819.28	562.51
	f	0.36	0.47	0.72	0.08	0.78	1.25	0.51
	n	12.45	2.39	2.23	2.71	2.85	1.22	3.95
S=50	H	178.5	940.81	1032.41	798.24	816.05	1923.6	575.05
	f	0.45	0.57	0.86	0.1	0.92	1.46	0.61
	n	12.45	2.36	2.15	2.78	2.72	1.16	3.87
S=55	H	178.5	951.74	1067.5	773.45	850.54	2023.72	586.95
	f	0.54	0.68	1	0.12	1.07	1.68	0.73
	n	12.45	2.34	2.08	2.87	2.61	1.1	3.79
S=60	H	178.5	962.45	1101.14	746.57	883.27	2120.03	598.2
	f	0.64	0.8	1.16	0.15	1.22	1.91	0.85
	n	12.45	2.31	2.02	2.98	2.52	1.05	3.72
S=65	H	178.5	972.86	1133.36	717.7	914.35	2212.83	608.79
	f	0.75	0.93	1.32	0.19	1.39	2.15	0.98
	n	12.45	2.29	1.96	3.1	2.43	1	3.65
S=70	H	178.5	982.93	1164.22	687	943.9	2302.39	618.74
	f	0.88	1.07	1.49	0.23	1.56	2.39	1.12
	n	12.45	2.26	1.91	3.24	2.36	0.97	3.59
S=75	H	178.5	992.62	1193.75	654.68	972.01	2388.93	628.07
	f	1	1.21	1.67	0.27	1.74	2.65	1.26
	n	12.45	2.24	1.86	3.4	2.29	0.93	3.54
S=80	H	178.5	1001.91	1222.03	621	998.77	2472.66	636.82
	f	1.14	1.37	1.86	0.33	1.92	2.91	1.42
	n	12.45	2.22	1.82	3.58	2.23	0.9	3.49
S=85	H	178.5	1010.8	1249.09	586.32	1024.27	2553.74	645.01
	f	1.29	1.53	2.05	0.39	2.12	3.18	1.58
	n	12.45	2.2	1.78	3.79	2.17	0.87	3.45
S=90	H	178.5	1019.28	1275	551.09	1048.56	2632.34	652.68
	f	1.45	1.7	2.25	0.47	2.32	3.46	1.75
	n	12.45	2.18	1.74	4.03	2.12	0.84	3.41
S=95	H	178.5	1027.36	1299.81	515.89	1071.74	2708.58	659.86
	f	1.61	1.88	2.46	0.56	2.52	3.75	1.93
	n	12.45	2.16	1.71	4.31	2.07	0.82	3.37
S=100	H	178.5	1035.05	1323.56	481.39	1093.84	2782.6	666.58
	f	1.79	2.07	2.68	0.66	2.74	4.04	2.11
	n	12.45	2.15	1.68	4.62	2.03	0.8	3.33
S=105	H	178.5	1042.35	1346.31	448.33	1114.94	2854.5	672.86
	f	1.97	2.26	2.9	0.78	2.96	4.35	2.31
	n	12.45	2.13	1.65	4.96	1.99	0.78	3.3
S=110	H	178.5	1049.28	1368.1	417.41	1135.09	2924.37	678.75
	f	2.16	2.47	3.13	0.92	3.2	4.65	2.51
	n	12.45	2.12	1.62	5.33	1.96	0.76	3.28
S=115	H	178.5	1055.85	1388.97	389.22	1154.34	2992.32	684.26
	f	2.36	2.68	3.37	1.08	3.44	4.97	2.72
	n	12.45	2.11	1.6	5.71	1.93	0.74	3.25
S=120	H	178.5	1062.08	1408.98	364.1	1172.74	3058.43	689.42
	f	2.57	2.9	3.62	1.26	3.68	5.3	2.94
	n	12.45	2.09	1.58	6.11	1.9	0.73	3.22

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد د خطی ط هوایی	صفحه: ۴۹

a = 750		wire : MINK						
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	191.25	936.7	971.46	864.19	752.34	1720.53	564.01
	f	0.27	0.37	0.58	0.06	0.64	1.05	0.4
	n	11.62	2.37	2.29	2.57	2.95	1.29	3.94
S=45	H	191.25	948.92	1010.29	846.52	791.53	1830.38	577.88
	f	0.34	0.46	0.71	0.08	0.77	1.24	0.49
	n	11.62	2.34	2.2	2.63	2.81	1.21	3.85
S=50	H	191.25	961.24	1047.82	826.89	828.78	1935.72	591.24
	f	0.42	0.56	0.85	0.1	0.9	1.45	0.6
	n	11.62	2.31	2.12	2.69	2.68	1.15	3.76
S=55	H	191.25	973.5	1084	805.33	864.25	2036.97	604.02
	f	0.5	0.67	0.99	0.12	1.05	1.67	0.71
	n	11.62	2.28	2.05	2.76	2.57	1.09	3.68
S=60	H	191.25	985.58	1118.82	781.92	898.03	2134.51	616.19
	f	0.6	0.78	1.14	0.15	1.2	1.9	0.82
	n	11.62	2.26	1.99	2.84	2.48	1.04	3.61
S=65	H	191.25	997.4	1152.3	756.72	930.24	2228.64	627.74
	f	0.7	0.91	1.3	0.18	1.36	2.13	0.95
	n	11.62	2.23	1.93	2.94	2.39	1	3.54
S=70	H	191.25	1008.9	1184.49	729.86	960.98	2319.62	638.68
	f	0.82	1.04	1.47	0.21	1.53	2.38	1.08
	n	11.62	2.2	1.88	3.05	2.31	0.96	3.48
S=75	H	191.25	1020.05	1215.42	701.45	990.33	2407.67	649.01
	f	0.94	1.18	1.64	0.26	1.7	2.63	1.22
	n	11.62	2.18	1.83	3.17	2.24	0.92	3.43
S=80	H	191.25	1030.8	1245.14	671.67	1018.38	2493	658.76
	f	1.07	1.33	1.82	0.3	1.88	2.89	1.37
	n	11.62	2.16	1.79	3.31	2.18	0.89	3.37
S=85	H	191.25	1041.15	1273.69	640.75	1045.2	2575.76	667.96
	f	1.2	1.49	2.01	0.36	2.07	3.16	1.52
	n	11.62	2.14	1.75	3.47	2.13	0.86	3.33
S=90	H	191.25	1051.09	1301.13	608.97	1070.86	2656.11	676.63
	f	1.35	1.65	2.21	0.42	2.27	3.43	1.69
	n	11.62	2.11	1.71	3.65	2.08	0.84	3.29
S=95	H	191.25	1060.62	1327.5	576.67	1095.42	2734.18	684.8
	f	1.5	1.82	2.41	0.5	2.47	3.71	1.86
	n	11.62	2.1	1.67	3.85	2.03	0.81	3.25
S=100	H	191.25	1069.73	1352.84	544.3	1118.94	2810.09	692.49
	f	1.67	2	2.62	0.59	2.68	4	2.03
	n	11.62	2.08	1.64	4.08	1.99	0.79	3.21
S=105	H	191.25	1078.45	1377.21	512.36	1141.48	2883.95	699.74
	f	1.84	2.19	2.84	0.69	2.9	4.3	2.22
	n	11.62	2.06	1.61	4.34	1.95	0.77	3.18
S=110	H	191.25	1086.77	1400.64	481.39	1163.08	2955.86	706.56
	f	2.02	2.38	3.06	0.8	3.12	4.61	2.41
	n	11.62	2.05	1.59	4.62	1.91	0.75	3.15
S=115	H	191.25	1094.71	1423.17	451.95	1183.8	3025.9	712.99
	f	2.2	2.59	3.29	0.93	3.35	4.92	2.61
	n	11.62	2.03	1.56	4.92	1.88	0.73	3.12
S=120	H	191.25	1102.29	1444.84	424.53	1203.66	3094.15	719.05
	f	2.4	2.8	3.53	1.08	3.59	5.24	2.82
	n	11.62	2.02	1.54	5.24	1.85	0.72	3.09

شماره استاندارد ۱- ۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۰

a =		800				wire :		MINK	
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15	
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0	
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100	
S=40	H	204	953.39	984.11	885.33	762.73	1729.98	577.82	
	f	0.25	0.36	0.58	0.06	0.63	1.04	0.39	
	n	10.9	2.33	2.26	2.51	2.91	1.28	3.85	
S=45	H	204	966.57	1023.62	869.86	802.53	1840.55	592.27	
	f	0.32	0.45	0.7	0.07	0.76	1.24	0.48	
	n	10.9	2.3	2.17	2.56	2.77	1.21	3.75	
S=50	H	204	979.91	1061.94	852.66	840.5	1946.71	606.29	
	f	0.39	0.55	0.83	0.09	0.89	1.44	0.58	
	n	10.9	2.27	2.09	2.61	2.64	1.14	3.67	
S=55	H	204	993.26	1098.99	833.75	876.76	2048.89	619.8	
	f	0.47	0.65	0.98	0.12	1.03	1.66	0.69	
	n	10.9	2.24	2.02	2.67	2.54	1.08	3.59	
S=60	H	204	1006.48	1134.78	813.2	911.42	2147.43	632.74	
	f	0.56	0.77	1.12	0.14	1.18	1.89	0.8	
	n	10.9	2.21	1.96	2.73	2.44	1.04	3.51	
S=65	H	204	1019.48	1169.31	791.06	944.57	2242.66	645.11	
	f	0.66	0.89	1.28	0.17	1.34	2.12	0.92	
	n	10.9	2.18	1.9	2.81	2.35	0.99	3.45	
S=70	H	204	1032.2	1202.6	767.39	976.3	2334.81	656.89	
	f	0.77	1.02	1.44	0.2	1.5	2.36	1.05	
	n	10.9	2.15	1.85	2.9	2.28	0.95	3.38	
S=75	H	204	1044.58	1234.7	742.3	1006.7	2424.11	668.1	
	f	0.88	1.15	1.61	0.24	1.68	2.61	1.19	
	n	10.9	2.13	1.8	2.99	2.21	0.92	3.33	
S=80	H	204	1056.6	1265.63	715.9	1035.85	2510.76	678.74	
	f	1	1.3	1.79	0.28	1.85	2.87	1.33	
	n	10.9	2.1	1.76	3.11	2.15	0.89	3.28	
S=85	H	204	1068.23	1295.45	688.34	1063.8	2594.91	688.84	
	f	1.13	1.45	1.98	0.33	2.04	3.13	1.48	
	n	10.9	2.08	1.72	3.23	2.09	0.86	3.23	
S=90	H	204	1079.45	1324.2	659.8	1090.64	2676.72	698.41	
	f	1.27	1.61	2.17	0.39	2.23	3.4	1.63	
	n	10.9	2.06	1.68	3.37	2.04	0.83	3.18	
S=95	H	204	1090.26	1351.91	630.52	1116.4	2756.32	707.48	
	f	1.41	1.77	2.37	0.46	2.42	3.68	1.8	
	n	10.9	2.04	1.64	3.53	1.99	0.81	3.14	
S=100	H	204	1100.66	1378.64	600.76	1141.16	2833.82	716.08	
	f	1.56	1.95	2.57	0.53	2.63	3.97	1.97	
	n	10.9	2.02	1.61	3.7	1.95	0.78	3.1	
S=105	H	204	1110.66	1404.41	570.87	1164.95	2909.33	724.22	
	f	1.72	2.13	2.78	0.62	2.84	4.26	2.15	
	n	10.9	2	1.58	3.89	1.91	0.76	3.07	
S=110	H	204	1120.26	1429.26	541.22	1187.83	2982.94	731.93	
	f	1.89	2.31	3	0.71	3.05	4.56	2.33	
	n	10.9	1.98	1.56	4.11	1.87	0.75	3.04	
S=115	H	204	1129.46	1453.24	512.25	1209.83	3054.74	739.23	
	f	2.07	2.51	3.22	0.82	3.28	4.87	2.52	
	n	10.9	1.97	1.53	4.34	1.84	0.73	3.01	
S=120	H	204	1138.28	1476.38	484.37	1231.01	3124.81	746.14	
	f	2.25	2.71	3.46	0.95	3.51	5.18	2.72	
	n	10.9	1.95	1.51	4.59	1.81	0.71	2.98	

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۱

a = 850		wire : MINK						
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	216.75	969.1	996.08	905.03	772.59	1738.86	590.99
	f	0.24	0.35	0.57	0.06	0.62	1.04	0.38
	n	10.26	2.29	2.23	2.46	2.88	1.28	3.76
S=45	H	216.75	983.05	1036.11	891.38	812.88	1850.01	605.9
	f	0.3	0.44	0.69	0.07	0.75	1.23	0.47
	n	10.26	2.26	2.15	2.49	2.73	1.2	3.67
S=50	H	216.75	997.22	1075.04	876.19	851.43	1956.84	620.44
	f	0.37	0.54	0.82	0.09	0.88	1.44	0.57
	n	10.26	2.23	2.07	2.54	2.61	1.14	3.58
S=55	H	216.75	1011.45	1112.81	859.5	888.35	2059.77	634.54
	f	0.44	0.64	0.96	0.11	1.02	1.65	0.67
	n	10.26	2.2	2	2.59	2.5	1.08	3.5
S=60	H	216.75	1025.61	1149.39	841.33	923.73	2159.15	648.13
	f	0.53	0.75	1.11	0.14	1.17	1.88	0.78
	n	10.26	2.17	1.93	2.64	2.41	1.03	3.43
S=65	H	216.75	1039.6	1184.78	821.73	957.66	2255.27	661.19
	f	0.62	0.87	1.26	0.16	1.32	2.11	0.9
	n	10.26	2.14	1.88	2.71	2.32	0.99	3.36
S=70	H	216.75	1053.34	1218.99	800.76	990.24	2348.4	673.7
	f	0.72	1	1.42	0.2	1.48	2.35	1.02
	n	10.26	2.11	1.82	2.78	2.24	0.95	3.3
S=75	H	216.75	1066.79	1252.07	778.48	1021.53	2438.75	685.66
	f	0.83	1.13	1.59	0.23	1.65	2.59	1.16
	n	10.26	2.08	1.78	2.86	2.18	0.91	3.24
S=80	H	216.75	1079.89	1284.04	754.98	1051.61	2526.5	697.08
	f	0.94	1.27	1.77	0.27	1.82	2.85	1.29
	n	10.26	2.06	1.73	2.94	2.11	0.88	3.19
S=85	H	216.75	1092.62	1314.94	730.36	1080.54	2611.82	707.98
	f	1.06	1.42	1.95	0.32	2	3.11	1.44
	n	10.26	2.03	1.69	3.04	2.06	0.85	3.14
S=90	H	216.75	1104.97	1344.8	704.74	1108.38	2694.86	718.36
	f	1.19	1.57	2.13	0.37	2.19	3.38	1.59
	n	10.26	2.01	1.65	3.15	2.01	0.82	3.09
S=95	H	216.75	1116.92	1373.68	678.28	1135.18	2775.74	728.24
	f	1.33	1.73	2.33	0.42	2.38	3.66	1.75
	n	10.26	1.99	1.62	3.28	1.96	0.8	3.05
S=100	H	216.75	1128.46	1401.59	651.17	1161.01	2854.58	737.66
	f	1.47	1.9	2.53	0.49	2.58	3.94	1.91
	n	10.26	1.97	1.59	3.41	1.91	0.78	3.01
S=105	H	216.75	1139.6	1428.58	623.63	1185.9	2931.48	746.62
	f	1.62	2.07	2.73	0.56	2.79	4.23	2.08
	n	10.26	1.95	1.56	3.56	1.87	0.76	2.98
S=110	H	216.75	1150.35	1454.68	595.91	1209.9	3006.54	755.14
	f	1.78	2.25	2.95	0.65	3	4.53	2.26
	n	10.26	1.93	1.53	3.73	1.84	0.74	2.94
S=115	H	216.75	1160.7	1479.93	568.33	1233.04	3079.83	763.25
	f	1.94	2.44	3.17	0.74	3.22	4.83	2.44
	n	10.26	1.92	1.5	3.91	1.8	0.72	2.91
S=120	H	216.75	1170.66	1504.35	541.21	1255.37	3151.44	770.97
	f	2.12	2.63	3.39	0.85	3.44	5.14	2.63
	n	10.26	1.9	1.48	4.11	1.77	0.71	2.88

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۲

a = 900		wire : MINK						
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	229.5	984.05	1007.51	923.6	782.06	1747.3	603.67
	f	0.22	0.35	0.56	0.06	0.61	1.03	0.37
	n	9.69	2.26	2.21	2.41	2.84	1.27	3.68
S=45	H	229.5	998.6	1047.93	911.47	822.73	1858.91	618.92
	f	0.28	0.43	0.68	0.07	0.74	1.23	0.46
	n	9.69	2.23	2.12	2.44	2.7	1.2	3.59
S=50	H	229.5	1013.44	1087.35	897.97	861.74	1966.28	633.88
	f	0.35	0.53	0.81	0.09	0.87	1.43	0.56
	n	9.69	2.19	2.04	2.48	2.58	1.13	3.51
S=55	H	229.5	1028.39	1125.7	883.13	899.19	2069.83	648.46
	f	0.42	0.63	0.95	0.11	1.01	1.64	0.66
	n	9.69	2.16	1.97	2.52	2.47	1.07	3.43
S=60	H	229.5	1043.33	1162.92	866.97	935.18	2169.9	662.58
	f	0.5	0.74	1.1	0.13	1.15	1.87	0.77
	n	9.69	2.13	1.91	2.56	2.38	1.02	3.36
S=65	H	229.5	1058.14	1199.02	849.52	969.77	2266.78	676.22
	f	0.59	0.85	1.25	0.16	1.31	2.1	0.88
	n	9.69	2.1	1.85	2.62	2.29	0.98	3.29
S=70	H	229.5	1072.75	1234.01	830.83	1003.05	2360.73	689.35
	f	0.68	0.98	1.41	0.19	1.46	2.34	1
	n	9.69	2.07	1.8	2.68	2.22	0.94	3.22
S=75	H	229.5	1087.1	1267.92	810.95	1035.1	2451.95	701.96
	f	0.78	1.11	1.57	0.22	1.63	2.58	1.13
	n	9.69	2.04	1.75	2.74	2.15	0.91	3.17
S=80	H	229.5	1101.13	1300.76	789.93	1065.97	2540.63	714.06
	f	0.89	1.24	1.74	0.26	1.8	2.83	1.26
	n	9.69	2.02	1.71	2.81	2.09	0.87	3.11
S=85	H	229.5	1114.82	1332.58	767.86	1095.74	2626.94	725.66
	f	1	1.39	1.92	0.3	1.98	3.09	1.4
	n	9.69	1.99	1.67	2.9	2.03	0.85	3.06
S=90	H	229.5	1128.14	1363.41	744.82	1124.45	2711.02	736.75
	f	1.13	1.54	2.11	0.35	2.16	3.36	1.55
	n	9.69	1.97	1.63	2.98	1.98	0.82	3.02
S=95	H	229.5	1141.09	1393.27	720.91	1152.17	2792.99	747.37
	f	1.25	1.69	2.3	0.4	2.35	3.64	1.7
	n	9.69	1.95	1.6	3.08	1.93	0.8	2.97
S=100	H	229.5	1153.64	1422.21	696.28	1178.92	2872.97	757.52
	f	1.39	1.86	2.49	0.46	2.54	3.92	1.86
	n	9.69	1.93	1.56	3.19	1.89	0.77	2.93
S=105	H	229.5	1165.8	1450.26	671.08	1204.77	2951.05	767.22
	f	1.53	2.02	2.69	0.52	2.74	4.2	2.02
	n	9.69	1.91	1.53	3.31	1.85	0.75	2.9
S=110	H	229.5	1177.58	1477.45	645.48	1229.75	3027.34	776.5
	f	1.68	2.2	2.9	0.6	2.95	4.5	2.2
	n	9.69	1.89	1.5	3.44	1.81	0.73	2.86
S=115	H	229.5	1188.96	1503.81	619.69	1253.9	3101.91	785.36
	f	1.84	2.38	3.12	0.68	3.16	4.8	2.37
	n	9.69	1.87	1.48	3.59	1.77	0.72	2.83
S=120	H	229.5	1199.96	1529.37	593.96	1277.25	3174.83	793.82
	f	2	2.57	3.34	0.77	3.38	5.1	2.56
	n	9.69	1.85	1.45	3.74	1.74	0.7	2.8

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۳

a =		950			wire : MINK			
	t (c)	40	-20	-5	-25	20	-5	15
	ice(mm)	0	15	25	0	20	50	0
	W(kg/m2)	0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	242.25	998.4	1018.52	941.26	791.23	1755.39	615.97
	f	0.21	0.34	0.56	0.05	0.61	1.03	0.37
	n	9.18	2.23	2.18	2.36	2.81	1.27	3.61
S=45	H	242.25	1013.42	1059.23	930.43	832.18	1867.37	631.47
	f	0.27	0.43	0.68	0.07	0.73	1.22	0.45
	n	9.18	2.19	2.1	2.39	2.67	1.19	3.52
S=50	H	242.25	1028.79	1099.04	918.36	871.56	1975.19	646.75
	f	0.33	0.52	0.81	0.09	0.86	1.42	0.54
	n	9.18	2.16	2.02	2.42	2.55	1.13	3.44
S=55	H	242.25	1044.33	1137.84	905.09	909.45	2079.25	661.71
	f	0.4	0.62	0.94	0.11	1	1.64	0.64
	n	9.18	2.13	1.95	2.46	2.44	1.07	3.36
S=60	H	242.25	1059.91	1175.59	890.63	945.93	2179.89	676.27
	f	0.47	0.73	1.09	0.13	1.14	1.86	0.75
	n	9.18	2.1	1.89	2.5	2.35	1.02	3.29
S=65	H	242.25	1075.41	1212.29	875.01	981.08	2277.41	690.4
	f	0.56	0.84	1.24	0.15	1.29	2.09	0.86
	n	9.18	2.07	1.83	2.54	2.27	0.98	3.22
S=70	H	242.25	1090.75	1247.93	858.26	1014.96	2372.04	704.05
	f	0.64	0.96	1.39	0.18	1.45	2.32	0.98
	n	9.18	2.04	1.78	2.59	2.19	0.94	3.16
S=75	H	242.25	1105.86	1282.53	840.43	1047.65	2464	717.23
	f	0.74	1.09	1.55	0.21	1.61	2.57	1.11
	n	9.18	2.01	1.73	2.65	2.12	0.9	3.1
S=80	H	242.25	1120.68	1316.12	821.55	1079.21	2553.48	729.91
	f	0.84	1.22	1.72	0.25	1.78	2.82	1.24
	n	9.18	1.98	1.69	2.71	2.06	0.87	3.05
S=85	H	242.25	1135.2	1348.72	801.68	1109.7	2640.63	742.12
	f	0.95	1.36	1.9	0.29	1.95	3.08	1.37
	n	9.18	1.96	1.65	2.77	2	0.84	3
S=90	H	242.25	1149.37	1380.37	780.9	1139.17	2725.59	753.85
	f	1.07	1.51	2.08	0.33	2.13	3.34	1.51
	n	9.18	1.93	1.61	2.85	1.95	0.82	2.95
S=95	H	242.25	1163.19	1411.09	759.27	1167.66	2808.49	765.11
	f	1.19	1.66	2.27	0.38	2.32	3.62	1.66
	n	9.18	1.91	1.58	2.93	1.9	0.79	2.91
S=100	H	242.25	1176.63	1440.93	736.89	1195.23	2889.44	775.92
	f	1.32	1.82	2.46	0.43	2.51	3.89	1.82
	n	9.18	1.89	1.54	3.02	1.86	0.77	2.86
S=105	H	242.25	1189.7	1469.9	713.88	1221.92	2968.54	786.3
	f	1.45	1.98	2.66	0.49	2.71	4.18	1.98
	n	9.18	1.87	1.51	3.11	1.82	0.75	2.83
S=110	H	242.25	1202.39	1498.03	690.36	1247.76	3045.88	796.25
	f	1.59	2.15	2.86	0.56	2.91	4.47	2.14
	n	9.18	1.85	1.48	3.22	1.78	0.73	2.79
S=115	H	242.25	1214.69	1525.36	666.47	1272.79	3121.54	805.79
	f	1.74	2.33	3.07	0.63	3.12	4.77	2.31
	n	9.18	1.83	1.46	3.34	1.75	0.71	2.76
S=120	H	242.25	1226.62	1551.92	642.4	1297.04	3195.6	814.94
	f	1.89	2.51	3.29	0.71	3.33	5.07	2.49
	n	9.18	1.81	1.43	3.46	1.71	0.7	2.73

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۴

a = 1000		wire : MINK						
t (c)		40	-20	-5	-25	20	-5	15
ice(mm)		0	15	25	0	20	50	0
W(kg/m2)		0	25	0	0	25	0	100
S=40	H	255	1012.26	1029.2	958.2	800.16	1763.19	627.98
	f	0.2	0.34	0.55	0.05	0.6	1.02	0.36
	n	8.72	2.2	2.16	2.32	2.78	1.26	3.54
S=45	H	255	1027.65	1070.12	948.47	841.33	1875.47	643.64
	f	0.25	0.42	0.67	0.07	0.72	1.21	0.44
	n	8.72	2.16	2.08	2.34	2.64	1.19	3.45
S=50	H	255	1043.44	1110.21	937.63	881	1983.66	659.17
	f	0.31	0.51	0.8	0.08	0.85	1.42	0.53
	n	8.72	2.13	2	2.37	2.52	1.12	3.37
S=55	H	255	1059.47	1149.38	925.69	919.25	2088.15	674.43
	f	0.38	0.61	0.93	0.1	0.99	1.63	0.63
	n	8.72	2.1	1.93	2.4	2.42	1.06	3.3
S=60	H	255	1075.57	1187.57	912.69	956.14	2189.27	689.35
	f	0.45	0.72	1.07	0.13	1.13	1.85	0.74
	n	8.72	2.07	1.87	2.44	2.32	1.02	3.22
S=65	H	255	1091.64	1224.75	898.63	991.75	2287.32	703.87
	f	0.53	0.83	1.22	0.15	1.28	2.08	0.85
	n	8.72	2.04	1.82	2.47	2.24	0.97	3.16
S=70	H	255	1107.59	1260.93	883.55	1026.14	2382.54	717.97
	f	0.61	0.95	1.38	0.18	1.43	2.31	0.96
	n	8.72	2.01	1.76	2.52	2.17	0.93	3.1
S=75	H	255	1123.34	1296.12	867.48	1059.38	2475.13	731.62
	f	0.7	1.07	1.54	0.21	1.59	2.56	1.08
	n	8.72	1.98	1.72	2.56	2.1	0.9	3.04
S=80	H	255	1138.85	1330.34	850.45	1091.52	2565.28	744.82
	f	0.8	1.2	1.7	0.24	1.76	2.81	1.21
	n	8.72	1.95	1.67	2.61	2.04	0.87	2.98
S=85	H	255	1154.08	1363.62	832.5	1122.63	2653.14	757.55
	f	0.9	1.34	1.88	0.28	1.93	3.06	1.34
	n	8.72	1.93	1.63	2.67	1.98	0.84	2.93
S=90	H	255	1168.99	1395.98	813.69	1152.75	2738.86	769.84
	f	1.01	1.48	2.06	0.32	2.11	3.33	1.48
	n	8.72	1.9	1.59	2.73	1.93	0.81	2.89
S=95	H	255	1183.56	1427.45	794.07	1181.93	2822.56	781.68
	f	1.13	1.63	2.24	0.36	2.29	3.6	1.63
	n	8.72	1.88	1.56	2.8	1.88	0.79	2.84
S=100	H	255	1197.79	1458.05	773.71	1210.21	2904.34	793.08
	f	1.25	1.79	2.43	0.41	2.48	3.87	1.78
	n	8.72	1.86	1.52	2.87	1.84	0.77	2.8
S=105	H	255	1211.65	1487.83	752.7	1237.63	2984.32	804.05
	f	1.38	1.95	2.63	0.47	2.67	4.16	1.93
	n	8.72	1.83	1.49	2.95	1.8	0.74	2.76
S=110	H	255	1225.15	1516.79	731.13	1264.23	3062.57	814.61
	f	1.51	2.11	2.83	0.53	2.87	4.44	2.09
	n	8.72	1.81	1.47	3.04	1.76	0.73	2.73
S=115	H	255	1238.28	1544.98	709.11	1290.04	3139.18	824.77
	f	1.65	2.29	3.03	0.59	3.07	4.74	2.26
	n	8.72	1.8	1.44	3.13	1.72	0.71	2.7
S=120	H	255	1251.05	1572.41	686.75	1315.09	3214.22	834.55
	f	1.8	2.46	3.25	0.67	3.28	5.04	2.43
	n	8.72	1.78	1.41	3.24	1.69	0.69	2.66

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوائی	صفحه: ۵۵

پیوست (ب) - جداول نصب برای سیم مینک

در این پیوست با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف و اسپنهای معادل مختلف مقادیر کشش و فلش در دماهای مختلف نصب برای سیم مینک آورده شده است (جداول نصب). شرایط نصب بدون یخ و باد در نظر گرفته شده است. مقادیر فلش استخراج شده از هر سطر جدول در اسپنی بطول اسپن معادل انتخاب شده برقرار می باشند و اگر در طول سکشن طول اسپن از اسپن معادل تغییری بکند باید از نمودارهای نصب استفاده شود. مقدار کشش در یک سکشن با تغییر طول اسپن تغییر نمی کند و مقادیر استخراج شده از سطر مورد نظر جدول برای تمام اسپنهای سکشن قابل استفاده اند.

جداول نصب در دو حالت محاسبه شده اند. اول حالتی که پارامتر مورد نظر مربوط به منطقه آب و هوایی سبک و متوسط می باشد و دیگر حالتی که پارامتر مورد نظر مربوط به منطقه آب و هوایی سنگین و فوق سنگین می باشد.

در انتهای این پیوست بازاء پارامتر ۹۰۰ و اسپن معادل ۷۰ در منطقه آب و هوایی سبک و متوسط نمودار نصب آورده شده است.

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۶

a = 400 (ln : ice = 0 , Wind = 0 , t = 55) wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	600.89	490.6	383.57	284.14	201.76	145.86	112.98
	f	0.08	0.1	0.13	0.18	0.25	0.35	0.45
S=45	H	539.01	431.46	330.05	242	176.86	135.79	110.83
	f	0.12	0.15	0.2	0.27	0.36	0.48	0.58
S=50	H	472.12	369.69	278.38	206.82	158.76	128.65	109.23
	f	0.17	0.22	0.29	0.39	0.5	0.62	0.73
S=55	H	402.64	309.61	234	180.64	146.06	123.5	108.02
	f	0.24	0.31	0.41	0.53	0.66	0.78	0.89
S=60	H	335.04	257.24	200.35	162.32	137.1	119.7	107.09
	f	0.34	0.45	0.57	0.71	0.84	0.96	1.07
S=65	H	275.87	217.11	176.8	149.59	130.63	116.83	106.35
	f	0.49	0.62	0.76	0.9	1.03	1.15	1.27
S=70	H	230.44	189.03	160.59	140.54	125.83	114.61	105.76
	f	0.68	0.83	0.97	1.11	1.24	1.36	1.48
S=75	H	198.78	169.87	149.21	133.91	122.17	112.86	105.29
	f	0.9	1.06	1.2	1.34	1.47	1.59	1.7
S=80	H	177.32	156.54	140.97	128.92	119.31	111.45	104.89
	f	1.15	1.3	1.45	1.58	1.71	1.83	1.94
S=85	H	162.48	146.96	134.81	125.06	117.03	110.3	104.57
	f	1.42	1.57	1.71	1.84	1.97	2.09	2.2
S=90	H	151.87	139.83	130.08	122	115.19	109.35	104.29
	f	1.7	1.85	1.98	2.12	2.24	2.36	2.48
S=95	H	144	134.38	126.35	119.54	113.67	108.56	104.06
	f	2	2.14	2.28	2.41	2.53	2.65	2.76
S=100	H	137.98	130.1	123.36	117.52	112.41	107.89	103.86
	f	2.31	2.45	2.58	2.71	2.84	2.95	3.07
S=105	H	133.26	126.66	120.91	115.85	111.35	107.32	103.69
	f	2.64	2.77	2.91	3.03	3.16	3.27	3.39
S=110	H	129.47	123.85	118.88	114.44	110.44	106.83	103.54
	f	2.98	3.11	3.24	3.37	3.49	3.61	3.73
S=115	H	126.38	121.52	117.17	113.24	109.67	106.4	103.41
	f	3.34	3.47	3.6	3.72	3.84	3.96	4.08
S=120	H	123.81	119.57	115.72	112.21	108.99	106.03	103.29
	f	3.71	3.84	3.97	4.09	4.21	4.33	4.44

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۷

a = 500 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 55] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	713.73	601.92	491.62	384.53	285.01	202.41	146.26
	f	0.07	0.08	0.1	0.13	0.18	0.25	0.35
S=45	H	673.64	562.89	454.53	351.33	259.52	188.83	143.06
	f	0.1	0.11	0.14	0.18	0.25	0.34	0.45
S=50	H	629.43	520.28	414.95	317.65	236.17	177.73	140.52
	f	0.13	0.15	0.19	0.25	0.34	0.45	0.57
S=55	H	581.52	474.87	374.22	285.44	216.17	168.94	138.52
	f	0.17	0.2	0.26	0.34	0.45	0.57	0.7
S=60	H	530.59	427.84	334.25	256.63	199.93	162.05	136.92
	f	0.22	0.27	0.34	0.45	0.57	0.71	0.84
S=65	H	477.74	380.99	297.31	232.49	187.17	156.64	135.63
	f	0.28	0.35	0.45	0.58	0.72	0.86	0.99
S=70	H	424.66	336.71	265.4	213.23	177.24	152.36	134.58
	f	0.37	0.46	0.59	0.73	0.88	1.03	1.16
S=75	H	373.77	297.51	239.45	198.27	169.5	148.95	133.71
	f	0.48	0.6	0.75	0.9	1.06	1.2	1.34
S=80	H	327.88	265.03	219.18	186.7	163.41	146.18	132.99
	f	0.62	0.77	0.93	1.09	1.25	1.4	1.53
S=85	H	289.25	239.44	203.59	177.7	158.55	143.91	132.39
	f	0.8	0.96	1.13	1.3	1.45	1.6	1.74
S=90	H	258.54	219.79	191.57	170.62	154.62	142.03	131.88
	f	1	1.17	1.35	1.51	1.67	1.82	1.96
S=95	H	234.96	204.75	182.22	164.97	151.4	140.46	131.44
	f	1.22	1.4	1.58	1.74	1.9	2.05	2.19
S=100	H	217.01	193.14	174.82	160.38	148.73	139.13	131.07
	f	1.47	1.65	1.82	1.99	2.14	2.29	2.43
S=105	H	203.25	184.05	168.88	156.61	146.5	138	130.74
	f	1.73	1.91	2.08	2.24	2.4	2.55	2.69
S=110	H	192.55	176.79	164.03	153.48	144.6	137.02	130.46
	f	2	2.18	2.35	2.51	2.67	2.81	2.96
S=115	H	184.07	170.92	160.03	150.84	142.98	136.18	130.21
	f	2.29	2.47	2.63	2.79	2.95	3.1	3.24
S=120	H	177.24	166.09	156.67	148.6	141.59	135.44	130
	f	2.59	2.76	2.93	3.09	3.24	3.39	3.53

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۸

a = 600 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 55] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	786.91 6	490.6	383.57	284.14	201.76	145.86	112.98
	f	0.06 0.	0.1	0.13	0.18	0.25	0.35	0.45
S=45	H	759.08 6	431.46	330.05	242	176.86	135.79	110.83
	f	0.09 0.	0.15	0.2	0.27	0.36	0.48	0.58
S=50	H	728.25 6	369.69	278.38	208.82	158.76	128.65	109.23
	f	0.11 0.	0.22	0.29	0.39	0.5	0.62	0.73
S=55	H	694.54 5	309.61	234	180.64	146.06	123.5	108.02
	f	0.14 0.	0.31	0.41	0.53	0.66	0.78	0.89
S=60	H	658.16 5	257.24	200.35	162.32	137.1	119.7	107.09
	f	0.17 0.	0.45	0.57	0.71	0.84	0.96	1.07
S=65	H	619.40 5	217.11	176.8	149.59	130.63	116.83	106.35
	f	0.22 0.	0.62	0.76	0.9	1.03	1.15	1.27
S=70	H	578.67 4	189.03	160.59	140.54	125.83	114.61	105.76
	f	0.27 0.	0.83	0.97	1.11	1.24	1.36	1.48
S=75	H	536.57 4	169.87	149.21	133.91	122.17	112.86	105.29
	f	0.33 0.	1.06	1.2	1.34	1.47	1.59	1.7
S=80	H	493.91 4	156.54	140.97	128.92	119.31	111.45	104.89
	f	0.41 0.	1.3	1.45	1.58	1.71	1.83	1.94
S=85	H	451.78 3	146.96	134.81	125.06	117.03	110.3	104.57
	f	0.51 0.	1.57	1.71	1.84	1.97	2.09	2.2
S=90	H	411.50 3	139.83	130.08	122	115.19	109.35	104.29
	f	0.63 0.	1.85	1.98	2.12	2.24	2.36	2.48
S=95	H	374.40 3	134.38	126.35	119.54	113.67	108.56	104.06
	f	0.77 0.	2.14	2.28	2.41	2.53	2.65	2.76
S=100	H	341.57 2	130.1	123.36	117.52	112.41	107.89	103.86
	f	0.93 1.	2.45	2.58	2.71	2.84	2.95	3.07
S=105	H	313.55 2	126.66	120.91	115.85	111.35	107.32	103.69
	f	1.12 1.	2.77	2.91	3.03	3.16	3.27	3.39
S=110	H	290.24 2	123.85	118.88	114.44	110.44	106.83	103.54
	f	1.33 1.	3.11	3.24	3.37	3.49	3.61	3.73
S=115	H	271.15 2	121.52	117.17	113.24	109.67	106.4	103.41
	f	1.55 1.	3.47	3.6	3.72	3.84	3.96	4.08
S=120	H	255.59 2	119.57	115.72	112.21	108.99	106.03	103.29
	f	1.80 2.	3.84	3.97	4.09	4.21	4.33	4.44

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۵۹

a = 700 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 55] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	841.17	728.53	616.59	506.02	398.34	297.41	211.89
	f	0.06	0.07	0.08	0.1	0.13	0.17	0.24
S=45	H	820.83	708.62	597.41	488.11	382.83	286.49	208.22
	f	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.23	0.31
S=50	H	798.24	686.6	576.32	468.68	366.49	275.69	204.89
	f	0.1	0.12	0.14	0.17	0.22	0.29	0.39
S=55	H	773.45	662.55	553.5	448.03	349.76	265.35	201.92
	f	0.12	0.15	0.17	0.22	0.28	0.36	0.48
S=60	H	746.57	636.62	529.17	426.5	333.08	255.72	199.31
	f	0.15	0.18	0.22	0.27	0.34	0.45	0.58
S=65	H	717.7	608.99	503.62	404.55	316.93	246.99	197.03
	f	0.19	0.22	0.27	0.33	0.42	0.55	0.68
S=70	H	687	579.9	477.25	382.68	301.71	239.21	195.06
	f	0.23	0.27	0.33	0.41	0.52	0.65	0.8
S=75	H	654.68	549.68	450.51	361.43	287.75	232.39	193.34
	f	0.27	0.33	0.4	0.5	0.62	0.77	0.93
S=80	H	621	518.74	423.97	341.32	275.21	226.45	191.85
	f	0.33	0.39	0.48	0.6	0.74	0.9	1.06
S=85	H	586.32	487.59	398.23	322.78	264.15	221.31	190.56
	f	0.39	0.47	0.58	0.71	0.87	1.04	1.21
S=90	H	551.09	456.84	373.88	306.07	254.52	216.87	189.43
	f	0.47	0.57	0.69	0.84	1.01	1.19	1.36
S=95	H	515.89	427.15	351.42	291.3	246.18	213.02	188.44
	f	0.56	0.67	0.82	0.99	1.17	1.35	1.53
S=100	H	481.39	399.19	331.2	278.44	239	209.69	187.57
	f	0.66	0.8	0.96	1.14	1.33	1.52	1.7
S=105	H	448.33	373.51	313.36	267.32	232.81	206.8	186.81
	f	0.78	0.94	1.12	1.31	1.51	1.7	1.88
S=110	H	417.41	350.48	297.83	257.77	227.47	204.27	186.14
	f	0.92	1.1	1.29	1.5	1.7	1.89	2.07
S=115	H	389.22	330.23	284.46	249.57	222.85	202.06	185.54
	f	1.08	1.28	1.48	1.69	1.89	2.09	2.27
S=120	H	364.1	312.68	273	242.51	218.84	200.12	185
	f	1.26	1.47	1.68	1.89	2.1	2.29	2.48

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۰

a = 800 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 55] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	885.33	772.5	660.23	549.01	439.92	335.64	242.71
	f	0.06	0.07	0.08	0.09	0.12	0.15	0.21
S=45	H	869.88	757.37	645.65	535.35	427.93	326.83	239.41
	f	0.07	0.09	0.1	0.12	0.15	0.2	0.27
S=50	H	852.66	740.6	629.56	520.41	415.07	317.76	236.25
	f	0.09	0.11	0.13	0.15	0.19	0.25	0.34
S=55	H	833.75	722.23	612.04	504.33	401.56	308.67	233.3
	f	0.12	0.13	0.16	0.19	0.24	0.31	0.41
S=60	H	813.2	702.33	593.2	487.3	387.64	299.78	230.58
	f	0.14	0.16	0.19	0.24	0.3	0.38	0.5
S=65	H	791.06	681	573.19	469.51	373.58	291.26	228.11
	f	0.17	0.2	0.23	0.29	0.36	0.46	0.59
S=70	H	767.39	658.35	552.18	451.22	359.67	283.26	225.88
	f	0.2	0.24	0.28	0.35	0.43	0.55	0.69
S=75	H	742.3	634.51	530.38	432.73	346.17	275.87	223.88
	f	0.24	0.28	0.34	0.41	0.52	0.65	0.8
S=80	H	715.9	609.68	508.05	414.35	333.31	269.13	222.1
	f	0.28	0.33	0.4	0.49	0.61	0.76	0.92
S=85	H	688.34	584.06	485.49	396.39	321.29	263.04	220.51
	f	0.33	0.39	0.47	0.58	0.72	0.88	1.04
S=90	H	659.8	557.92	463.04	379.16	310.23	257.59	219.1
	f	0.39	0.46	0.56	0.68	0.83	1	1.18
S=95	H	630.52	531.57	441.05	362.92	300.17	252.73	217.84
	f	0.46	0.54	0.65	0.79	0.96	1.14	1.32
S=100	H	600.76	505.38	419.89	347.88	291.12	248.42	216.72
	f	0.53	0.63	0.76	0.92	1.09	1.28	1.47
S=105	H	570.87	479.73	399.87	334.13	283.04	244.58	215.72
	f	0.62	0.73	0.88	1.05	1.24	1.44	1.63
S=110	H	541.22	455.03	381.24	321.72	275.86	241.18	214.82
	f	0.71	0.85	1.01	1.2	1.4	1.6	1.8
S=115	H	512.25	431.63	364.17	310.63	269.49	238.15	214.02
	f	0.82	0.98	1.16	1.36	1.56	1.77	1.97
S=120	H	484.37	409.84	348.74	300.76	263.86	235.45	213.29
	f	0.95	1.12	1.32	1.53	1.74	1.95	2.15

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۱

		a = 900 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 55]						wire : MINK
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	923.6	810.63	698.14	586.48	476.48	370.1	272.24
	f	0.06	0.06	0.07	0.09	0.11	0.14	0.19
S=45	H	911.47	798.79	686.74	575.8	467.06	363.02	269.4
	f	0.07	0.08	0.09	0.11	0.14	0.18	0.24
S=50	H	897.97	785.64	674.12	564.06	456.85	355.57	266.59
	f	0.09	0.1	0.12	0.14	0.17	0.22	0.3
S=55	H	883.13	771.21	660.34	551.34	445.97	347.9	263.85
	f	0.11	0.13	0.15	0.17	0.22	0.28	0.37
S=60	H	866.97	755.55	645.46	537.74	434.56	340.16	261.24
	f	0.13	0.15	0.18	0.21	0.26	0.34	0.44
S=65	H	849.52	738.71	629.55	523.38	422.78	332.47	258.78
	f	0.16	0.18	0.21	0.26	0.32	0.41	0.52
S=70	H	830.83	720.74	612.71	508.39	410.8	324.98	256.48
	f	0.19	0.22	0.25	0.31	0.38	0.48	0.61
S=75	H	810.95	701.72	595.06	492.93	398.8	317.77	254.38
	f	0.22	0.26	0.3	0.36	0.45	0.56	0.7
S=80	H	789.93	681.74	576.71	477.17	386.94	310.95	252.42
	f	0.26	0.3	0.35	0.43	0.53	0.66	0.81
S=85	H	767.86	660.92	557.84	461.31	375.41	304.55	250.84
	f	0.3	0.35	0.41	0.5	0.61	0.76	0.92
S=90	H	744.82	639.37	538.6	445.54	364.33	298.62	249.02
	f	0.35	0.4	0.48	0.58	0.71	0.86	1.04
S=95	H	720.91	617.26	519.21	430.08	353.83	293.16	247.55
	f	0.4	0.47	0.55	0.67	0.81	0.98	1.16
S=100	H	696.28	594.76	499.87	415.1	344	288.16	246.21
	f	0.46	0.54	0.64	0.77	0.93	1.11	1.29
S=105	H	671.08	572.08	480.83	400.79	334.87	283.6	245
	f	0.52	0.61	0.73	0.88	1.05	1.24	1.43
S=110	H	645.48	549.44	462.29	387.28	326.47	279.47	243.9
	f	0.6	0.7	0.83	1	1.18	1.38	1.58
S=115	H	619.69	527.09	444.46	374.65	318.79	275.72	242.91
	f	0.68	0.8	0.95	1.13	1.32	1.53	1.74
S=120	H	593.96	505.27	427.54	362.97	311.8	272.33	242
	f	0.77	0.91	1.07	1.26	1.47	1.69	1.9

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبنای طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۲

a = 400 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 40] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	436.5	332.45	240.05	170.37	127.2	102	86.35
	f	0.12	0.15	0.21	0.3	0.4	0.5	0.59
S=45	H	379.65	283.72	206.17	153.74	121.84	102	88.78
	f	0.17	0.23	0.31	0.42	0.53	0.63	0.73
S=50	H	322.12	239.65	180.04	141.97	117.96	102	90.71
	f	0.25	0.33	0.44	0.56	0.68	0.78	0.88
S=55	H	269.15	204.58	161.44	133.65	115.09	102	92.28
	f	0.36	0.47	0.6	0.72	0.84	0.95	1.04
S=60	H	226.14	179.35	148.47	127.66	112.93	102	93.56
	f	0.51	0.64	0.77	0.9	1.02	1.12	1.23
S=65	H	194.95	161.9	139.31	123.23	111.26	102	94.61
	f	0.69	0.83	0.97	1.09	1.21	1.32	1.42
S=70	H	173.51	149.74	132.65	119.87	109.94	102	95.48
	f	0.9	1.04	1.18	1.3	1.42	1.53	1.64
S=75	H	158.72	141.02	127.68	117.26	108.89	102	96.22
	f	1.13	1.27	1.4	1.53	1.65	1.76	1.86
S=80	H	148.23	134.58	123.86	115.19	108.03	102	96.84
	f	1.38	1.52	1.65	1.77	1.89	2	2.11
S=85	H	140.53	129.68	120.86	113.53	107.32	102	97.37
	f	1.64	1.78	1.91	2.03	2.15	2.26	2.37
S=90	H	134.72	125.86	118.46	112.16	106.74	102	97.82
	f	1.92	2.05	2.18	2.3	2.42	2.53	2.64
S=95	H	130.19	122.81	116.5	111.03	106.24	102	98.21
	f	2.21	2.34	2.47	2.59	2.71	2.82	2.93
S=100	H	126.6	120.34	114.89	110.08	105.82	102	98.56
	f	2.52	2.65	2.77	2.9	3.01	3.12	3.23
S=105	H	123.69	118.3	113.53	109.28	105.46	102	98.85
	f	2.84	2.97	3.1	3.22	3.33	3.45	3.55
S=110	H	121.29	116.6	112.39	108.59	105.15	102	99.11
	f	3.18	3.31	3.43	3.55	3.67	3.78	3.89
S=115	H	119.29	115.16	111.41	108	104.87	102	99.34
	f	3.53	3.66	3.78	3.9	4.02	4.13	4.24
S=120	H	117.6	113.93	110.57	107.48	104.64	102	99.55
	f	3.9	4.03	4.15	4.27	4.39	4.5	4.61

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۳

a = 500 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 40] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	546.51	437.49	333.38	240.82	170.89	127.5	102.18
	f	0.09	0.12	0.15	0.21	0.3	0.4	0.5
S=45	H	508.29	402	303.42	221	163.11	127.5	105.62
	f	0.13	0.16	0.21	0.29	0.4	0.51	0.61
S=50	H	466.95	364.89	274.35	203.93	156.93	127.5	108.47
	f	0.17	0.22	0.29	0.39	0.51	0.63	0.73
S=55	H	423.51	327.86	247.99	190.01	152.07	127.5	110.83
	f	0.23	0.29	0.39	0.51	0.63	0.76	0.87
S=60	H	379.51	293	225.63	179.01	148.25	127.5	112.82
	f	0.3	0.39	0.51	0.64	0.77	0.9	1.02
S=65	H	337.09	262.33	207.62	170.42	145.21	127.5	114.49
	f	0.4	0.51	0.65	0.79	0.93	1.06	1.18
S=70	H	298.68	237	193.54	163.7	142.77	127.5	115.91
	f	0.52	0.66	0.81	0.95	1.09	1.23	1.35
S=75	H	266.17	217	182.62	158.41	140.8	127.5	117.12
	f	0.67	0.83	0.98	1.13	1.27	1.41	1.53
S=80	H	240.16	201.55	174.13	154.18	139.17	127.5	118.16
	f	0.85	1.01	1.17	1.32	1.47	1.6	1.73
S=85	H	220.02	189.63	167.45	150.77	137.83	127.5	119.06
	f	1.05	1.21	1.38	1.53	1.67	1.81	1.93
S=90	H	204.59	180.36	162.11	147.97	136.7	127.5	119.84
	f	1.26	1.43	1.59	1.74	1.89	2.02	2.15
S=95	H	192.7	173.05	157.8	145.65	135.74	127.5	120.52
	f	1.49	1.66	1.82	1.98	2.12	2.26	2.39
S=100	H	183.41	167.19	154.26	143.71	134.93	127.5	121.12
	f	1.74	1.91	2.07	2.22	2.36	2.5	2.63
S=105	H	176.04	162.44	151.32	142.07	134.23	127.5	121.64
	f	2	2.16	2.32	2.47	2.62	2.76	2.89
S=110	H	170.09	158.52	148.86	140.67	133.63	127.5	122.11
	f	2.27	2.43	2.59	2.74	2.89	3.02	3.16
S=115	H	165.23	155.25	146.77	139.46	133.1	127.5	122.52
	f	2.55	2.72	2.87	3.02	3.17	3.31	3.44
S=120	H	161.19	152.49	144.97	138.42	132.64	127.5	122.89
	f	2.85	3.01	3.17	3.32	3.46	3.6	3.73

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۴

a = 600 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 40] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	618.68	508.08	400.33	299.2	213.28	153	117.12
	f	0.08	0.1	0.13	0.17	0.24	0.33	0.44
S=45	H	591.94	482.77	377.79	282.11	204.98	153	121.39
	f	0.11	0.13	0.17	0.23	0.31	0.42	0.53
S=50	H	562.59	455.43	354.27	265.51	197.69	153	125.01
	f	0.14	0.17	0.22	0.3	0.4	0.52	0.64
S=55	H	530.94	426.59	330.58	250.11	191.45	153	128.11
	f	0.18	0.23	0.29	0.39	0.5	0.63	0.75
S=60	H	497.43	396.97	307.64	236.39	186.19	153	130.77
	f	0.23	0.29	0.37	0.49	0.62	0.75	0.88
S=65	H	462.69	367.48	286.32	224.55	181.81	153	133.06
	f	0.29	0.37	0.47	0.6	0.74	0.88	1.01
S=70	H	427.53	339.17	267.28	214.56	178.15	153	135.04
	f	0.37	0.46	0.58	0.73	0.88	1.02	1.16
S=75	H	393.03	313.05	250.86	206.23	175.09	153	136.76
	f	0.46	0.57	0.71	0.87	1.02	1.17	1.31
S=80	H	360.34	289.88	237.02	199.32	172.53	153	138.27
	f	0.57	0.7	0.86	1.02	1.18	1.33	1.48
S=85	H	330.59	270.01	225.52	193.59	170.37	153	139.58
	f	0.7	0.85	1.02	1.19	1.35	1.51	1.65
S=90	H	304.52	253.37	216.03	188.81	168.54	153	140.74
	f	0.85	1.02	1.2	1.37	1.53	1.69	1.83
S=95	H	282.4	239.62	208.19	184.81	166.98	153	141.76
	f	1.02	1.2	1.38	1.56	1.72	1.88	2.03
S=100	H	264.03	228.32	201.69	181.43	165.63	153	142.67
	f	1.21	1.4	1.58	1.76	1.92	2.08	2.23
S=105	H	248.95	219.01	196.25	178.56	164.47	153	143.48
	f	1.41	1.6	1.79	1.97	2.14	2.3	2.45
S=110	H	236.59	211.3	191.67	176.1	163.46	153	144.2
	f	1.63	1.83	2.01	2.19	2.36	2.52	2.67
S=115	H	226.43	204.87	187.79	173.97	162.57	153	144.84
	f	1.86	2.06	2.24	2.42	2.59	2.76	2.91
S=120	H	218.03	199.47	184.47	172.13	161.79	153	145.42
	f	2.11	2.3	2.49	2.67	2.84	3	3.16

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۵

a = 700 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 40] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	672.44	561.07	451.66	346.63	251.96	178.5	131.95
	f	0.08	0.09	0.11	0.15	0.2	0.29	0.39
S=45	H	652.85	542.43	434.75	333.06	244.45	178.5	136.79
	f	0.1	0.12	0.15	0.19	0.26	0.36	0.47
S=50	H	631.23	522.05	416.63	319.14	237.33	178.5	141
	f	0.13	0.15	0.19	0.25	0.34	0.45	0.57
S=55	H	607.71	500.15	397.65	305.3	230.77	178.5	144.69
	f	0.16	0.19	0.24	0.32	0.42	0.54	0.67
S=60	H	582.47	477.02	378.24	291.95	224.87	178.5	147.91
	f	0.2	0.24	0.3	0.39	0.51	0.64	0.78
S=65	H	555.75	453.03	358.9	279.44	219.64	178.5	150.75
	f	0.24	0.3	0.38	0.48	0.61	0.75	0.89
S=70	H	527.84	428.64	340.12	268.01	215.07	178.5	153.25
	f	0.3	0.36	0.46	0.58	0.73	0.88	1.02
S=75	H	499.15	404.38	322.37	257.79	211.1	178.5	155.45
	f	0.38	0.44	0.56	0.7	0.85	1	1.15
S=80	H	470.16	380.81	306.03	248.8	207.66	178.5	157.41
	f	0.43	0.54	0.67	0.82	0.98	1.14	1.3
S=85	H	441.45	358.5	291.33	240.96	204.68	178.5	159.14
	f	0.52	0.64	0.79	0.96	1.13	1.29	1.45
S=90	H	413.67	337.92	278.35	234.18	202.09	178.5	160.69
	f	0.62	0.76	0.93	1.1	1.28	1.45	1.61
S=95	H	387.43	319.37	267.03	228.33	199.85	178.5	162.07
	f	0.74	0.9	1.08	1.26	1.44	1.61	1.77
S=100	H	363.28	302.98	257.24	223.28	197.89	178.5	163.31
	f	0.88	1.05	1.24	1.43	1.61	1.79	1.95
S=105	H	341.57	288.71	248.82	218.92	196.18	178.5	164.42
	f	1.03	1.22	1.41	1.61	1.79	1.97	2.14
S=110	H	322.43	276.4	241.58	215.13	194.67	178.5	165.43
	f	1.2	1.4	1.6	1.79	1.98	2.16	2.33
S=115	H	305.81	265.83	235.34	211.83	193.35	178.5	166.33
	f	1.38	1.59	1.79	1.99	2.18	2.36	2.53
S=120	H	291.52	256.77	229.96	208.95	192.17	178.5	167.15
	f	1.57	1.79	2	2.2	2.39	2.57	2.75

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۶

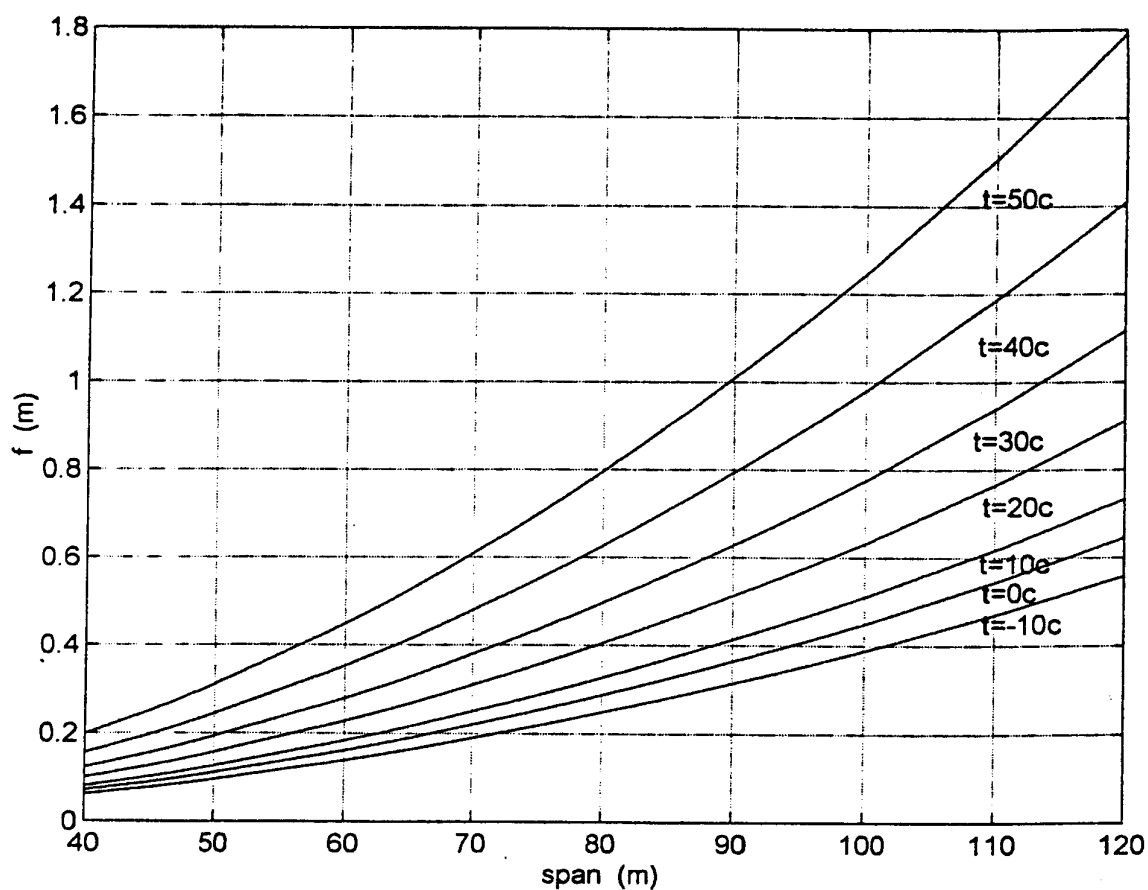
a = 800 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 40] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	716.27	604.44	494.09	386.9	287.12	204	147.24
	f	0.07	0.08	0.1	0.13	0.18	0.25	0.35
S=45	H	701.39	590.26	481.13	376.24	280.76	204	152.39
	f	0.09	0.11	0.13	0.17	0.23	0.32	0.42
S=50	H	684.91	574.66	467.08	365.01	274.45	204	156.98
	f	0.12	0.14	0.17	0.22	0.29	0.39	0.51
S=55	H	666.91	557.76	452.1	353.44	268.32	204	161.07
	f	0.14	0.17	0.21	0.27	0.36	0.47	0.6
S=60	H	647.48	539.7	436.41	341.79	262.52	204	164.72
	f	0.18	0.21	0.26	0.34	0.44	0.56	0.7
S=65	H	626.72	520.66	420.26	330.3	257.11	204	167.98
	f	0.21	0.26	0.32	0.41	0.52	0.66	0.8
S=70	H	604.79	500.84	403.93	319.22	252.16	204	170.91
	f	0.26	0.31	0.39	0.49	0.62	0.77	0.91
S=75	H	581.85	480.5	387.72	308.73	247.67	204	173.53
	f	0.31	0.37	0.46	0.58	0.72	0.88	1.03
S=80	H	558.12	459.93	371.93	298.98	243.63	204	175.89
	f	0.37	0.44	0.55	0.68	0.84	1	1.16
S=85	H	533.86	439.47	356.83	290.04	240.02	204	178.01
	f	0.43	0.52	0.65	0.79	0.96	1.13	1.29
S=90	H	509.38	419.45	342.65	281.94	236.8	204	179.92
	f	0.51	0.62	0.75	0.92	1.09	1.27	1.44
S=95	H	485.02	400.2	329.55	274.67	233.94	204	181.65
	f	0.59	0.72	0.87	1.05	1.23	1.41	1.58
S=100	H	461.16	382.02	317.6	268.18	231.4	204	183.21
	f	0.69	0.83	1	1.19	1.38	1.56	1.74
S=105	H	438.18	365.13	306.84	262.42	229.14	204	184.63
	f	0.8	0.96	1.15	1.34	1.53	1.72	1.9
S=110	H	416.41	349.68	297.21	257.3	227.12	204	185.92
	f	0.93	1.1	1.3	1.5	1.7	1.89	2.07
S=115	H	396.15	335.71	288.66	252.77	225.32	204	187.09
	f	1.06	1.26	1.46	1.67	1.87	2.07	2.25
S=120	H	377.58	323.21	281.09	248.74	223.71	204	188.16
	f	1.22	1.42	1.63	1.85	2.05	2.25	2.44

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۷

a = 900 [in : ice = 0 , Wind = 0 , t = 40] wire : MINK								
	t (c)	-10	0	10	20	30	40	50
S=40	H	754.31	642.17	531.19	422.63	319.6	229.5	163.38
	f	0.07	0.08	0.1	0.12	0.16	0.22	0.31
S=45	H	742.66	631.08	521.05	414.2	314.36	229.5	168.6
	f	0.09	0.1	0.12	0.16	0.21	0.28	0.38
S=50	H	729.75	618.84	509.96	405.16	308.99	229.5	173.35
	f	0.11	0.13	0.16	0.2	0.26	0.35	0.46
S=55	H	715.61	605.53	498.03	395.68	303.61	229.5	177.66
	f	0.13	0.16	0.19	0.24	0.32	0.42	0.54
S=60	H	700.29	591.2	485.38	385.88	298.31	229.5	181.58
	f	0.16	0.19	0.24	0.3	0.38	0.5	0.63
S=65	H	683.86	575.97	472.15	375.95	293.19	229.5	185.15
	f	0.2	0.23	0.29	0.36	0.46	0.59	0.73
S=70	H	666.39	559.94	458.48	366.04	288.31	229.5	188.38
	f	0.23	0.28	0.34	0.43	0.54	0.68	0.83
S=75	H	647.97	543.25	444.57	356.3	283.73	229.5	191.33
	f	0.28	0.33	0.4	0.5	0.63	0.78	0.94
S=80	H	628.72	526.05	430.59	346.88	279.46	229.5	194.01
	f	0.32	0.39	0.47	0.59	0.73	0.89	1.05
S=85	H	608.76	508.53	416.73	337.89	275.53	229.5	196.45
	f	0.38	0.45	0.55	0.68	0.84	1	1.17
S=90	H	588.24	490.87	403.18	329.41	271.92	229.5	198.68
	f	0.44	0.53	0.64	0.78	0.95	1.13	1.3
S=95	H	567.35	473.28	390.12	321.5	268.62	229.5	200.71
	f	0.51	0.61	0.74	0.89	1.07	1.25	1.43
S=100	H	546.29	455.98	377.67	314.19	265.63	229.5	202.57
	f	0.58	0.7	0.84	1.01	1.2	1.39	1.57
S=105	H	525.27	439.19	365.96	307.48	262.91	229.5	204.28
	f	0.67	0.8	0.96	1.14	1.34	1.53	1.72
S=110	H	504.54	423.08	355.06	301.36	260.44	229.5	205.84
	f	0.76	0.91	1.09	1.28	1.48	1.68	1.87
S=115	H	484.33	407.83	345	295.8	258.2	229.5	207.27
	f	0.87	1.03	1.22	1.43	1.63	1.84	2.03
S=120	H	464.86	393.54	335.79	290.76	256.18	229.5	208.59
	f	0.99	1.17	1.37	1.58	1.79	2	2.2

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۸

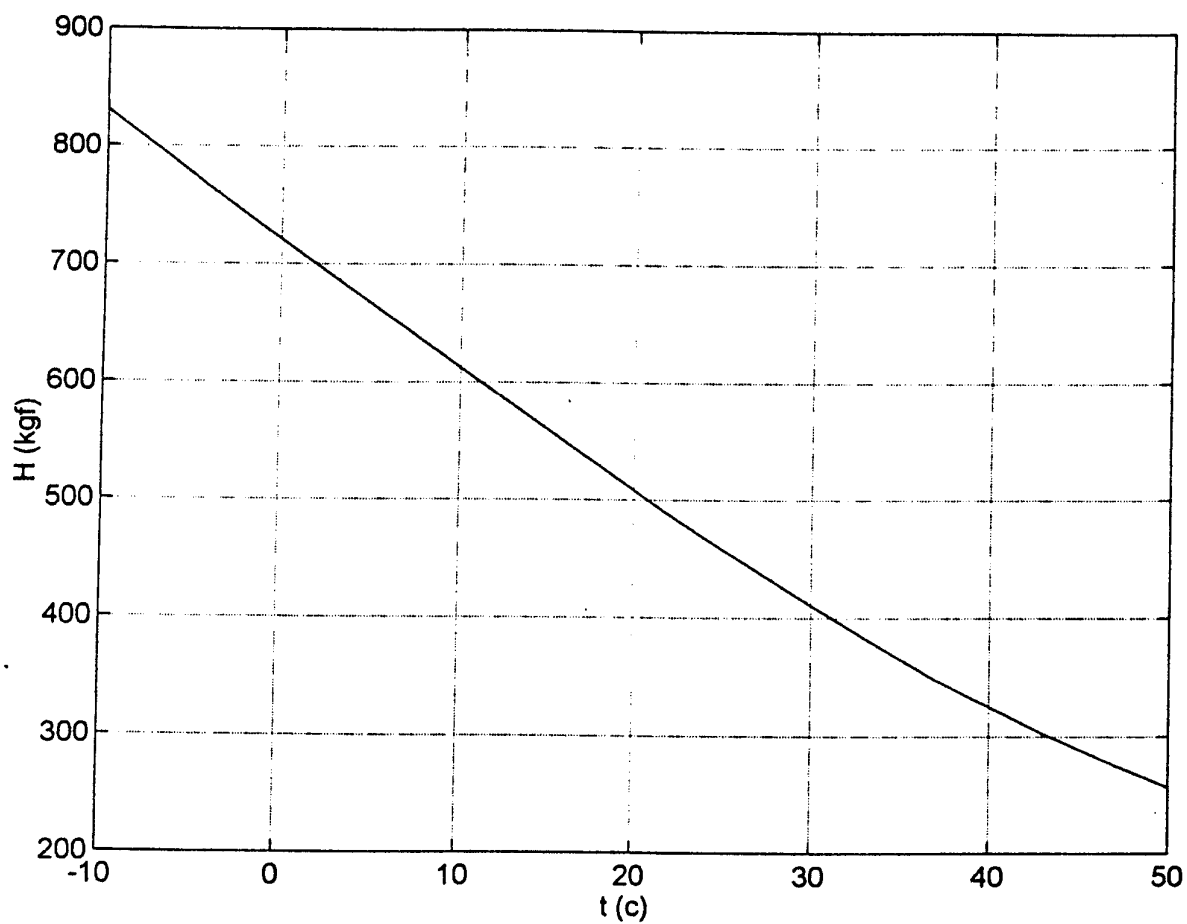
منحنیهای تغییر فلش با تغییر اسپن در یک سکشن مشخص در دماهای مختلف
(اسپن معادل = ۷۰ متر، پارامتر سیم = ۹۰۰، نوع منطقه: سبک و متوسط)



شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۶۹

منحنی تغییر کشش با تغییر دما در یک سکشن مشخص

(اسپن معادل = ۷۰ متر، پارامتر سیم = ۹۰۰، نوع منطقه: سبک و متوسط)

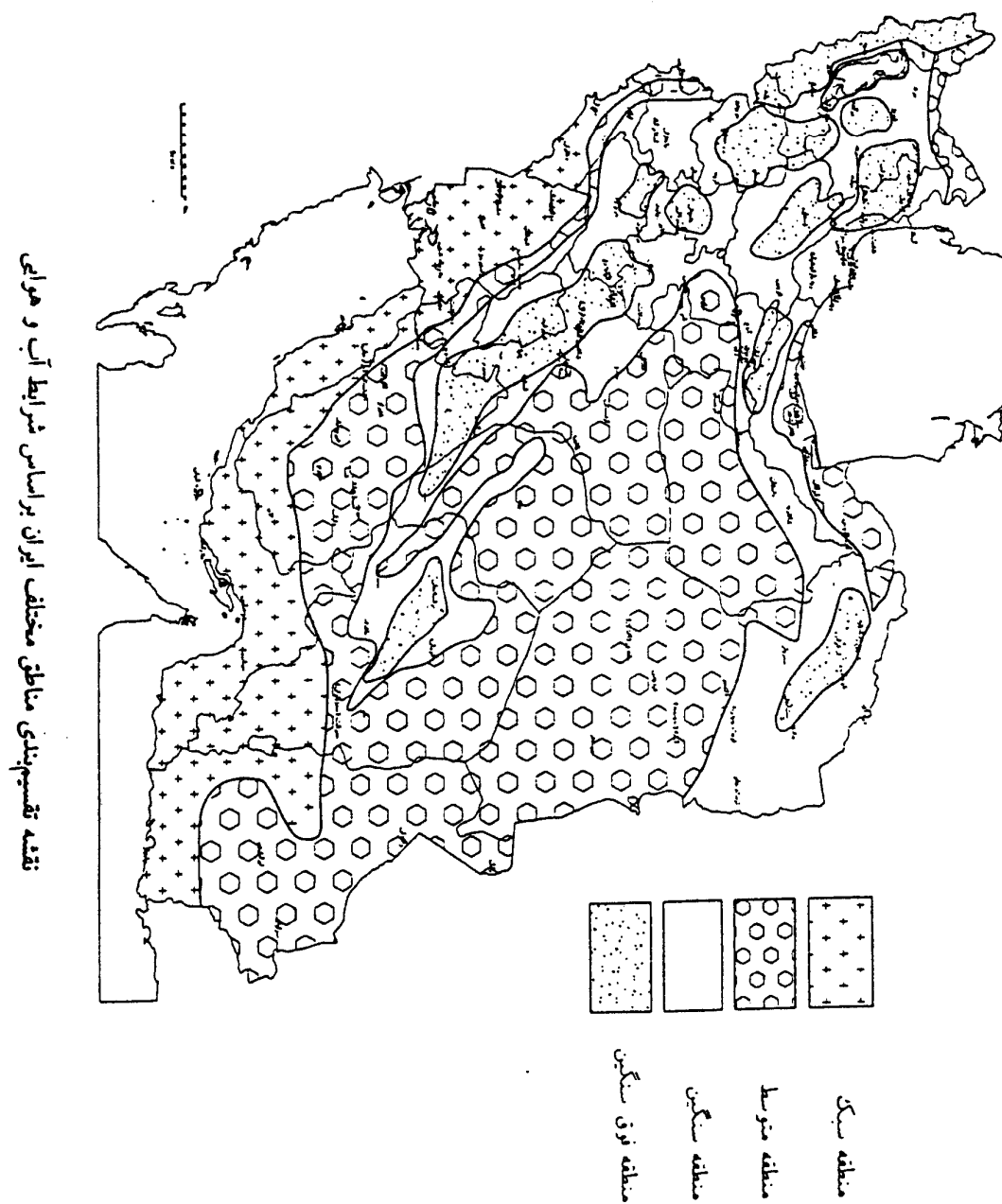


شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۰

پیوست (پ) - شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور^(۱)

۱. مرجع این پیوست "استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال نیروی ایران، نقشه پهنه بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور" از انتشارات دفتر استانداردهای وزارت نیرو می باشد.

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جداول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۱



شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۲

شرایط بارگذاری برای مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور

(براساس پهنه‌بندی ایران)

نوع منطقه	نوع بارگذاری			درجه حرارت (°C)	یخ (ضخامت شعاعی) (mm)	باد m/s(Kg/m ²)	مقدار ثابت (Kg/m)	
سبک (۱)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	۱۵	—	۲۸(۵۰)	—	
			NESC-LIGHT	-۱	—	۲۶/۵(۴۴)	۰/۰۷	
		حدی	باد شدید	۰	—	۲۵(۱۲۶)	—	
			یخ سنگین	-۵	۶	۲۲(۳۰)	—	
	بارگذاری غیر متعادل	بار طولی نامتعادل-پارگی سیم در باد شدید			۰	۲۵(۱۲۶)	—	
		بار طولی متعادل: - یخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون یخ در طرف دیگر			-۵	۶-۰	۲۲(۳۰)	—
	شرایط EDS			۲۵	—	—	—	
	حداقل درجه حرارت			-۵۰	—	—	—	
	حداکثر درجه حرارت			۵۵-۵۰*	—	—	—	
	متوسط (۲)	بارگذاری متعادل	استاندارد	یخ و باد متوسط	-۱۰	۷	۲۵(۴۰)	—
NESC-MEDIUM				-۱۰	۶/۵	۱۷/۸(۲۰)	۰/۲۵	
حدی			باد شدید	۱۵	—	۴۰(۱۰۰)	—	
			یخ سنگین	-۵	۱۵	—	—	
بارگذاری غیر متعادل		بار طولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین			-۵	۱۵	—	—
		بار طولی متعادل: - یخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون یخ در طرف دیگر			-۱۰	۷-۰	۲۵(۴۰)	—
شرایط EDS			۲۰	—	—	—		
حداقل درجه حرارت			-۲۰	—	—	—		
حداکثر درجه حرارت			۴۵	—	—	—		

(۱) National Electrical Safety Code

(۲) Every Day Stress

* درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد برای جزایر جنوبی و حاشیه خلیج فارس در نظر گرفته می‌شود.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۳

ادامه

نوع منطقه	نوع بارگذاری		درجه حرارت (°C)	بخ (ضخامت شعاعی) (mm)	باد m/s(Kg/m ²)	مقدار ثابت (Kg/m)	
سنگین (۳)	بارگذاری متعادل	استاندارد	بخ و باد متوسط	۱۵	۲۰(۲۵)	—	
			NESC-HEAVY	۱۲/۵	۱۷/۸(۲۰)	۰/۴۵	
		حدی	باد شدید	۱۵	—	۴۰(۱۰۰)	—
			بخ سنگین	-۵	۲۰-۲۵	—	—
	بارگذاری غیر متعادل	بار طولی نامتعادل-بارگی سیم دربخ سنگین		۲۰-۲۵	—	—	
		بار طولی متعادل: - بخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون بخ در طرف دیگر		۱۵-۰	۲۰(۲۵)	—	
	شرایط EDS		۱۸	—	—	—	
	حداقل درجه حرارت		-۲۵	—	—	—	
	حداکثر درجه حرارت		۴۰	—	—	—	
	فوق سنگین (۴)	بارگذاری متعادل	استاندارد	بخ و باد متوسط	۲۰	۲۰(۲۵)	—
						—	
حدی			باد شدید	۱۵	—	۴۰(۱۰۰)	—
			بخ سنگین	-۵	۳۰-۵۰	—	—
بارگذاری غیر متعادل		بار طولی نامتعادل-بارگی سیم دربخ سنگین		۳۰-۵۰	—	—	
		بار طولی متعادل: - بخ و باد در یکطرف اسپن - باد بدون بخ در طرف دیگر		۲۰-۰	۲۰(۲۵)	—	
شرایط EDS		۱۸	—	—	—		
حداقل درجه حرارت		-۳۰	—	—	—		
حداکثر درجه حرارت		۳۵	—	—	—		

* ارتفاع از سطح دریا ۲۰۰۰-۱۵۰۰ متر، ۲۰ mm

۲۵۰۰-۲۰۰۰ متر، ۲۵ mm

** ارتفاع از سطح دریا ۳۰۰۰-۲۵۰۰ متر، ۳۰ mm

۳۵۰۰-۳۰۰۰ متر، ۳۵ mm

۴۰۰۰-۳۵۰۰ متر، ۴۰ mm

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۴

پیوست (ت) - فواصل هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین

در این پیوست فواصل هوایی مجاز خطوط و تجهیزات خط از زمین و تأسیسات دیگر برای ولتاژهای استاندارد توزیع آورده شده است.

جدول (ت-۱) فاصله هوایی مجاز هادی خطوط از تأسیسات (متر)

توضیحات	۳۳KV	۲۰KV	۱۱KV	۳۸۰V	
	۳/۵	۳	۳	۱/۳	فاصله افقی از ساختمانها
	۴/۶	۴	۴	۳	فاصله قائم از ساختمانها
	۳/۵	۳	۳	۳	فاصله افقی از درختان
	۰/۱۵		۰/۱۵		فاصله افقی از لب جدول خیابان
این مقادیر برای شرایط وجود باد ($Pa 29.0$) و دمای ($15^{\circ}C$) است. و برای حالت بدون باد برای ولتاژهای کمتر از ۵۰KV (فاز) حداقل فاصله ۱/۵m می باشد.	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۱	فاصله افقی از سازه های نگهدارنده خط دیگر، علائم، چراغهای راهنمایی و ...
	۱/۷	۱/۷	۱/۷	۱/۴	فاصله قائم از سازه های نگهدارنده خط دیگر، علائم، چراغهای راهنمایی و ...
		۲/۳	۲/۳		فاصله افقی از علائم، آنتنها، دودکشها و ...
		۲/۴۵	۲/۴۵		فاصله قائم از علائم، آنتنها، دودکشها و ...
		۷/۶	۷/۶		فاصله هوایی از سطح آب (مناطق قابل شنا)
		۵/۲	۵/۲		فاصله هوایی از لبه فوقانی سکوی شیرجه (مناطق قابل شنا)
برای ۳۸۰V هادی با پوشش محافظ متصل به زمین در نظر گرفته شده است.		۲/۲	۲/۲	۱/۲	فاصله از کابل های مخابرات
% فاصله از خطوط تلفن علاوه بر ولتاژ خط به طول مسیر مشترک نیز بستگی دارد. حداکثر ولتاژ مؤثر القاء شده در خطوط تلفن نباید از ۶۰V افزایش یابد.	*	*	*	*	فاصله از خطوط تلفن
		۲/۰	۲/۰	۰/۶	فاصله از سیمهای مهار و اسپن و سیمهای زمین
سیمهای ۷۵۰V-۰ با پوشش محافظ متصل به زمین در نظر گرفته شده است.		۱/۵	۱/۵	۰/۶	فاصله از سیمهای ۷۵۰V-۰
		۲/۰	۲/۰		فاصله از سیمهای ۲۰KV
		۸			حداقل ارتفاع پائینترین سیم در تقاطع با لوله های گاز

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۵

جدول (ت-۲) فاصله هوایی تجهیزات خطوط از تأسیسات (متر)

توضیحات	۳۳KV	۲۰KV	۱۱KV	۳۸۰V	
فاصله پایه خطوط از جدار لوله‌های گاز		۲		۰/۵	
فاصله پایه دکل از جدار لوله‌های گاز (مسیر مشترک $> 5Km$)		۲۰			
فاصله پایه دکل از جدار لوله‌های گاز (مسیر مشترک $< 5Km$)		۳۰			
فاصله افقی نیر از محور ریل	۱۷	۱۷	۱۷		
فاصله هوایی قسمتهای برقدار بدون حفاظ تجهیزات	*	*	*	*	*
این مقادیر نباید کمتر از مقادیر مورد نیاز برای هادیهای خطوط باشند.					

جدول (ت-۳) فاصله مجاز قائم هادیها از سطح (متر)

توضیحات	۳۳KV	۲۰KV	۱۱KV	۳۸۰V	
خطوط آهن غیربرقی	۹	۹	۹		
خیابان اصلی (مقاطع و موازی)		۶/۷	۶/۱	۵/۵	
کوچه‌ها (مقاطع و موازی)		۶/۷	۶/۱	۵/۵	
پیاده‌رو		۵/۲	۴/۶	۳	
عبور از جاده‌های اصلی (مقاطع)		۷/۵	۷	۶/۵	
مدخل وسایل نقلیه به گاراژهای معمولی		۶/۷	۶/۱	۴/۶	
بموازات جاده‌ها در مناطق روستایی (در تقاطعهای فرعی)		۶/۱	۵/۵	۴/۶	
آبها (با سطح کمتر از ۸ هکتار)		۶/۲	۶/۲		

جدول (ت-۴) فاصله مجاز قائم تجهیزات از سطح (متر)

توضیحات	۳۳KV	۲۰KV	۱۱KV	۳۸۰V	
خیابان اصلی	۴/۶		۵/۵	۵/۵	۴/۹
کوچه	۴/۶		۵/۵	۵/۵	۴/۹
پیاده‌رو	۳/۴		۴/۳	۴/۳	۳/۶
فاصله قائم لامپ روشنایی از زمین ۴/۷۵ متر است					
عبور از جاده‌های اصلی	۴/۶		۵/۵	۵/۵	۴/۹
بموازات جاده‌ها در مناطق روستایی (در تقاطعهای فرعی)	۴		۴/۹	۴/۹	۴/۳

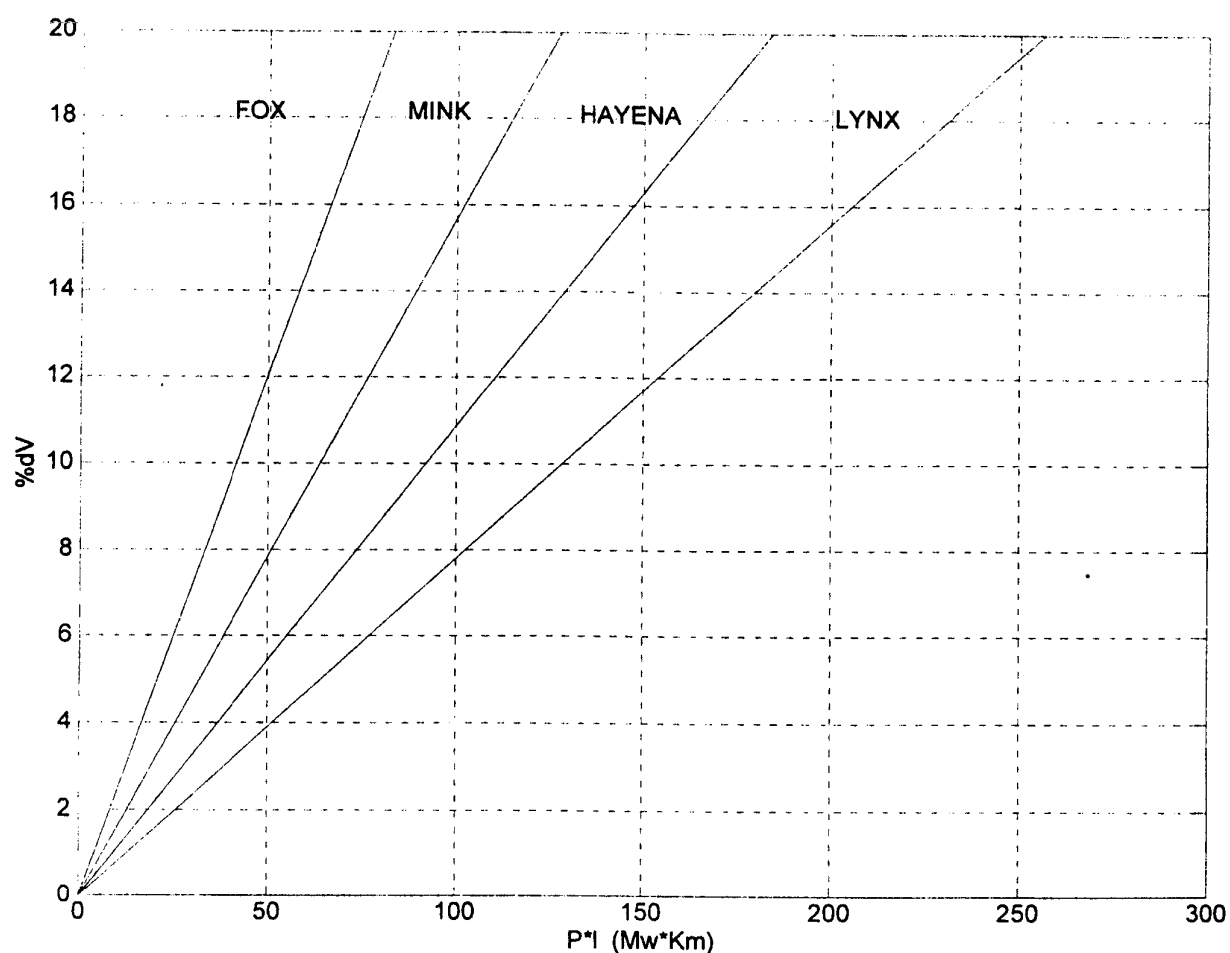
شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۶

پیوست (ث) - منحنی های افت ولتاژ برای سیمهای توزیع

در این پیوست برای هر یک از سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع (فاکس، مینک، هاینا و لینکس) و در هر یک از ولتاژهای استاندارد شده این خطوط (20kv و 33kv) نمودارهای تغییرات درصد افت ولتاژ با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان ($P \times l$) آورده شده است. برای خطوط 20KV کراس آرم $1/5$ متری و پایه 12 متری و برای خطوط 33KV کراس آرم 2 متری و پایه 12 متری در نظر گرفته شده است. $\cos\phi$ برابر 0.9 فرض شده است.

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۷

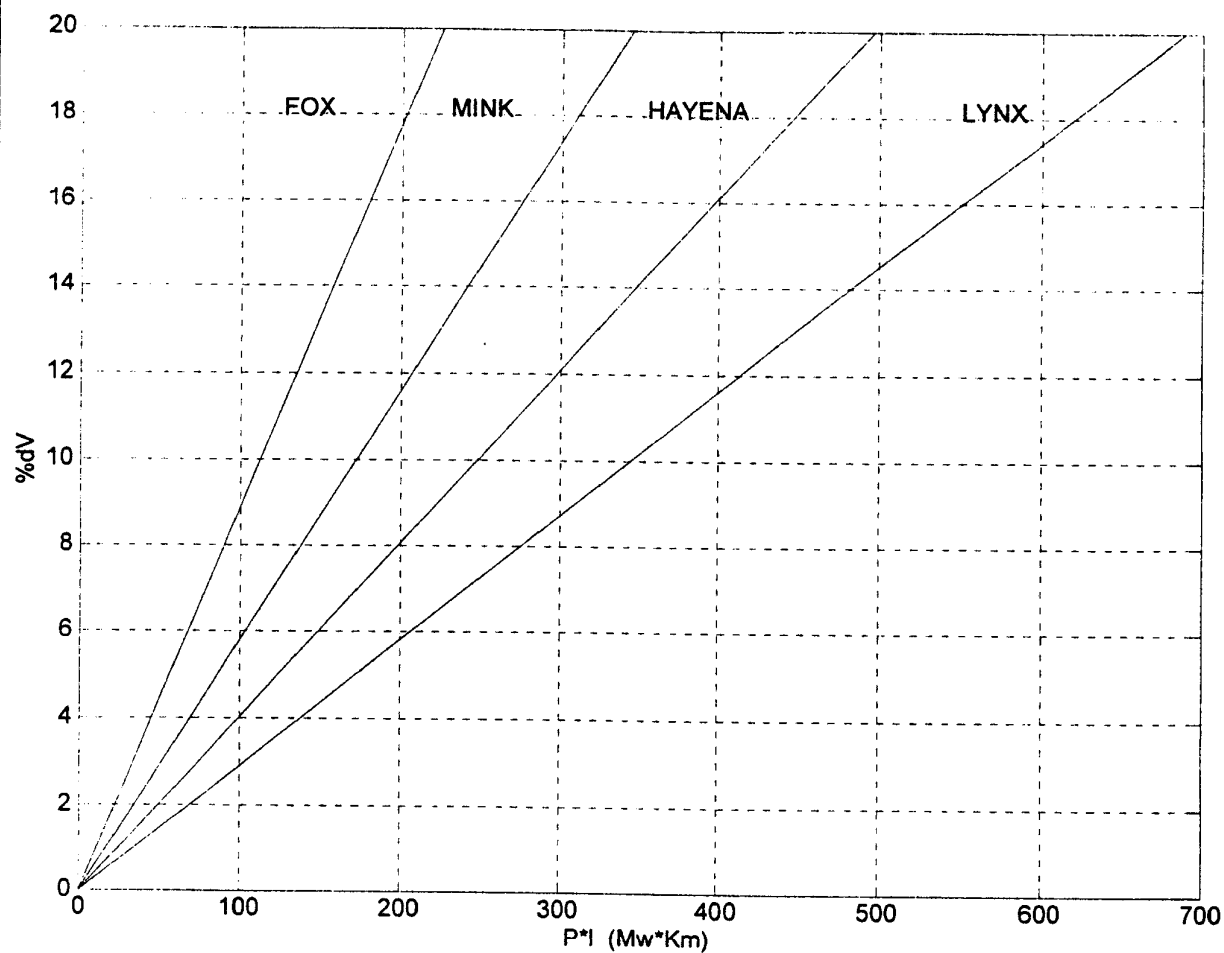
تغییرات درصد افت ولتاژ با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان
(ولتاژ = ۲۰ kV، کراس آرم ۱/۵ متری، پایه ۱۲ متری، $\cos\varphi = ۰/۹$)



شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۸

تغییرات درصد افت ولتاژ با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان

(ولتاژ = ۳۳kV، کراس آرم ۲ متری، پایه ۱۲ متری، $\cos\varphi = 0.9$)



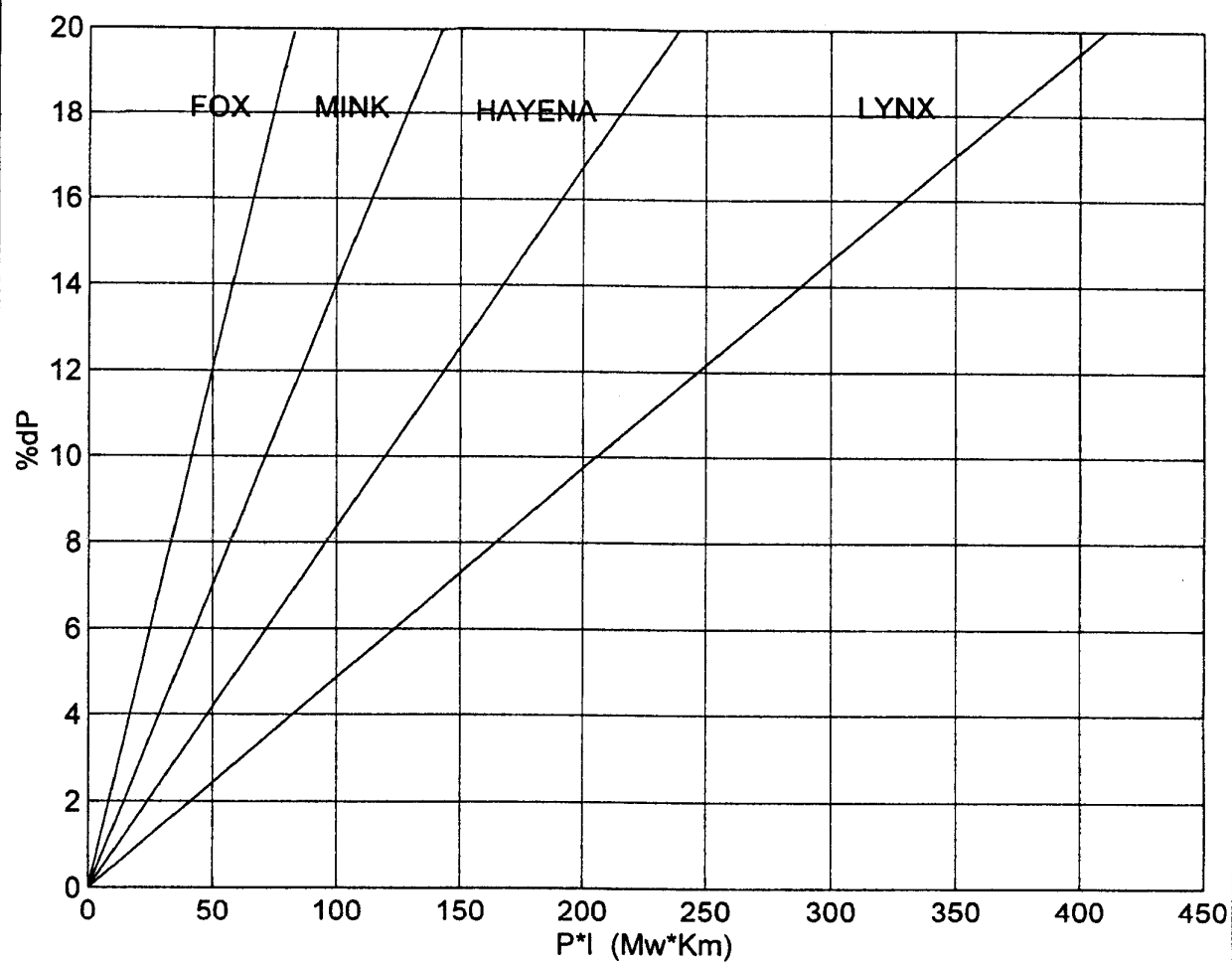
شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۷۹

پیوست (ج) - منحنی های افت توان برای سیمهای توزیع

در این پیوست برای هر یک از سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع (فاکس، مینک، هاین و لینکس) و در هر یک از ولتاژهای استاندارد شده این خطوط (20kv و 33kv) نمودارهای تغییرات درصد افت توان با تغییرات حاصل ضرب مسافت در توان ($P \times L$) آورده شده است. برای خطوط 20KV کراس آرم $1/5$ متری و پایه 12 متری و برای خطوط 33KV کراس آرم 2 متری و پایه 12 متری در نظر گرفته شده است. $\cos\phi$ برابر 0.9 فرض شده است.

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۰

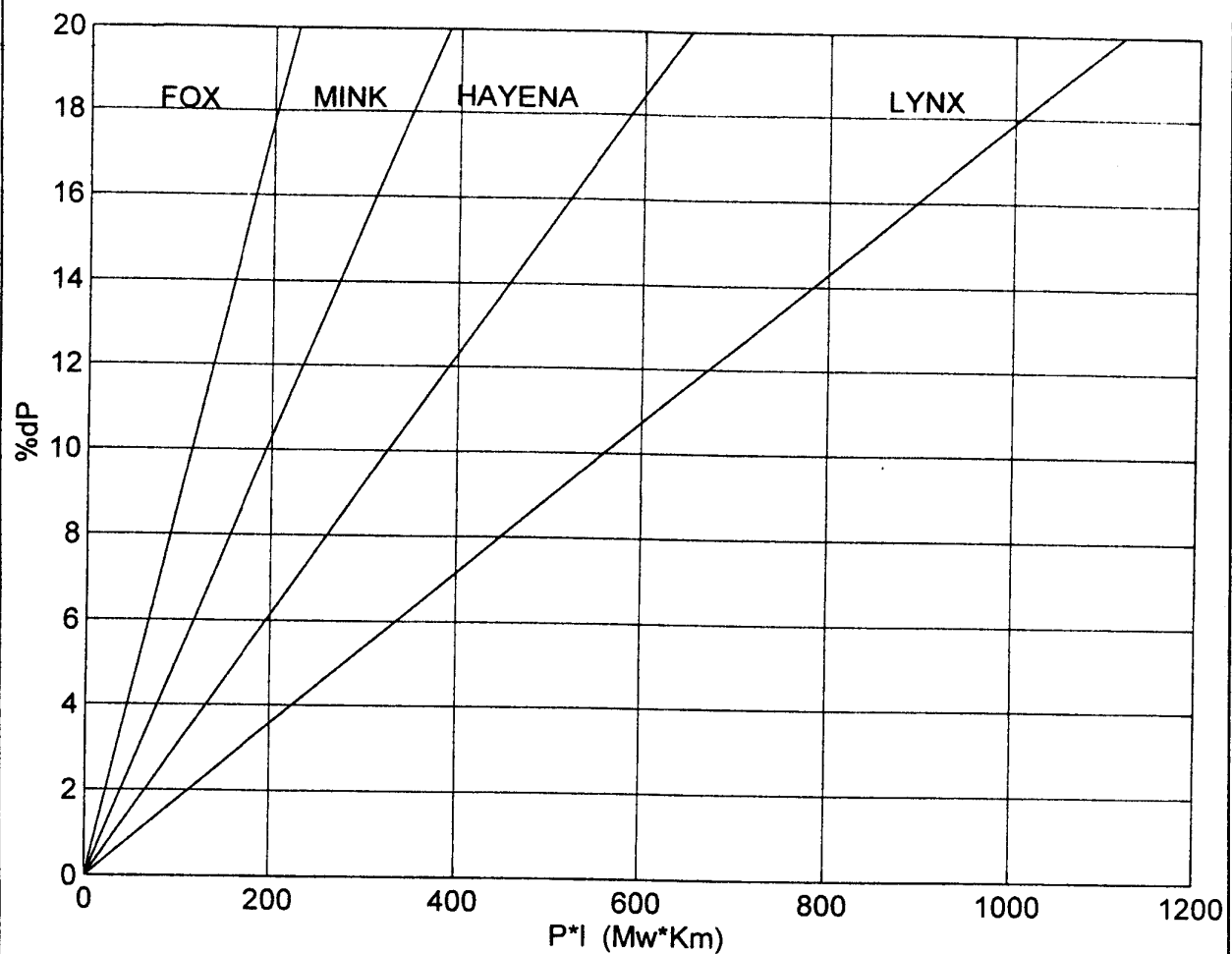
تغییرات درصد افت توان با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان
(ولتاژ = ۲۰kV، کراس آرم ۱/۵ متری، پایه ۱۲ متری، $\cos\phi = 0.9$)



تاریخ: فروردین ۱۳۷۸	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	شماره استاندارد ۵۱-۱
صفحه: ۸۱	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	معاونت تحقیقات و تکنولوژی

تغییرات درصد افت توان با تغییرات حاصلضرب مسافت در توان

(ولتاژ = ۳۳kV، کراس آرم ۲ متری، پایه ۱۲ متری، $\cos\phi = 0.9$)



شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۲

پیوست (چ) - منحنی های جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای توزیع

در این پیوست نمودارهای جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای استاندارد شده خطوط توزیع (مسی و ACSR) بر حسب زمان عبور این جریان رسم شده است. T_n دمای هادی در کارکرد عادی و T_{max} حداکثر دمای مجاز هادی در حین اتصال کوتاه است.

حداکثر جریان اتصال کوتاه برای هادی از یک جنس از رابطه زیر بدست می آید:

$$I = \sqrt{\frac{4/184 \times \frac{A^2 W C}{\alpha \rho_{(T_n)} \times t \times 10^6} L_n [1 + \alpha (T_{max} - T_n)]}{}}$$

I : حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز در زمان t [KA]

t : زمان عبور جریان اتصال کوتاه [S]

A : سطح مقطع [mm²]

W : چگالی وزنی [g/cm³]

C : ضریب حرارتی ویژه [cal/gr°C]

α : ضریب حرارتی مقاومت الکتریکی [$\frac{1}{°C}$]

$\rho_{(T_n)}$: مقاومت ویژه در دمای T_n [$\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$]

T_n : دمای اولیه هادی [°C]

T_{max} : دمای ماکزیمم [°C]

در مورد هادی ACSR حداکثر جریان اتصال کوتاه از رابطه زیر بدست می آید:

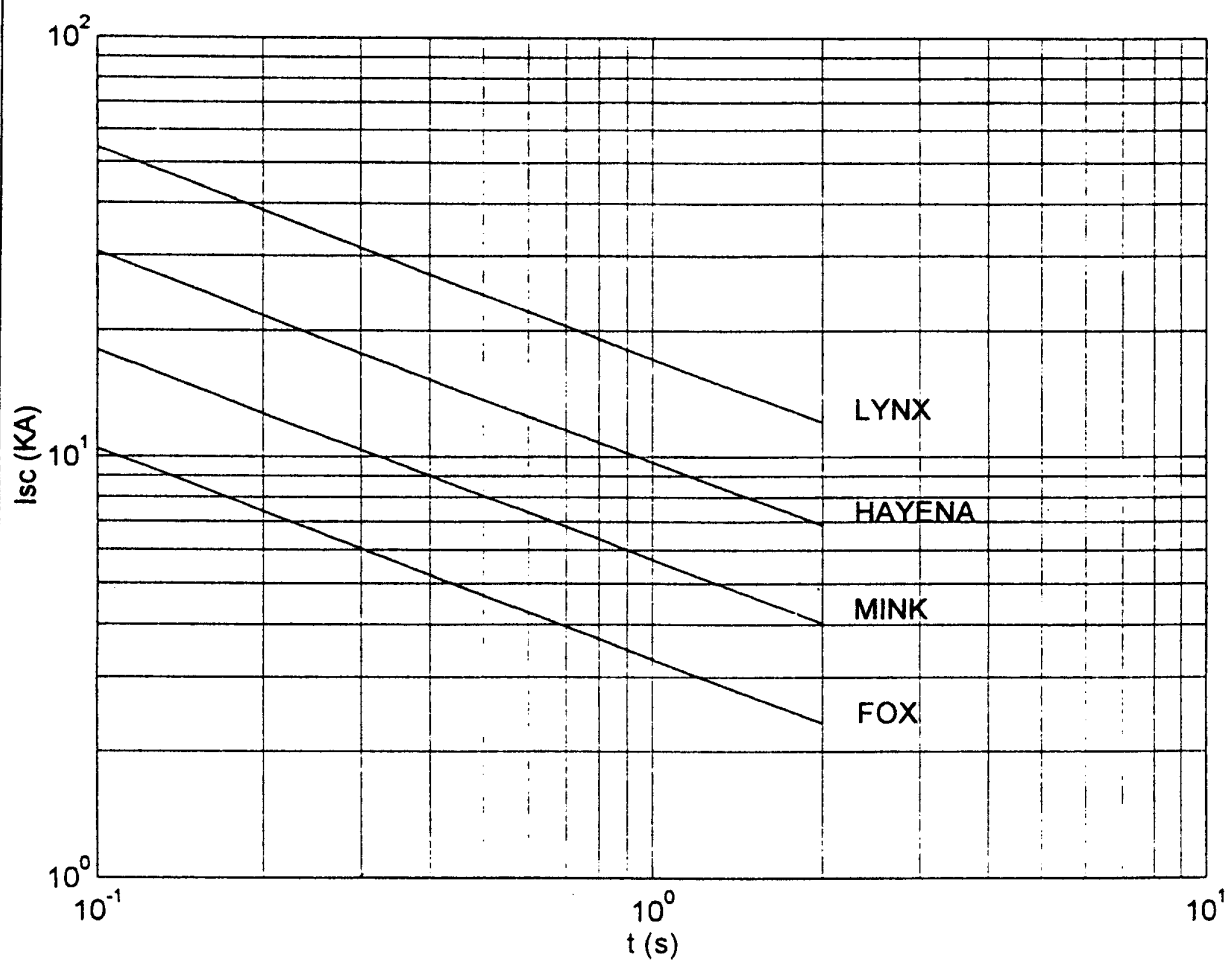
$$I = \sqrt{\frac{4/184 \times \frac{A_1^2 W_1 C_1 + A_2^2 W_2 C_2}{t \times 10^6 \times \alpha_1 \rho_{(T_n)}} \times L_n [1 + \alpha_1 (T_{max} - T_n)]}{}}$$

مقادیر با اندیس ۱ مربوط به مس و مقادیر با اندیس ۲ مربوط به فولاد است.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۳

حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای ACSR توزیع بر حسب زمان عبور این جریان

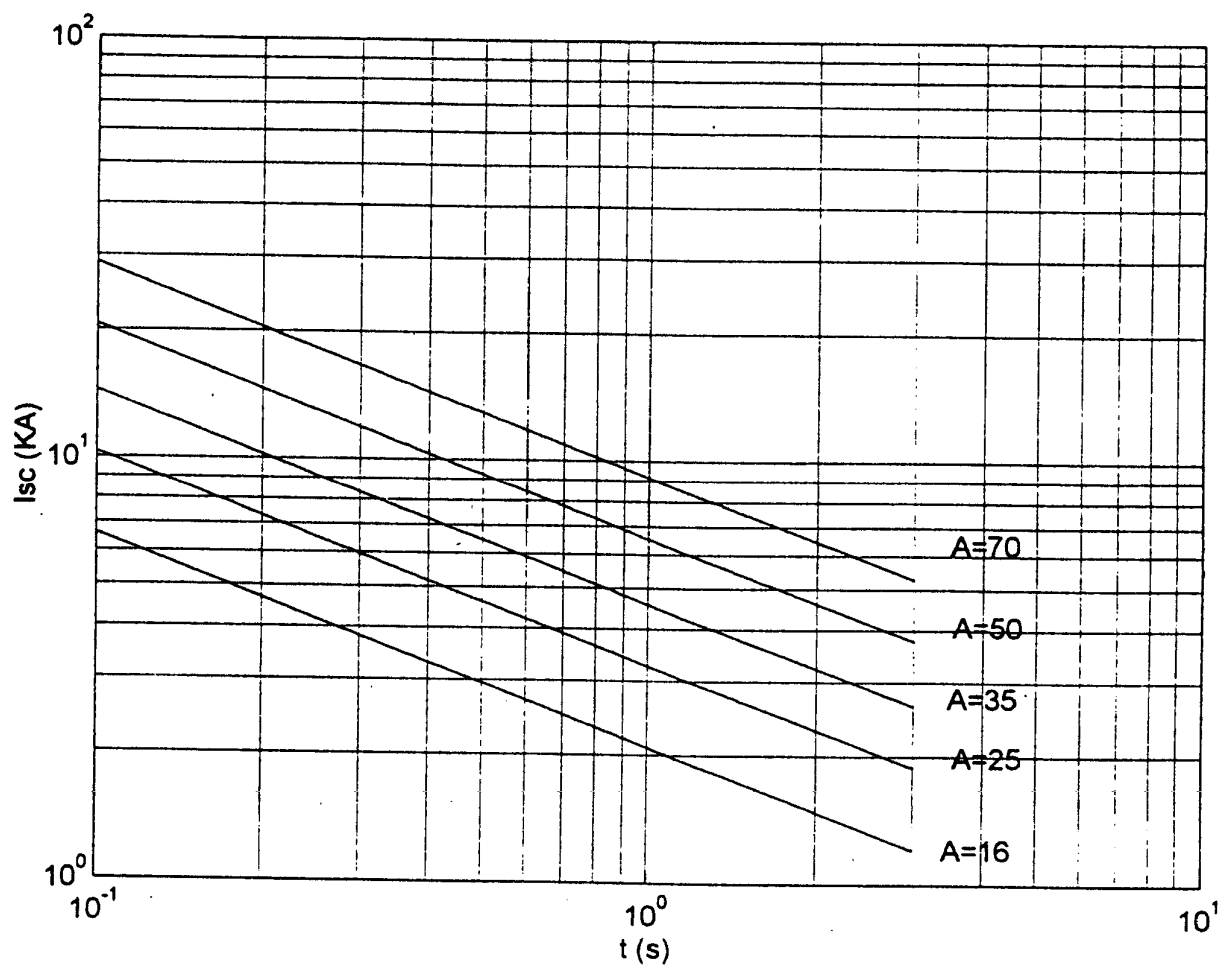
$$(T_{\max} = 180^{\circ}\text{C} \text{ و } T_n = 70^{\circ}\text{C})$$



شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۴

حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز سیمهای مسی توزیع بر حسب زمان عبور این جریان

$$(T_{\max} = 200^{\circ}\text{C} \text{ و } T_n = 70^{\circ}\text{C})$$



شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۵

پیوست (ح) - مراحل طراحی و اجرای یک خط هوایی توزیع انرژی الکتریکی

مراحل طراحی و اجرای یک خط هوایی مطابق این استاندارد بصورت زیر است:

۱- مسیریابی

۲- محاسبات الکتریکی

۱-۲- در نظر گرفتن حداکثر افت ولتاژ و حداکثر افت توان و سطح اتصال کوتاه لازم

۲-۲- استخراج هادیها و سطح ولتاژهای قابل قبول در شرایط بند ۱-۲

۳-۲- بررسی اقتصادی

۴-۲- انتخاب هادی و سطح ولتاژ بهینه

۳- محاسبات مکانیکی

۱-۳- استخراج جداول کشش و فلش و ضریب اطمینان رژیمهای مختلف و همچنین جداول نصب با توجه به

نوع منطقه و هادی مورد نظر

۲-۳- محاسبه حداکثر فلش الکتریکی با توجه به نوع کراس آرم

۳-۳- استخراج سطرهایی از جدول که شرط ضریب اطمینان و حداکثر فلش الکتریکی را برآورده سازد.

۴-۳- تهیه جدول مقایسه

۵-۳- حذف ستونهای فاقد شرایط حداکثر اسپن وزنی و حداکثر اسپن بادگیر از جدول مقایسه

۶-۳- برآورد اقتصادی و انتخاب نهایی اسپن

۷-۳- استخراج سطر مربوط به اسپن معادل و پارامتر انتخاب شده از جدول نصب

۸-۳- تهیه نمودارهای فلش و کشش نصب

۹-۳- پایه گذاری روی پروفیل

۱۰-۳- کنترل مقاومت پایه ها و نیروی بالابرنده و در صورت لزوم استفاده از مهار

۴- نصب و تنظیم سیم با استفاده از منحنیهای فلش و کشش نصب

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۶

پیوست (خ) - یک نمونه مثال عملی

در این پیوست مشخصات یک نمونه عملی خط توزیع آورده شده است و سپس طراحی الکتریکی و مکانیکی آن مطابق این استاندارد صورت گرفته است. مشخصات خط و منطقه بصورت زیر است.

- نوع منطقه : سبک و متوسط

- طول خط : ۱۰ کیلومتر

- قدرت انتقالی : ۵/۵ مگاوات آمپر ($\cos\phi = 0.9$)

- افت ولتاژ مجاز : ۵ درصد

- سطح اتصال کوتاه لازم : ۷ کیلو آمپر در مدت زمان ۰/۵ ثانیه

- پروفیل منطقه (برای تعیین طول دقیق اسپنرها و محل پایه‌های گوشه‌ای)

- ضریب اطمینان لازم در طراحی مکانیکی : ۲/۵

مراحل اجرای خط پس از مسیریابی بترتیب زیر است.

۱- طراحی الکتریکی

در طراحی الکتریکی با در نظر گرفتن افت ولتاژ و سطح اتصال کوتاه، هدف تعیین سطح ولتاژ و نوع و سائز هادی است. با توجه به منحنیهای افت ولتاژ مجاز در پیوست (ث) و با توجه به اینکه طول خط ۵km و قدرت انتقالی ۵/۵MVA و $\cos\phi = 0.9$ است و افت ولتاژ مجاز ۵ درصد در نظر گرفته شده است، دیده می شود که سیم مینک با ولتاژ ۲۰KV و سیم فاکس با ولتاژ ۳۳KV جوابگو هستند. اگر به سطح اتصال کوتاه لازم در خط نیز توجه شود (۷ کیلو آمپر در مدت ۰/۵ ثانیه) با استفاده از نمودارهای پیوست (ج) می توان نتیجه گرفت که بین دو سیم مینک و فاکس فقط سیم مینک جوابگو می باشد. بنابراین هادی سیم مینک و سطح ولتاژ ۲۰KV انتخاب می شود.

۲- محاسبات مکانیکی

۲-۱- تهیه جداول شرایط مختلف آب و هوایی برای سیم انتخاب شده

در این جداول با فرض پارامترهای مختلف سیم در وضعیتهای مختلف آب و هوایی منطقه، مقادیر فلش و

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۷

کشش و ضریب اطمینان محاسبه می شوند. این جداول برای سیم مینک در منطقه آب و هوایی مثال مذکور (سبک و متوسط) در پیوست (الف) آورده شده است.

۲-۲- انتخاب پارامتر سیم و اسپن معادل طراحی و ارتفاع پایه ها

با توجه به اینکه ضریب اطمینان لازم برای مقاومت مکانیکی سیمها ۲/۵ در نظر گرفته شده است و با توجه به حداکثر فلش الکتریکی که در زیر حساب شده است اسپنهای مجاز مشخص می شوند.

$$Pc = Kc \sqrt{f_{max} + L_1} + \frac{U}{150} \xrightarrow{\text{(مقره سوزنی)}} 1/2 = 0/85 \sqrt{f_{max} + 0} + \frac{20}{150} \Rightarrow f_{max} = 1/574m$$

برای تعیین ارتفاع پایه ها باید حریم مجاز خط مشخص شود در این مثال:

$$\text{حریم مجاز هادیها از زمین} = 6/2 + 0/5 = 6/7m$$

با استفاده از مطالب فوق جدول مقایسه تشکیل می شود. در سطر آخر جدول مقایسه حداکثر نیروی افقی

وارد بر پایه های مماسی محاسبه و نوشته می شود. این نیرو از شرایط حداکثر باد حاصل می شود. برای پایه ۱۲

متری و اسپن ۸۰ متری این نیرو برابر است با:

$$\text{قدرت لازم پایه مماسی} = \frac{h}{h_1} \times KSV^2 + 3 \times (S \times W_w)$$

$$b - \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} \quad (h = \frac{b - a}{b - a} \times G)$$

$$= \frac{5/2}{12-0/6} \times [0/0812 \times (0/3 \times 12) \times (16 \times 126)] + 3 \times [80 \times (126 \times 10/98 \times 10^{-3})]$$

$$= 600.Kgf$$

a	۶۵۰	۶۵۰	۶۰۰	۶۰۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۰۰	۵۰۰	۴۵۰	۴۵۰	۴۰۰	۴۰۰
S (m)	۸۵	۷۵	۸۵	۷۵	۸۰	۷۵	۷۵	۷۰	۷۵	۶۵	۷۰	۶۰
f _{max} (m)	۱/۴۹	۱/۱۷	۱/۵۷	۱/۲۳	۱/۴۸	۱/۳	۱/۴۱	۱/۲۳	۱/۵۶	۱/۱۷	۱/۵۳	۱/۱۲
ضریب اطمینان	۲/۵۵	۲/۵۶	۲/۶۸	۲/۶۸	۲/۸۳	۲/۸۳	۳/۰۲	۳	۳/۲۷	۳/۲۱	۳/۵۸	۳/۴۸
ارتفاع محل نصب سیم از زمین (m)	۸/۱۹	۷/۸۷	۸/۲۷	۷/۹۳	۸/۱۷	۸	۸/۱۱	۷/۹۳	۸/۲۶	۷/۸۷	۸/۲۳	۷/۸۲
ارتفاع پایه (m)	۹/۸۹	۹/۵۷	۹/۹۷	۹/۶۳	۹/۸۷	۹/۷	۹/۸۱	۹/۶۳	۹/۹۶	۹/۵۷	۹/۹۳	۹/۵۲
ارتفاع نرم شده (m)	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
قدرت لازم برای پایه (Kgf)	۶۲۱	۴۸۲	۶۲۱	۵۸۰	۶۰۰	۵۸۰	۵۸۰	۵۶۰	۵۸۰	۴۴۰	۵۶۰	۴۲۰

چون طول اسپن در تمام موارد ۱۲m محاسبه شده است، برآورد اقتصادی بین طول اسپن و قدرت لازم پایه

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۸

صورت می‌گیرد. برای این منظور با در نظر گرفتن طول اسپن و قدرت لازم پایه در هر پارامتر اقتصادی‌ترین طول اسپن و قدرت پایه انتخاب می‌شوند و پارامتر مربوطه بعنوان پارامتر نهایی انتخاب می‌شود.

پس از بررسی اقتصادی بین مقاومت پایه‌ها و طول اسپن، اسپن معادل ۸۵m، پارامتر سیم ۶۵۰ و ارتفاع پایه ۱۲ متر انتخاب گردید یعنی:

$$S_{eq} = 85m \text{ و } a = 650 \text{ و } 12m = \text{ارتفاع پایه}$$

۳-۲- تهیه تمپلت

طبق آنچه در بخش ۱-۴-۵ بیان شد منحنیهای سرد و گرم و معمولی و فاصله مجاز سیم تا زمین و نیز منحنی محل پایه استاندارد رسم می‌شود و بر اساس آنها تمپلت تهیه می‌شود و سپس روی پروفیل (با توجه به عوارض و شکل زمین) پایه‌گذاری صورت می‌گیرد و محل دقیق پایه‌های مماسی و گوشه‌ای و زاویه پایه‌های گوشه‌ای مشخص می‌شود.

۴-۲- قدرت پایه‌های گوشه‌ای:

در این مرحله می‌توان قدرت لازم برای پایه‌های گوشه‌ای را محاسبه کرد.

برایند افقی نیروی کشش سیم در دو طرف + نیروی باد بر سیم + نیروی باد بر پایه - مجموع نیروهای وارد بر پایه گوشه‌ای

بعنوان مثال اگر در نقطه‌ای خط باندازه ۳۰° تغییر مسیر داده باشد:

$$\begin{aligned} \text{قدرت پایه} &= \frac{h}{h_1} (KS_v') + 3 \times [S_w \times W_w \times \cos \frac{\gamma}{\gamma} + 2H \sin \frac{\gamma}{\gamma}] \\ &= \frac{5/2}{12-0/6} \times [0/0812 \times (0/3 \times 12) \times (16 \times 126)] + 3 \times [85 \times (126 \times 10/98 \times 10^{-3}) \times \\ &\cos 15^\circ + 2 \times 870/48 \times \sin 15^\circ] = 268/8 + 3 \times (113/6 + 450/6) = 1961 \text{Kgf} \end{aligned}$$

بنابراین نیاز به دو پایه با قدرت نرم شده ۱۲۰۰Kgf و یا یک پایه ۱۲۰۰Kgf و مهار می‌باشد.

۵-۲- استفاده از مهار در صورت لزوم

اگر در جایی از مسیر خط، پایه توان مقاومت کامل در برابر نیروهای وارد بر آن را نداشته باشد به تناسب موقعیت ممکن است از یکی از انواع مهار استفاده شود. بنابراین باید نیروی وارد بر پایه‌ها کنترل نهایی شود. همچنین نیروی uplift باید کنترل شود و در صورت لزوم برای مقابله با آن از مهار استفاده شود.

در مثال فوق اگر در نقطه مذکور از یک پایه ۱۲۰۰Kgf و مهار استفاده شود نیروی مقاومت مهار بصورت زیر

شماره استاندارد ۱-۵۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۸۹

محاسبه می شود. (فاصله محل نصب سیمها از زمین $h_1 = 11/4m$ و مهار ساده در فاصله $h_2 = 8m$ از سطح زمین به پایه متصل می شود. همچنین فرض می شود نقطه اتصال سیم مهار به زمین بگونه ای است که زاویه ۶۰° برابر ۶۰° می باشد.)

$$T' = \frac{h}{h_p} \times \frac{M - Kf}{\sin \alpha} = \frac{11/4}{8} \times \frac{1961 - 1 \times 1200}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = 1252 \text{ kgf}$$

۶-۲- جدول نصب و منحنیهای نصب

برای پارامتر بدست آمده جدول نصب تهیه می شود و سطر مربوط از جدول استخراج می شود. برای سیم مینک و در منطقه آب و هوایی سبک و متوسط این جداول در پیوست (ب) آورده شده است. در جدول مربوط به پارامتر ۶۵۰ سطر مربوط به اسپن معادل ۸۵m استخراج می شود و منحنیهای کشش و فلش نصب تهیه می شود. (این منحنیها برای پارامتر ۹۰۰ و اسپن معادل ۷۰ در منطقه آب و هوایی سبک و متوسط در پیوست (ب) آورده شده است). با استفاده از منحنیهای نصب بدست آمده نصب خط صورت می گیرد و کنترل میزان کشیده شدن سیم از طریق منحنی فلش در یک اسپن مشخص و یا از طریق منحنی کشش در هر اسپن دلخواه صورت می گیرد.

۷-۲- در حین اجرای خط همواره باید رعایت فاصله هوایی مدنظر باشد.

شماره استاندارد ۵۱-۱	عنوان فرعی: جلد اول - مبانی طراحی و جداول کاربردی	تاریخ: فروردین ۱۳۷۸
معاونت تحقیقات و تکنولوژی	عنوان اصلی: استاندارد خطوط هوایی	صفحه: ۹۰