الحقيبة الدراسية
لمادة هندسة السكك والمطارات
قسم التقنيات المدنية /فرع انشاء طرق
المرحلة الثانية

تعريف المطار :

أعطت المنظمة الدولية للطيران المدني ICAO تعريفاً للمطار بأنه عبارة عن سطح محدد على الأرض أو الماء (يحتوي على كافة الأبنية والتجهيزات والتمديدات اللازمة) وهو مُعد لكي يستعمل جزئياً أو كلياً لهبوط و إقلاع الطائرات على اختلافها.

يستعمل مصطلح مطار Airport للتعبير عن السطح المعد لاستقبال الطائرات الاعتيادية، في حين يستخدم تعبير القاعدة البحرية أو مرسى الطائرات الجومائية Hydrobase للتعبير عن الأحواض المائية المعدة لاستقبال الطائرات الجومائية، ويستخدم تعبير Heliport للتعبير عن السطوح المعدة لاستقبال طائرات الهيلوكبتر (الحوّامات) Helicopter.

تصنيف المطارات *Airport classification* :

تختلف المطارات في التخطيط والحجم اعتمادا على وظيفتها وأنواع الطائرات التي تهبط فيها، وبالتالي يمكن تصنيف الطائرات تبعاً لطبيعة الطائرات والعمليات المطلوبة منها، فهناك أربعة أنواع رئيسية من المطارات:

- المطارات التجارية (المدنية) Commercial airports.
- المطارات العسكرية Military airports.
- مطارات الملاحة العامّة (الخاصة) General aviation airport.
- المطارات الخاصة بمصانع الطائرات.

المطارات التجارية الصغيرة لهـــا مدرج واحد أو اثنان يتراوح طول كل منهما بشكل عام مـــن (1800~2400 m) ويمكـــن أن تستقبل طائرات أكبر من الطائرات التي يمكن أن تستقبلها مطارات الملاحة العامّة (الخاصة)، وتخدم المطارات التجارية الكبيرة مدن العـــالم الرئيسية، ويكون فيها عدة مدارج يتراوح طول كل منها بشكل عام من (3000~3700 m).

– المطارات العسكرية لها مدرج معبّد واحد أو اثنان، يتراوح طول كل منهما بشكل عام من ٣٠٠٠ إلى ٤٦٠٠ متـــر، هـــذه المطارات مستعملة فقط من قبل الطائرات العسكرية.

– مطارات الملاحة العامّة(الخاصة): هي المطارات التي تخدم الطائرات المدنية الصغيرة (وهي أصغر من المطـــارات التجاريـــة)، وتتواجد هذه المطارات في أغلب الأحيان في المناطق الريفية البعيدة أو في البلدات الصغيرة, مطارات الملاحة العامّة لها مدرج واحد أو اثنان، يتراوح طول كل منهما بشكل عام من 900 إلى 1500) متر أو من (3000~5000) قدم, بعض هذه المدارج تكون معبّدة، لكن كثيراً ما تكون مغطاة بالعشب، وتتفاوت وسائل الخدمة على نحو واسع في مطارات الملاحة العامّة وذلك حسب حجم المطار.

المطارات الجومائية : *Hydrobase*

هنا لابد من وجود أحواض مناورة في نهاية الأقنية لتسمح بدوران الطائرات الجومائية و الأقطار الأصغرية لهذه الأحواض موضحة في الجدول التالي:

صنف المطار	قطر حوض المناورة
A	٥٠٠
B	٤٠٠
C	٣٠٠

مطارات الهيلوكبتر:

هناك تصنيفان أساسيان لمطارات الهيلوكبتر:

١- المطارات المعدة للأعمال الجوية(نقل البريد، التكسي الجوي،.....).

٢- المطارات المعدة لنقل المسافرين وهذه المطارات تستقبل الطائرات الثقيلة نسبياً ولذلك يجب أن تكون أساسات هذا النـــوع قوية و متينة.

هذا وإن أبعاد ساحات وقوف الهيلوكبتر المعتمدة وفق المنظمة البريطانية (IATA) هي التالية:

وزن طائرة الهيلوكبتر بالكغ	أبعاد ساحات الوقوف بالمتر
1350	45 x 45
2780	60 x 60
5500	75 x 75
8200	90 x 90

وبشكل نموذجي فإن أبعاد مهابط طائرات الهيلوكبتر الأكثر أماناً هي كما يلي :

الطول: يساوي أربع مرات من أجنحة أكبر طائرة هيلوكبتر أو مرتين إلى ثلاث مرات من طول أكبر طائرة وبشكل نموذجي فإن طول المهبط يساوي 120 متراً.

العرض: يساوي عرض المهبط على الأقل ضعف طول مروحة الطائرة وبشكل نموذجي فإن عرض المهبط يساوي ٦٠ متراً.

ويمكن أن يتم هبوط طائرات الهيلوكبتر على مطارات متنقلة موجدة على سيارات متنقلة وهي عبارة عن منصة خشبية ذات إطار فولاذي مع ثلاث خزانات تحت هذه المنصة تحوي على وقود للهيلوكبتر و بعض المحاليل الكيميائية اللازمة

تعريف المطار :

أعطت المنظمة الدولية للطيران المدني ICAO تعريفاً للمطار بأنه عبارة عن سطح محدد على الأرض أو الماء (يحتوي على كافة الأبنية والتجهيزات والتمديدات اللازمة) وهو مُعد لكي يستعمل جزئياً أو كلياً لهبوط و إقلاع الطائرات على اختلافها.

يستعمل مصطلح مطار Airport للتعبير عن السطح المعد لاستقبال الطائرات الاعتيادية، في حين يستخدم تعبير القاعدة البحرية أو مرسى الطائرات الجومائية Hydrobase للتعبير عن الأحواض المائية المعدة لاستقبال الطائرات الجومائية، ويستخدم تعبير Heliport للتعبير عن السطوح المعدة لاستقبال طائرات الهيلوكبتر (الحوّامات) Helicopter.

تصنيف المطارات *Airport classification* :

تختلف المطارات في التخطيط والحجم اعتمادا على وظيفتها وأنواع الطائرات التي تهبط فيها، وبالتالي يمكن تصنيف الطائرات تبعاً لطبيعة الطائرات والعمليات المطلوبة منها، فهناك أربعة أنواع رئيسية من المطارات:

- المطارات التجارية (المدنية) Commercial airports.
- المطارات العسكرية Military airports.
- مطارات الملاحة العامّة (الخاصة) General aviation airport.
- المطارات الخاصة بمصانع الطائرات.

اختيار موقع المطار :

أول ما يجب عمله عند انتقاء موقع المطار هو وضع بعض القواعد والمفاهيم التي يمكن استخدامها كدليل في تعيين موقع المطار وسعته وأبعاده.

إن العوامل التي تؤثر في موقع المطار هي:

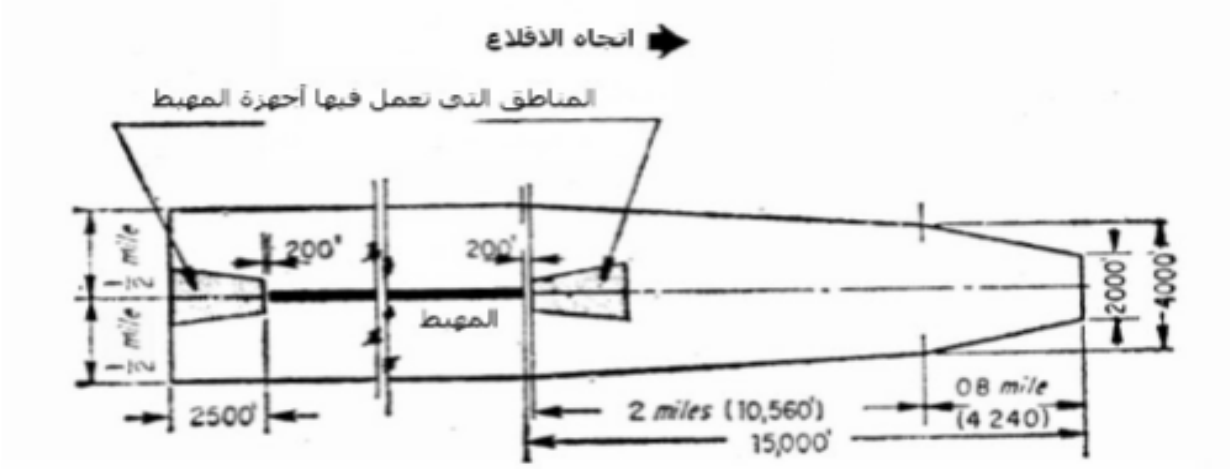
١- البعد عن التوسع العمراني المحيط بالمطار
٢- الظروف الجوية و نظام الرياح
٣- سهولة الوصول إلى المطار
٤- قابلية المطار للتوسع
٥- وجود مطارات أخرى قريبة من موقع المطار المراد إنشاؤه
٦- طبوغرافية موقع المطار
٧- اقتصادية إنشاء المطار
٨- المرافق العامة اللازمة للمطار
٩- الحاجة الملحة لاستعمال الطائرة في المنطقة

وسنقوم بشرح هذه العوامل بشيء من التفصيل :

١- البعد عن التوسع العمراني المحيط بالمطار:

إن هذا العامل مهم جداً من حيث نشاط المطار وخصوصاً على الأراضي المجاورة، وهذا يتطلّب دراسة جيدة للموقع في الحاضر وفي المستقبل للأراضي المحيطة بالموقع المراد إنشاء المطار عليه، فمثلاً يجب الابتعاد ما أمكن عن المناطق الآهلة بالسكان وخصوصاً المدارس، لأن الأصوات الناتجة عن مرور الطائرات وخصوصاً الطائرات النفاثة هي عامل مهم في هذا الموضوع، وبالرغم من وجود القوانين التي تحدد

وصول الطائرات إلى المطار وإقلاعها منه في مثل هذا النوع من المطارات فتبقى الأصوات هي العامل المزعج الذي يؤثر في انتقاء موقع المطار قرب المدن الآهلة بالسكان وبناء على ذلك وبعد دراسة هذا الموضوع على الطائرات Boeing - 707-120 التي تزن ١٢٣ طناً فقد أوصت إدارة الطيران الاتحادية في أمريكا بإتباع ما جاء في الشكل التالي كي يكون السكان في مأمن من أصوات الطائرات التي تهبط في المطار وتقلع من هذا المطار :



ولا يسمح بإنشاء أي أبنية للسكن أو أية أمكنة لتجمع الجمهور داخل حدود المنطقة المخصصة للمطار الموضحة بالشكل السابق، كما أن بعض مصانع الطائرات بدأت تجهيز طائراتها بكاتم للصوت مثل طائرات DC – 8 ، Boeing – 707 منذ عام ١٩٦٨.

وهنا لابد من الإشارة إلى أن مآسي الانفجارات والأصوات القوية الناتجة عن اختراق الطائرات للجدار الصوتي أدت إلى أضرار كبيرة لسكان و المنازل، فعند اختراق الطائرة لجدار الصوت تزيح الطائرة الهواء جانباً أثناء طيرانها محدثةً بذلك عدداً لا حصر له من الاضطرابات، تعرف باسم موجات الضغط منبعها من الأماكن المختلفة على سطح الطائرة و تنتشر على شكل التموجات التي يحدثها قارب يمخر عباب الماء، و تنتقل هذه الموجات جميعاً بسرعة الصوت.

تستطيع هذه الموجات عند السرعات تحت الصوتية أن تتحرك بلا ضرر أمام الطائرة وخلفها بحيث لا تدركها الطائرة أبداً ولهذا نرى الطائرة ثم نسمع صوتها، وعندما تصل الطائرة إلى سرعة الصوت تصبح الموجات غير قادرة على أن تسبق الطائرة لأن مصدرها يتحرك معها و لهذا نرى الطائرة و نسمع صوتها بآن واحد.

أما عندما تتجاوز الطائرة سرعة الصوت تخلّف موجات الضغط وراءها، و تنحني موجة الصدمة إلى الخلف و هي ما زالت تبدأ من الطائرة، و إن شكل موجات الصدمة المتتالية يكون مخروطاً، و لهذا السبب نسمع صوت الطائرة ثم نراها.

و يمكن الإقلال من الآثار الضارة للمشاكل الصوتية بثلاث طرق:

- زيادة نحافة الأجنحة و استخدام حافة أمامية حادة.
- تصميم الأجنحة بحيث تكون أقصر و أعرض.
- إزاحة الأجنحة إلى الخلف على شكل حرف Δ بحيث يمر الهواء فوقها بزاوية تقلل من تسارع جريان الهواء عليها.

وعند اختراق الطائرة لجدار الصوت فإنها تحدث أصواتاً قوية أو ما يسمى بالانفجار الصوتي و الذي قد يمتد إلى مسافة ٢٥ ميلاً من مسقط الطائرة، و تقاس وحدة الانفجار الصوتي بـ $\frac{lb}{ft^2}$ أو بـ $\frac{Kg}{Cm^2}$

٢- الظروف الجوية و نظام الرياح:

إن أحد العوامل المهمة في انتقاء موقع المطار هو الشروط الجوية المحيطة بالمنطقة من حيث وجود الضباب، و الدخان و الأبخـــرة المختلفة، ذلك لأن هذه العناصر جميعها تؤثر على الرؤية أمام ربان الطائرة و خصوصاً إذا كانت على مستوى منخفض و ملتصقة بأرض المطار، كما أن نظام الرياح و شروط الرؤية السيئة لهما تأثير فعال في انتقاء موقع المطار.

٣- سهولة الوصول إلى المطار:

هذا العامل مهم في انتقاء موقع المطار إذ يجب أن يكون الوصول إليه سهلاً سواء بوسائط نقل عامة كالباصات و القطارات كما في مدينتي بروكسيل و لندن حيث يتم الوصول من المدينة إل المطار بواسطة القطار أو بوسائط نقل أخرى كالسيارات السياحية و الخاصـــة على أن يلحظ بجانب المطار ساحة كبيرة لوقوف سيارات المسافرين، أو بواسطة الهيليكوبتر التي تسمى تكسي هوائية و التي أدخلت مؤخراً على الميدان في كثير من دول العالم.

٤- قابلية المطار للتوسع:

يجب أن تكون المساحة المحيطة بموقع المطار كافية بحيث تستوعب الأبنية المساعدة التي يتوجب إنشاؤها في المستقبل بسبب التوسعات الملحوظة أو الطارئة في المطار علماً بأن المساحة المخصصة لمطار دمشق الدولي الجديد ١٣١٠٠٩٠٠ متر مربع و أما مساحة الكشف اللازمة للمطار فتقدر بحوالي ٢٨٨٠٠٠٠٠٠ متر مربع أي أكبر من مساحة المطار بعشرين مرة تقريباً.

٥- وجود مطارات أخرى بالقرب من موقع المطار المراد إنشاؤه:

هذا علم مهم في انتقاء موقع المطار، إذ من الواجب أن تكون هناك مسافة كافية تفصل بين مطارين متجاورين.

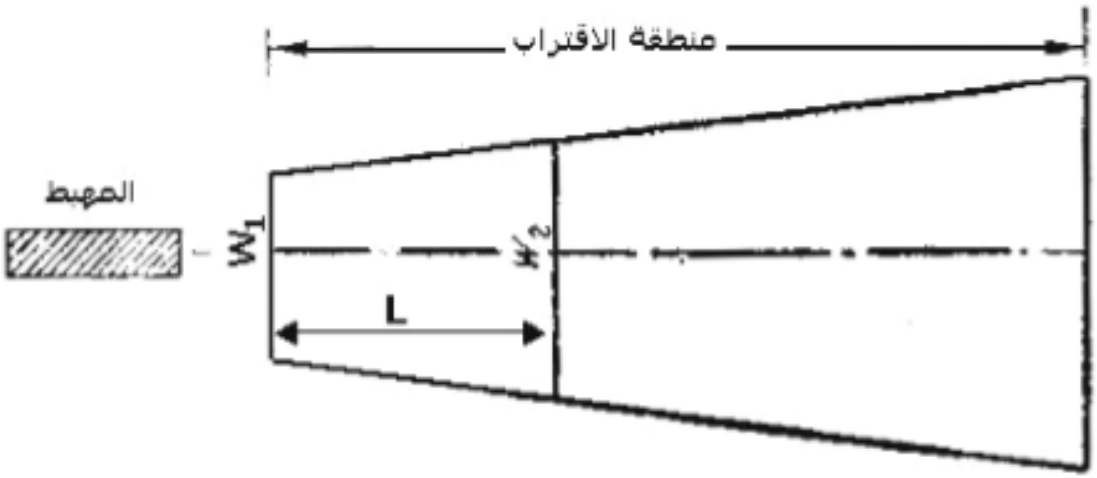
إن المسافة الصغرى الواجب تحقيقها بين المطارات تتعلق كلياً بحجم و نوع الرحلات وكذلك بتجهيزات المطارات التي تكون فيها الرؤية سيئة.

فإذا كانت المطارات معدة فقط لاستقبال الطائرات الصغيرة في حالة الرؤية الحسنة فيمكن أن تبلغ المسافة الصغرى الفاصلة بينها ٢ ميل تقريباً و إذا كانت المطارات معدة لاستقبال الطائرات الكبيرة ابتداء من النموذج convair فما فوق فتبلغ المسافة الصغرى الفاصلة بينها ٤ أميال تقريباً.

أما إذا كانت المطارات من النوع التي تستقبل الطائرات بالشروط السيئة فيجب أن لا تقل المسافة الفاصلة بينها عن 16 ميل.

٦- طبوغرافية موقع المطار:

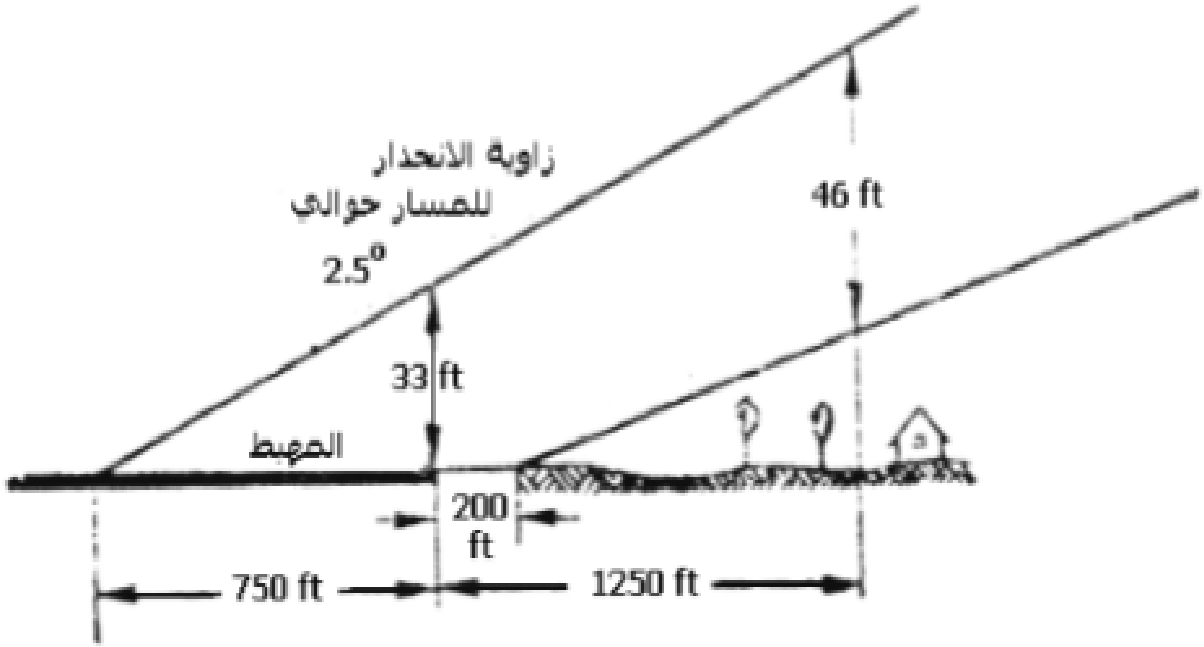
في حالة انتقاء موقع المطار يجب الأخذ بعين الاعتبار إمكانية توسعه بشكل مفاجئ و سريع بحيث لا توجد أية حواجز تعيق ذلك التوسع، و إذا وجد مثل تلك الحواجز يجب تنويرها أو الإشارة إليها بصورة سهلة و سريعة كي يكون الطيران في مأمن من المخاطر كما في الشكل التالي.



W_2 [ft]	W_1 [ft]	L [ft]
1000	1750	2500
500	900	2000
400	800	2000
250	450	1000

و عند وجود المطار قريباً من طريق عام أو من سكة حديدة يجب تحقيق شروط الكشف المذكور أعلاه بالإضافة إلى شروط أخرى في البعدين الأفقي و الشاقولي وهذا ما جاء في البند رقم ١٨ من الشروط الفنية الأمريكية T.S.O.

هذا و إن الشكل التالي بين حدود الكشف بالنسبة لمهبط طيران حيث توجد حواجز بجانب المهبط حسب طريقةT. S. O.



كما يبين أيضاً حدود مسار نزول الطائرات على المهبط بواسطة الآلات Instrument Landing System (I.T.S) وقد بدت جميع الأبعاد على الشكل ذاته على أساس أن ميل مسار الطائرات بواسطة الآلات يساوي 2.5 درجة على الأفق بحيث يتقاطع مع عتبة

العناصر التي تؤثر على الحجم العام للمطار :

يتعلق حجم المطار بالعناصر التالية :

1- حجم ومميزات الطائرات التي ستستعمل هذا المطار:

إن حجم ومميزات الطائرات التي ستستخدم المطار له تأثير كبير على طول المهبط وبالتالي حجم المطار

2- تزايد حجم الرحلات:

إن عدد الرحلات ومميزات هذه الرحلات تؤثر على عدد المهابط اللازمة وعلى وضع الطرق و الممرات.

3- العوامل الجوية:

لهذه العوامل تأثير كبير على حجم المطار، فارتفاع درجة الحرارة مثلاً يزيد من طول المهبط، أما الرياح فلا يقتصر تأثيرها على طول المهبط فحسب بل يتعدى ذلك إلى زيادة عدد المهابط.

4- ارتفاع أرض المطار:

إن ارتفاع له تأثير على طول المدرج سواء كان مستعملاً للهبوط أو الإقلاع.

5- الإقلال من المضايقات المزعجة في المطار:

يجب الإقلال من المضايقات التي تزعج الطائرات أثناء الهبوط والإقلاع، وإذا كان من غير المستطاع الإقلال منها فإننا نلجأ إلى إنشاء مهبط آخر تكون المضايقات فيه أقل، ومثال ذلك إذا كان توسع منطقة سكنية يتم باتجاه أحد المهابط يمكن إنشاء مهبط آخر باتجاه ثاني لا يتم فيه التوسيع وبذلك يتم تقليل المضايقات إلى الحد الأصغري الممكن.

أجهزة قياس سرعات و اتجاهات الرياح :

إن أجهزة القياس هي:

- مقياس اتجاه الرياح.
- مقياس سرعة الرياح.

إن أسهل طريقة للقياس تنحصر في إرسال مراقب مهمته أخذ القيم المسجلة على مقياس اتجاه الرياح وعلى مقياس سرعة الرياح بصورة دورية بمعدل ثلاث مرات في اليوم،مثلاً الساعة 6 والساعة 12 والساعة 18، وقد استعمل حديثاً جهاز تلفزيوني ذو إرسال إلكتروني لهذا الغرض.

تعريف المخطط العام للمطار :

يحدد المخطط العام حدود المطار، ومواقع عمليات المناورة (وهي المهابط الرئيسية والثانوية، الممرات، ساحات الانتظار وساحات الوقوف) كما يحدد القطاعات التي يمكن أن تنشا فيها الأبنية العامة للمطار، تلك الحدود تشكل بمجموعها ما يسمى المخطط العام كما يحدد هذا المخطط العام مواقع الأبنية المهمة، مواقع محطات التغيرات الجوية، تمديدات خزانات المحروقات والمسالك التي تصل المطار بالمدينة (الطرق) وأحياناً السكك الحديدية كما يحتوي المخطط العام للمطار على أنابيب توزيع الماء وأسلاك توصيل الكهرباء والمناطق المخصصة لسكن ممثلي الشركات ومكاتبهم.

منطقة التجهيزات :

يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار جميع الإدارات العامة أثناء دراسة المخطط العام للمطار وذلك حتى يؤدي المطار مهمته على أكمل وجه، ويدير تلك الإدارات العامة ويشرف عليها مديرية الطيران المدني، أما إذا كان المطار مختلطاً أي فيه طائرات مدنية وعسكرية فيمكن أن تشترك وزارة الحربية والطيران في إدارة المطار العامة مع السلطات المدنية في مديرية الطيران المدني، على أن توضع إشارات تبين المناطق التي تهيمن عليها السلطات العسكرية إلا أنه من المفضل فصل المناطق العسكرية عن المناطق المدنية.

وإذا كانت التجهيزات مبنية من كل جهة من جهات المهبط عند ذلك يفضل أن تكون التجهيزات المدنية من طرف والتجهيزات العسكرية من الطرف الآخر.

أما إذا كان المطار يحتوي على عدة مهابط فستحسن تخصيص منطقة بين المهابط للسلطات المدنية وأخرى للسلطات العسكرية، ولكن الحل الاقتصادي في هذه الحالة يتطلب أن تكون الأقسام المشتركة من التجهيزات واحدة للسلطتين المدنية والعسكرية كخزانات المحروقات وبرج المراقبة وباقي الأقسام من التجهيزات منفصلة.

مناطق التجهيزات المدنية:

علاوة على المناطق و الساحات المخصصة لوقوف الطائرات فهناك تجهيزات اخرى يمكن تقسيمها إلى ستة أقسام:

١. **التجهيزات التجارية :**

و هي إدارة المطار و مواقف السيارات الخاصة الخ...

٢. **التجهيزات الفنية :**

وهي الأبنية الفنية (التي تسمى أبنية القيادة) وتحتوي على برج المراقبة وأبنية التأمين ضد الحريق وخزانات المحروقات

٣. **التجهيزات الصناعية :**

و هي هنغارات الطائرات و مراكز صيانتها و مجموعة المعامل.

٤. تجهيزات الأمان (السلامة) :

- أجهزة التنوير و الإشارات .
- تجهيزات المواصلات السلكية و اللاسلكية.
- تجهيزات الملاحة الجوية و تجهيزات مراقبة الطيران الجوي.
- محطة التغيرات الجوية.

٥. الخدمات العامة :

- محطات تغذية المطار بالماء.
- محطات تغذية المطار بالكهرباء.
- محطات الشبكات الهاتفية.
- محطات الصرف الصحي و تصفية المياه القذرة.
- محطات شبكات التدفئة المركزية.
- محطات شبكات مراكز الهواء المضغوط.
- محطات مراكز كشف الحريق.

٦. أبنية السكن.

٧. تجهيزات مطار البضائع.

٨. تجهيزات المطارات الخاصة.

التجهيزات التجارية :

– **إدارة المطار** :

إن كلمة إدارة مطار تعني بناء متخصص لإدارة المطار مع أبنية أخرى ملحقة مهمتها تأمين ونقل المسافرين والبضائع والركاب والترانزيت، وهناك نوعين من الأبنية : إدارة نقل المسافرين وإدارة نقل البضائع.

ولا بد لنا من تمييز نوعين من المطارات :

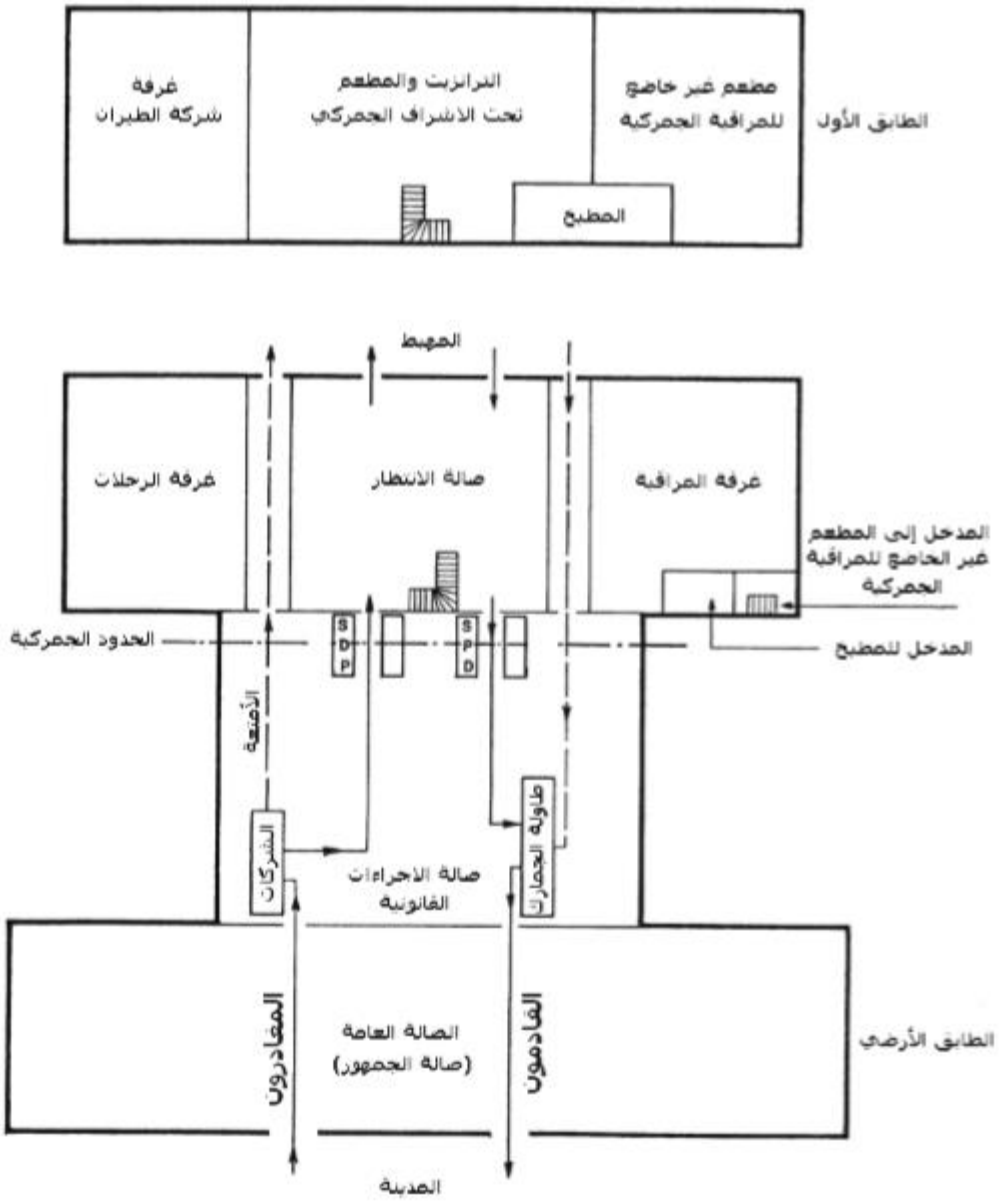
1- المطارات المعدة للنقل الداخلي ضمن الدولة وفيها لا يخضع المسافرون إلى تفتيش الأمن والجمارك وغير ذلك.

2- المطارات المعدّة للنقل الخارجي بحيث يخضع المسافر للتفتيش الدقيق من قبل جهات الأمن والجمارك والصحة ومهمة كل من هذه الجهات هو :

– **الأمن** : وتنحصر مهمته على مراقبة جوازات السفر أو الهوية الشخصية (حسب طبيعة تعامل الدول مع بعضها).

– **الجمارك** : وتنحصر مهمتها على مراقبة البضائع الداخلة إليها أو الخارجة منها، أما مراقبة الذهب والقطع النادر فإنه يخضع لمراقبة تزيد أو تنقص شدتها حسب نظام الدولة.

– **الصحة** : تنحصر مهمتها في مراقبة المسافرين الوافدين من مناطق يشك في أنها موبوءة بمرض معدٍ، ولكي لا يخضع هؤلاء المسافرين للحجر الصحي يجب أن يبرز شهادة تطعيم دولية تثبت سلامتهم من الأمراض السارية.



المخطط الأساسية لمبنى المطار

المخطوط الأساسية لمبنى المطار

ونلاحظ بأنه مقسّم إلى ثلاث أقسام رئيسية :

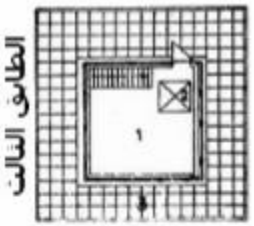
- الصالة العامة المشرفة على المدينة.
- صالة الإجراءات القانونية.
- مواقع المهابط.

تحوي الصالة العامة (صالة الجمهور) بصورة رئيسية على مكاتب شركات الطيران بحيث يمكن شراء بطاقات السفر والاستعلامات والمراكز التجارية

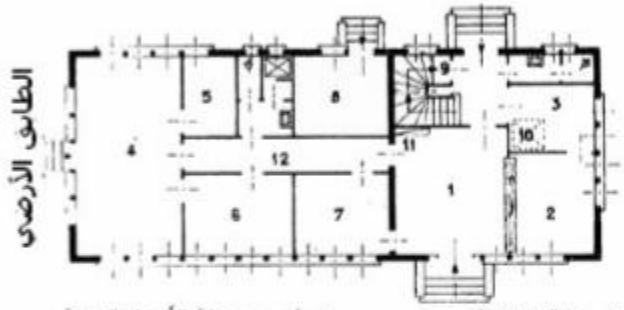
أما صالة الإجراءات القانونية فتدقق فيها التذاكر والأمتعة حيث توزن أمام المسافر الذي يمر بعد ذلك إلى مركز تدقيق الجوازات من قبل الشرطة (الهجرة والجوازات) ثم تفحص الأمتعة من قبل الجمارك.

التجهيزات الفنية :

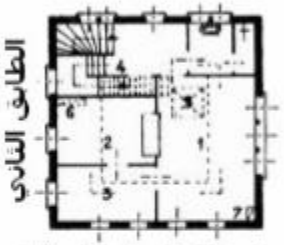
إن مهمة مجموعة الأبنية التي يوجد فيها التجهيزات الفنية هي تأمين وتدقيق الملاحة الجوية، وغالباً ما يكون موقع هذه المجموعة في مبنى إدارة المطار ويتوسط هذه المجموعة عادةً برج المراقبة، والشكل التالي يبين مجموعة التجهيزات الفنية مع تفاصيلها اللازمة :



1- المرصد
2- فتحة التهوية
3- شرفة

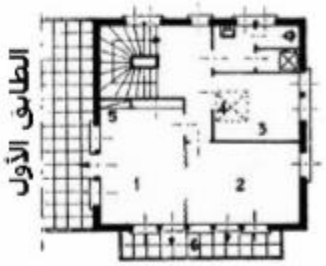


1- صالة الملاحة
2- صالة التوتر العالي
3- غرفة الصيانة والتلغرة
4- الملاحظات والمعلومات الجوية والرادار
5- صالة التجهيزات
6- نقل المعلومات الجوية
7- رئيس محطة الأرصاد الجوية
8- مكتب الشرطة
9- درج إلى القبو
10- فتحة التهوية
11- شبكة أسلاك
12- ممر



1- صالة الإرسال والاستقبال
2- صالة توليد القدرة
3- صالة نقل المعلومات
4- مدخل المرصد
5- فتحة التهوية
6- شبكة توصيلات
7- شبكة الأسلاك الذاهبة إلى المرصد

1- مركز شبكات الأسلاك
2- المولدات والموزعات الكهربائية
3- غرفة الأرشيف
4- غرفة أرشيف المعلومات الجوية

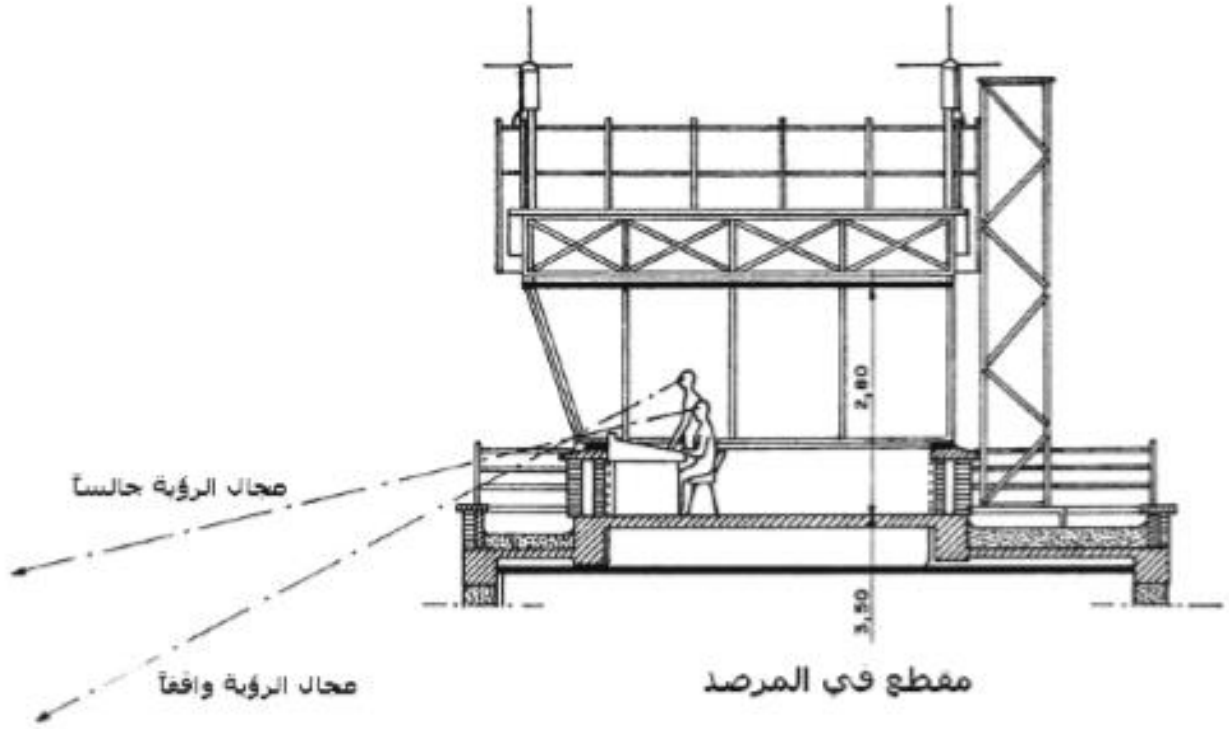


1- مذبر الهطار
2- المذبر المساعد
3- مكتب السكرتاريا
4- فتحة تهوية
5- شبكة الأسلاك والتوصيلات
6- شرفة

المجموعة الفنية

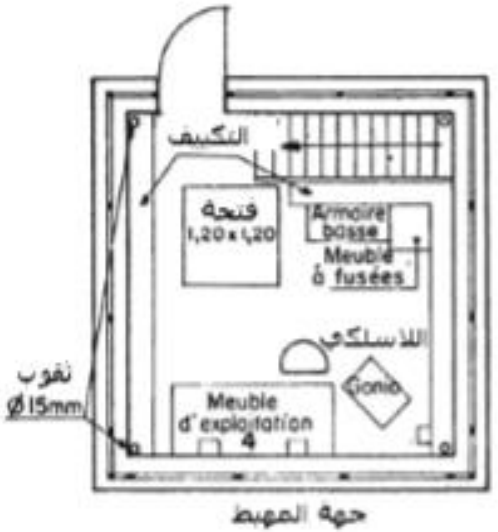
برج المراقبة :

يجب أن يشرف هذا البرج على جميع الجهات المحيطة بالمطار لكي يتمكن موظفو البرج من متابعة الطائرة، وعلى هذا الأساس يتم إشراف البرج على الأرض والمهابط لمسافة قدرها [3 km] تقريباً اعتباراً من ابتداء المهبط، وهذا الشرط يكفي لتحديد موقع البرج وارتفاعه, والشكل التالي يعطي المساقط والمقاطع لمختلف طوابق برج نظامي :



مقطع في المرصد

الطابق الأول
(الطابق النفدي)



المرصد

مخطط برج المراقبة

عندما يكون موقع البرج بجانب ساحة الوقوف (وهي الحالة الأكثر انتشاراً) فيقبل أن يكون زجاج النوافذ مائلاً بزاوية 15^{o} على الشاقول، وإن ما يزعج في زجاج برج المراقبة هو انعكاس الأنوار عليه، ومن أجل حل هذه المشكلة جزئياً يتم دهن سقف البرج الداخلي

بألوان قاتمة كي تبتلع الأنوار المضيئة، كما يتم حذف أنوار البرج الداخلية وتبقى فقط شبكات أنوار لوحات البرج المعدّة لتوجيه الطائرات، وغالباً ما يمتد سقف البرج نفسه على شكل مظلة من أجل الوقاية من أشعة الشمس.

ويجب أن يكون في البرج تكييف للهواء وعزل صوتي وحراري والمساحة يجب أن تكون كافية ومن الممكن ان تكـــون الغرفـــة مستطيلة، ويوجد تحت غرفة البرج غرفة أخرى لها نفس الأبعاد تتوضع فيها شبكات المراقبة والتجهيزات الكهربائية والراديو وورشة صغيرة من أجل صيانة هذه الآلات.

أبنية مكافحة الحريق :

إن مهمة فرق الإنقاذ ومصالح التأمين ضد الحريق هي إنقاذ كل ما يمكن إنقاذه في حال حدوث حريق مفاجئ في المطار، إن أسباب الخطر في هذه الحوادث أن خزان الوقود في الطائرة قد ينفجر ويصبح الوقود على تماس مع الأقسام الأخرى في الطائرة فيحرقها بـــسبب ارتفاع درجة الحرارة، وغالباً ما يكون سبب الحريق شرارة كهربائية أو حصول حادث مفاجئ للطائرة.

من أجل ذلك وجب إيجاد جهة تهتم بالتأمين ضد الحريق وفرق الإنقاذ في المطار، وتتألف فرق الإنقاذ من فرق رفع الأنقاض وفرق المطافئ والشرطة والمستشفيات الطبية، وتعمل هذه الفرق مع بعضها البعض، ومن المستحسن تقسيم المخطط العام للمطار إلى مربعـــات وتبين عليه مداخل نقاط مآخذ المياه، وأن توزع نسخة من هذا المخطط على برج المراقبة ومراكز إطفاء الحريق والأبنية التي تتوضع فيهـــا عربات الإنقاذ، كما توزع بعض النسخ على فرق الإنقاذ المدني التي قد تتدخل إذا لزم الأمر.

ويجب أن تكون عربات الإنقاذ وصهاريج المياه كافية في كل مطار حيث تستطيع أن تقوم لوحدها بعمليات الإنقاذ، وفي حال كان المطار قريب من البحر أو من نهر أو مجرى مائي فيفضل أن يكون موقع مراكز الإنقاذ بجانبها.

كما يجب تزويد أبنية مكافحة الحريق وفرق الإنقاذ بأجهزة هاتفية خاصة وأجهزة آخذة ومرسلة وأجهزة أخرى كصفارات الإنذار وما إلى ذلك، ومهمة هذه الأجهزة تأمين المعلومات بصورة سريعة بين مكان الحادث ومركز الإنقاذ كي تتجه عربات الإنقاذ إلى مكان الحادث بأقصى سرعة ممكنة.

أما مواقع سيارات الإنقاذ فيجب أن تكون أقرب ما يمكن إلى جميع المداخل التي قد يقع حادث فيها، وسيارات الإنقاذ يجب أن تكون متنوعة منها الخفيفة والثقيلة وصهاريج المياه وما إلى ذلك، كما تحتوي سيارات الإنقاذ على سيارات الإسعاف المختلفة ويجب أن يكون في المطار مركز للتمريض للقيام بالإسعافات الأولية.

خزانات الوقود :

في كل مطار يجب أن يتأمن خزانات للوقود من أجل تموين الطائرات ويجب أخذ الاحتياطات الكافية لتأمين التجهيزات المجاورة لتلك الخزانات بحيث يتم توزيعها بأقل وقت ممكن، ويتم تحديد سعة الخزان الواجب إنشاؤه في المطار بطرق إحصائية تتعلق بعدد الرحلات اليومية وحيوية المطار.

يجب أن يحقق موقع خزان الوقود الشروط التالية :

1- لا يشكل أي خطر على الملاحة الجوية وعلى استثمار المطار.

2- إتباع أقصر الطرق لنقل الوقود من المصافي البترولية إلى المطار ودراسة الناحية الاقتصادية لتكاليف النقل بكل دقة واستنتاج الطريق الواجب إتباعه لنقل الوقود سواء بواسطة النقل النهري أو البحري أو السكك الحديدية أو الطرق أو بواسطة الأنابيب.

3- إنقاص المسافة الواصلة بين خزان الوقود والطائرة إلى الحد الأصغري وإذا جرت تغذية الطائرات بواسطة الصهاريج فيجب إنقاص المسافة التي يسير بها الصهريج إلى الحد الأصغري، وإذا جرت تغذيتها بواسطة أنابيب عادية فيجب أن يكون طول تلك الأنابيب أقصر ما يمكن.

خزانات الوقود يجب أن تكون مغطاة ومراقبة ويجب حمايتها من الحريق، ويمكن أن تكون خزانات الوقود بأحد الأشكال الثلاثة التالية :

1- خزانات مطمورة تحت الأرض.

2- خزانات نصف مطمورة.

3- خزانات هوائية.

إن المدة الوسطى لوجود الطائرة في المطار هي حوالي الساعة، منها ثلاثين دقيقة لعمليات الوصول والإقلاع ونزول وصعود ونزول المسافرين، ويبقى ثلاثين دقيقة من أجل إملاء خزان الوقود وتعيير الدواليب.

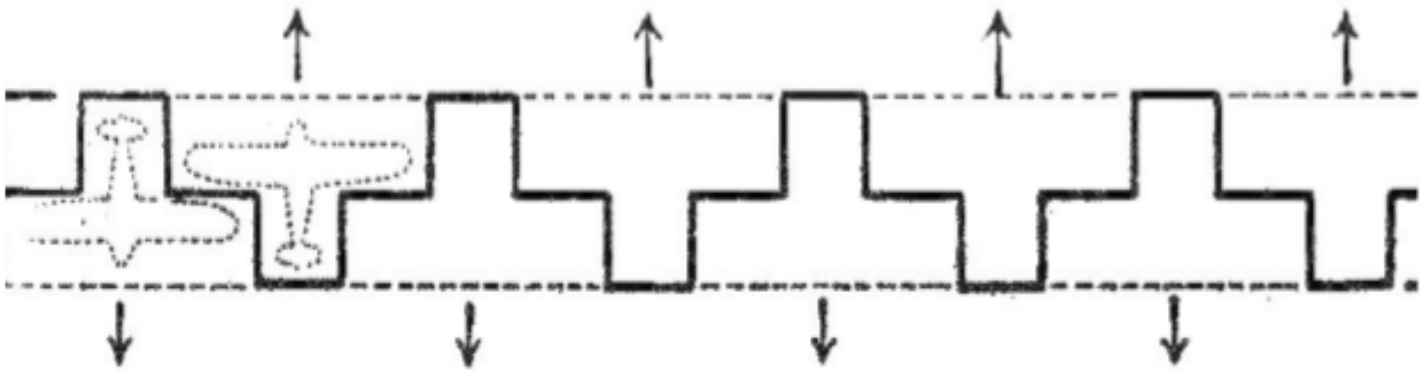
التجهيزات الصناعية

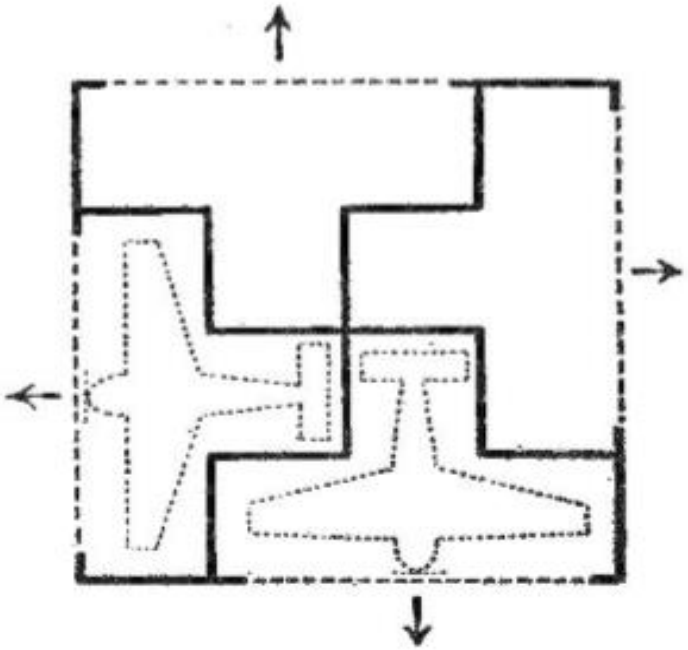
إن من أهم التجهيزات الصناعية في المطار :

1- هنغارات الطائرات ومراكز صيانتها :

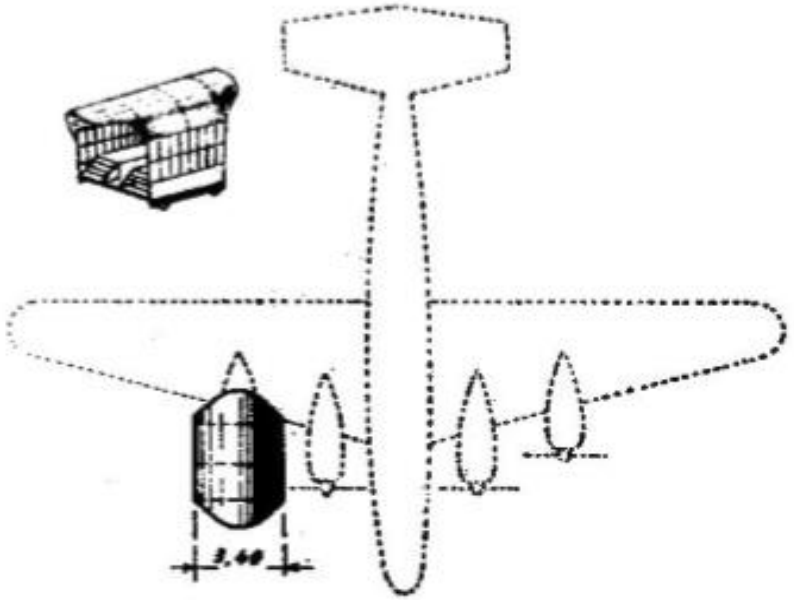
إن هنغارات الطائرات هي الأماكن المعدّة لإيواء الطائرة عند توقفها أي يمكننا القول بأنها مرآب للطائرات، هذه الهنغارات كانت تقوم بإيواء الطائرات ذات التركيب الخاص كأن تكون الطائرة من الخشب والقماش حيث أنها لا تحتمل تأثيرات العناصر الخارجية، كما أنها تستقبل الطائرات الخاصة التي يرغب أصحابها بالحفاظ عليها ضمن أماكن مغلقة.

أما الطائرات التجارية الاعتيادية فهي ليست بحاجة إلى أماكن خاصة تأوي إليها بسبب كبر حجمها الذي يتطلب بناء هنغـــارات واسعة جداً الأمر الذي يعني الكلفة الهائلة جداً لهذه الهنغارات، ولذلك تتوقف هذه الطائرات في الهواء الطلق أثناء وجودها في المطار، ولكن بشكل عام يجب على المطارات أن تحوي على هنغارات خاصة تدعى هنغارات الصيانة والإصلاح بحيث تدخل إليها الطائرات إذا احتاجت إلى إصلاح، ويمكن أن يكون موقع هذه الهنغارات بجانب ساحات الوقوف ويمكن أن تأخذ أحد الشكلين التاليين :





وعندما تتطلب عمليات صيانة وإصلاح إحدى محركات الطائرة وقتاً قصيراً (حوالي 70 ساعة عمل كحد أعظمي) فمن الممكـــن حماية هذا المحرك بوضعه داخل هنغار صغير متحرك أثناء عملية الإصلاح كما هو موضح في الشكل التالي :



وهناك نوعين من الهنغارات :

1- الهنغارات الكلاسيكية المستطيلة الشكل التي لا تفتح إلا من جهة واحدة.

2- الهنغارات ذات الفتحتين أي التي تفتح من جهتين.

إن أبعاد الهنغارات تتعلق بأبعاد أكبر الطائرات حجماً أي أنها تتعلق من ناحية ثانية بصنف المطار، وقد وضعت منظمـــة ICAO جدولاً لأبعاد الهنغارات بالنسبة لصنف المطار :

صنف المطار	عرض الفتحة [m]	العمق [m]	الارتفاع عند المدخل [m]
A	80 ~ 100	60 ~ 90	19
B	60 ~ 80	50 ~ 60	12
C	40 ~ 60	30 ~ 45	9
D	20 ~ 30	20 ~ 30	5.5

من الممكن أن تكون هذه الهنغارات من البيتون المسلح أو من المعدن، والهنغارات الخفيفة ذات الفتحات الخفيفة يمكن أن تصنع من الخشب، من مميزات الهنغارات المعدنية أنها تصنع من قطع معدنية مفصلة سابقاً فيكون مردود إنتاج بناء هذه الهنغارات كبيراً كما أنه من الممكن فكها وتركيبها بسهولة وأيضاً نقلها من مكان إلى آخر وتصليحها لا يكلف كثيراً إذا أصيبت بغارات جوية.

أبواب الهنغارات يمكن أن تأخذ أحد الشكلين :

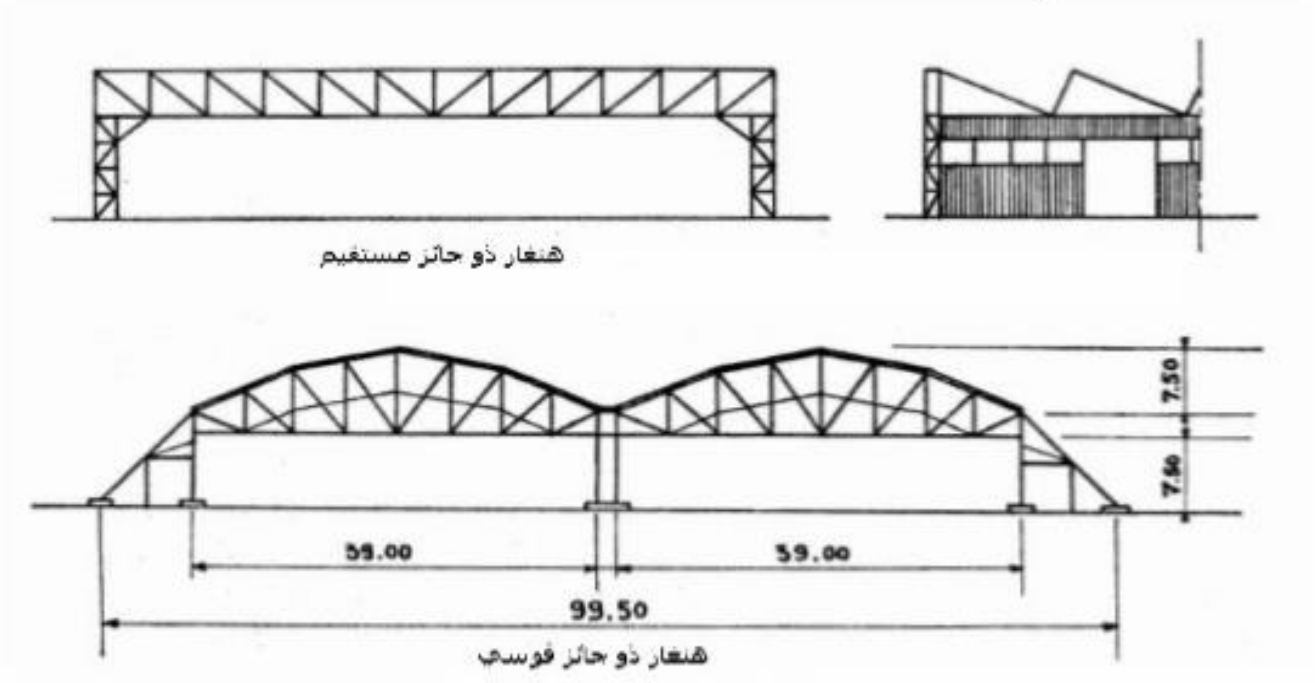
1- الباب السحّاب :

وهذا النوع من الأبواب اقتصادي ويسمح بفتح جزء من الباب حسب الطلب، إلا أنه ثقيل وتحريكه يتطلب قوة كبيرة، ومن الممكن أن يتجمع الغبار والأوساخ على السكة مما يعرقل حركة هذا الباب.

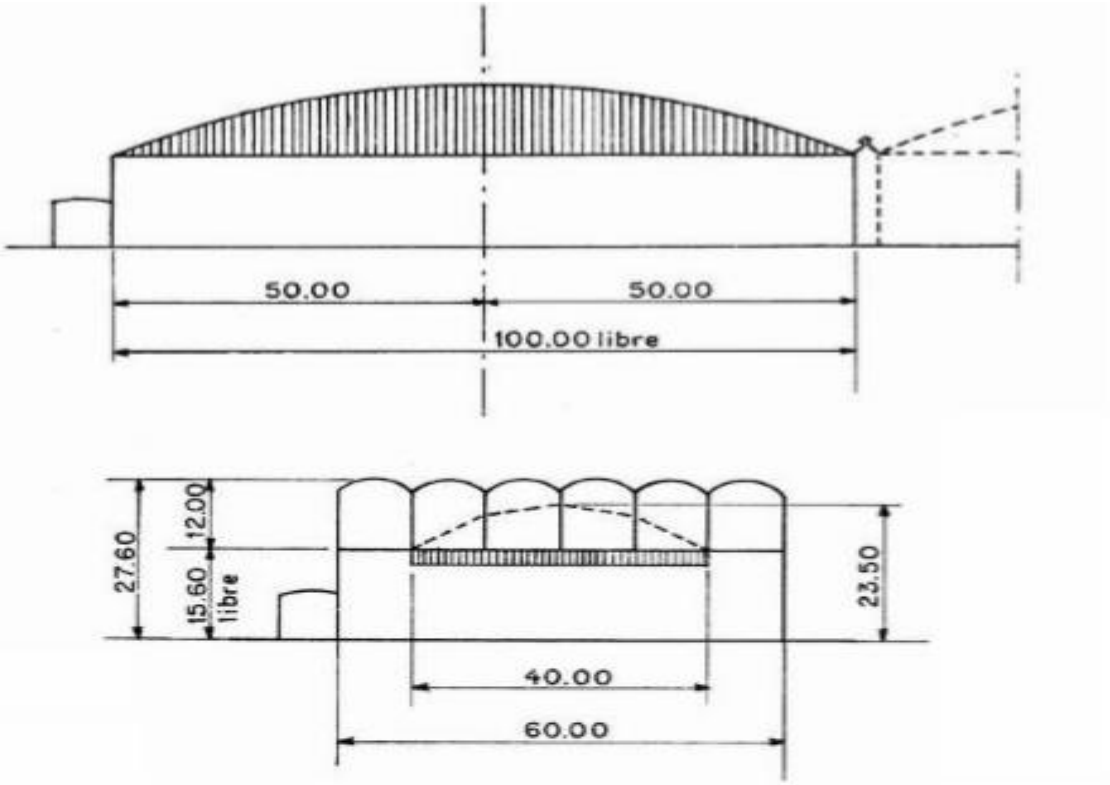
2- الباب الاعتيادي :

ويكون مشكلاً من قطعة واحدة ويمكن تحريكه بسهولة حيث يفتح دفعة واحدة ولا يحتاج إلى جهد كبير ويكفي رجل واحد من أجل فتحه، ومن مساوئ هذا النوع من الأبواب أنه لا يمكن تنفيذه في حالة الفتحات الكبيرة على اعتبار أننا لا يمكننا تفادي حدوث القتل والتشوه في الشكل أثناء الفتح.

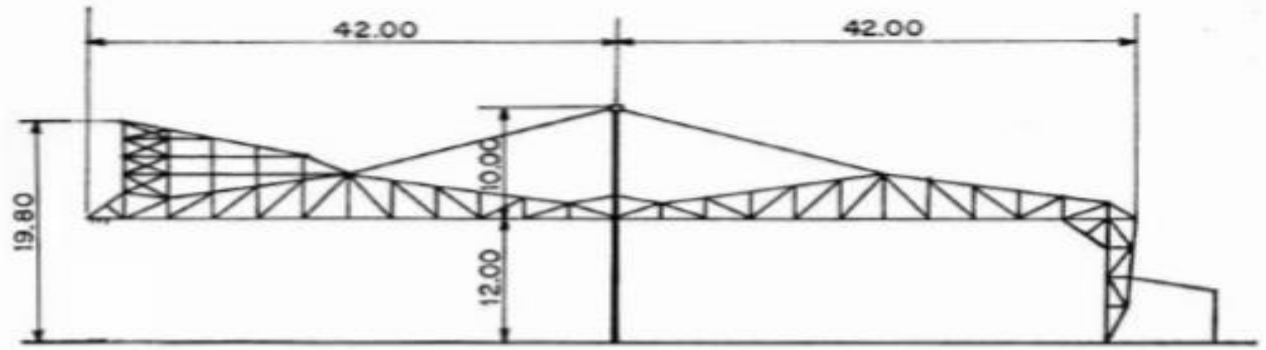
والأشكال التالية تبين بعض أنواع الهنغارات المستخدمة في المطارات الدولية :



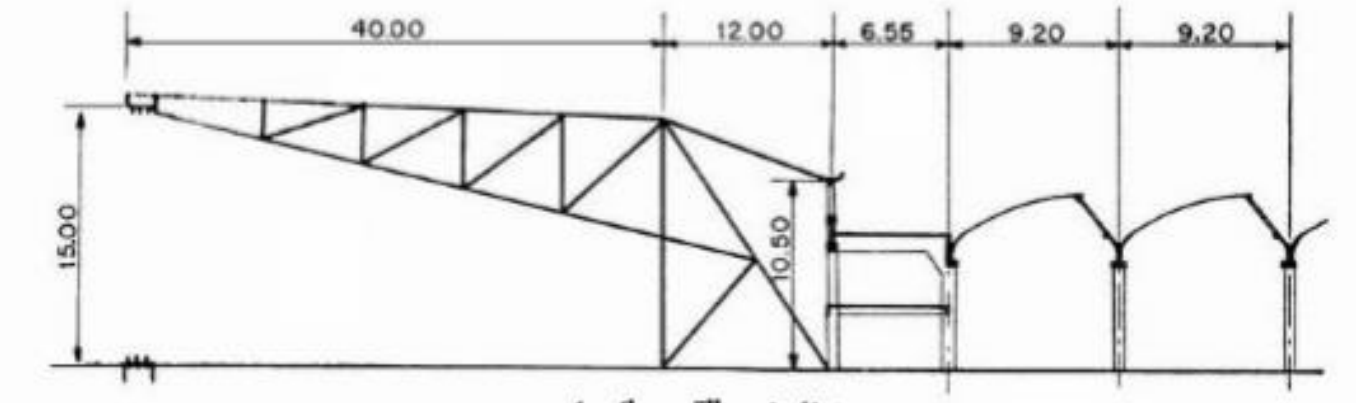
الهنغارات الكلاسيكية



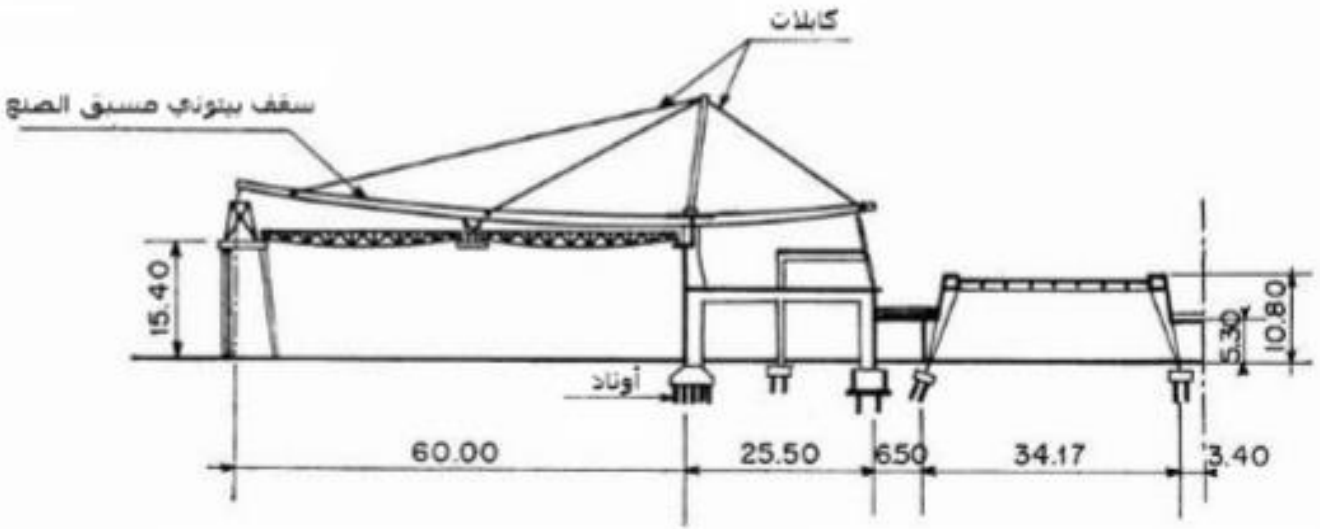
هنغار من البيتون المسلح – مطار مرسيليا



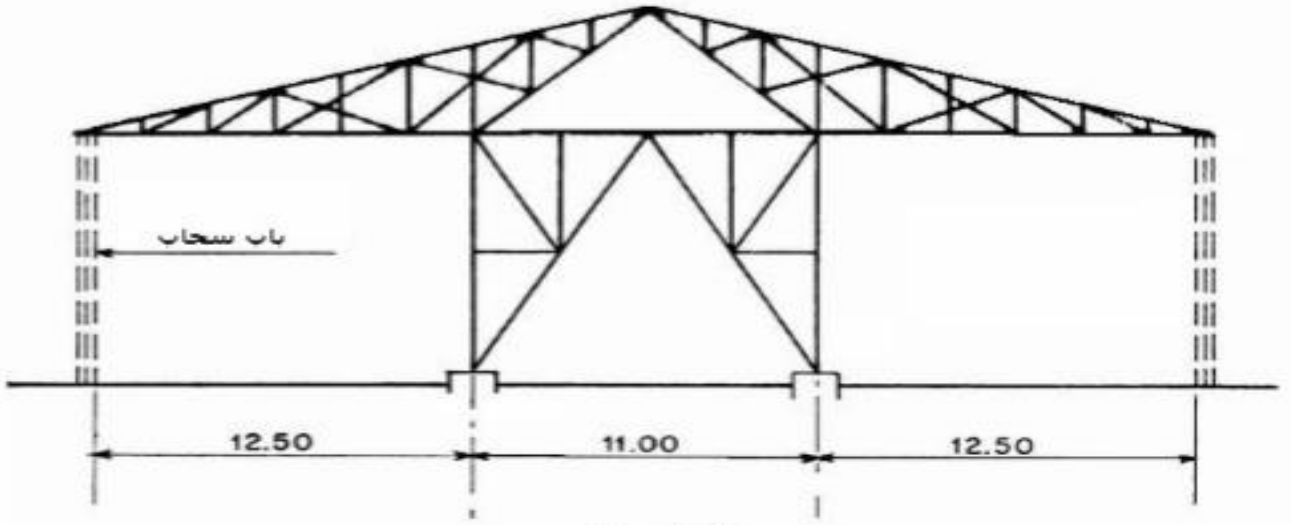
هنغار مطار شارل ديغول



هنغار ذو مظلة – مطار باريس



هنغار ذو مظلة – مطار روما

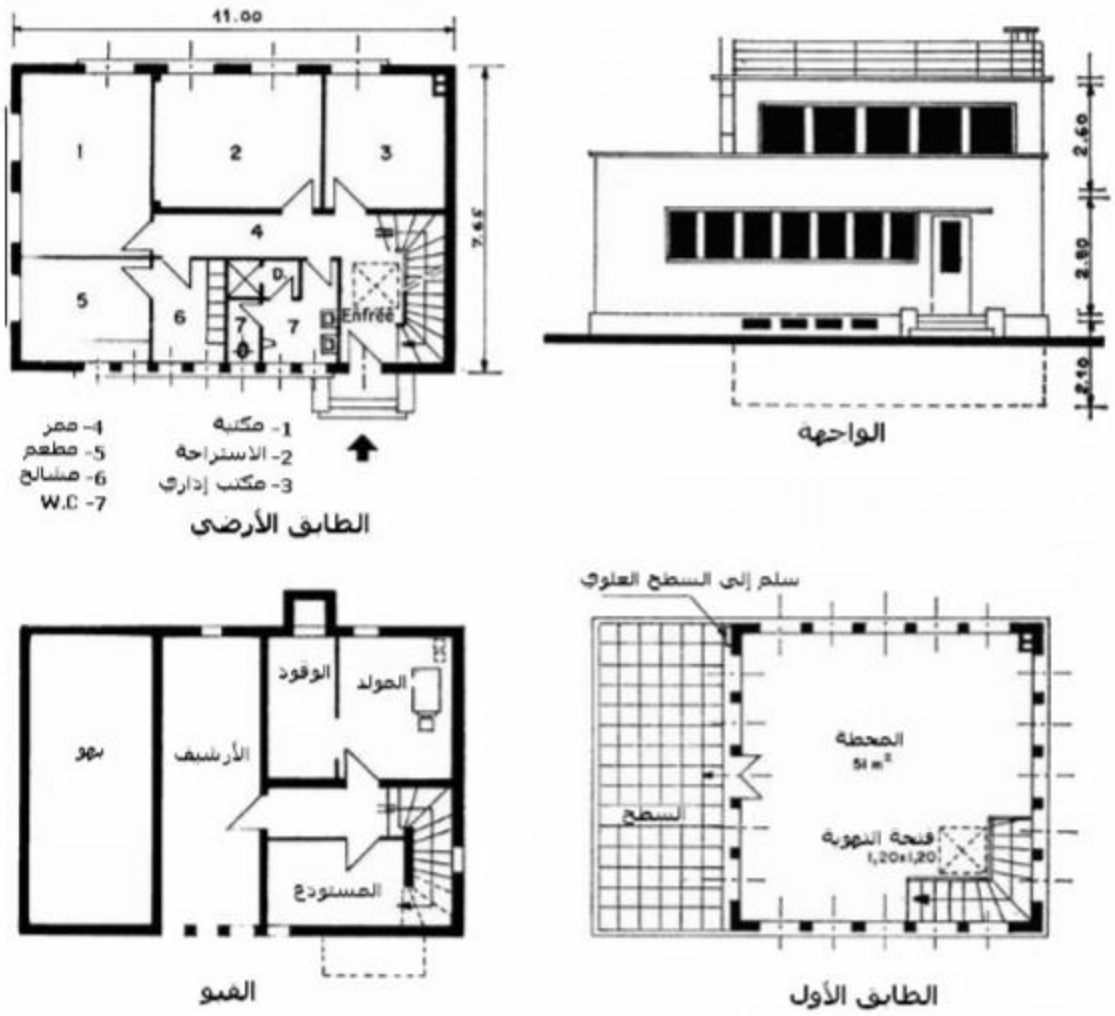


هنغار ذو مظلتين

تجهيزات الأمان :

تحتوي تجهيزات الأمان على التجهيزات التالية:

- تجهيزات المواصلات السلكية واللاسلكية.
- تجهيزات الملاحة الجوية.
- تجهيزات مراقبة الطيران.
- محطة التغيرات الجوية.
- محطة التحكم بالأضواء الجوية والشكل التالي يبين المخطط العام لهذه المحطة :



المخطط العام لمحطة التحكم بالأضواء الجوية

الخدمات العامة :

وتحتوي على :

- محطة تغذية المطار بالماء.
- محطة تغذية المطار بالكهرباء.
- محطة الشبكات الهاتفية.
- محطات تصفية وتصريف المياه.
- محطات شبكات التدفئة المركزية.

- مراكز الهواء المضغوط.
- مراكز كشف وإخماد الحرائق.

إن كل هذه التجهيزات هي خدمات تدار من قبل إدارة المطار.

أبنية السكن :

من الضروري إنشاء بعض الأبنية الخاصة لسكن عائلات الموظفين الذين يقون بحكم وظيفتهم في المطار، ومن المفضل أن يسكن هؤلاء المظفون في المدن المجاورة للمطار كي يستفيد أولادهم من وجود المدارس ووجود الأسواق لقضاء حوائجهم على أن تقوم إدارة المطار بتوفير باصات لنقل الموظفين من المدينة إلى المطار.

تجهيزات مطار شحن البضائع :

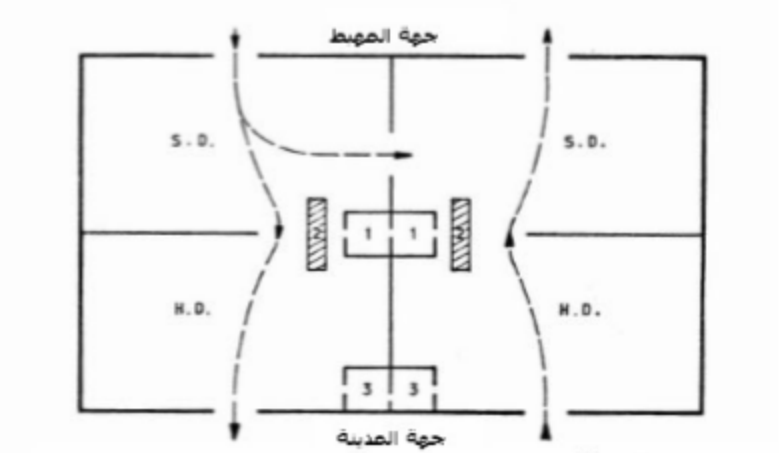
نعلم أن البضائع يمكن أن تنقل بإحدى الطريقتين :

1- بطائرة الركاب العادية حيث تُحدّد حمولة إضافية مع المسافرين.

2- بطائرات خاصة معدة فقط لنقل البضائع وتسمى طائرات شحن البضائع.

في الحالة الأولى يجب أن تكون هناك أجهزة خاصة في مطار الركاب لاستقبال هذه البضائع، أما في الحالة الثانية فإن مطار شحن البضائع عبارة عن هنغار لنقل البضائع من وإلى الطائرة ويتطلب هذا المطار عمل عدة منشآت فيها غرف خاصة لتبريد اللحوم ومستودعات لاستيعاب البضائع في حال كانت كمية النقل كبيرة والمطار حيوي على مدار اليوم وفي حالات نقل الحيوانات فإننا نحتاج إلى زرائب صغيرة لوضعها فيها ريثما يتم نقلها، كما يجب أن يحوي هذا المطار على خزانات كبيرة للوقود ووسائل ضخمة لنقل وتحميل وتفريغ البضائع.

الشكل التالي يبين مخططاً عاماً لمطار شحن بضائع وهو مقسوم لقسمين قسم تشرف عليه الجمارك وقسم لا تُشرف عليه.



المهابط

يمكننا تمييز الأنواع التالية من المهابط :

1- مهابط رئيسية:

وهي مهابط طويلة نسبياً وقد تتواجد المهابط الرئيسية مع بعضها البعض في مطار واحد، وقد تكون متوازية أو تأخذ اتجاهات مختلفة، ويكون فيها عامل تواتر الاستعمال كبير جداً، ويجب أن تكون الرؤية مؤمنة بصورة جيدة.

عدا عن ذلك فإن المهابط الرئيسية تكون مهيأة لاستقبال الطائرات في حال الرؤية السيئة، كما يكون موقع المهبط الرئيسي في المطار أهم من مواقع بقية عناصر المطار، فهو يكون قريب من إدارة المطار ومن ساحة العمليات ومن باقي التجهيزات الأخرى.

2- مهابط ثانوية ذات مرتبة تساوي مرتبة المهابط الرئيسية:

تستعمل هذه المهابط من قبل الطائرات الثقيلة في حال وجود رياح عرضية قوية على المهبط الرئيسي بحيث تمانع هبوط الطائرة فوقه، يمكن أن يكون طول المهبط الثانوي أقل من طول المهبط الرئيسي بمقدار (10~20%) من طول المهبط، والمهبط الثانوي يُجهّز بنفس أجهزة المهبط الرئيسي المعدّة لاستقبال الطائرات ليلاً، ولا يكون مجهّز في حالة الرؤية السيئة.

الطول الأساسي للمهبط:

إن الطول الأساسي للمهبط يكون حسب I.C.A.O استناداً إلى الشروط التالية :

- الضغط الجوي 760 mmHg.
- درجة الحرارة الخارجية 15o.
- درجة الرطوبة 0.
- المهبط أفقي.

وهذه الأطوال مبينة في الجدول في الصفحة التالية :

المميزات	صنف D [m]	صنف C [m]	صنف B [m]	صنف A [m]
طول القاعدة في المهابط الرئيسية				
– الأصغري المطلق	-	800	1500	2100
– الأصغري الواجب	-	1000	1800	2500
– المفضل	-	1500	2100	3000
عرض المهبط				
– الأصغري المطلق	-	45	45	60
– المفضل	-	60	60	60
طول المهبط الثانوي				
– الأصغري المطلق	450	900	1700	2300
– الأصغري الواجب	600	1100	2000	2700
– المفضل	800	1600	2300	3200
عرض المهبط الثانوي				
بالآلات : أصغري	-	300	300	300
بالرؤية : أصغري	60~100	150	200	200

تصحيح أطوال المهابط

إن الأطوال السابقة تم حسابها وفقاً لمعطيات ثابتة معيارية من الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة، ولكن على أرض الواقع ستختلف هذه القيم ولذلك يجب تصحيح الطول الأساسي للمهبط، وهذه المشكلة تبدو للوهلة الأولى بسيطة ولكنها في الحقيقة معقّدة جداً و لم تجد طريقها للحل الصحيح الأمثلي حتى الآن، كما أن شكل المقطع الطولاني يُدخل مركّبة مؤخرة أو مسرعة للطائرة أثناء تدرجها على المهبط قبل الإقلاع كما يؤثر على تعيين المسافة الواجب على الطائرة قطعها لتبلغ ارتفاعاً قدره (15 m) فوق نهاية المهبط.

يتبين من ما سبق بأن المشكلة كثيرة التعقيد وهذا يعني أنه عند إنشاء مطار ما يجب أن تخضع الأطوال الأساسية للمهبط إلى عـــدة تصحيحات تبعاً لارتفاع نقطة متوسطة من المطار فوق سطح البحر ودرجة المنطقة التي سينشأ فيها المطار وكذلك الميل الوسطي الطولاني للمهبط.

- التصحيح الأول n_1 ويسمى تصحيح الارتفاع.
- التصحيح الثاني n_2 ويسمى تصحيح درجة الحرارة.
- التصحيح الثالث n_3 ويسمى تصحيح الميل.

وبالتالي فإن الطول الأساسي المثالي للمهبط يجب أن يُضرب بالعامل :

$$N=\left(1+\frac{n_1}{100}\right).\left(1+\frac{n_2}{100}\right).\left(1+\frac{n_3}{100}\right)$$

وهناك تصحيح رابع بالنسبة للرطوبة وكان له قانون لحسابه إلا أنه تم إلغاؤه لأنه لم يكن ناجحاً وتُرك حساب هـذا التـصحيح للدراسات الخاصة لكل حالة.

إن هذه التصحيحات تُحسب بواسطة قوانين لا تصلح إلا للطائرات المكبسية وتُقبل تجاوزاً من أجل غيرها من الطائرات النفاثة.

تصحيح الارتفاع :

ويعطى بالقانون

$$n_1=\frac{7\,h}{300}$$

حيث h الارتفاع عن سطح البحر مقدراً بالمتر بالنسبة لنقطة متوسطة من المطار ويفسر القانون كما يلي:

يجب زيادة طول المهبط بنسبة ٧% لكل ٣٠٠ متر ارتفع فوق سطح البحر , من المعلوم انه كلما ارتفـع موقـع المطـار عـن مستوى البحر قلت كافة الهواء وأصبح من الضروري زيادة مسافة التدحرج للطائرة لكي تقلع حيث تصبح قوة الرفع مساوية لتلك التي تتحقق على مستوى البحر، وكذلك في الهبوط تكون السرعة الأرضية للطائرة فوق المهبط اكبر مما تكون فيما لو كان المهبط في مستوى البحر الأمر الذي يستدعي زيادة مسافة تدحرج الطائرة للهبوط الزيادة طول المهبط.

تصحيح درجة الحرارة:

ويعطى بالقانون :

$$n = T - t_s$$

T درجة الحرارة المتوسطة النهارية في الشهر الأكثر حرارة من السنة

t_s درجة حرارة الجو في الضغط النظامي في منطقة المطار وهذه الدرجة هي 15^o في مستوى البحر وتتناقص بمقدار 0.0065^o لكل متر ارتفاع

إن درجة الحرارة النهارية الوسطية لاتُعطى بشكل مباشر وتستبدل بالقيمة التقريبية التي تعطى بالقانون:

$$T = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{3}$$

حيث T_1 هي درجة الحرارة اليومية المتوسطة محسوبة على 24 ساعة في الشهر الأكثر حرارة.

T_2 هي وسطي درجات الحرارة العظمى النهارية للشهر الأكثر حرارة .

تصحيح الميول:

يحسب الميل الوسطي بالـــ(cm) لكل متر أي نسبة فرق السوية مقدرة بـــ(cm) لأول وآخر المهبط على طول المهبط مقدراً بالمتر دون الأخذ بعين الاعتبار لباقي الميول الموجودة على مختلف النقاط الكائنة بين المبدأ والنهاية.

تصحيح الرطوبة:

من الضروري زيادة طول المهبط في المطارات التي تكون فيها الحرارة و الرطوبة مرتفعتين وقد أعطت منظمة الطيران المدنية الدولية قاعدة للحساب إنما أهملتها اعتباراً من عام 1952 لأنها لم تكن ناجحة وتركت ذلك للدراسات الخاصة لكل حالة.

عرض المهبط:

يتغير عرض المهبط من صنف لأخر حسب كبر وصغر الرحلات المستخدمة للمطار ويزيد عرض المهبط أيضا في حالة الرؤية السيئة بسبب عدم دقة المناورة وقيادة الطائرة .

إن تعريض المهبط على عدة مراحل أمر صعب جداً وذلك لأن تكاليف الإشارات وأجهزة تصريف المياه تكون كبيرة جداً لذلك يتم تعريض المهبط من جهة واحدة فقط على اعتبار إن التكاليف تقل كثيراً عن الحالة الأولى

المقاطع الطولانية والعرضانية للمهابط :

يجب أن يكون المقطع الطولاني للمهبط مستوياً قدر الامكان ويجب أن لا يتجاوز الميل الوسطي بين نهايتي المهبط والميل في كـــل نقطة الأرقام التالية:

صنف المهبط	الميل الوسطي	الميل في كل نقطة
A	1 %	1.25 %
B	1 %	1.50 %
C	1.5 %	2 %

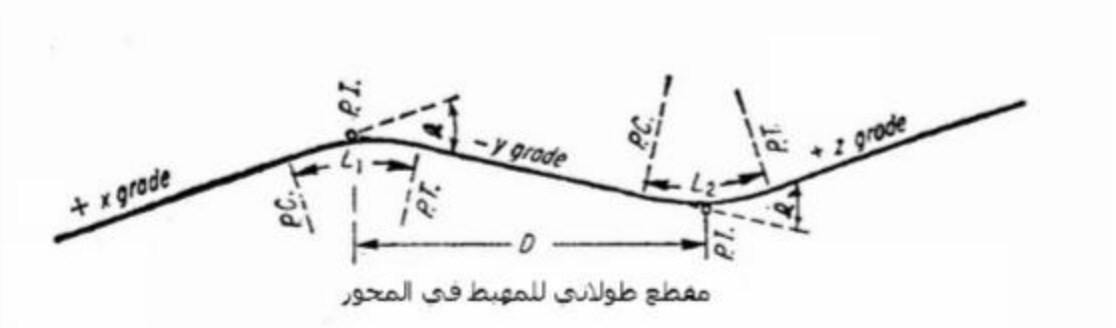
وقد أوصى الاختصاصيون بأنه منتقطة ما من المقطع الطولي لمهبط ما ترتفع مقدار 3 أمتار فوق مستوى المهبط يجب أن تكـــون مرئية من كل النقاط التي ترتفع مقدار 3 أمتار عن مستوى المهبط وعلى مسافة اكبر أو تساوي لنصف طول المهبط.

أما قيم نصف قطر الانحناء في المقطع الطولي الواصل بين القطع المستقيمة يجب أن لا يقل عن القيم التالية:

صنف المهبط	A	B	C
نصف قطر الانحناء (m)	10000	10000	5000

هذا وإن المنظمة الدولية للطيران المدني توصي بأن تكون المسافة الأفقية D بين نقطتي تقاطع ميلين متتابعين تساوي إلى حداء مجموع القيم العددية المطلقة لتغير درجات الميول الخاصة بأجزاء المهبط التابعة لنقطتي التقاطع مضروباً بالعامل μ كما يلي:

صنف المهبط	العامل μ
A , B , C , D	30000
F , E	15000
G	7500



مقطع طولاني للمهبط في المحور

لتسهيل سير الطائرات يجب أن يكون المهبط أفقيا، لكن لتصريف المياه بصورة مرضية يجب أن يكون المقطع محدبا ولهذا يؤخذ في الحسبان العوامل التالية:

- شدة الأمطار المحتملة : يجب أن يكون الميل قويا في المناطق ذات المطار السيلية
- طبيعة طبقة التغطية : إذا كانت طبقة التغطية من البيتون الأسمنتي فيمكن قبول ميول اقل
- جودة صنع طبقة التغطية: إذا كانت طبقة التغطية مصنوعة بصورة جيدة فإنها تسمح بميول اقل من طبقـــات التغطيـــة السيئة الصنع.

تخطيط المهابط الرئيسية والفرعية :

إن تخطيط المهابط يحتوي على العناصر التالية :

١- العوامل المؤثرة في تعيين التخطيط.

٢- المهابط المتوازية المستعملة في آن واحد.

٣- المهابط المماسية.

٤- المهابط بشكل زاوية منفرجة.

٥- المهابط في حالة الرؤية السيئة.

٦- المهابط الخاصة.

1- العوامل المؤثرة في تعيين التخطيط :

إن تخطيط مواقع المهابط يتعلق بصورة أساسية بتعرجات الأرض وتضاريسها، على أن لا يتطلب ذلك أعمال زائدة خصوصاً فيما يتعلق بشروط طول المهبط وعرضه ومقطعه الطولي، كما يتعلق تخطيط مواقع المهابط بالشروط التي يهيمن عليها أمان الطيران.

يتعلق تعيين موقع المهابط الرئيسية والفرعية بالاعتبارات التالية:

١- يجب أن لا يسمح تخطيط المهبط بطيران الطائرات فوق المدن أو الحواجز على ارتفاعات منخفضة.

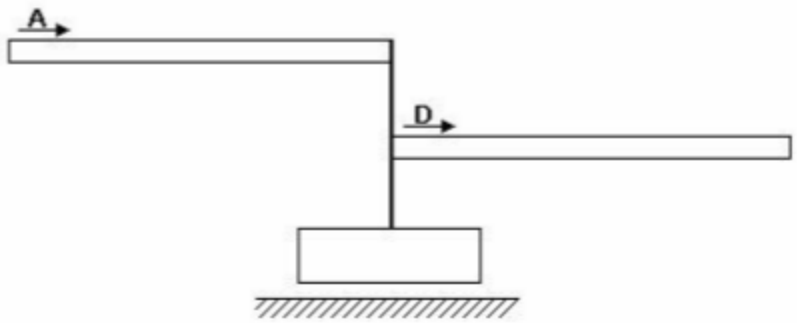
٢- يجب أن يكون موقع إدارة المطار (المسافرين والبضائع) بالنسبة للمهبط في نقطة تسمح للطائرات المستعملة للمهبط الأكثر تواتراً أن تسير مسافة أقصر ما يمكن، حيث يجب الأخذ بعين الاعتبار الاتجاه الأكثر احتمالاً للهبوط وطول الهبوط الأكثر احتمالاً لهذا الهبوط.

٣- يجب أن يسمح تخطيط المهابط باستثمارها بآن واحد بحيث يستعمل المهبط الأول للهبوط ويستخدم المهبط الثاني للإقلاع.

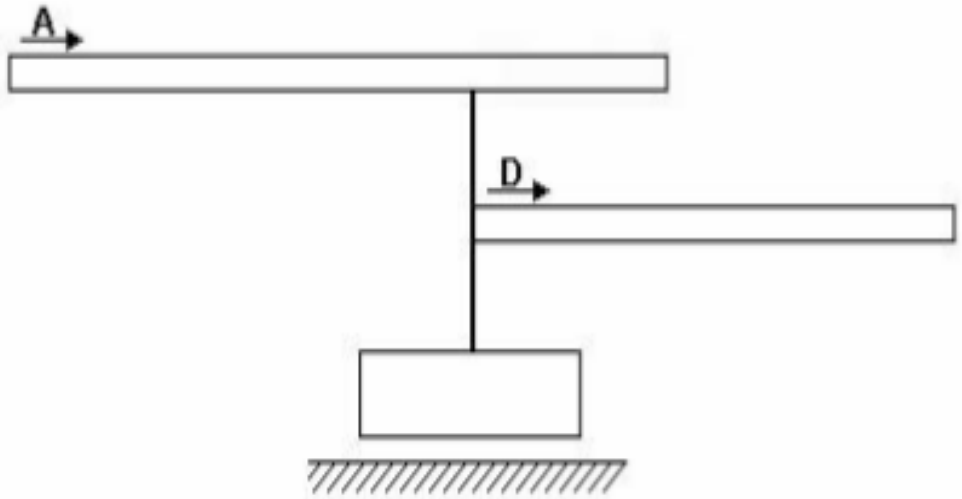
2- المهابط المتوازية المستعملة في آن واحد :

– في حال وجود مهبطين متوازيين مهيأين للاستعمال في آن واحد، يجب أن يكون التباعد الأصغري بينهما حوالي (200 m) تفادياً لأي اصطدام بين الطائرات على هذه المسافة، أما إذا كان المهبطان يستعملان في حالة الرؤية السيئة فإن المسافة الصغرى بينهما تساوي (350 m).

– في حالة الرؤية السيئة يجري هبوط الطائرات في المهابط المتوازية في المهبط البعيد عن إدارة المطار، ومن جهة أخرى فإن غزارة المهبط في حالة الرؤية السيئة من أجل الهبوط أقل منه من أجل الإقلاع، ولهذا فمن المفضل أن يكون المهبطان من النوع المبين بالشكل التالي:



– تكون المهابط المتوازية بصورة عامة متزلقة بالنسبة لبعضها البعض بشكل يشبه الحربة، بحيث تكون نهاية الهبوط على الأول وبداية الإقلاع على الثاني يقعان في نقطة تقابل إدارة المطار ويكون الانزلاق كاملاً ولا يوجد تقاطع في المستوي لمسار الطائرة كما في الشكل السابق، وأحياناً يكون الانزلاق جزئياً أي يختلط جزء من المهبط الأول مع جزء من المهبط الثاني، وقد يساوي الجزء المختلط ثلث كل منهما ويوجد في هذه الحالة تقاطع في المستوي بين مسار الطائرة الهابطة ومهبط الإقلاع كما في الشكل التالي :



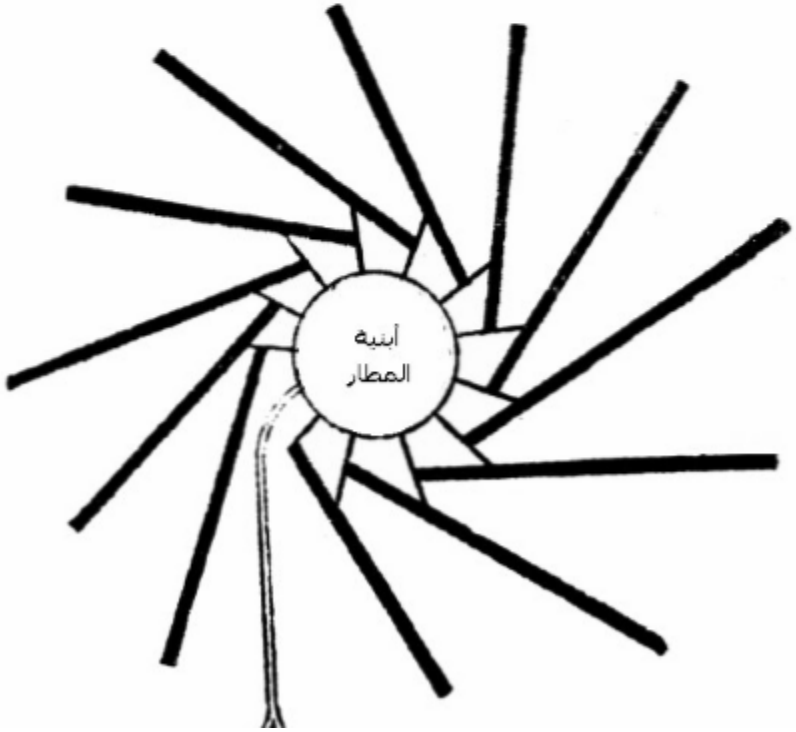
– قد يوجد نوع من المهابط المتوازية دون أن تحقق الشروط التي تم ذكرها سابقاً ولذا لا يمكن استعمالها في آن واحد، أي أن استعمال أحدهما يمنع استعمال الآخر.

3- المهابط المماسية :

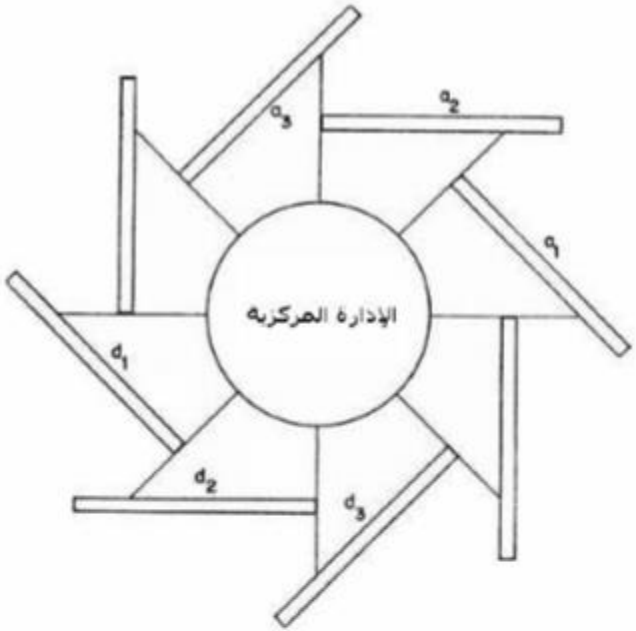
المهابط الأساسية هي مهابط تمس النقطة التي توجد فيها إدارة المطار بصورة تقريبية كما في الشكلين القادمين، وليس من الضروري أن يكون وضع المهابط متناظراً بالنسبة للمركز.

في حال وجود مطار يحوي **12** مهبط فيجب أن لا تقل الزاوية بين مهبطين متجاورين عن 15^{o}، وبذلك يمكن استعمال ست مهابط حينما يجري الهبوط والإقلاع بواسطة الآلات والستة الباقية حينما يجري الهبوط والإقلاع بالعين المجردة، وهذا النوع من المطارات لا يكون إلا في المدن الكبيرة، ومرتبة تلك المطارات أنها مطارات دولية.

من مساوئ هذه المطارات أنها بحاجة إلى ممر تحت الأرض صالح لمرور السيارات حتى يكون الوصول سهلاً إلى أبنية المطار الرئيسية الموجودة عادةً في مركز المطار، كما أن المساحة اللازمة لمثل هذه المطارات تزيد بمقدار **(10~30%)** من المساحة اللازمة لإنشاء المطارات العادية.

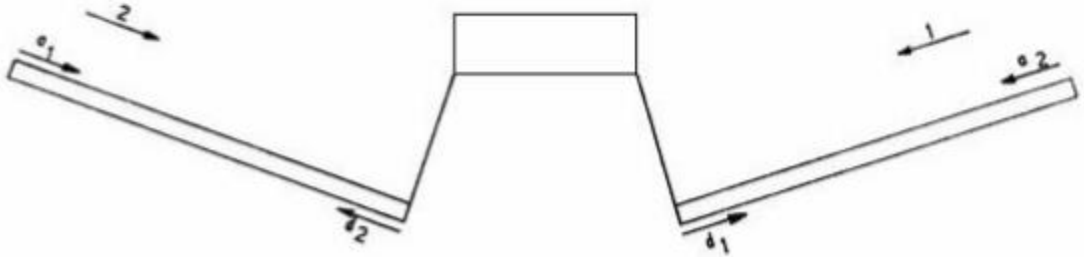


ومن مميزات هذه المطارات أنها تفصل المهابط المعدّة للإقلاع عن المهابط المعدّة للهبوط، ويمكن لهذه المطارات استقبال غزارة تزيد بمقدار (50~100%) عن المطارات العادية وذلك بفرض أن المساحة اللازمة لكل منهما متساوية، وكذلك فإنها تسمح بزيادة السير على المهابط بمقدار (3~4) مرات مما هو عليه في المطارات العادية.

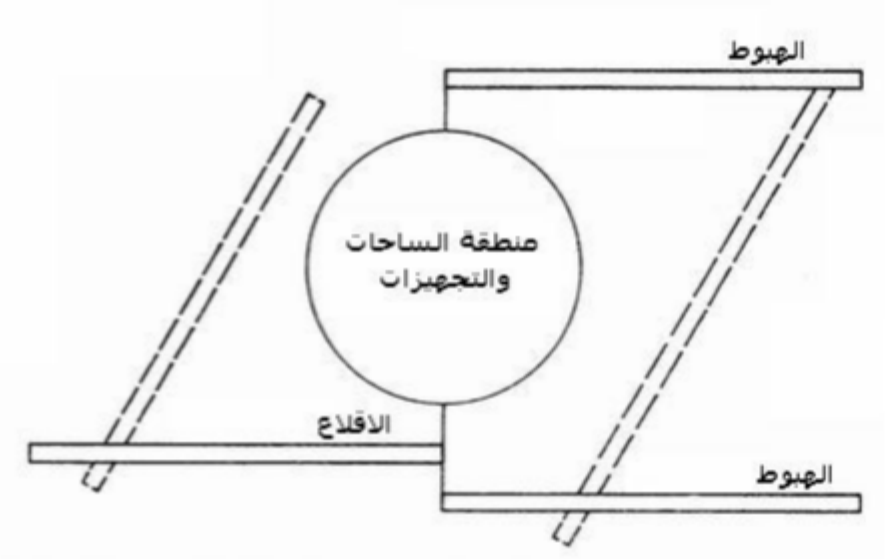


4- المهابط بشكل زاوية منفرجة :

وهو وضع خاص بالمهابط في بعض المطارات الكبيرة إذا كانت طبيعة الأرض وتضاريسها والإنشاءات المقامة على أرض المطـــار تسمح بذلك، وتكون الزاوية بين المهبطين (145^o~175^o)، وإن أبنية المطار قد تكون في كلتا جهتي المهبطين، هذه الأبنية وساحة المطار تقعان على منصف الزاوية المنفرجة، ومن الممكن استعمال المهبطين بآن واحد الأول للإقلاع والثاني للهبوط ما عدا حالة واحدة فقط هي حالة وجود رياح شديدة جداً التي تؤدي إلى انخفاض تواتر استعمال هذا النوع من المهابط مما يتطلب استبعاده واللجوء إلى حالة المهـــابط الموازية المترلقة، كما يتميز هذا النوع من المهابط بتفادي نقاط التقاطع في المستوي.



إن الأشكال السابقة لأوضاع المهابط المختلفة قد لا تفي بالغرض من حيث استقبال وتصريف الطائرات، ولهذا يمكن اللجـــوء إلى إنشاء مهابط متوازية اثنان منها للهبوط وواحد منها للإقلاع كما في الشكل التالي :



وقد طبقت هذه الطريقة على مطار (رواسي) في فرنسا فازداد عدد المسافرين من 15 مليون مسافر إلى 30 مليون مسافر في السنة من خلال هذا المطار.

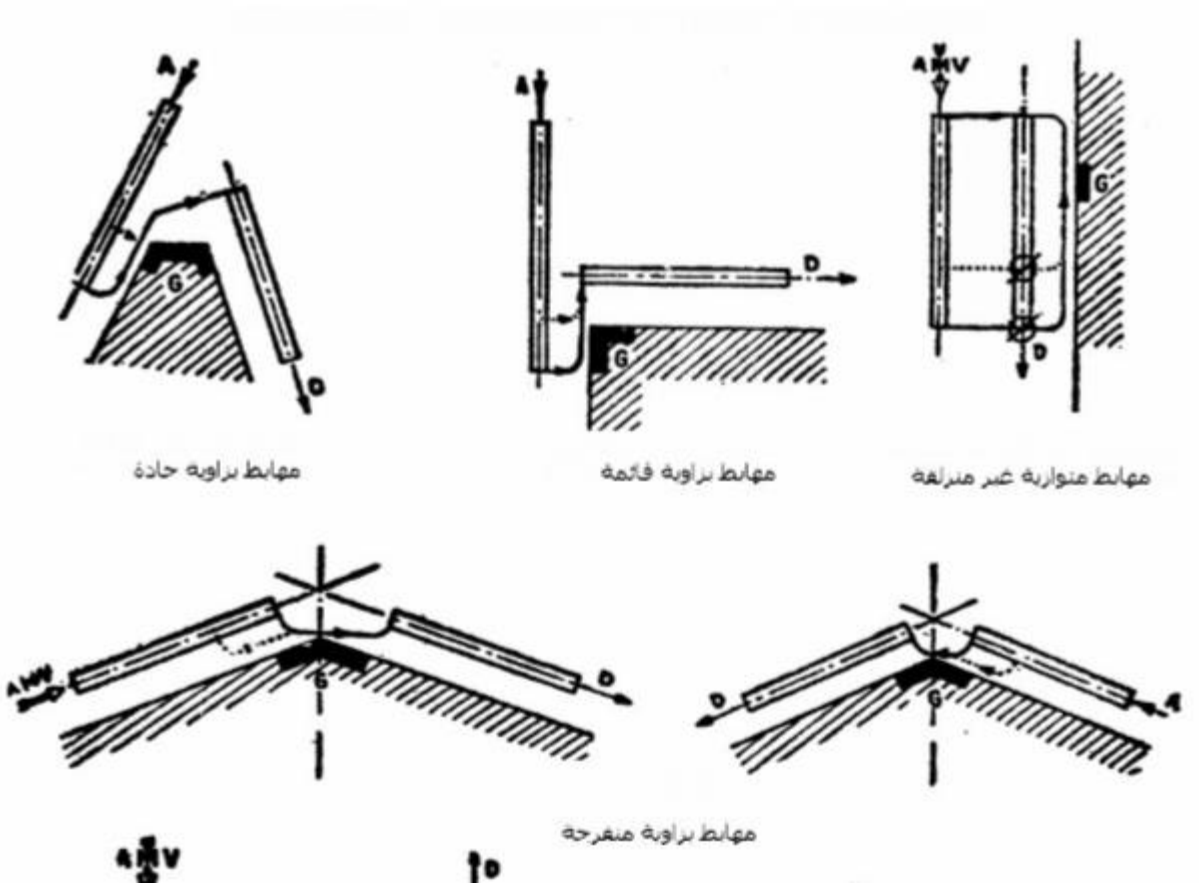
ولا بد من الإشارة إلى أن بعد المطار عن المدينة يجب أن لا يتجاوز حداً معيناً بحيث لا يستغرق الوصول إليه أكثر من 40 دقيقة، وهنا نشير إلى أن جميع مطارات الولايات المتحدة الأمريكية لا تبعد أكثر من 45 كم عن المدينة التابعة لها، بل أن معظمها (حوالي 85% منها) لايبعد أكثر من 20 كم.

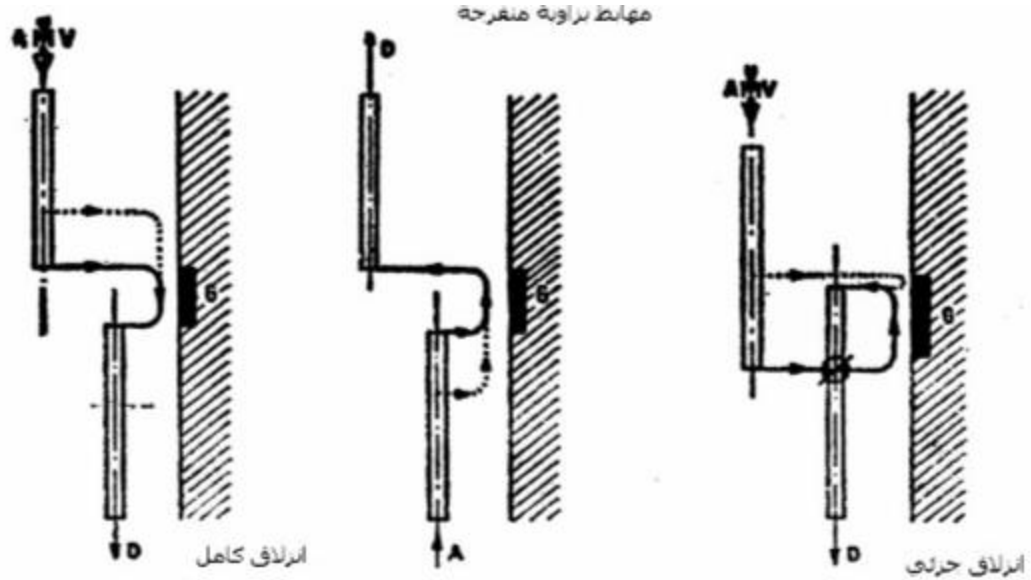
الشكل التالي يبين العديد من النماذج لأوضاع المهابط، فمنها التوضع حاد الزاوية ومنها قائم الزاوية ومنها منفرج الزاوية، ومنها المهابط المتوازية التي تكون على شكل حربة والتي تكون على ثلاث أشكال :

a – مهبطين متوازيين تماماً وتقع أبنية الإدارة بالقرب من أحدهما فيكون المهبط الأبعد عن مبنى الإدارة للهبوط والأقرب من مبنى الإدارة للإقلاع، ومن مساوئ هذا النموذج أنه يوجد تقاطع لمسارات الطائرات فوق المهابط، مما يقلل الغزارة على المهبط.

b – مهبطين متوازيين بشكل حربة مترلقة جزئياً.

c – مهبطين متوازيين بشكل حربة مترلقة كلياً ويكون المهبط الأبعد عن مبنى الإدارة للهبوط والآخر للإقلاع، وهذا الشكل هـــو من أفضل أنواع المهابط المتوازية لأنه لا يحتوي على نقاط تقاطع لمسارات الطائرات، وغزارة الطائرات على هذا النموذج تكون أعظمية.





5- المهابط في حالة الرؤية السيئة :

في الوقت الحاضر لا يُجهز إلا اتجاه واحد من المهبط للهبوط في حالة الرؤية السيئة وليس من السهل تخطيط موقع المهبط في حالة الرؤية السيئة على أية حال يمكن تحقيقه بتطبيق المبادئ التالية :

- يجب مراعاة شروط الكشف بحيث تتفادى الحواجز.

- يجب التأكد من أن مواقع التجهيزات على الأرض التي تنير محور الاقتراب لا تشكل استحالة، أي حالة وادي عميق أو وجود بحر أو.....إلخ، وكذلك يجب التأكد من مواقع مراكز المراقبة الجوية عند مدخل المهبط والتي لا تشكل استحالة أيضاً.

6- المهابط الخاصة :

تستعمل هذه المهابط للطائرات الشراعية، ويجب أن تكون هذه المهابط موازية للمهبط الرئيسي على أن تبعد عنها مسافة لا تقل عن 200 m.

الممرات (طرق السير) والساحات

1- الممرات:

مميزات الممرات:

إن الممرات هي أجزاء من المطار تصل بين المهابط وساحات الوقوف، وتُغطّى هذه الممرات عادة بطبقة تغطية في المطارات من الصنف A , B , C أما في المطارات الأخرى فتكون عبارة عن ممرات عادية غير مغطاة.

يتم وضع إشارات محددة على هذه الممرات وتسير الطائرات على الممرات بسرعات تختلف حسب نوع الطائرة فهي من 60 – 20 كم/ ساعة من اجل الطائرات ذات المحركات العادية و 60 كم/ ساعة على الأقل من اجل الطائرات ذات المحركات النفاثة.

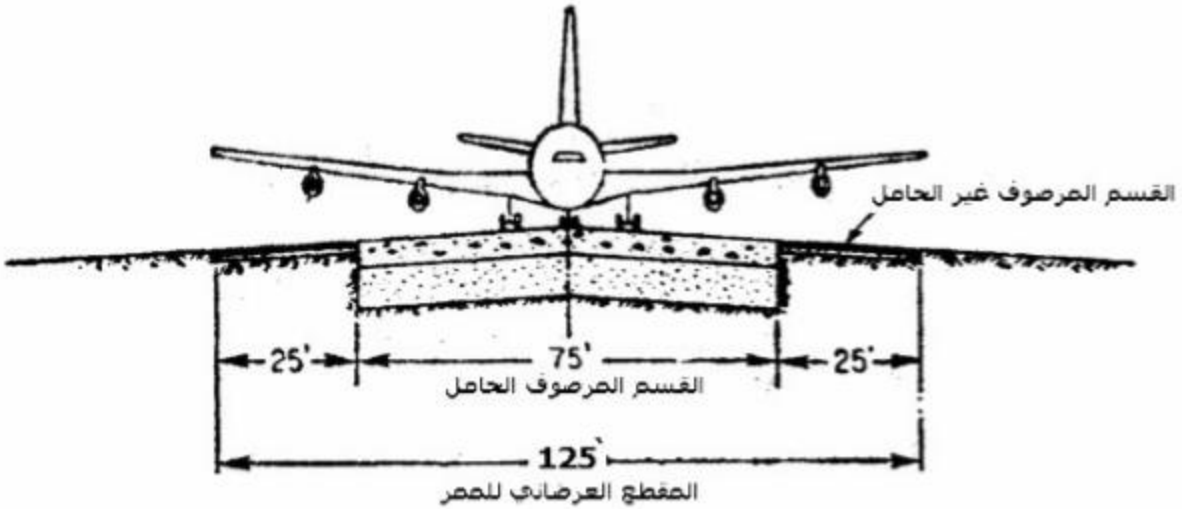
عرض الممرات الأصغري التي تسير عليها الطائرات يساوي إلى 20 متراً من اجل المطارات من الصنف A و 18 متراً من اجل المطارات من الصنف B و 12.5 من اجل المطارات من الصنف C.

إن زيادة عرض الممرات لا يكون صعباً وإنما هو مكلف جداً، ويُنشأ المقطع الطولاني للممر كما في الطريق العادي مع ملاحظة المميزات التالية:

- الميل الأعظمي الطولاني 2.5%
- نصف قطر الانحناء الأصغري 1500 m

وعلاوة على ذلك يجب أن تكون الرؤية واضحة على طول الممر سواء في المقطع الطولاني أو في المسقط الأفقي بحيث يمكن رؤية كل نقطة ترتفع بمقدار 3 m من النقاط التي تبعد عنها 300 m.

أما المقطع العرضاني فينشأ كما في المقاطع العرضية في الطرق الحديثة، فإما أن يستعمل منحدر باتجاه واحد أو أن تستعمل زاوية ثنائية مؤلفة من منحدرين موصولين بقطعة وصل دائرية أو قطع مكافئ على أن يكون طول الوتر مساوياً 3 m كما في الشكل التالي :



تخطيط الممرات:

تجري دراسة تخطيط الممرات في نفس الوقت عند دراسة المخطط العام للمهابط وساحات الوقوف ضمن دائرة المخطـــط العـــام للمطار يقع الاختيار على الممرات بصورة يمكن إقلال وتسهيل سير الطائرات على الأرض إلى الحد الأدنى وإنقاص الوقت اللازم إلى القيمة الصغرى كي تجتاز الطائرة ذلك الممر، ويمكن إنشاء ممرين متوازيين لكل مهبط كي تتجنب الطائرة أن تسير مسافة طويلة على المهبط قبل الإقلاع وبعد الهبوط.

عند إنشاء الممر يجب إتباع الملاحظات التالية :

- أن يكون تخطيط الممر سهل ومباشر ويجب أن لا يحتوي على منعطفات إلا في الحالات الاضطرارية ،ذلك أن كل منعطف يضيع الكثير من وقت الطائرة أثناء حركتها على الأرض عدا عن المصروف الزائد من الوقود حيث تقل سرعة الطائرة عند المنعطف.

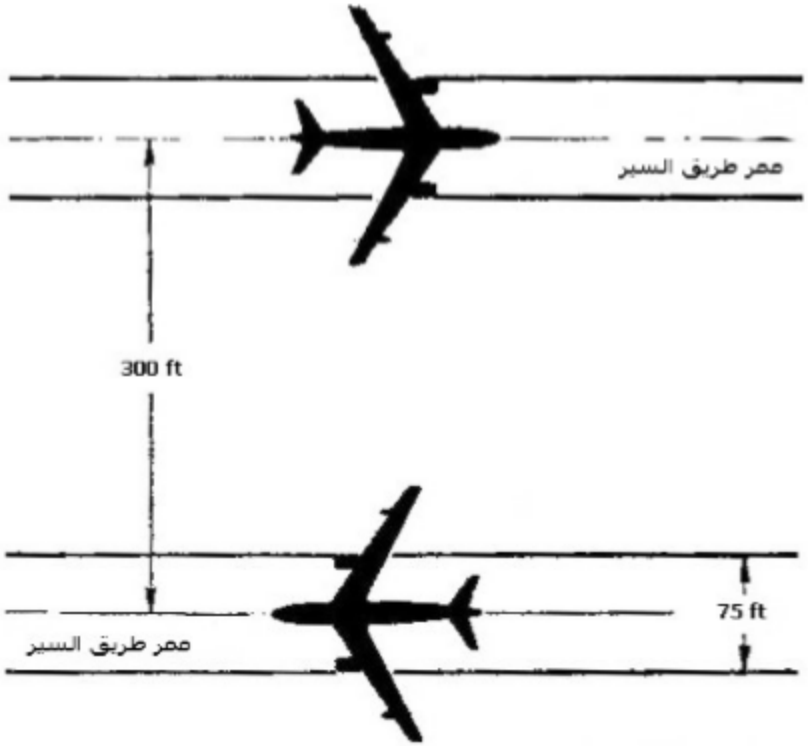
- نصف قطر الانحناء للطرف الداخلي من الممر عند المنعطف يجب أن يكون كافياً فقيمته الصغرى في المطارات من الصنف **A , B** حوالي **50** متراً وفي المطارات من الصنف **C** تكون **15** متراً ، وإذا وجد منعطفين متتاليين فان الاستقامة بينهما يجب أن لا تقل عن مرتين نصف قطر الممر الأصغري.

- دراسة النقطة التي سوف يلتقي عندها الممر مع المهبط بصورة دقيقة، حيث يجب أن يكون محور الممر عمودياً على محور المهبط في نقطة الالتقاء عند نهاية المهبط، أما في نقاط الالتقاء الكائنة على طول المهبط فيقبل أن تكون زاوية الالتقاء بين **30** و**45** درجة والغاية من ذلك السماح للطائرة بمغادرة المهبط بأسرع ما يمكن.

- من المستحسن أن تلتقي الممرات مع المهابط في نهاية تلك المهابط وان تكون نقاط الالتقاء الأخرى متباعدة فيما بينها بمدار يتراوح بين **500** و **600** متراً على طول المهبط لتسهيل تصريف الطائرات على المهبط وذهابها إلى الممرات الأخرى كي تستقر نهائياً في الساحات وبذلك تكون غزارة المهبط اكبر ما يمكن.

- إن تباعد الممرات والمهابط محدد بشكل يحافظ فيه على شروط الأمان.

- عند وجود ممرات متوازية فإن المسافة الصغرى بين محوري الممرين يجب أن تسمح بسير الطائرات عليه دون أي إعاقة حيث يجعل الطائرة تسير على محور الممر ثم نزيد المسافة المحسوبة بمقدار 10% حتى لا تتلامس الجنيحات كما في الشكل التالي :



المسافة بين طريقين متوازيين

- لتعيين المسافة بين حافتي ممرين نتبع نفس الطريقة السابقة على أن تسير الطائرة على الحافة فتصبح الإضافة 30 %.
- يجب تفادي أي تقاطع للممرات على الأرض وخصوصاً تقاطع الممرات مع الطرق المخصصة لسيارات الخدمة وجعل الحركة الدورانية ذات اتجاه واحد حتى تستطيع الطائرات السير بسرعة وتكون الغزارة اكبر ما يمكن.

تقاطع الممرات المائلة مع المهابط:

أُنشأت نقاط الالتقاء بهدف جعل سير الطائرات في تلك الأجزاء أسهل ما يمكن أما أبعادها الهندسية فهي ذات علاقة وثيقة بسرعة وأبعاد الطائرات وهذه الأبعاد بنيت على النتائج التجريبية الحديثة.

عند نقطة الالتقاء مع المهبط بصورة مائلة يوجد منحنيان المنحني الرئيسي بنصف قطر R_1 والمنحني الثانوي الذي يكـــون قبـــل الرئيسي بنصف قطر R_2 ويجب أن يتحقق ما يلي :

- أن يسمح للطائرات أن تسير بسرعة تتراوح بين 60 إلى 65 ميل/ ساعة عند الوصول إلى التقاطع
- أن تتراوح زاوية التقاء الممر مع المهبط بين 30 إلى 40 درجة
- أن تتحقق العلاقة التالية بين نصف القطر R_2 والسرعة V المعطاة بالميل/ ساعة

$$R_2 = \frac{V^2}{15f}$$

V : اكبر سرعة تدور بها الطائرة مع اكبر أمان.

f : الاحتكاك ويساوي **0.13** في حالة المهابط المغطاة.

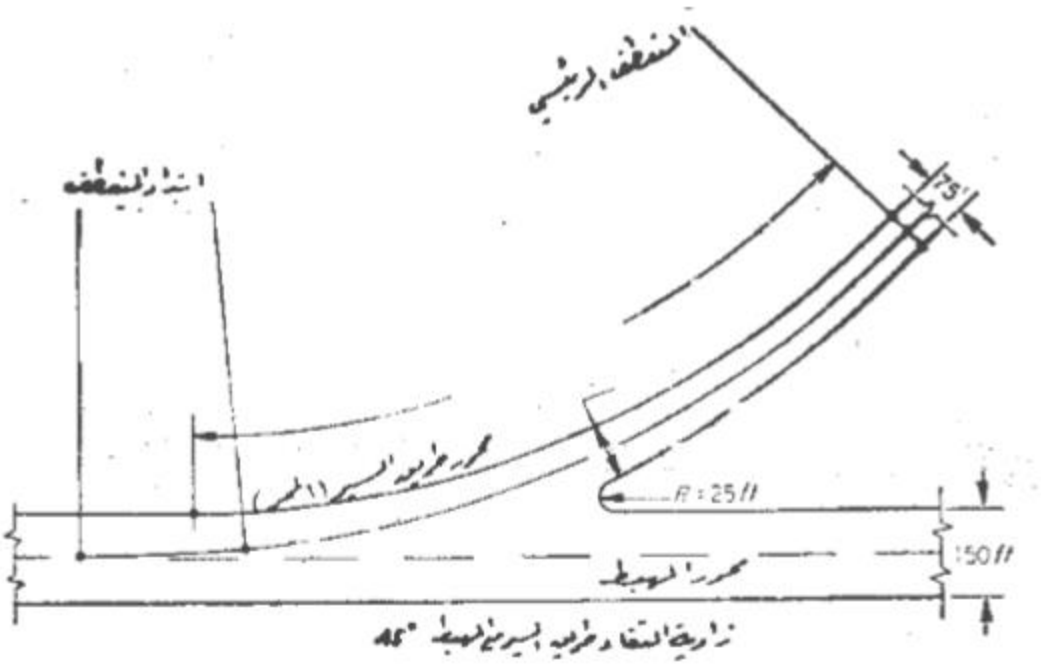
يجب أن يُسبق نصف القطر R_2 بنصف القطر R_1 حيث $R_1 > R_2$ لكي يصبح الانتقال سهلاً أما طول المنحني الذي نـــصف قطرة R_1 فيعطى بالعلاقة :

$$L = \frac{V^3}{C \times R_2}$$

حيث **C** : ثابت يوجد تجريبياً وهو من مرتبة **1.3**.

وقد وجد أن R_2 يتناسب مع سرعة الطائرة حسب الجدول التالي:

السرعة ميل/ ساعة	نصف القطر R_2(بالقدم)
40	1721
50	2436
60	3138



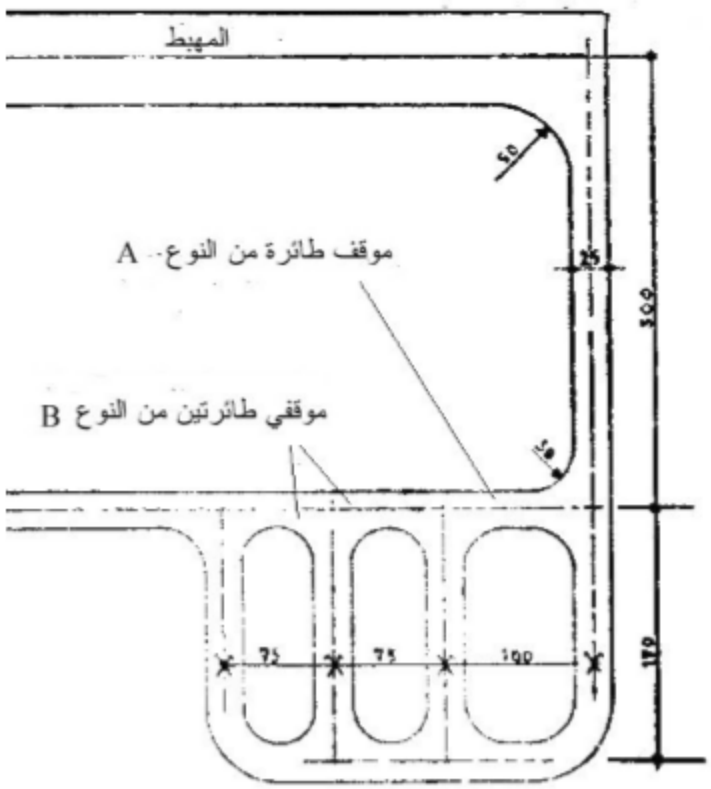
2- الساحات:

وهي عبارة عن أجزاء من المطار معدة لوقوف الطائرات في الهواء الطلق وتقسم الساحات إلى :

ساحات الانتظار:

وهي مواقع خاصة قريبة جداً من المهبط كي تستطيع الطائرة الوصول إلى ذلك المهبط بأقل وقت ممكن لتتمكن من الإقلاع.

ترتبط هذه الساحات مع المهبط بممرات، وإن شكل ساحة الانتظار يختلف حسب المهبط من ناحية كونه معد للهبوط أو للإقلاع ففي الحالة الأولى يمكن ان تمس ساحة الانتظار المهبط أما الحالة الثانية لا يجوز ذلك أي أن المسافة بين الساحة والمهبط طويلة والشكل التالي يبين نموذج من ساحات الانتظار :



ساحات الوقوف :

هي أجزاء من المطار حيث تستطيع الطائرة إجراء العمليات التالية

- نقل المسافرين والبضائع.
- عملية المرآب.
- عملية الصيانة والخدمة الفنية.

تكون هذه الساحات مغطاة بطبقات تغطية جيدة في المطارات من النوع **B** , **A**، أما المطارات من النوع **C** فإنها تغطى بنوع من العشب .

نميز من ساحات الوقوف الساحات التالية:

a- **ساحة الرحلات :** حيث تتمكن الطائرة من تفريغ وتحميل البضائع ونقل الركاب أو البريد أو شـــحنات الترانزيـــت وعمليات تموين الطائرة بالوقود ووجبات طعام المسافرين بأقل وقت ممكن على أن لا يتجاوز ذلك ساعة واحدة

b- **ساحات المرآب :** تستطيع الطائرة أن تقف مدة من الزمن لا تستعمل خلالها تجارياً ولا يجري عليها أي عمـــل مـــن أعمال الصيانة الرئيسية.

c- **ساحات الصيانة** : يجري على الطائرة عمليات الصيانة الكبيرة وتصليح محركاتها وغير ذلك من الأعمال التي تتطلبـــها الطائرة .

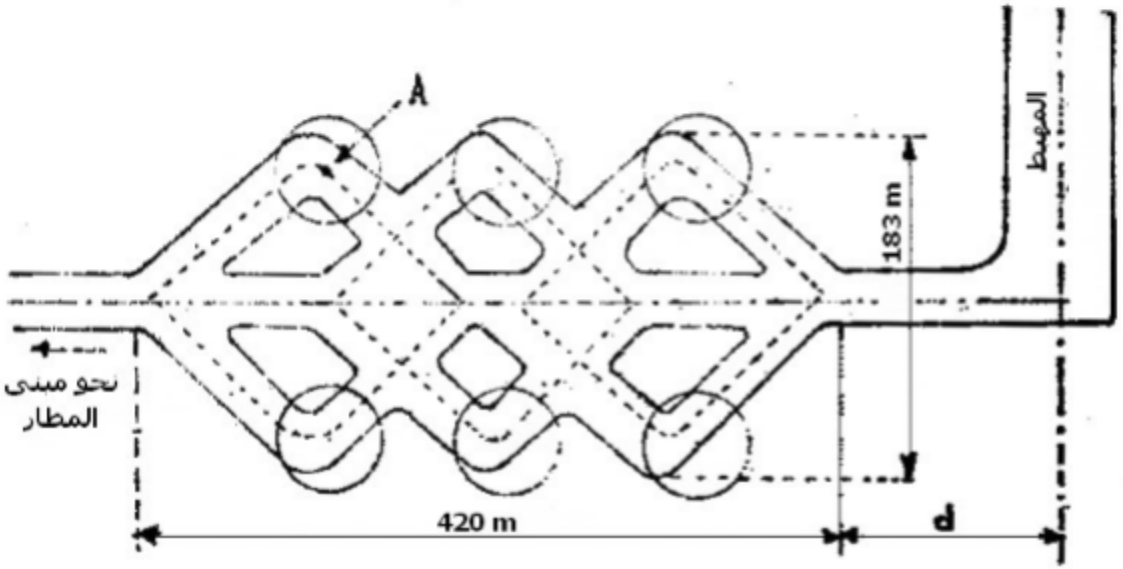
ساحات الطائرات التجارية Airlines:

1- موقع ساحات الطائرات التجارية:

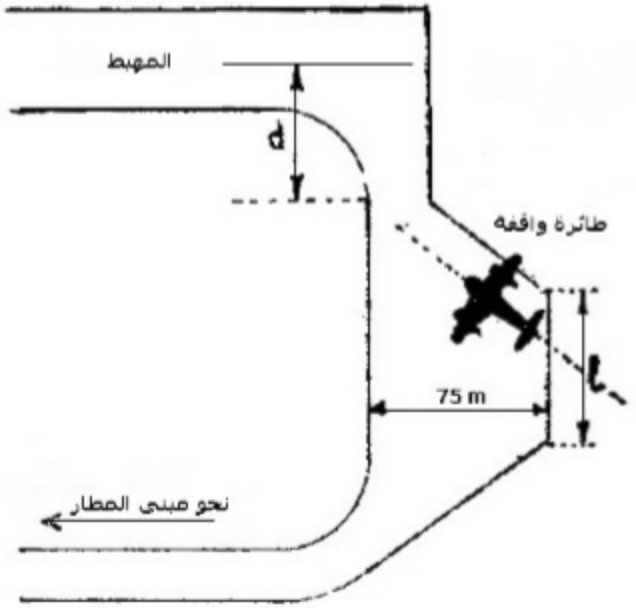
يجب انتقاء مواقع ساحات الطائرات التجارية بحيث أن الطائرة لا تسير إلا مسافة قصيرة ما بين نقطة نهاية الهبوط ونقطة ابتـــداء الإقلاع، لهذا يجب إعطاء أهمية بالغة لموقع المهبط الرئيسي، كما أنها يجب أن تكون أقرب مايكون إلى مبنى المطار الرئيسي لتفادي قطـــع مسافات طويلة من قبل الركاب بين الطائرة والمبنى الرئيسي للمطار، وإذا لم نستطع تحقيق هذه الشروط فإنه يتم نقل الركاب مع أمتعتهم بواسطة باصات شريطة أن لاتقل المسافة بين المبنى العام للمطار والطائرة عن 100 m، ولهذا يكون موقع ساحات الطـــائرات التجاريـــة متجاورة وقريبة من المبنى الرئيسي لإدارة المطار.

2- ترتيب حاجات ساحات الطائرات التجارية :

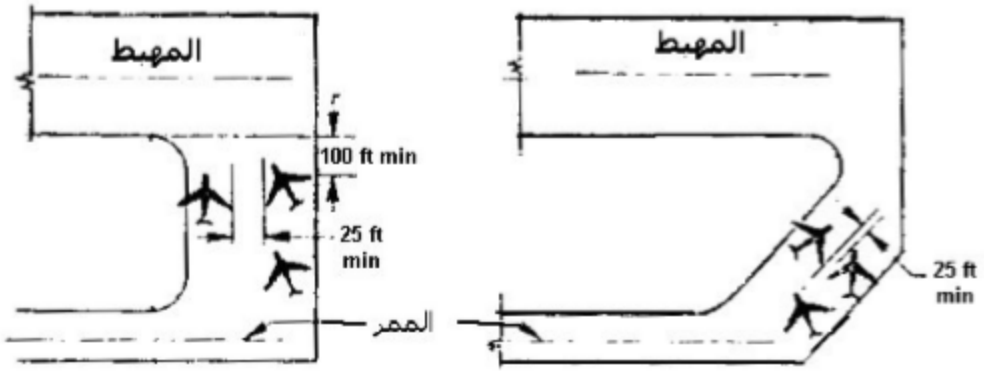
يجب أن تكون ساحات الرحلات للطائرة مبنية بصورة يسهل على الطائرة أن تقوم بعملية المناورة بشكل يسهل على ســـيارات الإدارة وسيارات التموين وباصات نقل الركاب أن تسير بأمان، وقد تكون ساحات الطائرات التجارية قريبة من الممرات الـــتي تـــؤدي مباشرةً إلى المهبط وتكون هذه الساحات على خط مستقيم واحد أو على خط منكسر محدب بالنسبة للمهبط ومقعّر بالنـــسبة للمبـــاني والتجهيزات العامة للمباني أو بالعكس كما هو موضح بالشكل التالي



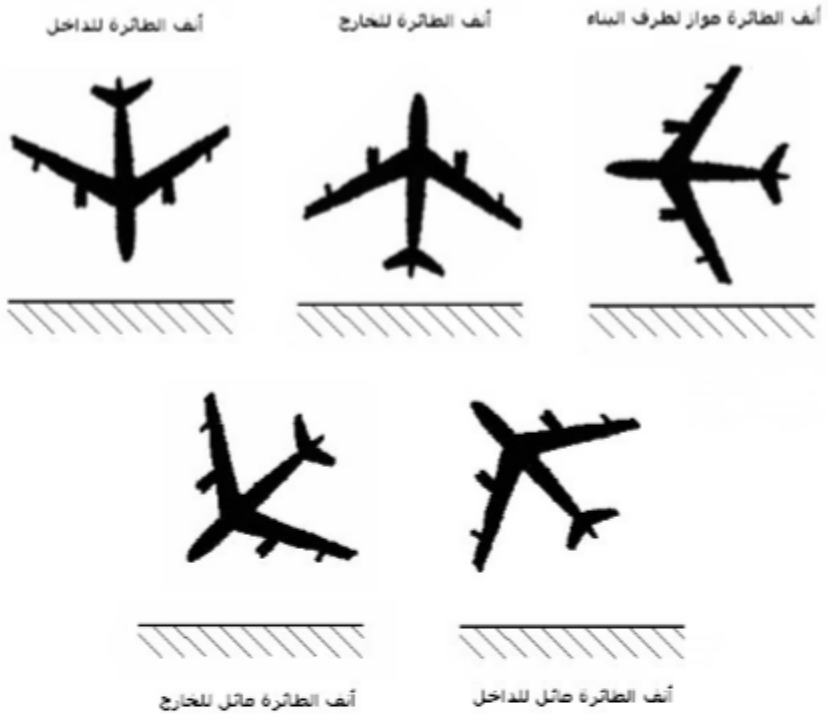
حيث تتوقف الطائرة ضمن الدائرة المخصصة لها والخطوط المنقطة ضمن الشكل هي الخطوط مسير الطائرة (كما في مطار باريس)، ويوجد أنواع أخرى من هذه الساحات حيث تقف الطائرة ضمنها بحيث يكون محورها يصنع زاوية 45^{o} مع محور المهبط وعرض المكـــان الذي تقف عليه الطائرة يساوي 75 m بما فيه عرض الممر، أما الطول فيتحول حسب عدد الطائرات التي سوف تقف ويقدّر بثلاثين متراً لكل مركز وقوف، فإذا كان عدد مراكز الهبوط 6 فإن الطول الكلي اللازم لهذه المواقف يساوي 180 m.



ومن الممكن أيضاً أن يكون شكل توضع الطائرات ضمن الساحة بأحد الشكلين التاليين بحيث تكون المسافة الأصغرية للمسافة الفاصلة بين جناح الطائرة المتحركة نحو المهبط وجناح الطائرة المتوقفة 7.62 m (25 ft) بحيث لا يحدث أي اصطدام بين الطائرات.

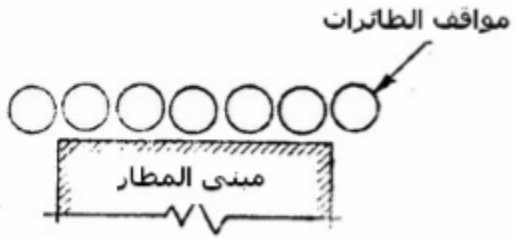


أما وضع الطائرة الواقفة ضمن الساحة بالنسبة لإدارة المطار فتكون بأحد الحالات الموضحة بالشكل التالي :



الحالة الأولى أن تكون الطائرة موازية لإدارة المطار، والحالة الثانية تكون الطائرة عمودية على إدارة المطار وأنفها بعيداً عـــن إدارة المطار، والحالة الثالثة تكون الطائرة عمودية على إدارة المطار وأنفها نحو الإدارة، والحالة الرابعة أن تكون الطائرة مائلة على مبنى إدارة المطار وأنفها يتجه بعيداً، والحالة الخامسة أن تكون الطائرة مائلة على مبنى إدارة المطار وأنفها يتجه لداخل المبنى.

وهناك نماذج أخرى لمواقف الطائرات حيث نرى في الشكل التالي حالة التوضّع الجبهي وتكون الطائرات موازية لمبنى إدارة المطار



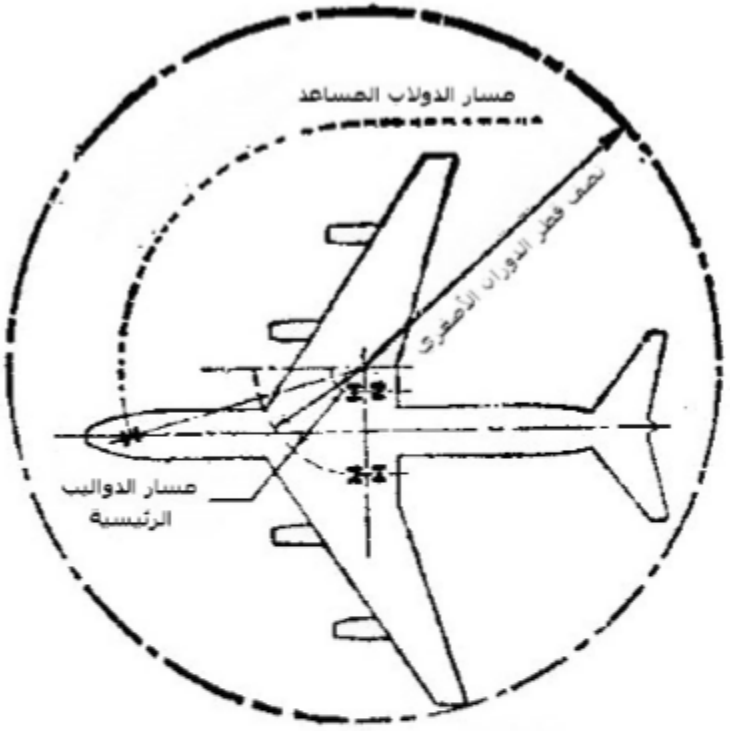
والشكل التالي يوضح حالات التوضع الاصبعية على شكل حرف I أو على شكل حرف T أو على شـــكل حـــرف Y وتمـــون المواقف جميعها قريبة من إدارة المطار

3- أبعاد ساحات الوقوف :

تتعلق أبعاد هذه الساحات بعدد مراكز الوقوف وأبعاد هذه المراكز، ويمكن حساب عدد مراكز الوقوف من أجل كل صنف من أصناف الطائرات النموذجية بحيث يكون عدد هذه المراكز يساوي إلى ثلث عدد الطائرات المستعملة للمطار في ساعة الـــذروة في اليـــوم الأكثر غزارةً أيضاً، ويجب زيادة مقدار **20%** لكل صنف من أصناف الطائرات من أجل الأخذ بعين الاعتبار أزمان التوقف الطويلة وغير النظامية وزيادةً على ذلك نأخذ القيمة الأعلى بعد تدوير الرقم وبإهمال الكسور على أن يقبل بأن مدة التوقف في الساحة **30** دقيقة كافية لإفراغ حمولة الطائرة من الركاب وتحميل غيرهم والقيام بعمليات الصيانة اليومية، وأما إذا كان المطار هو محطة نهائية على آخـــر الخـــط الجوي فتعتبر مدة توقف الطائرة **60** دقيقة مدة اعتيادية، وللأسف فإن مدة توقف الطائرات في كثير من المطارات العالمية تزيد عن الساعتين لأسباب كثيرة معروفة!!!.

وإن أهم عنصر في حساب أبعاد ساحات الوقوف هو نصف قطر الدوران والذي يتعلق بحركة الطائرة نفسها، وإن الحـــد الأدنى لنصف قطر الدوران هو الحد الأدنى المعطى من قبل الشركة الصانعة وذلك اعتماداً على مقدار تلف الدولاب الذي تدور حوله الطـــائرة (مركز دوران الطائرة)، وقد كان بالإمكان أن ينطبق مركز دوران الطائرة على مركز ثقلها (منتصف المسافة بين الدواليب الرئيسية) وهذا يؤدي إلى تزحلق الدواليب الرئيسية بالنسبة لمحور الدوران والذي هو أكبر سبب لاهتراء الدواليب، وعلاوةً على ذلك قد يُسبب في اقتلاع أرضية المهبط، وإن الحد الأقصى لزاوية دوران الدواليب الأمامية يتراوح بين 50^o~60^o.

يمكن تعيين مركز الدولاب لأصغر نصف قطر دوران لأي طائرة بسهولة، فهو عبارة عن تقاطع الخط الذي يمر في محور الدواليب الأمامية مع الخط الواصل بين محاور الدواليب الرئيسية.



إن الطول الإجمالي لساحات الوقوف هو مجموع مراكز الوقوف اللازمة لكل صنف من أصناف الطائرات النموذجية.

ساحات كراج (مرآب) الطائرات:

إن ساحات المرآب كساحات الطائرات التجارية حيث تكون أبعادها تابعة لحجم الطائرة النموذجية لكل صنف، ويمكن الوصول إلى ساحات المرآب بواسطة ممرات عادية، وبما أن الطائرة تقوم بعمليات المناورة على ساحة المرآب بوسائلها الخاصة لذلك يجب أن تكون مساحة سطح المرآب هي نفس مساحة سطح الوقوف، وأما إذا قامت الطائرة بعمليات مناورة بمساعدة سيارة تجرّها من الأمام فيقبل أن يكون شكل ساحة المرآب مربعة الشكل.

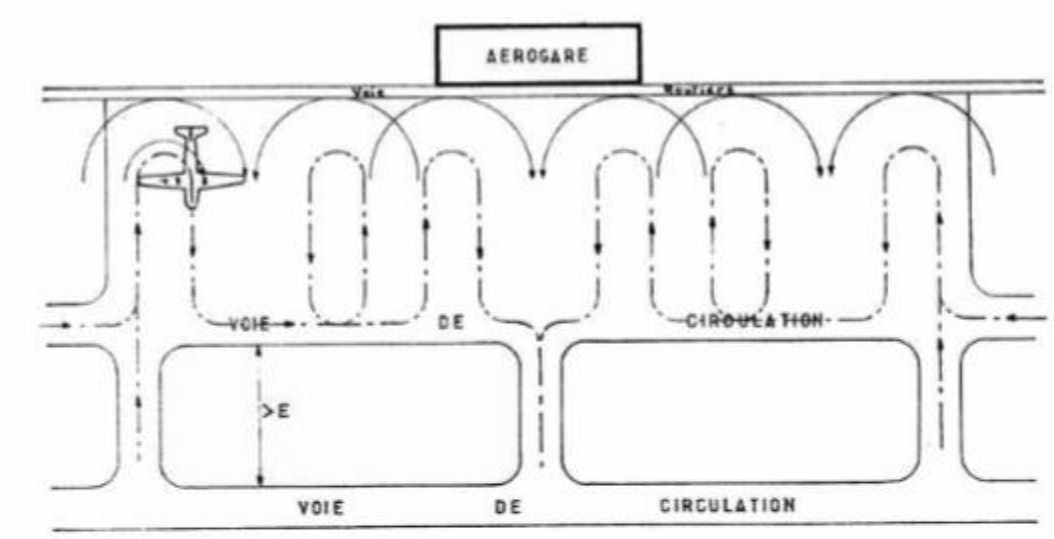
من الصعب تعيين المساحة الواجب الاحتفاظ بها لإنشاء ساحات المرآب بصورة مسبقة عند دراسة المخطط العام للمطار، ولا يقبل أن يؤخذ عدد مراكز المرآب كعدد مراكز الوقوف، ولهذا عند البدء بالدراسة العامة يجب دراسة كل حالة على حدة بعد أخذ رأي الأشخاص الذين سيستخدمون المطار (مثلاً هل يمكن أن تكون الطائرة التي ستستعمل المطار هي تجارية أو خفيفة أو سياحية).

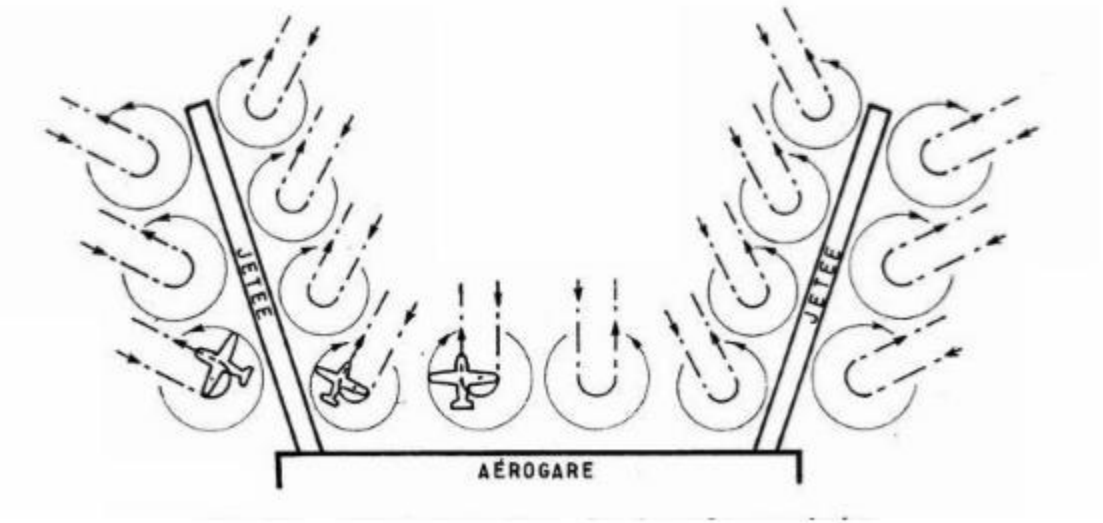
ساحات الصيانة :

لا تكون ساحات الصيانة إلا في المطارات الواقعة على رأس الخط الذي تتبعه الطائرة أثناء رحلتها أو في المطارات التي يتوفر فيها المكان اللازم لإنشاء مثل هذه الساحات.

ومهما يكن يجب أن يكون في هذه الساحات هنغارات للطائرات تحتوي على ممر لسير الطائرات وممر آخر من أجل وقوف الطائرات على الهواء الطلق، وعمليات الصيانة تجري في وقت واحد على الطائرات الموجودة داخل الهنغارات والطائرات الموجودة في الهواء الطلق.

لا يسمح للطائرات أن تسير في تلك الساحات إلا أن تجرها سيارة، ولذلك لا نطبق قواعد الكشف السابقة على تلك الساحات، ويكون طول ساحة الصيانة مساوياً إلى 2.5 من طول الطائرة النموذجية الأعلى.





علامات وإشارات المطارات

تحتوي المطارات على إشارات وأنوار مهمتها تمييز عنصر معين عن غيره لتسهيل مهمة ملاحي الطائرات, وقد كـــان في الماضـــي اختلاف كبير لهذه الإشارات من دولة إلى أخرى ولكن اليوم بفضل I.C.O.A التي وحدت هذه الإشارات وأصبح لها مفهومـــاً عالميـــاً واحد، وسنقتصر في بحثنا هذا على إعطاء بعض المميزات الأساسية لتلك الإشارات :

- الإشارات النهارية
- الإشارات الليلية
- الإشارات في حالة الرؤية السيئة

الإشارات النهارية

توجد هذه الإشارات بأنواع ثلاثة في المطارات :

١. من أجل المطار
٢. من أجل المهبط
٣. من أجل المهابط الثانوية.

خصائص الإشارات النهارية من أجل جميع أنواع المطارات :

a. تعين هوية المطار :

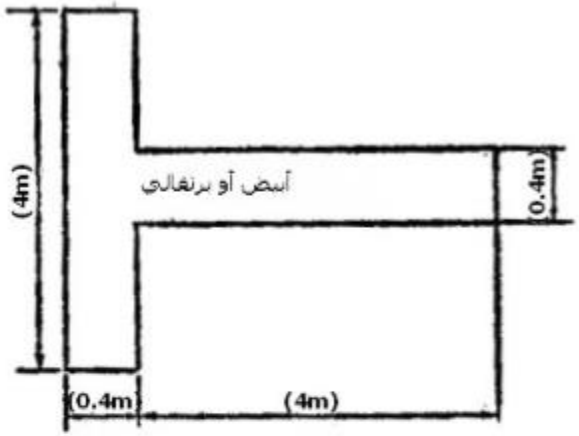
إذا كان من الصعب معرفة هوية المطار فيُلجأ إلى كتابة اسمه في أعلى نقطة منه سواءٌ على سقف إحدى الهنغارات أو في أعلى نقطة من أبنيته وتكون الكتابة عادة باللون الأبيض على أن لا يقل ارتفاع أحرف الكتابة عن ثلاثة أمتار

b. تعين اتجاه الريح :

يجب أن يجهز المطار بجهاز يدل على اتجاه الريح و الجهاز الكلاسيكي المعروف هو البوق الهوائي **Windsock** وهو بشكل جذع مخروط من القماش الملون بلون واضح للرؤية أو بعدة ألوان، ويجب أن يوضح جذع المخروط هذا في نقطة من المطار تكون مرئيـــة مـــن مختلف الجهات ويجب أن يشار إليه بدائرة ذات قطر قدره **15** متر، وعلاوةً على البوق الهوائي توجد أجهزة آلية حديثة تعطي اتجاه الريح وسرعتها و الضغط الجوي و الارتفاع موضوعة في برج المراقبة.

c. تعين اتجاه الهبوط :

يتعين اتجاه الهبوط بواسطة حرف **T** ملون إما بالأبيض أو البرتقالي كما في الشكل

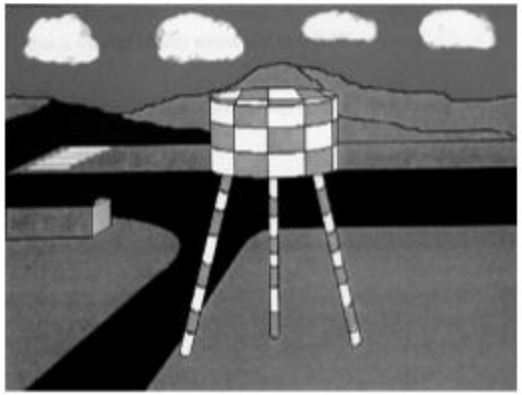


d. تعيين وتبيان الحواجز :

من أجل الحواجز الكبيرة (مثلاً أبراج الاتصالات الخلوية وأبراج الإذاعة) توضع مربعات حمراء و بيضاء، أو بيضاء وبرتقالية ،ومن أجل الحواجز الرقيقة توضع أشرطة ملونة بيضاء وحمراء أو بيضاء وبرتقالية ، وأما الخطوط الكهربائية المهمة فيشار إليها بوضع كرات على تلك الخطوط متناوبة بيضاء و حمراء.

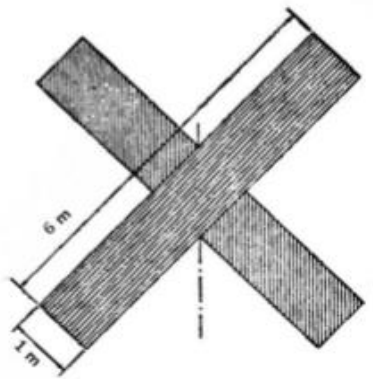
وعلى كل حال فيجب أن تكون هذه الإشارات واضحة بصورة يمكن تميزها من مسافة لا تقل عن **300** متر في أيام الصحو.

أما الإشارات الملونة فتكون عبارة عن أعلام شكلها مربع لا يقل طول ضلعه عن **60cm** وأن لا تقل المسافة بين العلم والأخر عن **15** متر .



e. **تعيين المناطق المهملة والخارجة عن الخدمة :**

يمكن إظهار المهابط وطرق السير الخارجة عن الخدمة بواسطة إشارة زائد مائل كما في الشكل التالي :



إشارة المناطق الخارجة عن الخدمة

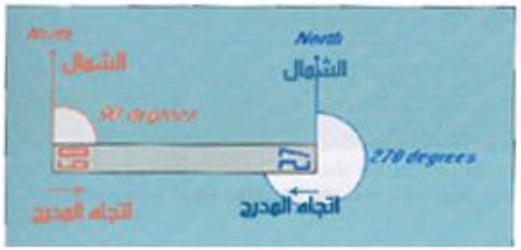
خصائص الإشارات النهارية من أجل المهبط :

a. **تعيين هوية المهابط : runway identifier**

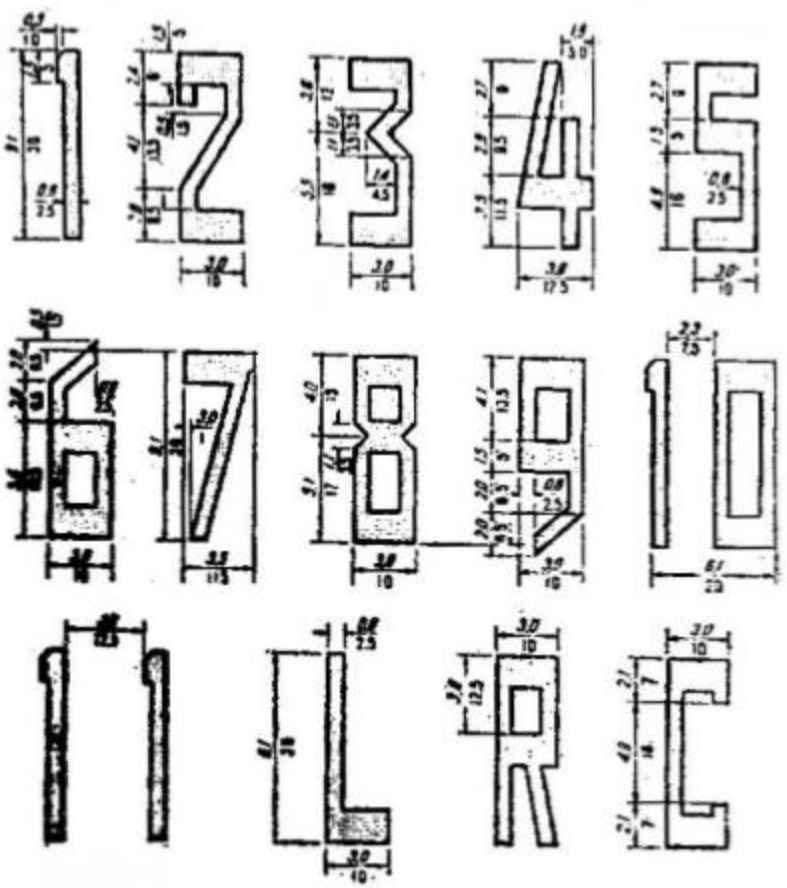
وهو عبارة عن رقم وهذا الرقم هو أول رقمين من الاتجاه المغناطيسي للمدرج .

فعلى سبيل المثال نجد في الصورة أدناه مدرج اتجاهه المغناطيسي **090** وإذا أردنا أن نعرف هذا المدرج نقول مدرج **09** , ونلاحظ أن الاتجاه المعاكس لهذا المدرج هو **270** وأيضا إذا أردنا أن نعرّف هذا المدرج نقول مدرج **27** فيكون عندنا لكل مدرج اتجاهين أي :

مدرجين.27\\\\\\\\09



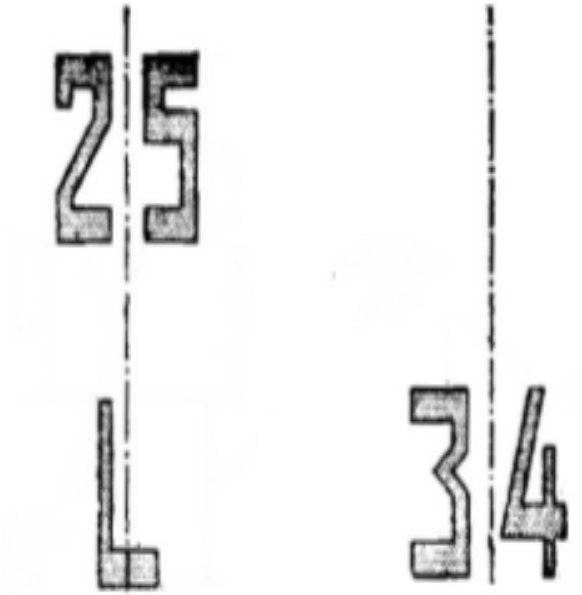
(وقد يكون الرقم الأول هو الصفر) وارتفاع هذه الأرقام المكتوبة يبلغ 9 أمتار، بحيث تكون سهلة القراءة من قبل ملاح الطـــائرة عند اقترابه من المهبط، الشكل التالي يبين الأبعاد النظامية للأحرف المستعملة في المطارات :



في حالة مهابط متوازية يمكن تميز أحدهما عن الآخر بوضع حرف أو عدة أحرف تحت العدد المذكور أعلاه، ومثلاً من أجل مهبطين متوازيين نكتب الحرف L (Left)فوق المهبط الذي على يسار قائد الطائرة ونكتب الحرف R (Right) فوق المهبط الذي على يمين قائد الطائرة.

- ومن أجل ثلاثة مهابط متوازية نكتب الأحرف (L,C,R)
- ومن أجل أربعة مهابط نكتب الأحرف (L ,CL,CR,R)
- ومن أجل خمسة مهابط نكتب الأحرف (L ,CL,C,CR,R).

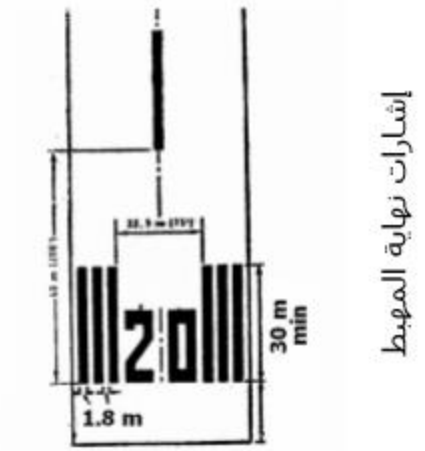
و الشكل التالي يبين أوضاع الأعداد مع الأحرف :



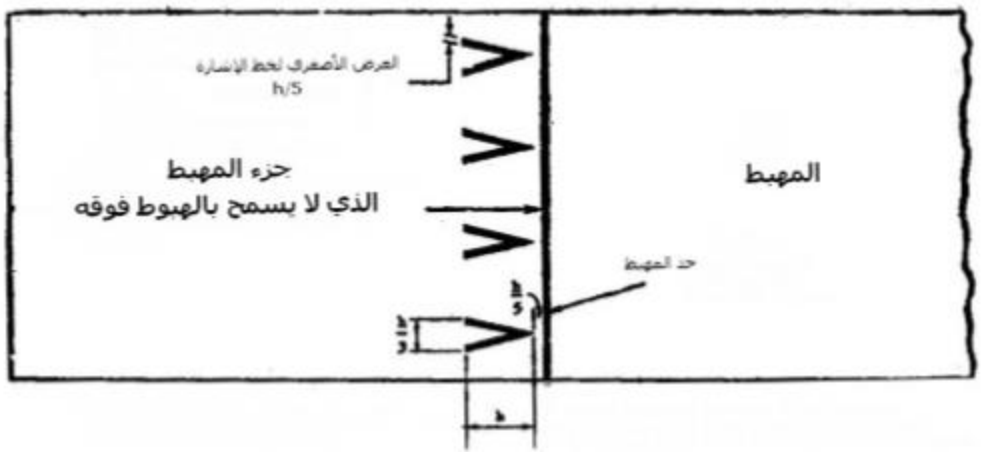
b. تعين محور المهابط : خط المنتصف centre line :

من الضروري تعين محور المهبط ويكون ذلك برسم خطوط متقطعة بطول لا يقل عن 30 متر وبعرض متر متباعدة عن بعـــضها بمسافة لاتزيد عن 30 متر.

c. معالم نهايات المهبط : يجب رسم الخطوط التي توضح معالم نهايات المهبط على طول ذلك المهبط ويكون ذلك برســـم خطوط طولانية متناظرة بالنسبة للمحور وبطول لا يقل عن 30 متر وبعرض 1.8 متراً تقريباً ومتباعدة عن بعضها بمقدار 1.8 متر تقريباً, وقد يستعاض عن هذه الإشارات بإشارات خاصة في حالة ما إذا كانت نهاية المهبط قابلة للإزالة بصورة مؤقتة كما يتـــبين في الأشـــكال التالية:



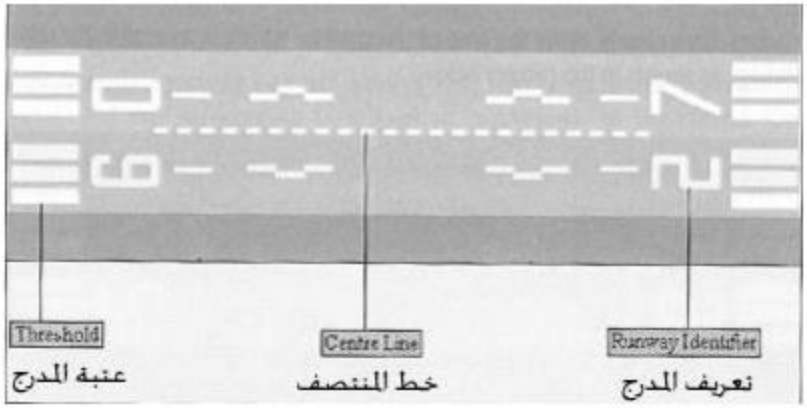
إشارات نهاية المهبط



الإشارات القابلة للإزالة

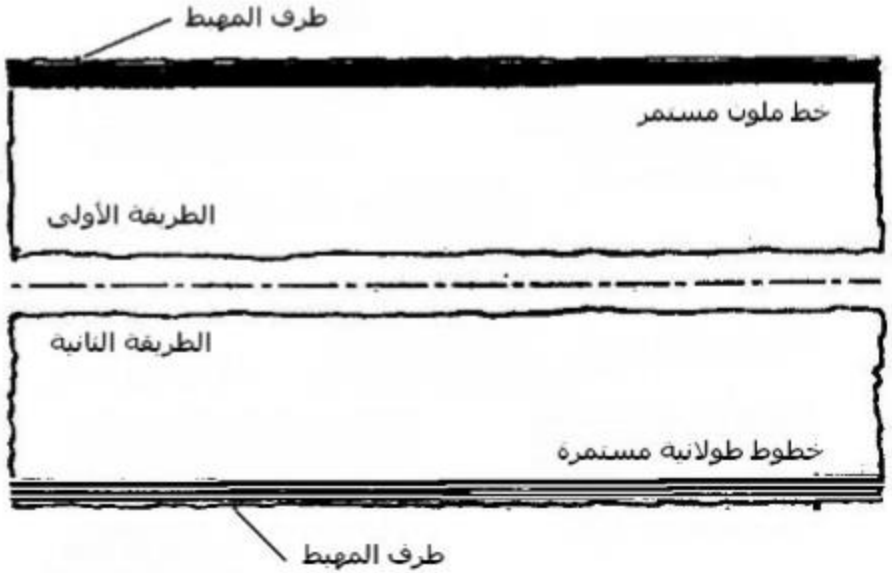
d. تعين عتبة المدرج (منطقة بداية التماس) Threshold :

وتوجد في نهاية كل مدرج وتحدد المسافة المتاحة للإقلاع والهبوط، فلكي يتمكن قائد الطائرة من الهبوط دون خطر يجب أن يرى على طول قدره 600 متر من المهبط علامات خاصة متباعدة بمقدار 150 متر فوق المهابط المجهزة بالآلات كما هو مبين بالشكل التالي:



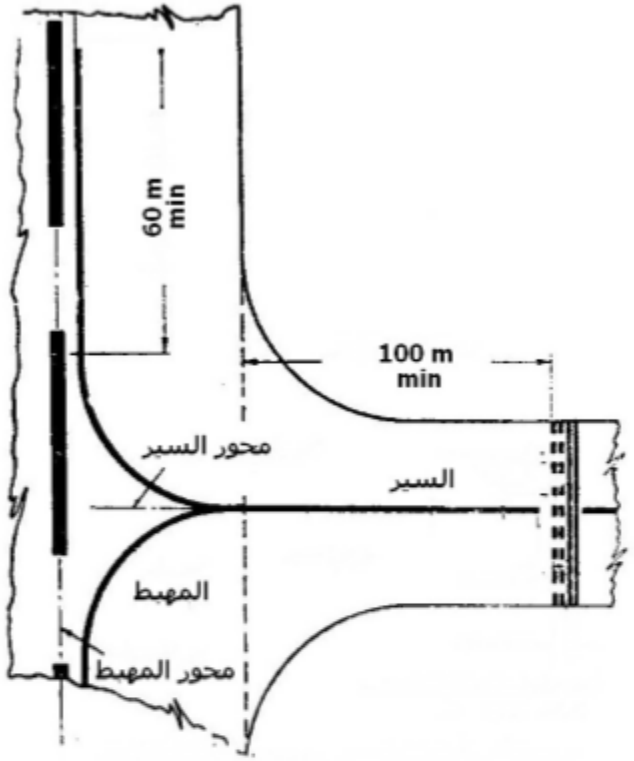
e. تعين علامات المهبط الجانبية :

من المفضل تعيين الحدود الجانبية للمهابط بخط مستمر واحد أو عدة خطوط مستمرة ومتوازية كما في الشكل التالي:



f. تعين علامات التقاء الممرات (طرق السير) مع المهبط :

من المفضل رسم مستقيم في محور الممر، كما يتوجب رسم العلامات التي تجبر الطائرة بالتوقف عندها قبل دخول المهبط، كما يتبين



خصائص الإشارات النهارية من أجل المطارات التي لا تحتوي على مهابط رئيسية

١. تعيين طول المهابط في جميع الاتجاهات :

تعيين الحدود التي يُبتدأ فيها الهبوط بإشارات بيضاء وحمراء بشكل ثنائية متباعدة بمقدار 200 متر موضوعة على طول حدود سطح الهبوط وبجميع الزوايا.

٢. تعيين المطارات ذات المهابط الفرعية (الثانوية) :

تُعيَّن حدود المهابط الفرعية بإشارات خفيفة ذات شكل هرمي أو مخروطي موضوعة كل 80 متر تقريباً على أن نكملها بصورة عامة بخطوط بيضاء بطول يساوي 8 متر تقريباً وقد يعين محور المهبط الفرعي بخط مستقيم.

توجد إشارات متشابهة من أجل طرق السير (الممرات) عندما لا تكون غطاة بطبقة تغطية .

الإشارات الليلية (الإنارة الليلية):

توجد هذه الإشارات بأنواع ثلاثة في المطارات :

١. من أجل المطار
٢. من أجل المهبط
٣. من أجل المهابط الثانوية.

يغلب اللون الأحمر على هذه الإشارات وعملها يكون على شكل ومضات بتواتر 20 إلى 60 ومضة في الدقيقة.

خصائص الإشارات الليلة من أجل المطار:

a) أنوار قد تكون خطرة :

قد تكون الأنوار الشديدة الإضاءة والقريبة من المطار مجالاً للشك أو الغموض ذلك لأنها قد تغطي على الأنوار الأساسية للمطار، وحتى لا يقع ذلك يمنع منعاً باتاً قبول مثل هذه الأنوار الخطرة وكذلك يجب أن لا توحي الأنوار الأساسية للمطار لأي شكل خصوصا لبحارة السفن في حالة وجود المطار قريباً من البحر، وهذا ما حصل لإحدى السفن الفرنسية (شامبوليون) التي اقتربت من الميناء بيروت وأخطأت الإشارة ظناً منها أن إشارة المطار هذه هي إشارة الميناء البحري فاقتربت منها واصطدمت بصخور الشواطئ فكانت الكارثة وغرقت الباخرة.

b) إضاءة تعريف المطار :

وهي عبارة عن إضاءة تعريفية للمطار تكون في أعلى أو قريبة من برج المراقبة الجوية وتعمل بطريقة تلفت انتباه الطيارين(تضيء ثم تنطفئ) لتخبرهم بأن هذا المكان هو المطار، وهناك نوعان من المطارات مطارات مدنية والإضاءة التعريفية فيها تكون باللون الأخضر ومطارات عسكرية وتكون الإضاءة التعريفية فيها باللون الأحمر وتعمل بطريقة الالتفاف كما هو الحال في سيارات الإطفاء والإسعاف.

c) تعيين اتجاه الرياح :

يجب أن يجهز المطار بجذع مخروط من القماش الذي اصطلحنا عليه (بوق الهواء **Windsock**) على أن بضاء في الليل.

d) تعيين اتجاه الهبوط :

إن حرف الـ **T** المشار إليه في السابق يجب أن يضاء في الليل.

e) منارات الحواجز :

الأجسام التي لا يزيد ارتفاعها عن **45** متراً تكون مضاءة باللون الأحمر في أعلى نقطة فيها والأجسام التي يزيد ارتفاعها عن **45** متراً لكن اقل من **150** متراً تكون مضاءة باللون الأحمر الوامض (يضيء ثم ينطفئ) لأنها اعلي من السابقة ويجب أن تكون موضحة بشكل أكبر (ويجب أن لا تقل استطاعة المصباح الأحمر عن **10** واط)، وأخيرا الأجسام التي يزيد ارتفاعها عن **150** متراً تكون مضاءة باللون الأبيض العالي جدا الوامض (يضيء ثم ينطفئ) خلال النهار والليل وهذا لخطورتها وارتفاعها.

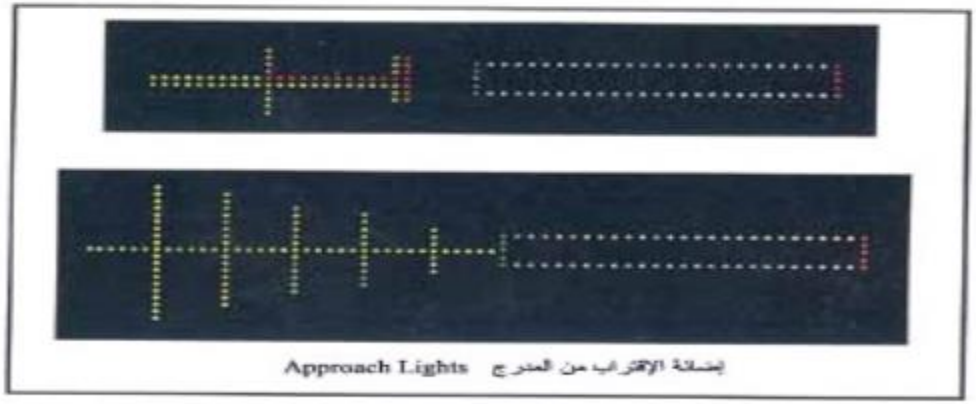
f) منارات الخطر :

إذا كانت المنطقة التي أنشئ فيها المطار تحتوي على سلسلة من الهضاب العالية مثلاً وكانت تلك الهضاب خطرة ، و كان من المستحيل إنارتها كما ذكر أعلاه البند **(e)** فيجب إنارتها بمنار استطاعته الصغرى **2000** واط على أن يوضع ذلك المنار في أعلى نقطة من السلسلة وأن يكون لونه أحمر.

خصائص الإشارات الليلة من أجل المهبط :

a) إضاءة الاقتراب Approach Lights:

إذا تعرف الطيار على المطار المقصود يحتاج الآن أن يوازن نفسه مع مدرج الهبوط ولمساعدته على هذا وجدت إضاءة الاقتراب ولها عدة أنواع منها ما هو بسيط على شكل حرف **T** ومنها ما هو معقد قليلاً, وأيضا للمساعدة يمتد خط من الإضاءة البيضاء من بداية المدرج على طول **900** متر يقود الطيار إلى خط المنتصف في المدرج.



Approach Lights إضاءة الاقتراب من المدرج

يمكن إنارة منطقة الاقتراب القريبة من المهبط بمصابيح تبعد عن بعضها بمقدار **60** متر على طول قدره **15** متر على الأقل واستطاعة هذه المصابيح **200** واط تقريباً.

b) تعين أنوار زاوية الاقتراب :

قد يكون من المفيد في بعض الأحيان إضاءة مسار هبوط الطائرة بالأنوار فيكون تسليط هذه الأنوار على شكل ثلاث حزم, الحزم الأولى من الأسفل لونها أحمر، الحزمة الثانية في الوسط لونها أخضر, والحزمة الثالثة لونها أصفر, على أن ترسل أشعتها بشكل ومضات ويتراوح عدد هذه الومضات من 30 إلى 60 ومضة في الدقيقة ويجب أن تكون استطاعة كل من هذه الأنوار الثلاثة 50 واط.

c) أنوار المهبط :

جانبي المدرج مضاءة بالإضاءة الجانبية للمدرج باللون الأبيض **Runway Edge Lights** ممتدة على طول المدرج من البداية إلى النهاية, ويجب إنارة المهبط ليلاً بخطين متوازين من المصابيح على أن توضع هذه المصابيح على طول المهبط ويجب أن لا يزيد تباعد تلك المصابيح عن 60 متر وأن يكون لونها هو اللون الأبيض.

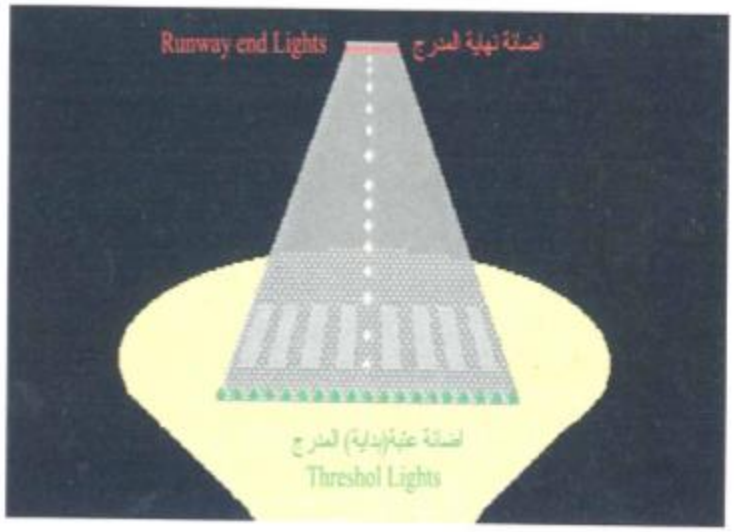
وفي حالة المهبط المجهز بالآلات يكون لون هذه الأنوار على الجزء الأول من المهبط أبيض وعلى القسم الأخير من المهبط أصفر على أن يكون طول هذا القسم مساويا إلى 600 متر ، وشدة هذه المصابيح 50 واط.

وفي بعض المطارات يكون خط المنتصف مضاءٌ أيضا فتكون الإضاءتين على النحو التالي:

تبدأ الإضاءة باللون الأبيض من بداية المدرج حتى آخر 900 متر من المدرج فتكون الإضاءة باللونين الأحمر والأبيض وفي آخر 300 متر تكون الإضاءة باللون الأحمر لتنبيه الطيار بأنك تقترب من نهاية المدرج, وهذه الإضاءات تساعد الطيار على معرفة المسافة المتبقية من المدرج سواء أثناء الإقلاع أو أثناء الهبوط.

d) أنوار نهايات المهبط :

بداية المدرج تكون مضاءة بإضاءة عتبة (بداية) المدرج باللون الأخضر **Green threshold Lights** ولا يمكن رؤيـــة اللـــون الأخضر إلا من جهة الاقتراب فقط, ونهاية المدرج تكون مضاءة بإضاءة نهاية المدرج باللون الأحمر وأيضاً لا يمكن رؤيتها إلا مـــن جهـــة الاقتراب والهبوط

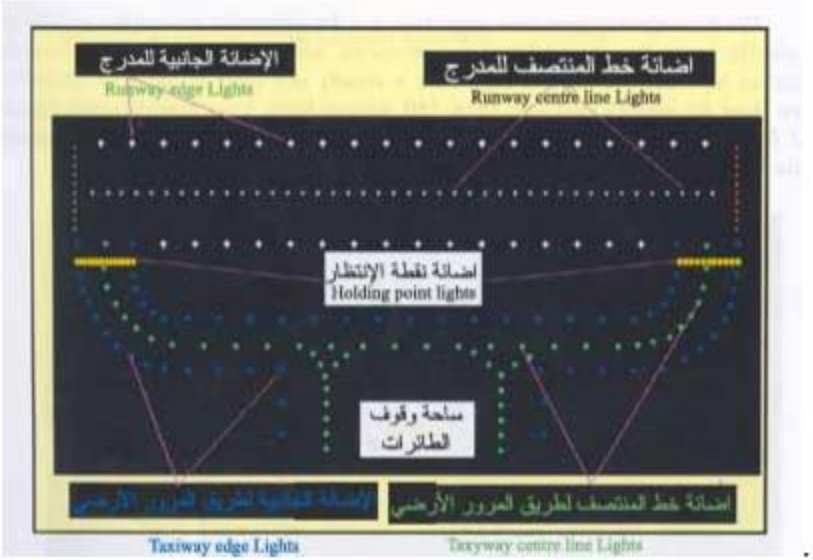


e) إنارة الممرات :

تم اضاءة طريق المرور الأرضي بألوان تختلف تماما عن الأنوار الموجودة على المدرج ولا تشترك معها بأي لون وذلك لتسهيل عملية التفريق بينها وتقليل الأخطاء, فخط المنتصف لطريق المرور الأرضي مضاء باللون الأخضر وجانبي الطريق مضاءة باللون الأزرق للتأكد من أن الطيار يعرف أين هي جانبي الطريق المسموح له بالمرور فيه ويعرف نهاية طريق المرور الأرضي وبداية المدرج.

f) **نقطة الانتظار Holding point:**

تكون مضاءة بشكل واضح باللون الأصفر، ومحرّم عبور هذه النقطة بدون إذن المراقب الجوي في برج المراقبة.



خصائص الإشارات الليلية من أجل المطارات التي لا تحتوي على مهابط:

a) تعيين المطارات في جميع الاتجاهات:

تُعين حدود سطح المطار بأنوار ثابتة بيضاء موضوعة بصورة عامة على منارات مخصصة لتعيين حدود ذلك المطار ويجب أن لا يزيد تباعد هذه الإشارات عن 100 متر.

b) المطارات ذات المهابط الثانوية :

إن المهابط الثانوية هي كالمهابط الرئيسية تضاء بأنوار بيضاء وأنوار تحدد ابتداء من تلك المهابط الثانوية ونهايتها بلون الأخضر.

المراقبة الجوية

تمثل مهنة المراقبة الجوية واحدة من أهم العمليات التشغيلية في صناعة النقل الجوي اليوم, فقائد الطائرة عندما يبدأ تشغيل محركات الطائرة وهي جاثمة على الأرض يجب أن يكون قد أخذ تصريحاً من المراقب الجوي, كما أن حركة الطائرة داخل ساحة المطار وفي مرحلتي الإقلاع والهبوط بتصريح مماثل، وتعبر الأجواء على ارتفاعاتها المختلفة تحت ضبط وسيطرة المراقب الجوي أيضاً, إلا أن اللافت ندرة وجود أدبيات وأبحاث ودراسات حول هذه المهنة خصوصاً في عالمنا العربي, التي تقع مسئولية التعريف بها على عاتق المنتمين إليها.

لمحة عن تاريخ مهنة المراقبة الجوية :

مضى وقت ليس بالقصير منذ تجربة الأخوين رايت, قبل أن يوقع الرئيس الأمريكي كالفن كولدج قانون الطيران التجاري في العشرين من مايو عام 1936, والذي عرف فيما بعد بـ(Air Commerce Act) والقاضي بفصل الطيران العسكري عن الطيران التجاري, وتخويل السكرتير التجاري هربرت هوفر بتشجيع صناعة الطيران التجاري, وذلك بإنشاء الممرات الجوية, والمساعدات الملاحية, ووضع القوانين الضرورية لهذه الصناعة لرفع مستوى إدراك الناس نحو هذه الصناعة كوسيط نقل آمن, وفي تلك الفترة ولدت الكثير من شركات الطيران العاملة اليوم في مجال النقل الجوي.

قبل البدايات الأولى للثلاثينات الميلادية كانت هناك حاجة لتنظيم حركة الطيران في الولايات المتحدة الأمريكية, حيث كانت جميع الطائرات تقريبا تقوم بعملياتها الجوية خلال النهار, وفي الأجواء التي تكون فيها الرؤية واضحة بما لا يقل عن ثلاثة أميال جوية, بحيث يتمكن قائد الطائرة من تفادي حوادث الطيران مع الطائرات الأخرى, الأمر الذي نتج عنه ما يعرف اليوم في قوانين المراقبة الجوية قواعد الطيران بالرؤية المجردة (visual flight rules), ومع تزايد حركة الطيران كانت تزدحم المنطقة المحيطة بالمطار بالطائرات, حيث كان يتحتم على قائد الطائرة التحليق باتجاهات مختلفة إلى أن يحدد الاتجاه المناسب لهبوطه آخذاً في اعتباره اتجاه الريح, ومتيقظا لما يحيط به من طائرات أثناء عملية الاقتراب النهائي من المدرج, إضافة إلى ذلك كان على قائد الطائرة اتخاذ قرار أولوية الهبوط بالنسبة للآخرين, والوقت اللازم والملائم لهبوطه بالنسبة للطائرة التي سبقت في الهبوط, والخروج من المدرج إلى موقع الوصول, والابتعاد عن الطائرات القادمة, ونفس الإجراءات تقريبا في حال المغادرة, كانت هذه الطريقة التي تتم بها عمليات الهبوط والإقلاع مدعاة للخطر, وتعرض الطائرات للحوادث والاصطدام.

كان آرشي ليغ (Archie League) أول مراقب جوي يقدم خدمات المراقبة الجوية في الولايات المتحدة الأمريكية, حيث اختارته سلطات مطار سانت لويس بولاية ميسوري (St. Louis – Missouri) عام 1929 ليقوم بهذه المهمة, كان ليغ يستخدم علماً اخضراً يومي به للطائرات, مصرحا لقائد الطائرة بالتحرك من وإلى المدرج, أو مصرحا له بالهبوط أو الإقلاع, وفي حالة التوقف أو عدم التصريح بالهبوط أو الإقلاع يشير لقائد الطائرة بعلم آخر لونه احمر, وهذه الطريقة تم تطويرها لاحقا وتستخدم إلى اليوم في المطارات كوسيلة اتصال مع قائد الطائرة عند انقطاع موجات الاتصال, ويستخدم فيها الضوء الأخضر, والأحمر, والأبيض.

تم استخدم نظام الاتصال اللاسلكي ذو الاتجاهين (Two-way communications system) للمرة الأولى للتواصل بين قائد الطائرة والمراقب الجوي في مطار كلفلاند- أوهايو (Cleveland Airport- Ohio) حيث شيد برج للمراقبة على سطح أحد المباني, واتسع نطاق استخدام هذه الوسيلة في المطارات الأخرى.

مع تطور هذه الصناعة وتزويد الطائرات بأجهزة اتصال وملاحة متقدمة, مكّنت قائد الطائرة من التحليق في أجـــواء مـــاطرة, أو ضبابية, أو منخفضة الرؤية, أو ما يعرف في مصطلحات المراقبة الجوية بـــ :

.(Instrument Meteorological Conditions)

في عام 1934 أنشئ الكونغرس مكتب الطيران التجاري (Bureau of Air Commerce) حيث عُني بتأسيس الممرات الجوية, وتزويدها بالمساعدات الملاحية, ووضع القوانين التي تضمن سلامة الحركة الجوية, وتأمين الفاصل الأفقي والعمـــودي بـــين الطـــائرات, والقواعد التي يجب على قائد الطائرة إتباعها أثناء التحليق فيما عرف لاحقا بقواعد الطيران الآلي (Instrument Flight Rules) وذلك بتوجيه مقنن من المراقب الجوي تبعا لإجراءات خدمات المراقبة الجوية.

وفي عام1945 وضعت شعبة قواعد الجو ومراقبة الحركة الجوية التابعة لمنظمة الطيران المدني الـــدولي (ICAO) في دورتهـــا الأولى توصيات القواعد القياسية بأساليب العمل وبالإجراءات المتعلقة بمراقبة الحركة الجوية, وفي 18/5/1950 وضعت تلك التوصيات في ملحق أطلق علية الملحق الحادي عشر (Annex 11) وأصبح الملحق سارياً في أول أكتوبر من نفس العام وتم وضعه تحت عنوان (خدمات المراقبة الجوية (Air Traffic Services) وتوالت التعديلات على هذا الملحق إلى اليوم حيث تشهد خدمات المراقبة الجوية العالميـــة تطـــورات مذهلة تستخدم فيها الأقمار الصناعية والتقنية الرقمية وهو ما يعرف في عالم الطيران بالخطة العالمية لنظم الاتصالات والملاحة والاستطلاع وإدارة الحركة الجوية (Global Air Navigation Plan for CNS/ATM System) .

أهداف خدمات الحركة الجوية وتقسيماتها الأساسية:

تسعى خدمات الحركة الجوية لتحقيق الأهداف التالية :

١. منع التصادم بين الطائرات في المطارات.

٢. منع التصادم بين الطائرات في منطقة المناورة والعوائق الموجودة في تلك المنطقة.

٣. تحقيق سرعة انسياب الحركة الجوية والحفاظ على انتظامها.

٤. تقديم الإرشاد والمعلومات المفيدة لسلامة الرحلات الجوية وكفاءتها، وكذلك الاتصال بالمطارات الأخرى وإرشاد الطائرات إلى الطرق الجوية وتقاطعها والمساعدة على تحديد موقع الطائرة في الجو وتحديد بعد الطائرة عن مراكز محدودة على خرائط الطيران ويقوم بهذه المهمة (مهمة الإعلام) مركز المعلومات الجوية Flight Information Service أو مركز المراقبة الإقليمي Flight Information Region F.I.R.

٥. إبلاغ الجهات المختصة عن أية طائرة في حاجة إلى مساعدات البحث والإنقاذ, وأن تساعد تلك الجهات حسب مقتضى الأحوال وتسمى مهمة التحذير أو الأخطار (Alerting Service).

كما تنقسم خدمات الحركة الجوية إلى ثلاثة قطاعات خدمية رئيسة, تحدد الحاجة إليها نوع الحركة الجوية وكثافتها والأحوال الجوية وأي عوامل أخرى ذات صله وهذه القطاعات هي :

A. خدمة مراقبة المنطقة (بنصف قطر مجال 15 ميل) وتشمل تقديم خدمة مراقبة الحركة الجوية للرحلات المراقبة وتقوم بتحقيق الأهداف 1 و 3.

B. خدمة مراقبة الاقتراب (مجال عملها من منطقة الاقتراب حتى ترى الطائرة المدرج) وتشمل تقديم خدمة مراقبة الحركة الجوية لتلك الأجزاء من الرحلات المراقبة المتعلقة بالوصول أو المغادرة وتقوم بتحقيق الهدفين 2 و 3.

C. خدمة مراقبة المطار (بمجال عملها من المسافة التي ترى الطائرة فيها المدرج حتى نهاية المهبط)وتشمل تقديم خدمة مراقبة الحركة الجوية على أرض المطار وتقو بتحقيق الأهداف 2 و 3.

فبعد إقلاع الطائرة الذي يأمر به مركز الاقتراب يجري تعاون بين مراقبة المنطقة ومراقبة الاقتراب حتى تصل الطائرة إلى ارتفاع معين متفق عليه مسبقاً كنقطة لتحويل المسؤولية من مراقبة الاقتراب إلى مراقبة المنطقة وعندها فإن منطقة الاقتراب تطلب من الطيار التحويل إلى تردد موجة مراقبة المنطقة التي تبدأ بإعطاء التعليمات اللازمة للطيار.

دور المراقبة الجوية في سلامة الطيران:

تبين لنا من أهداف خدمات الحركة الجوية أن الهدف الأول والثاني يتعلق مباشرة بسلامة الطيران ويمنع تصادمها تماما ولتحقيق ذلك حددت منظمات الطيران الدولي الحد الأدنى للفاصل العمودي والأفقي بين الطائرات (Vertical and Lateral Separation) والذي يؤمن سير رحلات الطيران وفق شروط السلامة المقررة على الشكل التالي :

- **الفاصل العمودي (Vertical Separation) :**

وهي أحد أسهل الوسائل المستخدمة للفصل بين طائرتين, فطالما أن أي طائرتين على ارتفاعين مختلفين بفارق 1000 قدم على الأقل, فإن كلاً من تلك الطائرتين تنفصل عموديا عن الأخرى, حيث يحجز لكل طائرة فضاءً جوياً يمتد من 500 قدم إلى الأعلى و 500 قدم إلى الأسفل, والطريقة المتبعة لتمكين قائد الطائرة من حجز الارتفاع الخاص بطائرته هو عن طريق الطلب من قائد الطائرة بتأكيد وصوله أو مغادرته للارتفاع المقصود من قبل المراقب الجوي.

- **الفاصل الأفقي (Lateral Separation) :**

وفقا لإجراءات المراقبة الجوية, فإن أي طائرتي تعتبر منفصلة أفقيا إذا تحققت احد الشروط التالية :

- الفصل الطولي بالمحافظة على فارق بين الطائرات التي تعمل على مسار واحد أو على مسارين متلاقين أو متقابلين في اتجاهين متعاكسين, على أن يكون ذلك الفارق مبينا بالزمن وبالمسافة .
- الفصل الجانبي بإبقاء الطائرات على طرق جوية مختلفة أو في مناطق جغرافية مختلفة .

وقد وجد حديثاً أجهزة الكترونية تساعد على الإقلال من الصدمات فمثلاً هناك آلة حاسبة الكترونية تقوم برسم مسارات ١٢٨ طائرة على شاشة الرادار ، وفي الوقت نفسه تقوم شاشة أخرى بعزل مسارات الطائرات وفي الوقت نفسه تقوم شاشة أخرى بعزل مسارات الطائرات المحتمل اصدامها أو تعرضها للخطر وتتم كل هذه العمليات آليا وبسرعة تكفي لقيام برج المرقبة بإعطاء التعليمات إلى قادة الطائرات وتنبههم إلى خطر وتقوم هذه الآلة بإجراء أربعين مليون في وقت واحد .وفي الوقت الحاضر أصبح جهاز **TCAS** ملزم لكل الطائرات المدنية من قبل المنظمة الدولة .**I.C.AO**

النظم المستقبلية للمراقبة الجوية :

في الثمانينات والتسعينات نمت صناعة النقل الجوي بسرعة فاقت سرعة نمو معظم الصناعات الأخرى، وازداد السفر والشحن الجوي على الخطوط المنظمة بين عامي 1985 و1995 بمعدل سنوي تراوح متوسطه بين 5% و 7.6% على التوالي.

هذا النمو المتزايد في هذه الصناعة دعا مجلس منظمة الطيران المدني الدولي (**ICAO**)إلى إعادة النظر في النظم الإجراءات المتبعة حاليا لدعم الطيران المدني وتقييمها، حيث وجد أنها بلغت مرحلة التشبع.

اتخذ المجلس قراراً بإنشاء اللجنة الخاصة المعنية بنظم الملاحة الجوية المستقبلية **(FANS)** كلفت هذه اللجنة بدراسة التكنولوجيات الجديدة وتحديدها وتقييمها ,بما في ذلك استخدام الأقمار الصناعية, وتقديم توصياتها بشأن التنمية المستقبلية للملاحة الجويـــة في خدمـــة الطيران المدني على مدى ٢٥ سنه.

نظم الاتصالات والملاحة والاستطلاع وإدارة الحركة الجوية (CNS/ATM) :

تعريف النظم الجديدة هي نظم للاتصالات والملاحة والاستطلاع تستخدم التكنولوجيات الرقمية بما في ذلك الأقمار الصناعية مع مستويات مختلفة من التشغيل الآلي, وتنفذ لمساندة إنشاء نظام عالمي متجانس لإدارة الحركة الجوية.

الرؤية الاستراتيجية :

تعزيز تنفيذ نظام عالمي متماسك لإدارة الحركة الجوية, يجعل في استطاعة مستثمري الطائرات الوفاء بالمواعيـــد المقـــررة لإقـــلاع الطائرات ووصولها, وتنفيذ أنماط الطيران المفضلة مع تقليل العوائق إلى أدنى حد وبدون مساس بمستويات السلامة المتفق عليها.

هدف التنفيذ :

إنشاء نظام متماسك ومنسق عالميا لخدمات الملاحة الجوية من شانه أن يواكب النمو العالمي في الطلب على النقل الجوي مع ضمان ما يلي:

١. رفع مستويات السلامة الحالية.
٢. تعزيز مستويات الانتظام الراهنة.
٣. تحسين الكفاءة والسعة العامة للعمليات في المجال الجوي وفي المطارات.
٤. تحسين العمليات بما يتيح زيادة السعة, مع تقليل استهلاك الوقود وانبعاثات محركات الطائرات.
٥. زيادة توافر مواعيد الطيران وأنماط الطيران التي يفضلها المنتفعون.
٦. تقليل الاختلافات بين المناطق فيما يتعلق بالمعدات الواجب حملها على متن الطائرات.

عوامل المراقبة الجوية

إن المراقبة الجوية هي عبارة عن مزيج مكون من ثلاثة عناصر رئيسية :

– العامل الأول : هو قواعد الطيران الرئيسية التي يتبعها الطيارون في الجو، وهي تشبه إلى حد كبير القواعد التي يجب على سائقي السيارات إتباعها.

– العامل الثاني : هو مجموعة أنظمة الملاحة الالكترونية و الأجهزة التي يستعملها الطيارون ليظلوا ضمن المسار المحدد.

– العامل الثالث : هو عبارة عن المسؤولين عن المراقبة الجوية بالإضافة إلى أنظمة الحاسوب التي يستخدمها هـــؤلاء المـــسئولون وذلك من اجل تتبع الطائرة أثناء إقلاعها و طيرانها و من ثم هبوطها.

هذه العوامل الثلاثة تعمل مجتمعة لإبقاء الطائرة آمنة ومنعزلة في الهواء لتجنب الصدامات.

وفيما يلي سنتناول كل واحد من هذه العوامل على حدى :

a) قواعد الطيران :

يعتمد النظام الرئيسي للمراقبة الجوية على قدرة الطيارين على تمييز طائراتهم من أجل الرؤية البصرية للطائرات الأخرى و تجنبها، و هذا النظام معروف باسم قواعد الطيران البصرية(Visual Flight Rules) (VFR) ، و هنا يستخدم الطيارون الخرائط التي تبين مواقع

المعالم التضاريسية و المطارات و العلامات الأرضية، كما يستطيع الطيارون استخدام إشارات لاسلكية أو مساعدات ملاحية أرضية أخرى و ذلك لمراقبة مسار طيرانهم، إلا أن هذه الطريقة تعمل جيداً فقط عندما تكون الرؤية جيدة، و عندما تكون سرعة الطائرة أقل من المعتاد، كما أنه على الطيارين هنا أن يبتعدوا عن الغيوم، وأن يكون مدى الرؤية خمسة كيلومترات على الأقل، فإذا اختل أحد هذه الشروط أو إذا كان الطيران في منطقة مزدحمة، هنا يجب أن تقاد الطائرة من قبل قواعد الطيران الآلية Instrument Flight Rules (IFR) إلا أن هذه الطريقة أكثر تعقيداً من سابقتها، لذلك يجب على الطيار أن يكون حاصلاً على شهادة في هذا المجال، وطريقة (IFR) تتطلب من الطيارين أن يبلغوا برج المراقبة عن وجهتهم قبل الإقلاع، وحالما يعطي برج المراقبة التصريح يجب على الطيار أن يقلع, كما أنه على الطيار أن يحافظ على الاتصالات اللاسلكية مع المسئولين عن المراقبة الجوية أثناء الطيران.

إن استخدام طريقة IFR يجعل الطيارين و الموظفين الذين يقودون حركة الطائرة يستعملون أجهزة متنوعة و هذه الأجهزة مصممة للعمل في جميع حالات الطقس، كما أنها تعمل في الليل و النهار، بالإضافة إلى أن هذه الأجهزة تخبر الطيار باتجاه الطائرة و سرعتها.

هذا و يستخدم طاقم الطائرة الراديو للبقاء على الاتصال مع المسئولين عن المراقبة الجوية (المراقبين)، و كما أنهم يظلون على اتصال دائم مع برج المراقبة بواسطة الراديو، و يسألون عن التصريح سواء أقبل الإقلاع أم قبل الهبوط، و هناك أجهزة أخرى مستعملة في الطائرة سنأتي على ذكرها.

b) أنظمة الملاحة :

تساعد أنظمة الملاحة الطيارين في الطيران من مطار لآخر، وهذه الأنظمة تساعد كلا من الطيارين والمراقبين في تحديد موقع الطائرة بالنسبة للأرض أو بالنسبة لطائرة أخرى، وعند الطيران بارتفاع عالي أو في طقس سيء تكون أنظمة الملاحة أساسية لحماية الطائرة أثناء الطيران.

تطورت أجهزة الملاحة الجوية من أجهزة الإرسال اللاسلكية الأرضية الغير دقيقة إلى أنظمة فضائية متطورة مثل :

١) جهاز **NDP** يصدر إشارة لاسلكية مثل إشارة مورس تدل على هوية المطار على دائرة ٦٠ميل

٢) جهاز **VOR** هو نظام مكون من سلسلة من المحطات اللاسلكية-الراديو -وظيفتها نقل المعلومات عن الاتجاه إلى الطائرة .

٣) جهاز **DME** هو يحدد المسافة التي يبعد فيها الطيار عن المطار (و عادة يكون مع محطة **VOR**)

٤) نظام الهبوط **ILS** يتألف من ثلاث أجهزة :

i. **Outer marker**: يتوضع على امتداد المهبط على بعد ٦ ميل (بالنسبة إلى مطار حلب في منطقة مير الحصن قرب معمل الجرارات) ويجب على الطائرة تتوضع فوقه تماناً عند الهبوط على ارتفاع ١٥٠٠ قدم.

ii. **Glide slop** يتوضع على مسافة ٣٥٠ متر من بداية المهبط ويحدد للطائرة زاوية الهبوط التي تكون حوالي ٣ درجات.

iii. **Localizer** يتوضع في نهاية المهبط ويتألف من مصفوفة من الهوائيات (١٦ هوائية)لكي تهبط على خط المنتصف.

ولنظام الهبوط **ILS** عدة أصناف حسب مسافة الرؤية:

- **CAT1** : هذا النظام يتعامل مع أنظمة الهبوط الموجودة في الطائرة حتى تصبح على ارتفاع **1500 ft**، وبعد ذلك يجب أن يقوم الطيار بمتابعة عملية الهبوط بصرياً

- **CAT2** : هذا النظام يتعامل مع أنظمة الهبوط الموجودة في الطائرة حتى تصبح على ارتفاع **200 ft**.
- **CAT3** : ويدعى بنظام الهبوط الأعمى ويستخدم في المطارات ذات الرؤية السيئة أو التي يغطها الضباب في فترات طويلة من السنة، ويستمر التعامل بين هذا النظام ونظام الهبوط ضمن الطائرة حتى ملامسة الطائرة لأرض المدرج.

وفي مطار حلب الدولي النظام المستخدم هو من نوع **CAT2** .

٥) **Transporter** المتلقي أو المستجيب: و هذا المتلقي يرسل إشارات الكترونية إلى رادار المطار الذي يغطـــي مجـــالات كبيرة حتى المطارات المجاورة ثم تنقل هذه الإشارات إلى المسؤولين عن المراقبة الجوية (المراقبين) الموجودين على الأرض, ومن ثم يستخدم المراقبون هذه الإشارات لتحديد الطائرة ومن ثم يتعقبون مواضعها بواسطة الكمبيوتر.

٦) **LORAN** (الذي يعني الملاحة البعيدة المدى) و هو جهاز لاسلكي يحسب بشكل أوتوماتيكي موضع الطائرة ويعطي التوجيه الملاحي إلى أي اتجاه أو موضع، وعلى أية حال فإن الجزيئات المشحونة الموجودة في الغلاف الجوي، و المعروفة باســـم الغـــلاف الأيوني قد قيدت مدى إشارات **LORAN** اللاسلكية كما انه بإمكانها أن تعيق العمل في بعض الأحيان وإن أجهزة الملاحة التي يستخدمها الطيارون أثناء الهبوط تعتبر من الأجهزة الحساسة جداً، و أشد حساسية من أجهزة الملاحة المستخدمة أثناء الطيران .

٧) **GPS** : هو مجموعة من الأقمار الصناعية التي يمكنها أن تزودنا بإحداثيات ثلاثية الأبعاد لأي موقع على الأرض أو حولها بدقة تبلغ عدة مترات فقط من خلال أجهزة استقبال مناسبة ، إن نظام **GPS** يساعد في التحكم بالحركة الجوية ومهمات البحث والإنقاذ

c) المراقبون الجويون :

إن المسؤولين عن المراقبة الجوية (المراقبون الجويين) هم الذين يكونون القسم الثالث للمراقبة الجوية، ومن وظـــائفهم إدارة عمليـــة تحديد مواقع الطائرات بشكل يضمن الأمان و الاستعمال الفعال للفضاء، يستخدم هؤلاء المراقبون الرادار و الإشارات المرسلة لمراقبة مواقع الطائرات وارتفاعها ضمن مساحة محددة من الفضاء، كما أنهم يتعقبون الطقس السيئ وعوائق الطيران، ويوصلون هذه المعلومات إلى طاقم الطائرة.

إن المسئولين عن المراقبة الجوية يعملون في مركز التحكم الجـــوي (Air Route Traffic Control Centers) (ARTCC) و هم حاملون لرخصة عالمية ووظيفتهم هي اقتفاء أثر جميع حركات المرور الجوية داخل نطاق المجال الجوي لدولتهم.

أما محطات البترين للطائرات فهي تزود الطيارين بالمعلومات حول الطقس وهذه المحطات هي أيضا ذات رخصة عالمية.

أما أبراج المراقبة فتتوضع داخل المطارات، و وظيفتها تنسيق حركة هبوط الطائرات و إقلاعها.

في البداية كانت أبراج المراقبة عبارة عن غرف صغيرة مقززة محاطة بالزجاج مبنية في أعلى بناء المطار، أما الأبراج الحديثة فارتفاعها يصل إلى آلاف الأقدام، و تكون غرف هذه الأبراج كبيرة، بحيث تسع لعدد كبير من المراقبين الذين يعملون في نفس الوقت.

إن إحدى مسؤوليات المراقب المحلي هي كفالة و ضمان خلو مدرج مسير الطائرات تماما قبل إعطاء الإذن (تأشـــيرة الـــسماح) بالهبوط أو الإقلاع (local controller).

أما المراقبون الأرضيون فمسئولون عن اصطفاف الطائرات وحركتها على أرض المطار من وإلى المدرج عـــن طريـــق الأجهـــزة اللاسلكية والقيام بإشارات خاصة من قبل المراقبين الأرضيين كما هو مبين في الشكل :

سلوك الطائرات في الإقلاع والهبوط بطريقة الطيران البصري :

في حالة الطيران البصري يكون الطيار مسؤولاً عن وقاية طائرته من الاصطدامات مع الطائرات الأخرى أو الحواجز.

فإذا كان هناك طائرة تسير بشروط الطيران البصري وترغب بالهبوط في المطار ترسل إشارة إلى برج المراقبة معلنة وصولها ويحصل هذا بصورة عامة قبل الدخول في مجال المطار نفسه، عند ذلك يتلقى لاجواب مبيناً له مايلي:

١. المهبط الواجب النزول فيه .
٢. اتجاه الهبوط.
٣. إذا كان هناك طائرات أخرى تسبق طائراته عند ذلك يعطيه البرج رقم الهبوط فيأخذ دوره استعداداً للهبوط، بعد أن يتلقى الترخيص من برج المراقبة.

أما إذا كانت الطائرة لا تحوي على جهاز راديو فتأخذ التعليمات من برج المراقبة بواسطة إشارات ضوئية.

سلوك الطائرات في الإقلاع والهبوط بطريقة الطيران الآلي:

الهبوط:

هنا بعكس ما جاء من شروط تتعلق بالطيران البصري، لا يستطيع الطيار أن يلاحظ الحواجز التي تصادفه بسبب سوء الظـــروف الجوية ولهذا يجب في هذه الحالة الفصل بين الزمان و المكان لطرق سير الطائرات التي تعد ضرورية لأمان السير، ويتأمن ذلـــك بواســـطة مصالح مراقبة سير الطائرات،تلك المصالح التي تعطي في الحقيقة المعلومات و التعليمات اللازمة للطيار.

فإذا كان هناك طائرة تسير بنظام .I.F.R وترغب الهبوط على مطار ما تتلقى التعليمات من مركز مراقبة المنطقة وتبقى معه علـــى اتصال دائم حتى تصل إلى و ضع الانتظار موجهة باشارات راديو كهربائية (إشارات الانتظار) ونبقى في دائرة الانتظار حتى يـــأتي دور الهبوط . وإن دارة الانتظار هذه هي عبارة لها شكل مجال واسع بحيث تقع دوماً إشارة الانتظار على محور المهبط ، وتقطع الطائرة الأجزاء المستقيمة من الدارة بوقت قصير ومحدود (من دقيقة إلى دقيقتين)، وتوصل الأجزاء المستقيمة بأنصاف دوائر التي ترسمها الطائرة أثناء طيرانها بمعدل 30^o في الثانية ولا يقل ارتفاع الدارة عن m 300 تقريباً، ثم ترتفع دارات الانتظار بعضها عن بعض حسب التسلسل الذي أعطي لكل طائرة بمعدل m 300 أيضاً، فعندما تهبط الطائرة رقم ١ إلى الأرض تحتل دارتها الطائرة رقم 2 حيث تنزل بمقدار m 300 والطـــائرة رقم 3 تحتل دارة الطائرة رقم 2 وهكذا بحيث تهبط جميع الطائرات التي هي في دور الانتظار بمافة واحدة وعندما تتحضر الطائرة للـــهبوط

تتلخص مناورتها بما يلي :

1- التقرب الابتدائي.

2- التقرب المتوسط.

3- التقرب النهائي.

إن المنظمة العالمية للطيران المدني **ICAO** توصي بجعل السرعة الشاقولية للهبوط محصورة بين **2~3 m/sec**.

على الطائرات أن تبقى باتصال دائم مع مركز مراقبة الاقتراب حتى تصبح بحالة **B.M.C** أما إذا كان الهبوط آلياً فيستطيع الطيار أن يهبط في المطار أما إذا كان الهبوط آلياً فيستطيع الطيار أن يهبط في المطار إما **V. M. C** أو **I. M. C** ومن الممكن أن تخترق الطائرة طبقة من الغيوم الكثيفة بواسطة الآلات التي تصادف شروط كافية للرؤية من أجل الهبوط وبعد هذه اللحظة يأتي دور مركز المراقبة في المطار الذي يقدم جميع المعلومات اللازمة للهبوط.

الإقلاع :

تتلقى الطائرة من مركز مراقبة المطار المعلومات اللازمة عن سير الطائرات الأخرى على الأرض وعن الطائرات التي هي في دور الإقلاع، ولا يمكن أن يجري الإقلاع بدون الشروط الجوية الملائمة (الرؤية الأفقية و الشاقولية) حيث يجب أن تكون أعلى من القيمة الصغرى المسموحة للطائرة فإذا كانت شروط الإقلاع هي الشروط الآلية **I.F.R** وكانت هذه الشروط مسيطرة طيلة عملية الإقلاع فتعطى تعليمات الإقلاع للطائرة من مركز الاقتراب حيث تبقى على اتصال مستمر معه طيلة الوقت، ثم يتدخل مركز مراقبة المنطقة فور الإقلاع الذي يعطي الطائرة جميع المعلومات اللازمة لكي تتابع طريقها، ويجب أن تكون المدة الفاصلة بين طائرتين تقلعان وراء بعضهما لا تقل عن دقيقة واحدة إلى خمس دقائق حسب ما يكون اتجاه الطائرتين متوافقتين أو متعاكستين، وإذا أرادت الطائرة أن تقلع من مطار ما يخضع للمراقبة فيجب على الطيار أن يقدّم خطة الطيران التي تحتوي على المعلومات التالية كحد أدنى :

١- نداء الطائرة أي رقم الرحلة : ومثلاً الطائرات السورية بين حلب دمشق القامشلي تأخذ الرقم **113**.

٢- طراز الطائرة.

٣- مطار المغادرة.

٤- سرعة الطائرة.

٥- ارتفاع الطائرة.

٦- مطار الوصول.

٧- الوقت المتوقع للوصول إلى المطار التالي.

٨- كمية الوقود.

٩- مطار الاحتياط.

١٠- اسم الطيار والشركة التابع لها.

١١- الأجهزة الملاحية على الطائرة.

ثم يتلقى الترخيص من برج المراقبة إثر إعطاءه تفاصيل المخطط الثابت، بعد أن تقلع الطائرة تبتعد بخط مستقيم ولا تنحرف إلا بعد أن تبلغ الارتفاع المقرر لكل نموذج ولتأخذ طريقها النهائي.

قدرة واستيعاب المطار

قدرة المطارويمكن تقدير قدرة المدرج من خلال قياس أوقات التشغيل البيني من السجلات التشغيلية والمراقبة في المطارات المزدحمة. ثم يتم تحليل الأساليب التحليلية التي وضعت لتقدير القدرة على أساس العلاقة التي يحددها وقت التشغيل البيني،والتي تتأثر بدورها بالتغير العشوائي في سرعات الطائرات، والتباين في(بسبب الاختلافات في خصائص أداء الطائرات)، والعوامل الأخرى القائمة على العملية. لمدارج ثنائية الاتجاه، والعلاقة بين الطائرات فإن الوصول والمغادرة سيؤثران على تقدير القدرة ، حيثما تكون القدرة فإن مقدار الوصول والمغادرة ستختلفان تبعا لحالة الطقس وتكوين المدرج ومخطط تشغيل المدارج.

يتم فحص ومناقشة الجوانب المختلفة لتقييم قدرة المدرج مع مراعاة العوامل المؤثرة فيه، وإجراءات تقدير القدرات بالساعة والسنة ،وتقدير التأخير.

وتشمل العوامل التي تؤثر على قدرة مدرج ما :

١-الظروف الجوية من حيث وضوح الرؤية، الغيوم ، وسرعة الرياح

- **٢- تخطيط مطار، موقع المدرج، والاستراتيجية التشغيلية من استخدام المدرج في اتجاهات الرياح مختلفة**
- **٣- نسبة الطائرات التي تهبط والتي تغادر**
- **٤- فترة اشغال المدرج لكل نوع من الطائرات ووقت مغادرتها**
- **٥-أوقات إشغال المدارج المتعلقة بخصائص أداء الطائرات وموقع خروجها من المدرج**
- **٦- المسائل المتعلقة بنظام ATSفيما يتعلق باوقات صيانة المدارج ، وتحديد اوقات الازدحام و الحمل الاقصى للمدرج**

هذه العلاقة، المبينة في المعادلة التالية يوضح قيمة قدرة الوصول الى قيمة قدرة المغادرة :

$$Cd = \varphi(Ca)$$

Cd = departure capacity

قدرة المغادرة

Ca = arrival capacity

= قدرة الوصول

φ = nonlinear function

ثابت لدالة غير خطية

القدرة: تعرف القدرة على انها عدد الحركات لكل وحدة زمنية يمكن قبولها خلال ظروف الأرصاد الجوية المختلفة. ومع ذلك، فأن هناك عددا من المتغيرات في هذا التعريف الذي يؤدي إلى مؤشرات قدرة الأداء الرئيسية مثل: أ. الحد الأقصى لعدد الحركات في الساعة خلال ظروف الأرصاد الجوية البصرية أو المنخفضة الرؤية ب. الحد الأقصى اليومي لعدد الحركات الممكنة بين الساعات الأساسية أثناء ظروف الأرصاد الجوية البصرية أو منخفضة الرؤية ج. متوسط القدرة اليومية للمطارات التي تقاس كمتوسط متحرك؛ وتوجد أيضا العديد من المتغيرات الأخرى التي لم نذكرها مثل ظروف الرياح ومزيج الطائرات وقدرة الادارة والموظفين وما إلى ذلك. ولذلك لا ينبغي تقييد التعريف بتغيرات حالة الأرصاد الجوية. ***ويعرف مجلس المطارات الدولي القدرة بأنه "حركات الطائرات القصوى في الساعة بافتراض أن متوسط التأخير لا يزيد عن أربع دقائق، أو أي عدد آخر من دقائق التأخير التي قد يحددها المطار"***. ولا يظهر مفهوم القدرة التي يمكن أن تكون "مستدامة" في أي من هذين التعريفين، إلا أنه يناقشها برنامج البحوث التعاونية للمطار الذي ترعاه إدارة الطيران الاتحادية حيث يفضل مفهوم أرقام القدرات المستدامة.

وقد اوضحت ادارة الطيران الاتحادية ان الظروف الجوية الثلاثة هي - البصرية، الهامشية، والصك.

وتعرف الظروف الجوية الثلاثة على النحو التالي:

- **البصرية: الرؤية التي تسمح للنهج البصري، والتي هي محددة لكل مطار.**
- **هامشية: أقل من الحد الأدنى للنهج البصري،**
- **أداة: سقف أقل من ١٠٠٠ قدم أو الرؤية أقل من ٣ ميل**

تطبق قواعد الطيران وفصل الرادار بين الطائرات

افتراضات تهيئة المدرج لكل من الظروف الجوية الثلاثة، وتكوين المدرج التشغيلي المحدد الذي تم استخدامها خلال فترات الطلب المرتفع، والتي سيتم تحديدها في هذا التقرير.على مر السنين، وقد وضعت فهم أفضل لكيفية حساب قدرة المطارمن دراسات التخطيط للجهات المعنية والدوائر المعنية.

- النقل السككيRailway : يضم السكة الحديد باستخدام القطارات ومترو الأنفاق والترامواي.
- السكة الحديد هو نظام نقل بري عن طريق القطارات والتي يتم تسيرها على قضيب سكة حديد (قضبان حديدية rails).
- النقل بالسكك الحديدية يستخدم في نقل الركاب والبضائع بواسطة عربات بعجلات مصممة خصيصا للحركة علي طول السكة الحديد.

نبذة تاريخية

- في القرن الخامس عشر كانت الخيول تجر العربات في مناجم الفحم والمحاجر على سكك خشبية ثم تطورت لسكك فولاذية (حديد)
- 1803- أول قاطرة حديدية في العالم بمقعدين يجرها الخيل

نبذة تاريخية

- 1804- ريتشارد تريفسيك اخترع اول محرك قطار بالبخار (سرعة 5 كم/ساعة)

نبذة تاريخية

- 1814- جورج ستيفنسون بني اول قاطرة بخارية مدعومة بالغلاية

نبذة تاريخية

- 1825- أول خط ركاب افتتح بانجلترا بطول 40 كم بسرعة 13 كم/ساعة
- 1837- روبرت دفيدسون اخترع فكرة أول قاطرة كهربية
- 1879- أول قطار ركاب كهربائي اخترع بواسطة ورنر فون سيمينز ببرلين
- 1920- تم اختراع أول قاطرة توربينية-كهربائية بالغاز
- 1924- أول قاطرة تعمل بالديزل في روسيا
- 2007- أول قطار بسرعة 575 كم/ساعة في فرنسا وفي الصين القطار السريع يسير بسرعة 350 كم/ساعة ويقطع مسافة حوالي 900 كم
- تم مد أول خط يربط القاهرة بالإسكندرية سنة 1858 بطول 220 كم

أنواع القاطرات

- **قاطرات بخارية**
  - تستخدم الفحم او الخشب لتوليد البخار في الغلاية لتوليد قوة الجر للقطار
  - العيوب: كبيرة وملوثة للبيئة لكنها غير معقدة
- **قاطرات ديزل**
  - يستخدم الديزل بدلا من الفحم والماء وتتميز بقلة الوزن ونسبة العادم الا انها اكثر تعقيدا
- **قاطرات كهربائية**
  - تتميز بالكفاءة الحرارية العالية وهي رخيصة الي حد ما وتتوقف قوي الجر الناتجة علي قدرة الموتور ونوع التيار

قوة الجر أو الشد TRACTION FORCE

- القدرة Power = قوة الشد x السرعة (وات)
- قوة الشد = $\frac{(270 \times \text{القدرة})}{\text{السرعة}}$

حيث أن:

- وحدة قوة الشد الكجم
- القدرة بالحصان
- السرعة بالكم/ساعة

معامل الكفاءة يتراوح بين 0.70 -0.95

لذلك المعادلة يمكن تعديلها كالتالي:

- قوة الشد = $\frac{(220 \times \text{القدرة})}{\text{السرعة}}$

مقاومات الحركة MOVEMENT RESISTANCES

- مقاومة البدء (م ب)
- مقاومة السير (م س)
- مقاومة الهواء (م هـ)
- مقاومة الانحدار (م ل)
- مقاومة المنحني (م م)
- مقاومة الانحدار الحاكم (م حـ)

- المقاومة النوعية يعبر عنها بكجم/طن

مقاومة البدء (م ب)

- الوقوف لفترة طويلة يزيد من الاحتكاك نظرا لانخفاض لزوجة الزيوت في محاور العجلات
- هذه المقاومة تصل ل 18.5 كجم/طن في بداية السير وتقل ل 9 اذا سار القطار 4 سم
- تصمم العربات علي ان تسمح لوصلات الربط بخلوص 2-5 سم لتقليل مقاومة البدء
- للتغلب علي مقاومة البدء يتحرك القطار حركة خفيفة للخلف ثم التحرك للامام حتي تتحرك العربات تدريجيا

مقاومة السير (م س)

- هي المقاومة التي تنتج من الاحتكاك بين العجلة والقضبان والوصلات علي القضبان والترخيم علي السكة بالاضافة الي مقاومة الهواء المواجهة للقطار
- مقاومة الهواء تتوقف علي شكل مقدمة القطار والعربات وأبعاد العربات والسرعة النسبية بين الهواء والقطار
- يوجد معادلات افتراضية كثيرة لحساب مقاومة السير والهواء مثل معادلة ديفيز وتوتهيل وستراهل
- معادلة ستراهل لحساب مقاومة السير للقطار شامل القاطرة والعربات كالتالي:

- $م(س+هـ) = 2.2 + 3 \ (س + \frac{\Delta س}{10000})^2$

حيث أن س هي سرعة القطار بالكم /ساعة

Δمس عامل اضافي يأخذ تأثير الرياح في الاعتبار

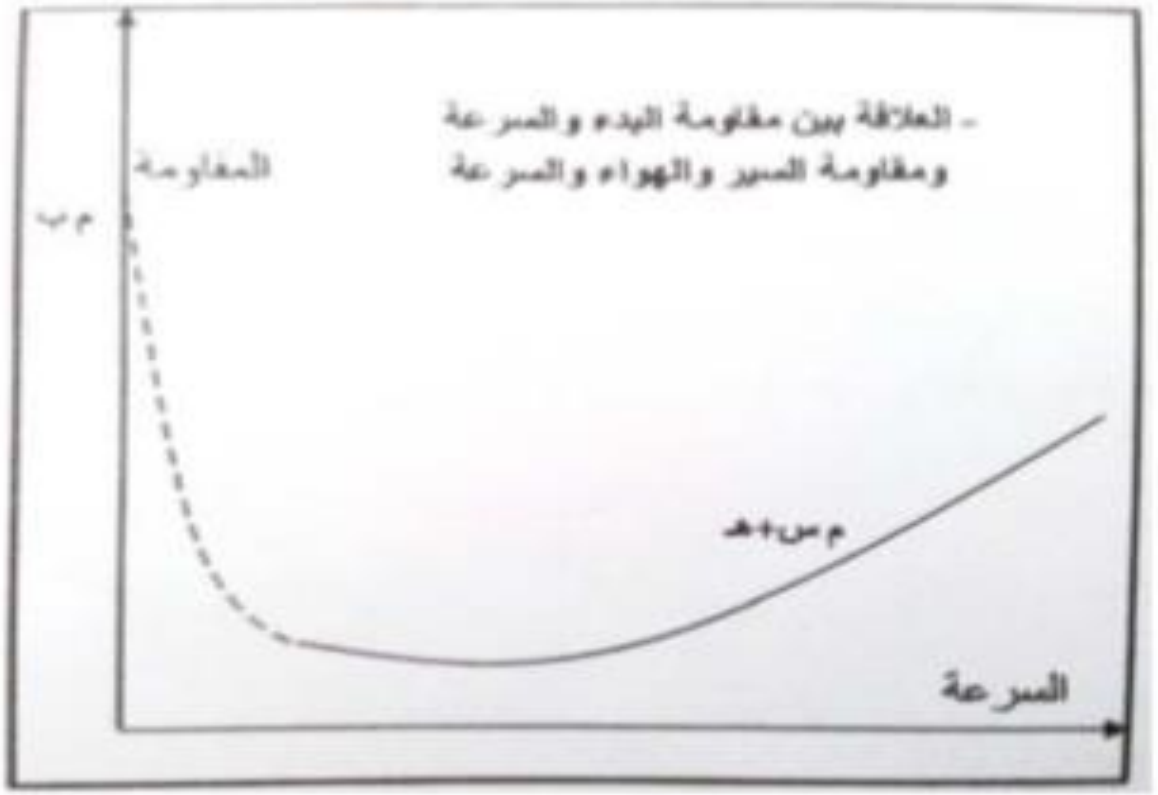
Δمس = صفر في حالة الطقس الهادئ والخط أفقي

Δمس = 12 في حالة شدة الرياح الجانبية تكون متوسطة

Δمس = 20 في حالة شدة الرياح الجانبية تكون قوية

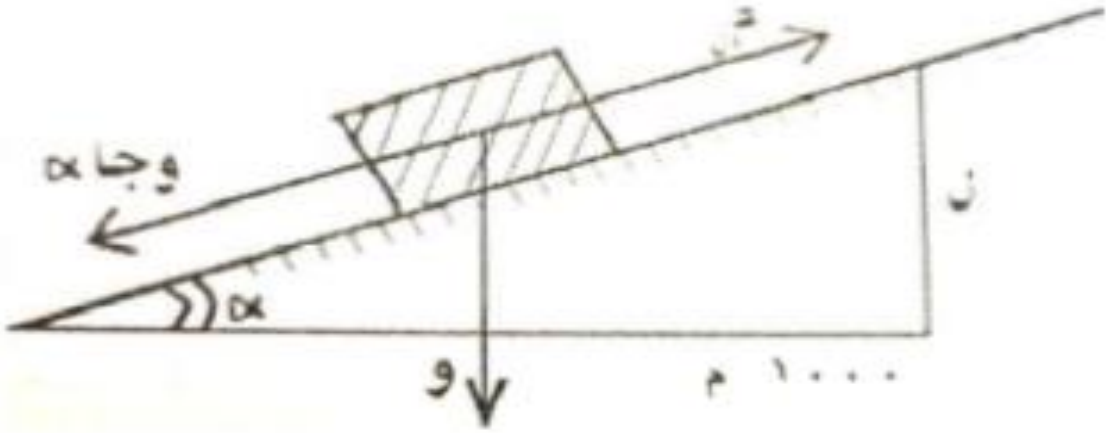
Δمس = 30 في حالة شدة الرياح تكون قوية ومستمرة

العلاقة بين مقاومة البدء ومقاومة السير والهواء والسرعة



مقاومة الانحدار (م ل)

- مقاومة الانحدار هي مركبة الوزن في اتجاه الميل كما في الشكل
- الانحدارات في السكك الحديدية صغيرة لذلك الميل = جا الزاوية والميل يعبر عنه بالارتفاع بالمتر لكل 1000 متر



مقاومة الانحدار (م ل)

- ل/1000=جاα
- م ل (كجم/طن) = و جاα = و ل/ 1000
- م ل (كجم) = و ل
- المقاومة النوعية م ل (كجم/طن) = ل
- ذلك يعني لو الميل 6 % فان م ل = 6 كجم/طن

مقاومة المنحني (م م)

- هي المقاومة التي تتولد من الاحتكاك بين شفة العجلة الخارجية مع القضيب الخارجي للمنحني
- كلما ازداد نصف قطر المنحني كلما قلت قيمة مقاومة المنحني
- أقل نصف قطر يسمح باستخدامه في مصر هو 500 متر
- م م = 0.36 كجم/طن لكل زاوية مركزية = 0.36 x درجة التقوس
- درجة التقوس هي الزاوية المركزية المقابلة لقوس طوله 30.5 متر (100 قدم)
- م م = 0.36 x 30.5 x 180/(3.14 x ر) = 630/ ر
- حيث "ر" هو نصف القطر

مقاومة الانحدار الحاكم (م ح م)

- هي أقصي مجموع جبري لمقاومات المنحني والانحدار
- يمكن تعيين وزن العربات من الانحدار الحاكم
- لا يتعدي 5% في الارض المسطحة
- 10% في التضاريس المرتفعة
- 20-30% في المناطق الجبلية

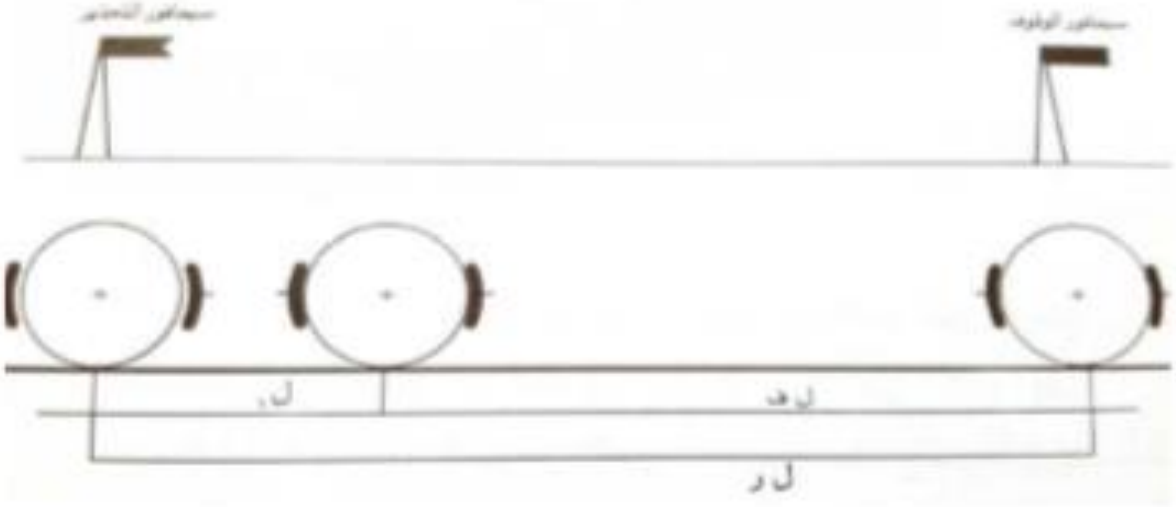
- القوي الناتجة عن الموتور يجب ان تكون اكبر من او يساوي مجموع المقاومات الكلية للحركة

مثال1:-

- احسب عدد العربات في قطار ركاب يسير بسرعة 100 كم /ساعة علي خط ميله 3% وبه منحني نصف قطره 1000 متر حيث أن قاطرة الديزل وزنها 120 طن وقدرتها 2000 حصان ووزن عربة الركاب 50 طن.
- $220 \times 2000 / 100 = ((2.2+3)(110)^2 /$ (10000+0.63+3) x (و+ق)
- $4400 = 9.46 \times$ (ن x 50+120)
- ن = 6.9 ≈ 6 عربات

حساب مسافة الرباط (ل$_{ر}$)

- هي المسافة من لحظة رؤية عائق ما علي السكة أو اشارة تحذير (سيمافور أو كبسولة الشبورة) وهي تساوي مجموع مسافة الاستعداد (ل$_{1}$) ومسافة الفرملة (ل$_{ف}$)كما في الشكل



حساب مسافة الرباط (ل$_{ر}$)

- ل$_1$ = 0.28 x س$_{ق}$ x ن
- س$_{ق}$ هي سرعة القطار (كم/ساعة)
- ن هو زمن الاستعداد = (زمن رد الفعل (2-4ث) + زمن فرملة القاطرة (1.5ث)+زمن فرملة العربات(عدد العربات/10))
- ل$_{ق}$ =4.2 x (ق$_{ق}$+ق$_{ع}$) x (س$_{ق}^2$ - س$_{ب}^2$)/ف
- حيث أن س$_{ب}$ هي سرعة القطار بعد استخدام الفرامل عند الوصول للعائق (كم/ساعة)
- ف هي قوة الفرملة بالكجم

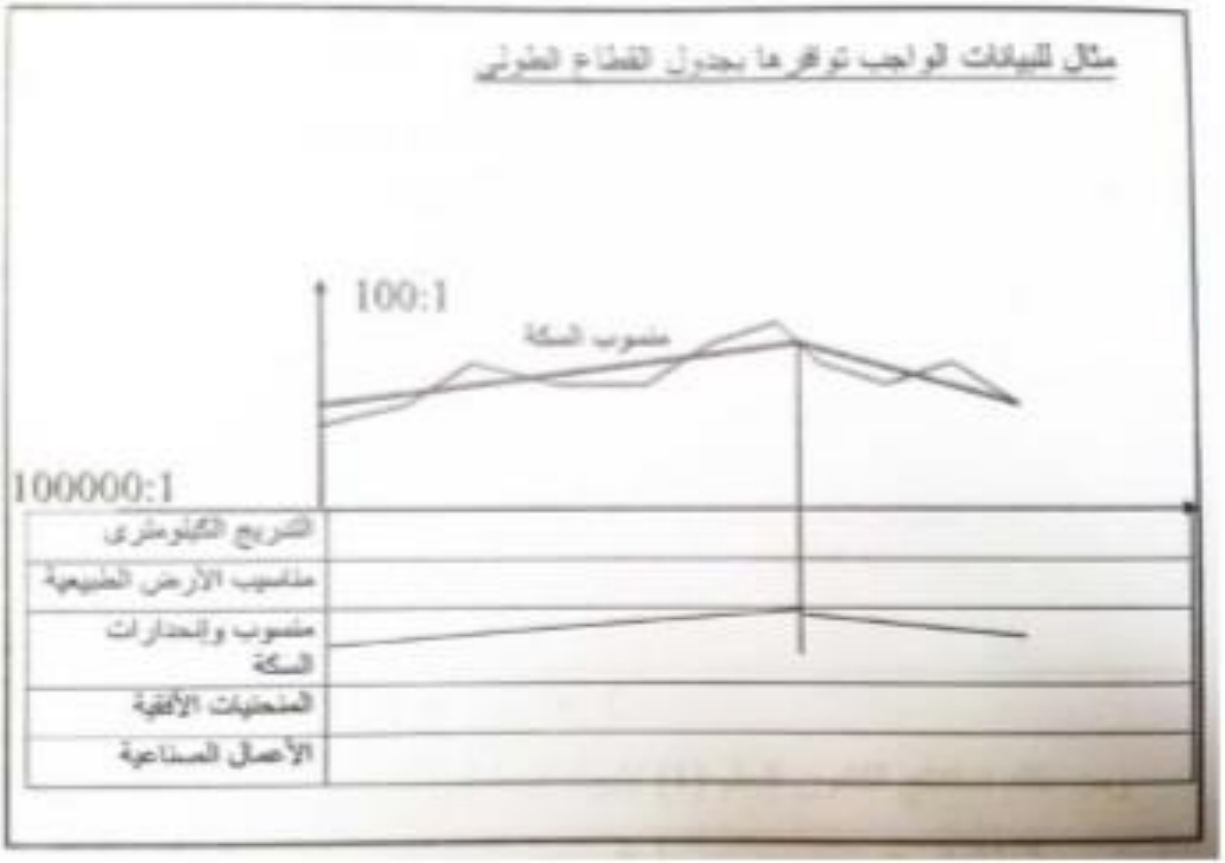
مثال2:-

- لمح سائق قطار عائق علي بعد 800متر احسب القوة اللازمة لعدم تصادم القطار بالعائق اذا كانت السرعة التي يمشي بها القطار هي 100 كم /ساعة ووزن القاطرة 120 طن ووزن العربة الواحدة 50 طن وعدد عربات القطار 8.
- $800 = 4.2 + (0.8+1.5+3)x100x0.28$
  $ف / 100^2x(8x50+120)x$
- ف = 33517.5 كجم

عناصر التخطيط الهندسي

- يجب مراعاة التالي عند انشاء خط حديدي:
- عمل مساحة جوية استكشافية (تحديد المسار- تلافي المجاري المائية والتلال بقدر الامكان-عمل خريطة كنتورية)
  - ✓ تحديد المسار يكون علي أساس تكلفة الانشاء والتشغيل ومراعاة الانحدار الحاكم
  - ✓ يجب تحديد النقاط الحاكمة (معرفة المناسيب والاحداثيات) كالكباري والتقاطعات....الخ
- القطاع الطولي (Profile)
- حساب مكعبات الحفر والردم
- يجب ألا تقع المحطات علي انحدار > 2.5%
- يفضل ألا يقع منحني رأسي علي أفقي

مثال لقطاع طولي (PROFILE)

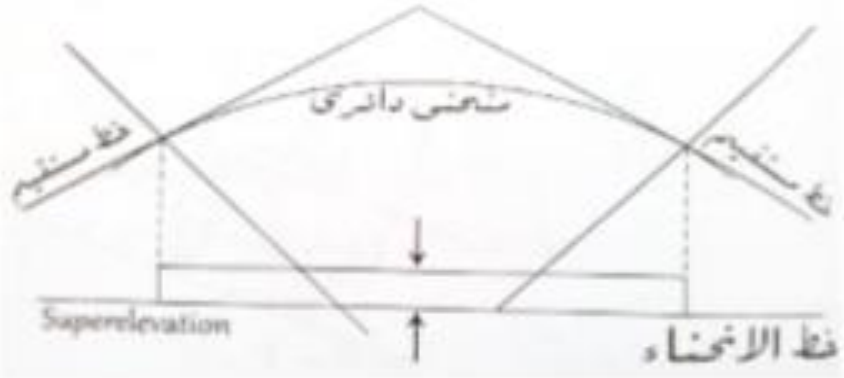


السرعة التصميمية

- هي أقصي سرعة يمكن السير بها علي السكة بأمان وسلاسة في الحركة
- السرعة التصميمية في المنحنيات الأفقية تتوقف علي نصف القطر وارتفاع الظهر عن البطن
- كلما زادت السرعة التصميمية للقطارات كلما زادت التكلفة الانشائية للخط الحديدي
- بناء علي هذه السرعة تصنف الخطوط الحديدية لثلاث أنواع:
  - ✓ خطوط درجة أولي: السرعة ≥ 120 كم/ساعة وأقصي حمولة ≥ 40 ألف طن/اليوم
  - ✓ خطوط درجة ثانية: السرعة ≥ 100 كم/ساعة وأقصي حمولة ≥ 15 ألف طن/اليوم
  - ✓ خطوط درجة ثالثة: السرعة ≥ 60 كم/ساعة وأقصي حمولة ≥ 15 ألف طن/اليوم

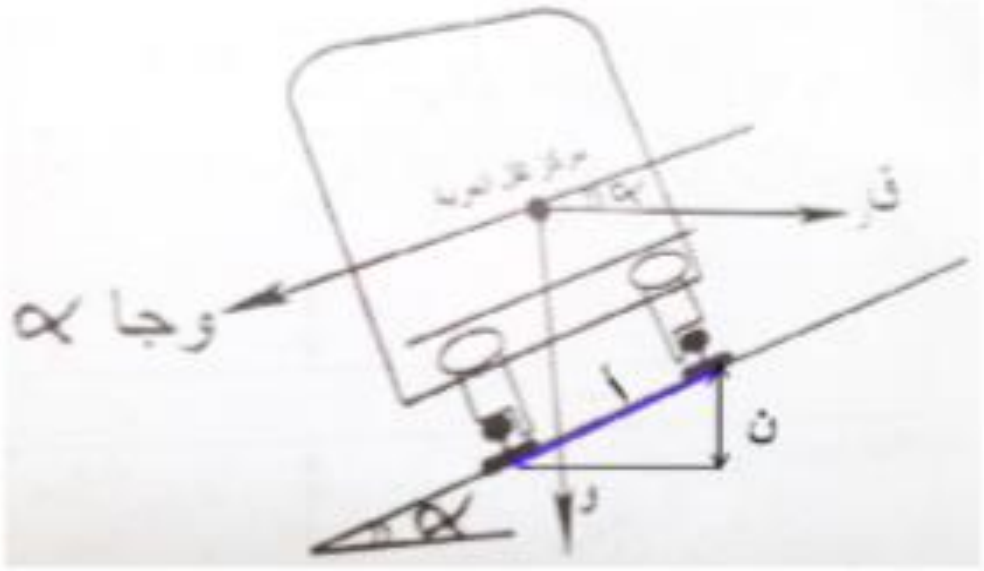
المنحنيات الأفقية

- هي المنحنيات الدائرية التي تربط بين خطين مستقيمين بنصف قطر (ر)
- أقل نصف قطر مسموح به في السرعات البطيئة 180متر
- 300 متر في الخطوط متوسطة السرعة
- 500 متر في الخطوط السريعة



ارتفاع الظهر عن البطن
Superelevation

- هو ارتفاع منسوب القضيب الخارجي عن الداخلي في المنحنيات الأفقية بمقدار يتوقف علي نصف القطر وسرعة السير لتقليل تآكل القضيب الخارجي نتيجة قوة الطرد المركزي علي المنحني



Superelevation

- بتحليل القوي في اتجاه موازي للقضبان يمكن حساب مقدار ارتفاع الظهر عن البطن كالتالي:
- Δ ق$_{ر}$ = و جاα - ق$_{ر}$ جتاα
- قيمة α صغيرة جدا:- جتاα=1 & جاα =ظاα = ن/أ
- ع x ك + أ/ن x و = ر/س^{2} x ك
- ع x (9.81/و)+ أ/ن x و= (ر x^{2}(3.6))/س^{2} x (9.81/و)
- ن = أ x س^{2}/(ر x 127) - أ x ع /9.81
- ق$_{ر}$: القوة الطاردة المركزية و: وزن القطار
- س: سرعة القطار ر: نصف القطر
- ن: ارتفاع الظهر عن البطن ع: عجلة الطرد المركزية للخارج
- أ =اتساع السكة+عرض تاج القضيب (60-70 مم)

Superelevation

- لو أ = 1500, اذا
- ن = 11.8 x س^2/ر - 153 x ع
- وجد أن ع = -0.98 — 0.65 م/ث^2
- لو ع = -0.98 في حالة انعدام الحركة او السرعات البطيئة ⬅ ن$_{أقصى}$ ≈ 150 مم & س = صفر
- لو ع = 0.65 ⬅ ن$_{أدنى}$ = 11.8 x س^2/ر - 100

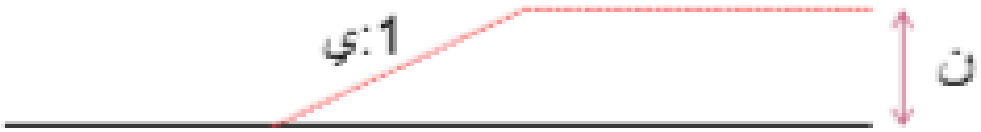
ع = 0 - 0.4	درجة السير تسمي سلس
ع = 0.4 - 0.6	درجة السير تسمي مناسب
ع = 0.6 - 0.65	درجة السير تسمي خشن
ع > 0.65	درجة السير تسمي حرج

Superelevation

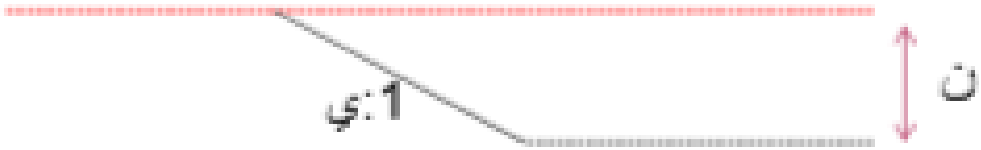
- في حالة السرعات الثابتة (قطار الضواحي والأنفاق)
  Δ ق$_{ر}$ = صفر
- ن$_{النظرية}$ = 11.8 x س^2/ر
- لكن لكي يتناسب مع مختلف القطارات واستخدام أقصي سرعة فان:
- ن = 8 x س$^2_{قصوي}$/ر
- علي أساس اتساع سكة = 1500

تحقيق Superelevation

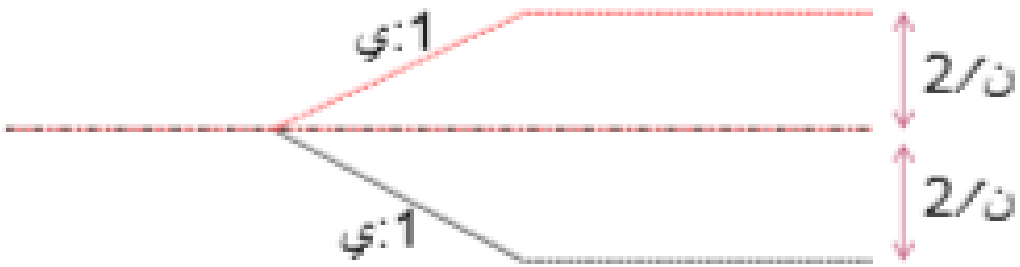
- الدوران حول القضيب الداخلي:



- الدوران حول القضيب الخارجي:

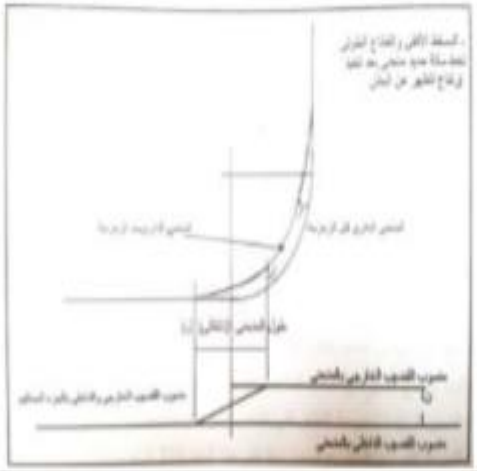


- الدوران حول المنتصف:



المنحني الانتقالي

- لتفادي الارتفاع فجأة عند بداية المنحني الأفقي نتيجة تنفيذ ارتفاع الظهر عن البطن لمنسوب القضيب الخارجي
- يتم تنفيذ منحني انتقالي يصل بين منسوب القضيب الخارجي للجزء المنحني مع منسوب القضيب الخارجي للجزء المستقيم علي أن يكون طوله مقسم علي الجزءين لكي يسمح بانتقال تدريجي للحركة كما بالشكل



المنحني الانتقالي

- يمكن ايجاد طول المنحني من قيمة ارتفاع الظهر عن البطن أو من السرعة
- 1:ي = ن/ل حيث ل هو طول المنحني الانتقالي
- ي هو التغير في الميل الطولي للمنحني الانتقالي
- أوصي المؤتمر الدولي للسكك الحديدية بأن:
- ي = 10 س ي$_{أدنى}$ = 8 س
- الزحزحة (ز)=ل^2/(24xر)

مثال1:-

- خط سكة حديد نصف قطره 1000 متر تسير عليه مختلف القطارات فاذا كانت أقصي سرعة مسموح بها 100 كم/ساعة أوجد قيمة العجلة المركزية ودرجة السير لقطار بضائع يسير بسرعة 60 كم /ساعة
- ن = 8 x س^2 قصوي/ر ، س = 100
- ن = 80 مم
- 80 = 11.8 x س^2/ر - 153 x ع & س = 60
- ع = - 0.25 العجلة داخلية تؤدي لتآكل القضيب الداخلي

مثال2:-

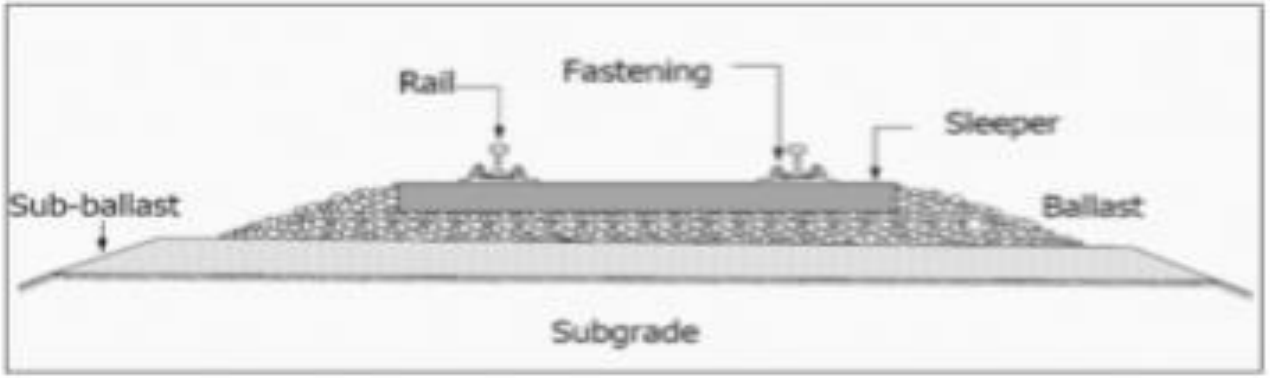
- خط سكة حديد نصف قطره 800 متر و أقصي سرعة عليه 120 كم/ساعة فاذا كانت أقصي قيمة لارتفاع الظهر عن البطن 150 مم أوجد طول المنحني الانتقالي وقيمة الزحزحة بفرض امكانية زيادة السرعة مستقبلا
- ن = 8 x س^2/ر قصوي , س = 120
- ن = 144 مم < 150
- ل = ي x ن = 8 x س x ن/1000 = 138.2 متر
- ز=ل^2/(24xر) = 1.0 متر
- لزيادة السرعة, 150=8 x س^2/800 قصوي
- س = 122.5 كم/ساعة

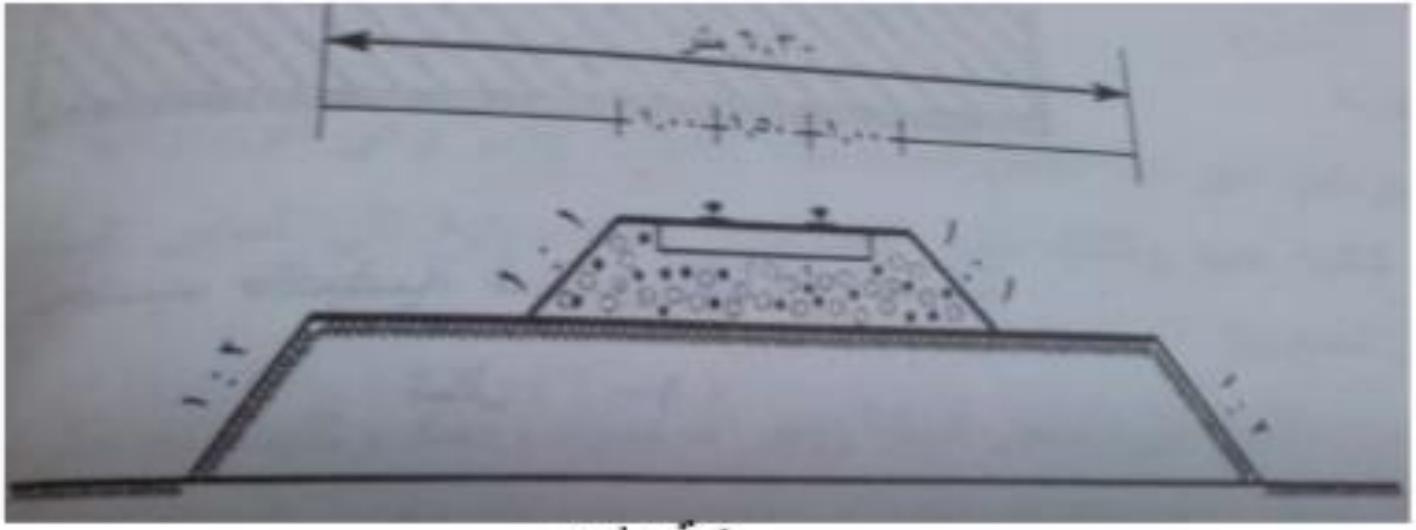
المنحنيات الرأسية

- منحنيات تصل بين ميلين أحدهما صاعد والآخر نازل أو نازل نازل أو صاعد صاعد أو.....
- تتعرض القطارات لقوي رأسية تعتمد علي سرعة القطار والطول الواصل بين الانحدارين
- لتقليل تلك القوي يجب أخذ نصف القطر من التالي:
- $\text{نقصوي} = \text{س}^2$
- $\text{نأدني} = \text{س}^2 / 4$
- وفي كلتا الحالات يجب ألا يقل نصف قطر المنحني عن 2000 متر

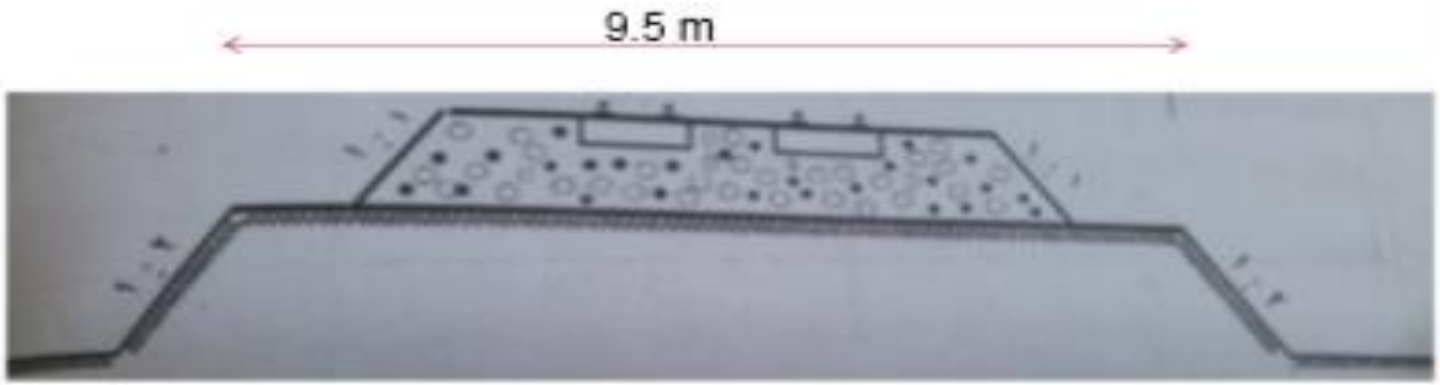
السكة (Track)

- هو المسار الذي تسير عليه القطارات (Rails) ثم تنقل الأحمال من القضبان للفلنكات (Sleepers) ثم لقطاع التزليط ثم لأساس السكة (Subgrade)
- مكونات السكة: انظر الشكل





سكة مفرد



سكة مزدوج

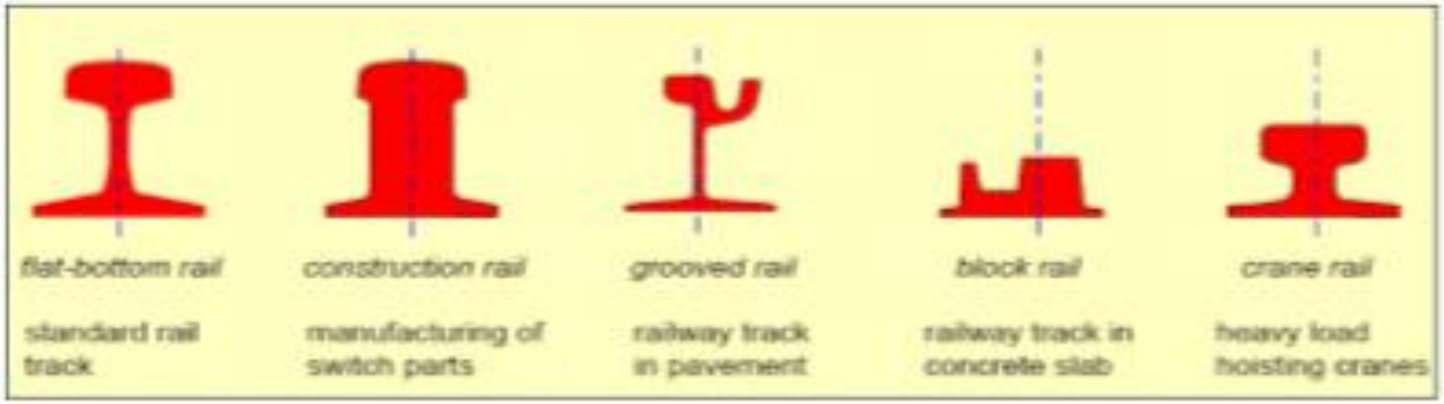
اتساع السكة

- هو المسافة الأفقية بين حافتي السير والاتساع الشائع هو 1435 مم

أنواع الاتساع	قيمة الاتساع (مم)
قياسي	1435
عريض (أ)	1676
عريض (ب)	1524
متري (سرعات قليلة)	1067 &1000
ضيق	750

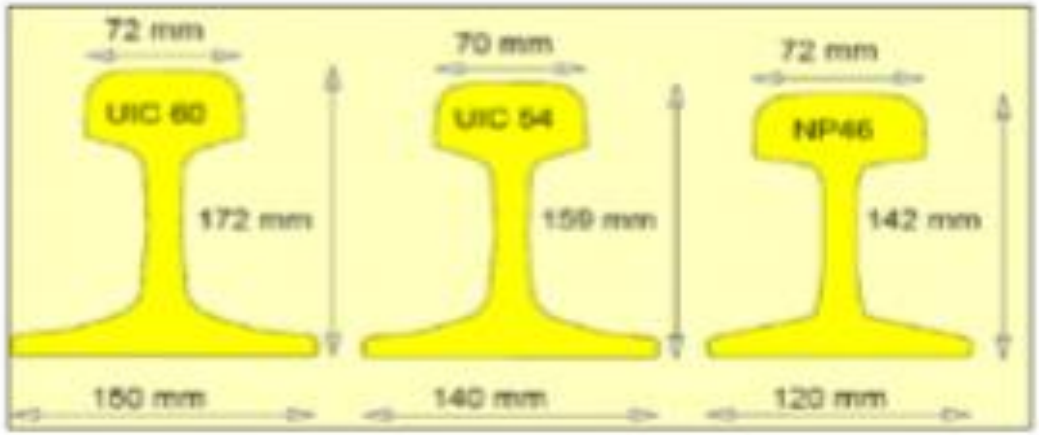
القضبان

- السطح الذي تمشي عليه العجلات بسلاسة وكناقل للأحمال
- أنواع القضبان كما بالشكل
- يتميز النوع الاول بالمقاومة العالية وتحمل الاجهادات ورخيص التكلفة وسهل الصيانة



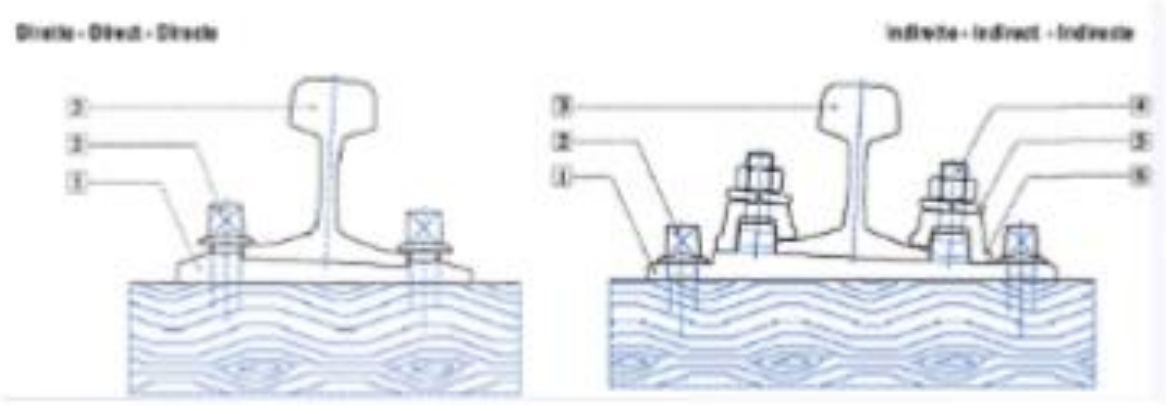
القضبان

- تصنف القضبان طبقا للوزن بالكجم/متر طولي وأبعاد القطاع (معامل القصور الذاتي Inertia)
- يتم عمل اختبارات كيميائية لمعرفة نسب الكربون والعناصر المختلفة وأيضا اختبارات الشد والكسر



طرق تثبيت القضبان

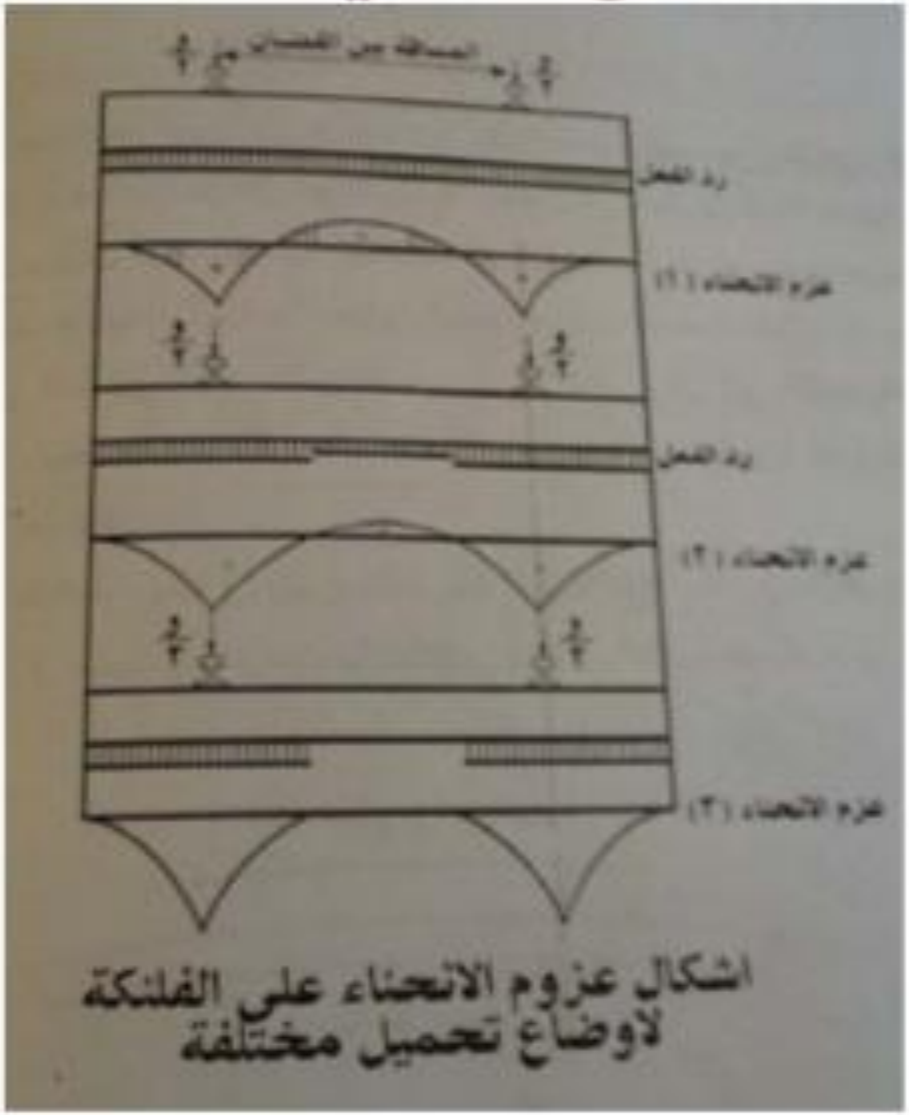
- تنقسم طرق التثبيت الي تثبيت مباشر أو غير مباشر
- في التثبيت المباشر يتم ربط الفلنكة بالقضيب مباشرة عن طريق مسامير التثبيت لنقل قوي الضغط أو الشد كما موضح بالشكل
- في الغير مباشر يتم وضع وسائد أسفل القضبان تكون مثبتة بالفلنكة



الفلنكات

- هي الكمرات العرضية التي تنقل الأحمال من القضبان لقطاع التزليط (Ballast)
- وهي تعمل كوسيط مرن لامتصاص الصدمات الميكانيكية بين القضيب ومادة التزليط
- وهي تحافظ علي القضبان بأن يظل الاتساع ثابت وتقاوم التمدد والانكماش في الاتجاه الطولي
- أنواع الفلنكات:
  - ✓ خشبية (الصنوبر, الزان, العزيزي)
  - ✓ خرسانة سابقة الاجهاد
  - ✓ الصلب
- يتم معالجة الفلنكات الخشبية بمواد كيماوية حتي لا تنتشر الفطريات وتؤدي لتآكلها

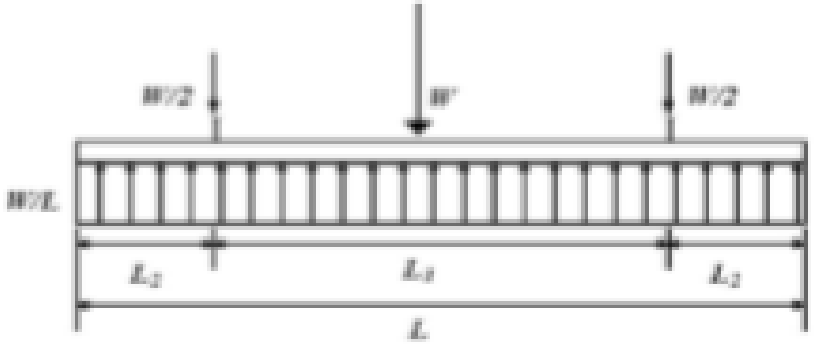
التحميل علي الفلنكة



اشكال عزوم الانحناء على الفلنكة
لاوضاع تحميل مختلفة

تصميم الفلنكات

- قطاع الفلنكة يمكن تحديده بمعرفة العزم علي الفلنكة كالتالي:



- العزم عند منتصف الفلنكة $M_m = \frac{W}{8}[L_1 - 2L_2]$
- العزم أسفل القضيب $M_r = \frac{WL_2^2}{2L}$
- $M_m = M_r$
- $L_1 = 2\sqrt{2}L_2$

تصميم الفلنكات

الحمل المؤثر علي الفلنكة W يتوقف علي معامل مرونة القضيب وسرعة الاحمال المتحركة وقد وجد أنه يساوي 0.8 حمل المحور

أو يساوي 0.6 xحمل المحور D x

D = 1+ (س^2/ 30000)

أقصي اجهاد انحناء علي الفلنكة = M_{max} / z

z هو Moment of inertia = I / y

$z = bd^2/6$

زيادة عرض الفلنكة b يزيد القصور الذاتي وبالتالي يقلل الاجهاد علي قطاع التزليط

قيمة عرض الفلنكة يتراوح من 20-30 سم

العمق d لا يقل عن 15 سم

مثال1:-

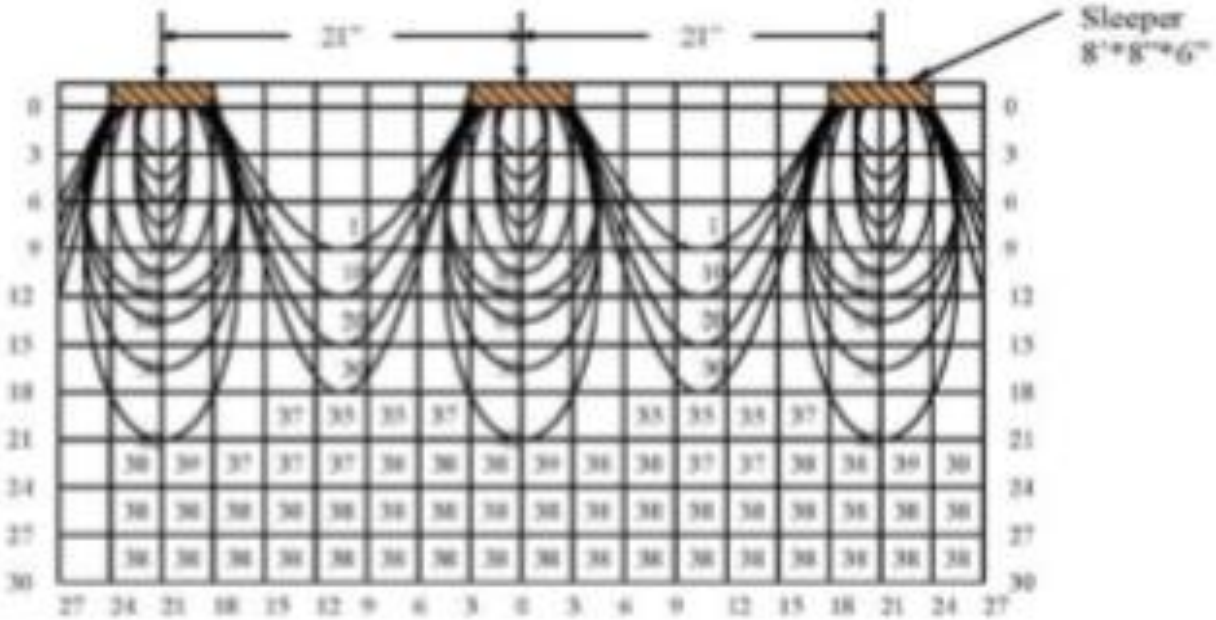
- احسب الاجهادات في فلنكة خشبية (15x25x260) سم في خط سكة حديد تسير عليه القطارات بسرعة 100 كم /ساعة اذا علم أن القطار يتكون من قاطرة وزنها 120 طن ذات 8 محاور وتجر 10 عربات وزن العربة 50 طن ذات 4 محاور
- حمل المحور = 15 طن
- D = 1+10000/30000 =1.33
- W= 0.6 x 15000 x 1.33 =11970 كجم
- أو = 0.8 x 15000 =12000 كجم
- L_1 = 150 سم & L_2 = 55 سم
- $M_m = \frac{W}{\beta}[L_1 - 2L_2]$ $M_r = \frac{WL_2^2}{2L}$
- M_m =60000 & M_r =69807.7 كجم.سم
- أقصي اجهاد انحناء = M_{max} / z =(6 x69807.7)/ (15^2x25)
- = 74.5 كجم /$سم^2$

قطاع التزليط (Ballast)

- هو عبارة عن الوسط المرن بين الفلنكة وأساس السكة ويتحمل الإجهادات الناتجة من الفلنكات بمساحة تلامس أكبر واجهاد أقل
- من خصائصها أيضا بأن تسمح بتصريف المياه ويمنع نمو الحشائش الضارة (الحشائش تنتج بخار ماء يؤدي لصدأ الحديد)
- المواد تتكون من كسر الحجارة أو الزلط أو بازالت
- يجري اختبارات للتأكد من صلاحية المواد المستخدمة كالتدرج والصلابة ومقاومة التآكل والكثافات....الخ

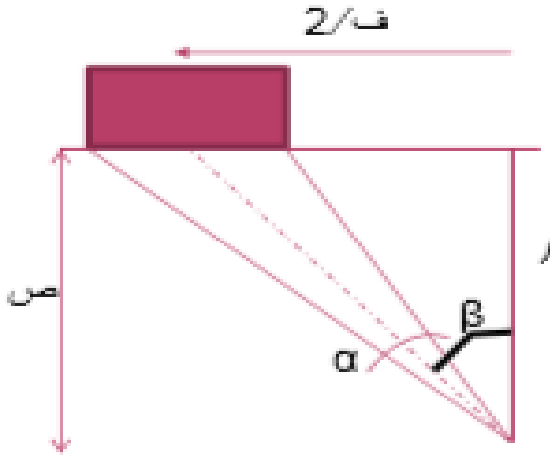
تصميم قطاع التزليط

- يتراوح سمك طبقة التزليط من 40-70 سم وذلك يعتمد علي الاحمال ونوع المواد المستخدمة
- تالبوت استنتج خطوط توزيع الضغط أسفل الفلنكة كما بالشكل



تصميم قطاع التزليط

- وجد أن الضغط عند نقطة في منتصف التقسيط:
- ض=((122-ص)/56) x (ضi/π) x (α+جا جتا 2 β)
- ص هو عمق النقطة
- α=2 ظا$^{-1}$(0.5xعرض الفلنكة/ص)
- ضi =0.33xحمل المحورx D/(طولxعرض الفلنكة)
- D= 0.6((س-5)/100)+1
- B= ظا$^{-1}$(0.5xمسافة التقسيط/ص)
- وجد أن أفضل عمق للتزليط=
- مسافة التقسيط-عرض الفلنكة+20سم



مثال2:-

- أوجد أقصي ضغط رأسي علي عمق 50 سم أسفل فلنكة اذا علم أن الفلنكات المستخدمة (260*25*15) سم خشبية ومسافة التقسيط 65 سم وذلك لقطار بضائع يسير بسرعة 65 كم/ساعة ويتكون من 60 عربة وزن كل واحدة 60 طن ذات 4 محاور والقاطرة وزنها 120 طن ذات 6 محاور.
- حمل المحور = 20 طن & D= 1.36
- ض$_{i}$ =0.33*20*1.36/(25*260)=1.39كجم/سم^{2}
- α= 2 ظا$^{-1}$(0.5x25/50)=28.1°
- B= ظا$^{-1}$(0.5x65/50)=33°
- ض=(122-50)x56/(π/1.39)x(π*28.1/180+جا28.1جتا66)
- ض = 0.18 كجم/ سم^{2}

أساس السكة (Subgrade)

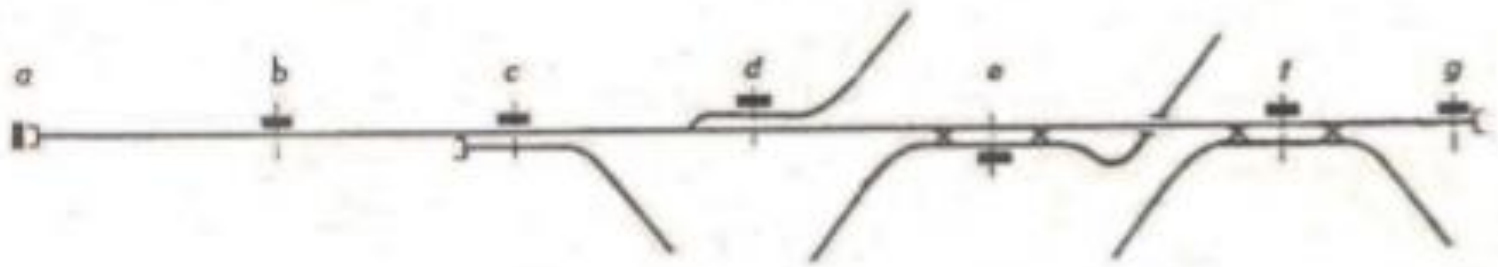
- الغرض من أساس السكة هو تحمل الاحمال ونقلها لسطح الأرض وتسهيل عملية الصرف
- يتوقف عرض الاساس علي ما اذا كان الخط مفرد او مزدوج وكذلك علي عمق التزليط
- الميول الجانبية تتوقف علي نوع المواد المكونة له
- 3:2 لـ 2:1 في حالة المواد الطينية أو الرملية
- يتم الدمك علي طبقات وفي بعض الأحيان يتم تثبيت التربة في حالة التربة الضعيفة بمواد محسنة لمنع حدوث انهيارات وأيضا لمنع اختراق الزلط للتربة
- يمكن أيضا تحسين التربة بالحقن بمونة أسمنتية رملية أو الخوازيق للسند أو حصيرة خرسانية أو حوائط ساندة....الخ

المحطات (Stations)

- محطات الخط الحديدي هي حلقة الوصل بين أقسام الخط الحديدي
- تحتوي بالإضافة إلى الخط الرئيسي على مجموعة خطوط, منشآت وتجهيزات ملائمة لاستقبال وترحيل وتلاقي وتجاوز القطارات ولتأمين خدمات الركاب ونقل البضائع
- إنجاز الأعمال التكنولوجية المختلفة لفرز وتأليف القطارات
- صيانة التجهيزات والأدوات المختلفة وتزويد القاطرات باحتياجاتها من وقود وزيوت وماء مقطر

تصنيف المحطات حسب الشكل

- a و g تعبر عن محطات بداية ونهاية الخط
- b محطة وسطية
- c محطة ربط وسطية
- d محطة تفرع
- e محطة تقاطع
- f محطة مماسية



تصنيف المحطات حسب الشكل

محطة نهائية أو بدائية:

هي المحطات التي تصل وتغادر القطارات اليها من جهة واحدة وتنتهي فيها الخطوط بمصادم ويكون عادة مبني الركاب في وضع عرضاني

محطة وسطية:

تكون حركة القطارات اليها من الجهتين (الوصول , الترحيل , التلاقي , التجاوز)

محطة ربط وسطية:

وهي مثل المحطة الوسطية ولكنها تضم خطوط ربط بين الخطوط الرئيسية وخطوط ثانوية مثل المحطات عند التفريعات الى الموانئ

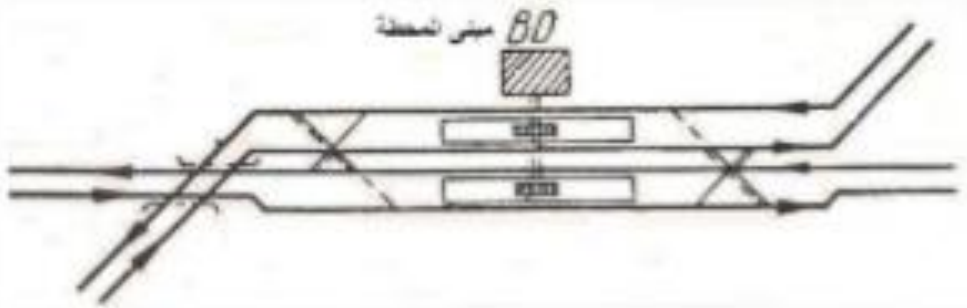
محطة تفرع:

ويطلق عليها أيضا بمحطة فصل ويتم فيها تفريع الخطوط الى اتجاهين أو أكثر

تصنيف المحطات حسب الشكل

محطة تقاطع:

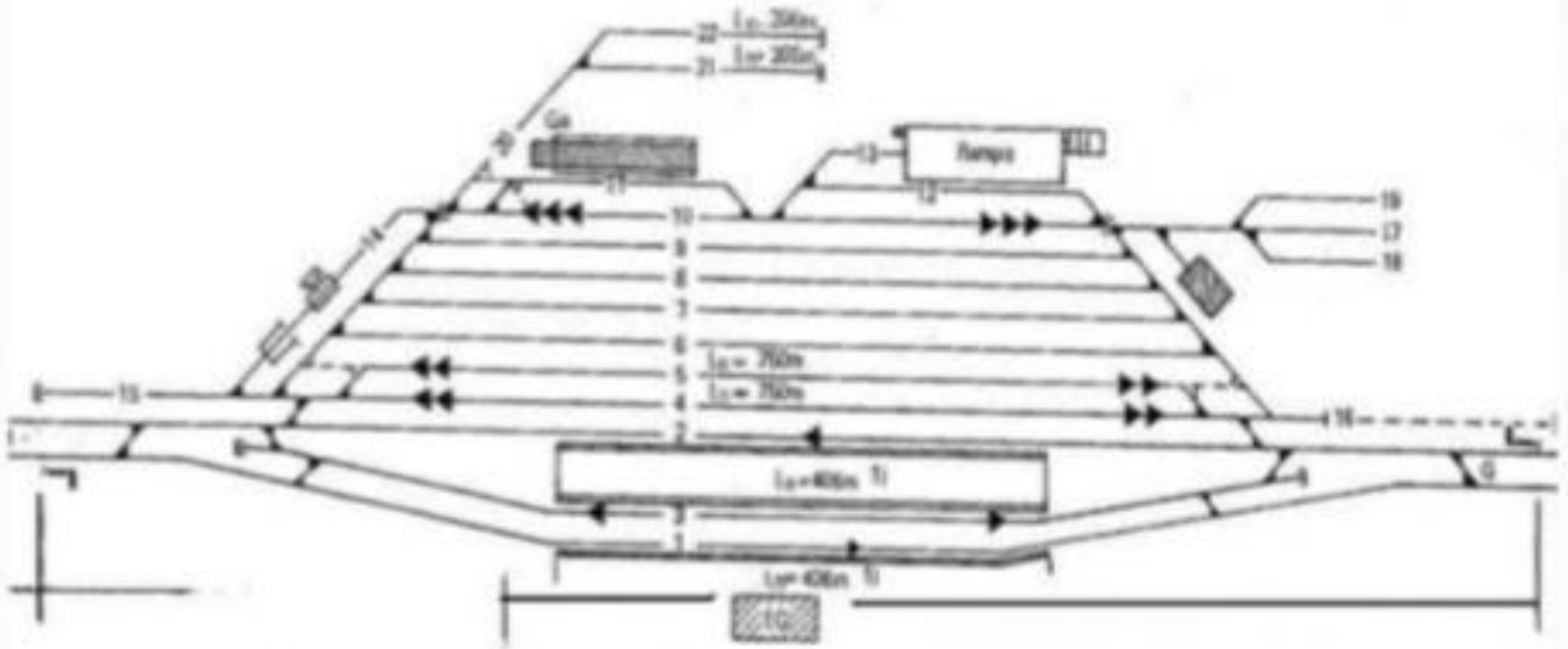
وفيها تتقاطع الخطوط من اتجاهين أو أكثر ويمكن أن يكون التقاطع في مستو واحد أو مستويين. والشكل يوضح مثال لمحطة تقاطع بمستو واحد



محطة مماسية:

وفيها يتم تماس خطين جاريين من اتجاهين دون أن يكون تقاطع بينهما أو امكانية لانتقال العربات أو القطارات بينهما

أنواع الخطوط في محطة متوسطة



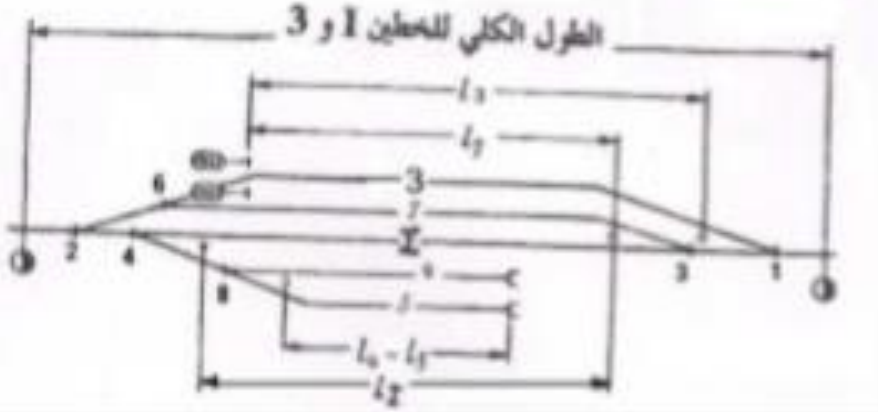
أنواع الخطوط في المحطات

- **خطوط رئيسية وتشمل:**
- خطوط الاستقبال والترحيل (الخطين 1و2)
- خطوط التجاوز لقطارات الركاب (الخط 3)
- خطوط التجاوز لقطارات البضائع (الخطان 4و5)
- **خطوط ثانوية:**
- خطوط تجميع وانتظار لقطارات البضائع (الخطوط 6و7و8)
- خط ترتيب (الخط 9)
- خط عبور (الخط 10)
- خط صالة البضائع (الخط 11)
- خطوط منصة التحميل (الخطان 12 و13)
- خط الميزان (الخط 14)
- خطوط السحب (الخطان 15 و16)
- خطوط الربط (الخطوط 17 و18 و19)
- خطوط التحميل (الخطوط 20 و21 و22)

أطوال الخطوط في المحطات

لكل خط حديدي في المحطة طولان: الطول الكلي والطول المفيد

- الطول الكلي: هو المسافة بين بدايتي مفتاحي الدخول والخروج لهذا الخط أو المسافة بين بداية مفتاح والمصدم بالنسبة لخط الاصطدام
- الطول المفيد (النافع): هو المسافة المفيدة من الطول الكلي للخط والتي يمكن الاستفادة منها لوقوف عربات القطار بحيث لا تعيق حركة أو وقوف عربات قطار على خط مجاور ولا تؤثر على أمان سير القطارات عليها ويقدر في مصر بأطول قطار بضائع والذي يساوي 660 متر



أطوال الخطوط في المحطات

- يحدد الطول المفيد للخط بحسب موضعه في المحطة وهو عادة يساوي المسافة الفاصلة بين مفتاح السقوط وإشارة الخروج، أو بين إشارتي الخروج أو بين إشارة الخروج أو مفتاح السقوط ومصدم خط الاصطدام
- يستخدم مفتاح السقوط عند كل خطين متقاطعين أو متفرعين لضمان عدم اصطدام القطاريين ويتم وضعه عند كل تفرع بمسافة معينة من بداية التفرع بحيث تكون المسافة بين الخطين 4.1 متر
- يؤخذ طول أصغر طول مفيد لخطوط استقبال وترحيل محطات الخط الحديدي حتى يمكن تسيير القطارات عليها بطول يساوي أو يقل عن الطول المفيد ألأصغر دونما حاجة لتعديل أطوال هذه القطارات لتوقيفها بأمان أو متابعة سيرها على خطوط المحطة

أطوال الخطوط في المحطات

مثال 1:-

يتكون أطول قطار من 16 عربة يبلغ طول العربة الواحدة 26.4 متر وطول القاطرة 20 متر احسب الطول المفيد للقطار

الاجابة:-

طول العربات = 26.4 x 16 = 422.4 متر

طول القاطرة = 20 متر

مسافة عدم دقة التوقف = 5 متر

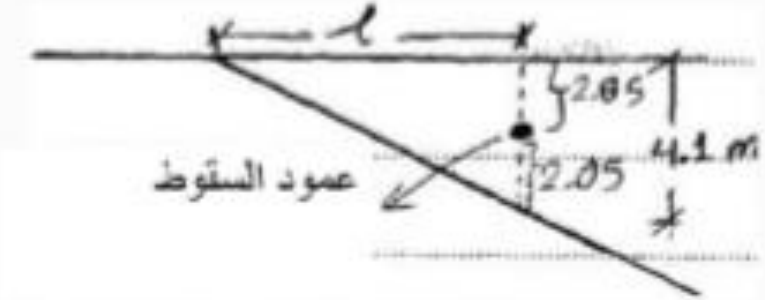
طول قاطرة سحب = 20 متر

مسافة أمام اشارة الخروج = 5 متر

الطول المفيد = 472.4 متر

عمود السقوط

يوضع بعد المفاتيح في منتصف المسافة بين الخطوط وفي المكان الذي تكون فيه المسافة بين محوري الخطين المتجاورين تساوي 4.1



$$l = \frac{e}{\tan\alpha} = \frac{4.1}{\tan\alpha} = 4.1N$$

tanα: ميل زاوية المفتاح (علي سبيل المثال 1⁄10)

N: مقلوب قيمة ميل زاوية المفتاح أي 10

ترقيم الخطوط والمفاتيح في المحطات

- يهدف ترقيم خطوط ومفاتيح خطوط المحطة لتسهيل إجراءات التفاهم بين العاملين في المحطة لاستقبال وترحيل القطارات وتحضير المسارات لها ، وكذلك لأعمال صيانة مفاتيح وخطوط المحطة
- الخطوط الرئيسية ترقم بأرقام رومانية (I للخط المفرد وII للخط المزدوج) أما بقية الخطوط فتعطي أرقام عربية 2, 3, 4 بدءا من أقرب خط إلى مبنى المحطة وهكذا
- وفي حال تخصيص خطوط الاستقبال أو الترحيل لاتجاه واحد فقط فتعطى الخطوط المخصصة للاتجاه الزوجي أرقاما زوجية ، وللاتجاه الفردي أرقاما فردية فقط
- تعطى مفاتيح المحطة أرقاما تسلسلية فردية لجهة المحطة الفردية ، وأرقاما زوجية لمفاتيح عنق المحطة التي يتم عليها استقبال القطارات الزوجية

أسس تصميم الخطوط في المحطات

الميول الطولية:

- إمكانية وقوف عربة مفردة أو مجموعة عربات غير مفرملة دون خطر الحركة تحت تأثير وزنها الذاتي
- أقصى ميل طولي للخطوط في المحطة 2.5% (1:400) وبفضل أقل من 1.5%

تصميم الخطوط الرئيسية:

- لا تخضع سرعة القطارات لأي تخفيض
- لا يقل نصف القطر عن 300 متر مع منحنيات انتقالية وأيضا رفع الظهر عن البطن
- قيمة الظهر عن البطن لا تزيد عن 60 مم لصعوبة صعود ونزول الركاب في الوضعية المائلة للعربات
- لا تجهز الخطوط الرئيسية بالأرصفة عندما تزيد السرعة عن 120 كم/ساعة
- عدد الخطوط الرئيسية = عدد القطارات السريعة التي يمكن أن تتواجد في المحطة في وقت واحد

أسس تصميم الخطوط في المحطات

خطوط التجاوز:

- خطوط رئيسية ضمن المحطة وتستخدم للتجاوز أو تقاطع القطارات
- تكون السرعة على هذه الخطوط 60 كم/ساعة
- نصف القطر لا يقل عن 180 متر ولا تستخدم فيها المنحنيات الانتقالية ولا رفع الظهر عن البطن
- يقدر عدد خطوط التجاوز على حسب عدد قطارات الركاب المحلية (اللوكال) التي يمكن أن تتواجد في المحطة في وقت واحد

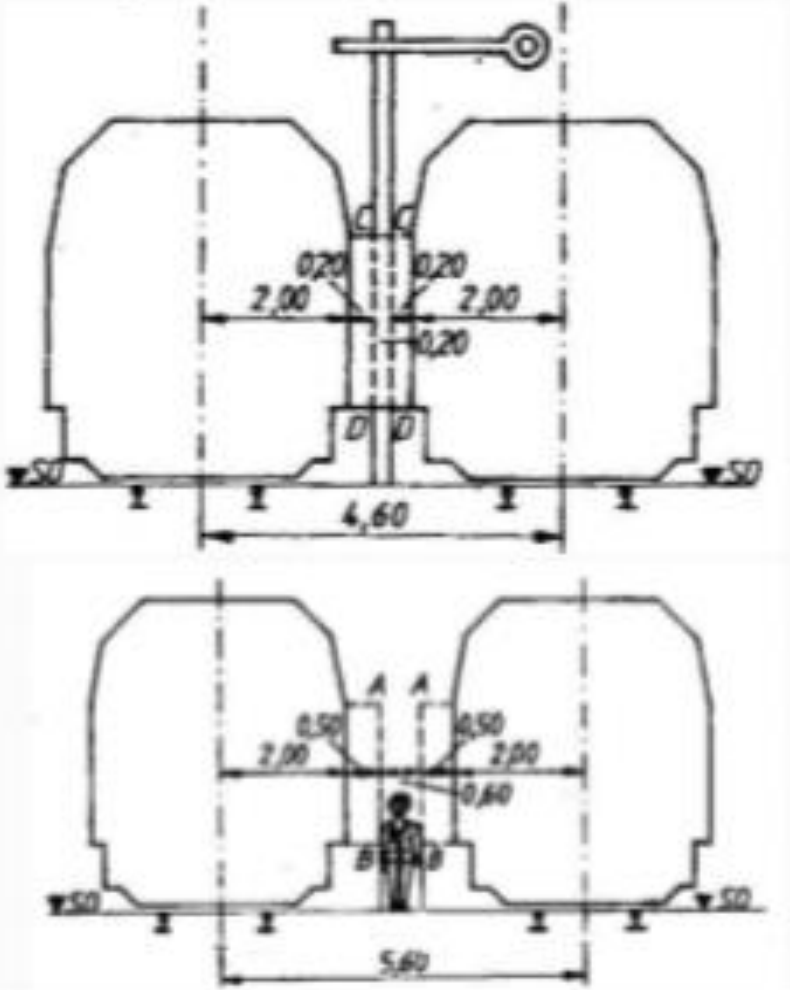
الخطوط الثانوية:

- تستخدم تلك الخطوط لأعمال المناورة وتكون السرعة أقل من 20 كم/ساعة
- نصف القطر لا يقل عن 180 متر ولا تستخدم فيها المنحنيات الانتقالية ولا رفع الظهر عن البطن

خطوط الربط:

- هي خطوط تتفرع لتخديم منشآت خاصة (معامل- موانئ- مناجم) ولا يسمح بالتفرع إلا ضمن المحطات
- تعامل مثل الخطوط الثانوية وفي حالة الضرورة يسمح بنصف قطر 150 متر

التباعد بين محاور الخطوط الجارية



أماكن وضع الاشارات

اشارة الدخول توضع عند كل خط من الخطوط الداخلة الى المحطة من كل اتجاه وتكون عادة على اليمين بمسافة من 2.2 - 2.7 متر

يجب رؤية الاشارة بالكامل في الليل أو النهار ويجب مشاهدتها من مسافة لا تقل عن $\frac{10v}{4}$، وفي كل الأحوال لا تقل عن 200 متر

توضع إشارات الدخول قبل مسافة كافية من أول نقطة خطرة في المحطة

النقاط الخطرة هي :

- بداية أول مفتاح على امتداد الخط الجاري
- أول عمود سقوط على امتداد الخط الجاري عندما يكون اتجاه الدخول للمحطة عقب المفتاح

يجب ألا تقل المسافة بين اشارة الدخول والنقطة الخطرة عن 100 متر وتزداد الى 200 متر اذا كانت السرعة أكبر من 100 كم/ساعة والميول الطولية أكبر من 10% ويمكن زيادة المسافة الى 300 متر

اشارات الخروج القصيرة فانها توضع بين الخطوط على مسافة من مركز المفتاح لا تقل عن المسافة L التي تحسب لأعمدة السقوط ويضاف عليها مسافة لا تقل عن 15 متر

صالة البضائع

مساحة الصالة تحدد على أساس كمية البضائع مقدرة بالطن (9 - 11 م^2 / طن)

تضاف مساحات بمعدل 135% لتأمين مجال الحركة لوسائل الشحن والجر

عرض صالة البضائع من 10 - 18 متر بطول لا يتجاوز 400 متر بارتفاع أكبر من 5 متر ولا يقل عن 3.5 متر

منصات التحميل يبلغ عرضها من جهة الخط الحديدي 3.5 متر وذلك لاستخدام الروافع الشوكية و2.5 متر من جهة الطريق ويمكن زيادتها إلى 3.5 متر

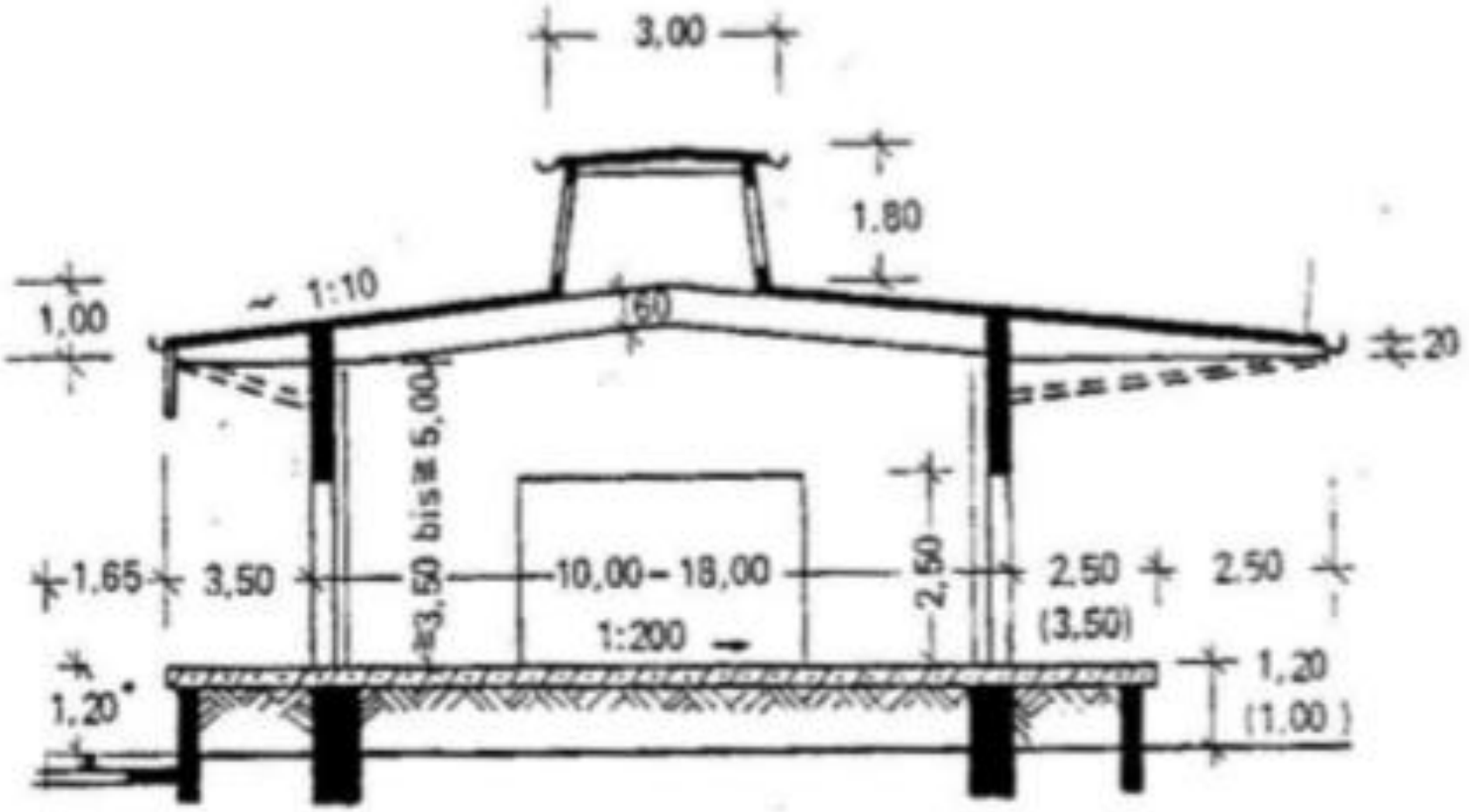
يبلغ ارتفاع منصات التحميل عن منسوب أعلى القضبان 1.2 متر

تبلغ المسافة بين البوابات في الصالة 10 - 12 متر

تكون أرضيات الصالات مزودة بطبقة إسفلتية أو من مواد قاسية

يجب توفير طرقات للتحميل ضمن محطات البضائع لوصول السيارات المحملة بالبضائع والحيوانات الحية وغيرها إلى أرصفة التحميل والتفريغ وتزود هذه الطرقات بمصاعد جانبية ورأسية

صالة البضائع



الأرصفة

منشآت خاصة في المحطة، تتوقف عندها قطارات الركاب لنزول وصعود وانتظار الركاب بشكل آمن ومريح وكذلك شحن الأمتعة والبريد

تكون الأرصفة موازية للخطوط ومتوافقة مع عربة القطار من حيث الارتفاع والبعد عن محور الخط

الأطوال المفيدة للأرصفة:

طول الرصيف المفيد= طول جميع العربات لأطول قطار ركاب بالإضافة إلى مسافات إضافية لعدم دقة التوقف بمقدار 10 - 20 متر ويضاف إلى ذلك 5 أمتار أمام الإشارة الضوئية

لا يحتسب طول القاطرة (20 متر) من طول القطار

الأرصفة

عرض الرصيف:

عرض الأرصفة يتراوح من 3 - 4 متر (الأرصفة الخارجية) ولا يقل عن 6 متر لأرصفة الركاب

ارتفاع الأرصفة:

يقاس ارتفاع الرصيف عموديا بين منسوب أعلى القضيب الحديدي وسطح الرصيف

يحدد بحيث يكون الفرق بين منسوب الرصيف وأرضية العربات أو درجات الصعود إلى العربة في حدوده الدنيا

يجب أن يتوافق ارتفاع الأرصفة مع العربة وعادة ما يكون ارتفاع الرصيف يساوي 0.96 متر

تصنيف المحطات حسب الوظيفة

- محطات التلاقي
- المحطات المتوسطة
- محطات المناطق
- محطات الركاب
- محطات الفرز
- محطات الشحن

محطات التلاقي

هي أصغر المحطات وتنشأ على الخطوط الحديدية المفردة لتلاقي القطارات متعاكسة الاتجاه فيها أو لتجاوز القطارات ذات الاتجاه الواحد

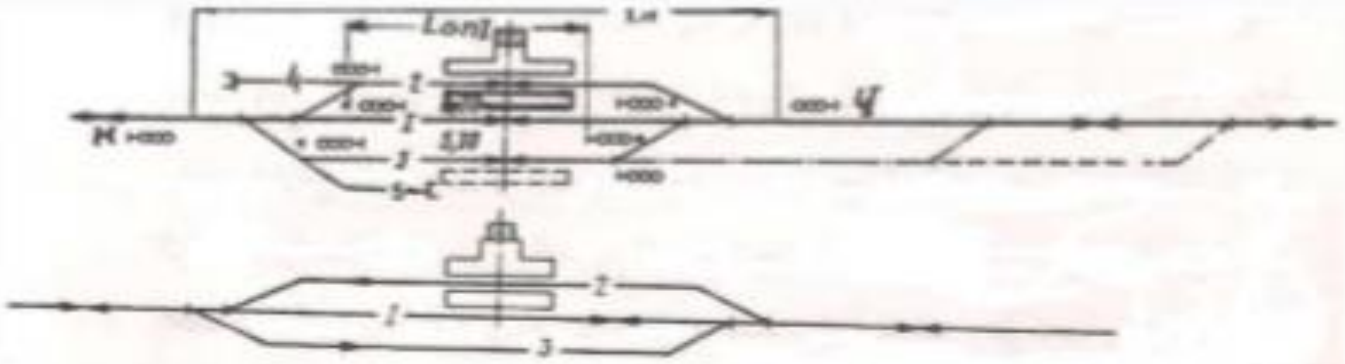
تسمى في الخطوط الحديدية المزدوجة بمحطات التجاوز ، ويناط بها أحيانا بعض أعمال خدمات الركاب وأعمال التحميل والتفريغ للبضائع وتحوي عادة من 3-4 خطوط فقط

تصنف محطات التلاقي حسب وضع الخطوط فيها إلى محطات

- عرضية
- محطات طولية
- محطات نصف طولية

محطات التلاقي العرضية

- تحتوي هذه المحطات عادة علي 3 خطوط أحدها الخط الرئيسي وبذلك تستطيع خطوط المحطة تأمين عملية التلاقي والتجاوز في نفس الوقت
- الطول المفيد أو النافع للخط الرئيسي يساوي الطول النظامي لخطوط الاستقبال والترحيل (600 متر)
- يضاف أحيانا الي خطوط المحطة خط أو أكثر لفصل بعض الشاحنات عليه أو للتحميل والتفريغ



محطات التلاقي العرضية

- الخط الرئيسي يرمز له بالرمز I وخطوط الاستقبال والترحيل 2 ,3
- الخطين 4 , 5 خطين احتياطيين وفي نهايته رأس مصدم للاصطدام والتوقف
- الخط المتقطع يشير للخطوط المستقبلية في حالة الاحتياج
- يرمز للخط المزدوج بالسهمين المتقابليين بينما الخط المفرد بالسهم الواحد لكن أيضا يطلق علي الخط بالخط الزوجي 4 كما بالرسم أو الخط الفردي H
- الخط الفردي يختلف عن مفهوم الخط المفرد حيث أن الخط الفردي هو اصطلاح يطلق علي القطار الذي يأخذ رقم فردي عند ذهابه من محطة لأخري والعكس بالعكس عند رجوعه يأخذ رقم زوجي
- ويستخدم الرمز ⇦ كدلالة علي اشارة الخروج

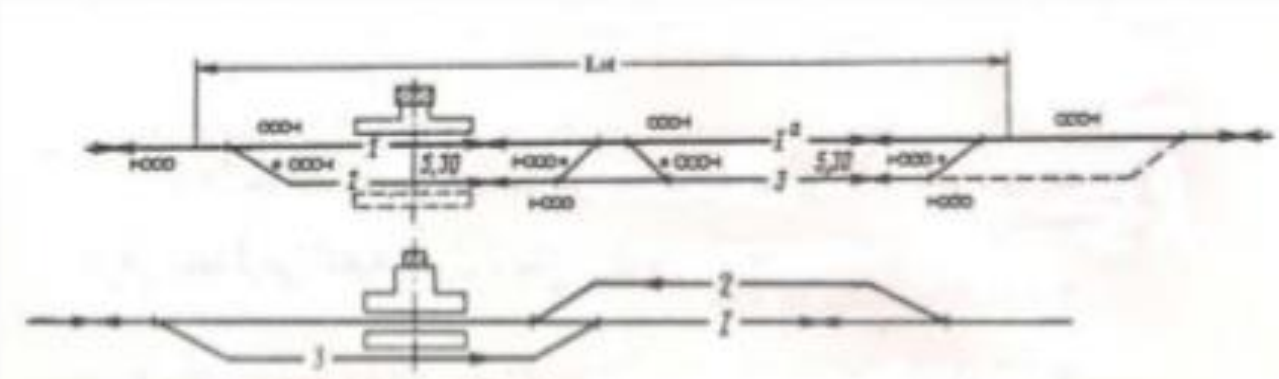
محطات التلاقي العرضية

- طول المحطة يحسب من بداية مفتاح الدخول الي بداية مفتاح الدخول من الطرف الآخر
- الطول المفيد أو النافع للخط (L_{on}) هو عبارة عن طول الخط الأصغر الذي يمكن أن تقف عليه عربات القطار بدون اعاقة الحركة علي أي خط مجاور ويقدر بحوالي 660 متر (أطول قطار بضائع مستخدم في مصر)
- تمتاز محطات التلاقي العرضية بقصر طولها الإجمالي
- إمكان استعمال خطوطها كافة لاستقبال وترحيل القطارات الفردية والزوجية
- سهولة عملية تخديم المفاتيح
- العيوب: صعوبة تأمين سلامة عملية استقبال قطارين من اتجاهين مختلفين بالوقت نفسه

محطات التلاقي الطولية

- تمتاز هذه المحطات بأمان أكبر لاستقبال وترحيل القطارات بآن واحد من جهتي المحطة
- يستخدم هذا النوع من المحطات عند استخدام نظام التحكم المركزي للمفاتيح والإشارات
- العيوب: يتطلب رقعة أرض شبه أفقية ذات طول:

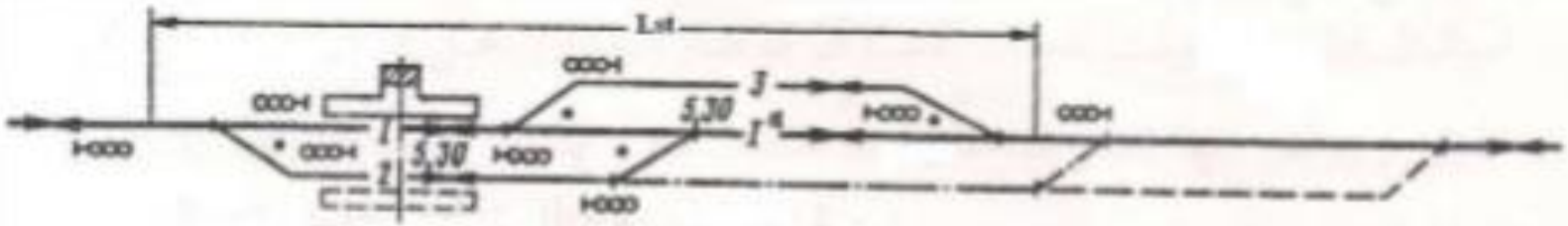
$$L_{st} = 2L_{on} + 300$$



محطات التلاقي النصف طولية

- ينشأ هذا النوع من المحطات وهي الأقل استخداما عندما لا تتوافر رقعة أرض كافية ويعبر عن طول المحطة بـ:

$$L_{st} = 1.5L_{on} + 300$$



المحطات المتوسطة

تنشأ في أماكن التجمعات السكانية والصناعية والزراعية

يناط بها القيام بسائر الأعمال التي تقوم بها محطات التلاقي بالإضافة إلى الأعمال التالية :

- تحميل وتفريغ وتخزين البضائع الصادرة والواردة
- فصل وربط الشاحنات إلى قطارات الشحن المحلية
- استلام وتسليم الأمتعة
- تخديم تفريعات الخطوط الحديدية المرتبطة معها
- وزن الشاحنات على خط الميزان
- يجري في بعض المحطات المتوسطة أحيانا تزويد القاطرات بالوقود

المحطات المتوسطة

تحتوي هذه المحطات على مجموعة من الخطوط تشمل:

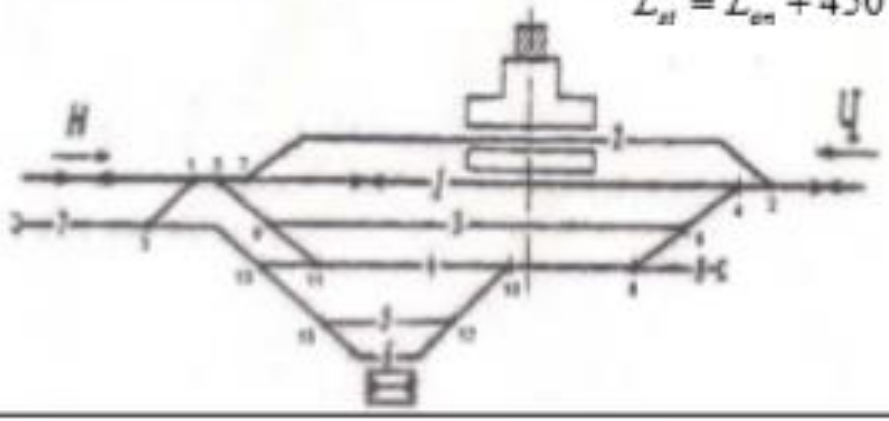
- الخط الرئيسي
- خطوط الاستقبال والترحيل (3-5 خطوط)
- خطوط التحميل والتفريغ (خطين)
- خط السحب لإجراء المناورات
- خطوط التفريعات إن وجدت
- وأحيانا خط للحماية والاصطدام
- أيضا تشمل مبنى الركاب والأرصفة والممرات العلوية والسفلية الواصلة بينها
- مخزن للبضائع وآليات التحميل والتفريغ ، مجموعة تجهيزات الإشارات والاتصالات وتشغيل المفاتيح والتزود بالمياه وبالوقود

أنواع المحطات المتوسطة

يوجد ثلاثة أنواع للمحطات المتوسطة مثل محطات التلاقي هي العرضية والطولية والنصف طولية

المحطات المتوسطة العرضية

- الخطوط I و2 و3 لاستقبال وترحيل القطارات والخطوط 4 و5 و6 للتحميل والتفريغ والمناورة وخط السحب رقم 7 ويحدد طوله بنصف طول القطار النظامي بحيث لا يقل عن 200 متر
- طول المحطة: $L_{st} = L_{tr} + 450$



أنواع المحطات المتوسطة

المحطات المتوسطة الطولية

تنشأ في الأماكن ذات الظروف الطبوغرافية السهلة عندما يكون عدد قطارات الركاب التي تمر فيها كبيرا

تمتاز هذه المحطات بالمقارنة مع المحطات العرضية بما يلي :

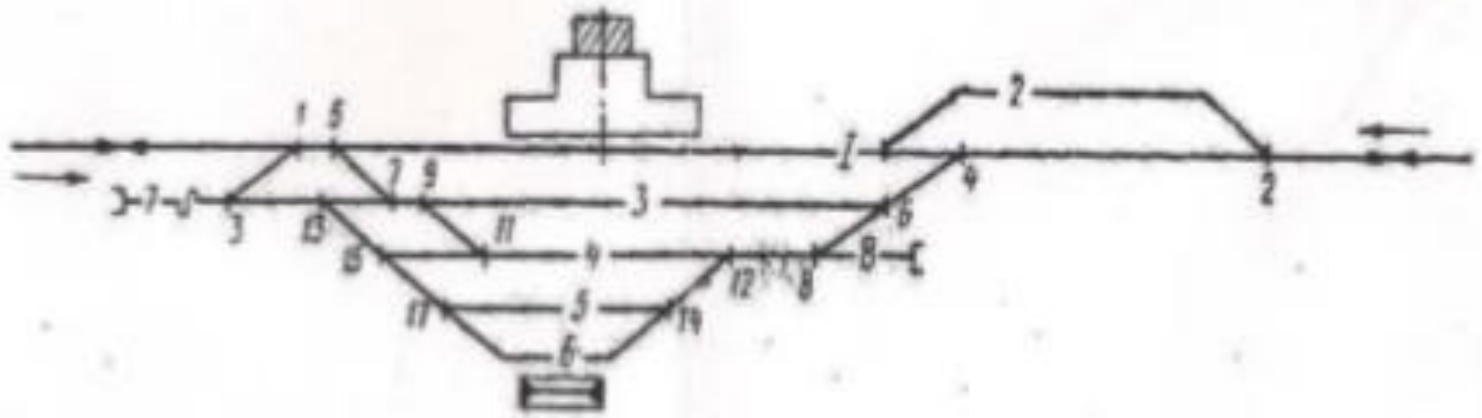
- زيادة إمكان تمرير القطارات
- يمكن تحويلها بسهولة إلى محطات متوسطة تتلاقى فيها القطارات بدون توقف
- أمان سير أكبر عند استقبال قطارين من اتجاهين مختلفين بآن واحد

تحتاج إلى رقعة أرض طويلة وتكلفتها الإنشائية أكبر

أنواع المحطات المتوسطة

المحطات المتوسطة الطولية

طول المحطة: $L_{st} = 2L_{ac} + 600$

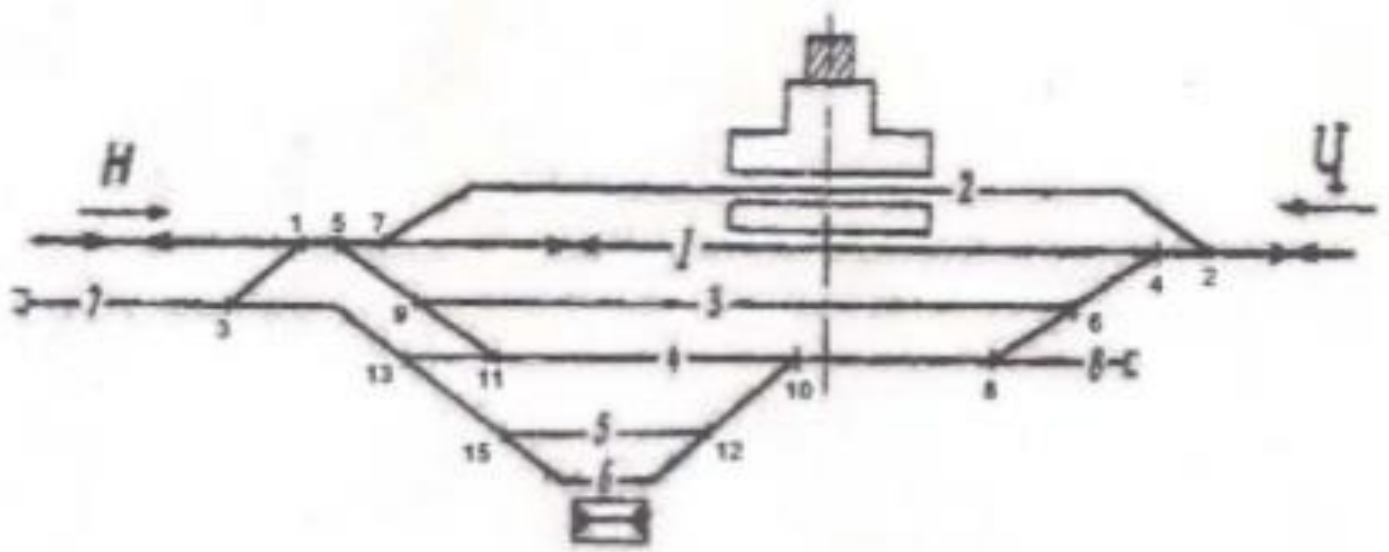


أنواع المحطات المتوسطة

المحطات المتوسطة النصف طولية

طول المحطة: $L_{st} = 1.5L_{pp} + 500$

وهي تجمع بين النوعين السابقيين



محطات المناطق

تنشأ في مراكز المحافظات وأماكن التجمعات السكانية أو الصناعية أو الزراعية

يناط بها أعمال فرز القطارات بشكل محدود

تأمين خدمات الركاب وتحميل وتفريغ البضائع وتخديم تفريعات الخطوط الحديدية إن وجدت فيها

محطات الركاب

تنشأ في المدن الكبرى ويناط بها أعمال استقبال وترحيل وتخديم قطارات الركاب على نطاق واسع

محطات الشحن

تنشأ في مراكز التجمعات الصناعية والزراعية الهامة وبالقرب من المدن الكبيرة والمرافئ والمناجم

يناط بها أعمال تحميل وتفريغ البضائع ومناقلتها بين مختلف أنماط النقل (سفن – سكك ، سيارات – سكك ، أو بالعكس)

محطات الفرز

تنشأ في المراكز السكانية والصناعية والزراعية الهامة حيث تلتقي في مثل هذه المحطات خطوط رئيسية من اتجاهات متعددة

يناط بهذه المحطات إضافة إلى مهمات محطات المناطق أعمال فرز قطارات الشحن على نطاق واسع

مهام محطات الفرز

المهام الأساسية لمحطات الفرز هي استقبال القطارات المطلوب تفكيكها واعادة تشكيلها

تحضير القطارات للتفكيك وتفكيكها

تجميع العربات , الترتيب النهائي للعربات

تشكيل القطارات من جديد والتحضير لترحيل القطارات

يحدث تفكيك القطارات إلى عربات مفردة أو مجموعة عربات باعتماد إحدى الطرق الثلاثة:

نقل العربات عن طريق قطرها بقاطرة مناورة

دفع العربات باعطائها طاقة حركية كافية لوصولها الي المكان المحدد

دفع العربات باعطائها طاقة كامنة باستخدام حدبات الفرز

تصميم محطات الفرز

توضع محطات الفرز في مواقع قريبة من النقل السككي في شبكة الخطوط الحديدية قرب المناطق الصناعية الكبيرة أو المرافئ البحرية أو المناجم أو المحطات الحدودية لفرز وتفكيك عربات البضائع

تؤثر مجموعة عوامل في التحديد الأمثل لموقع محطة الفرز مثل:

- امكانية الوصول بسهولة الي محطة الفرز من خطوط الشبكة
- توفر المساحات الكافية لانشاء المحطة مع امكانية امدادها بالطاقة والمياه مع أخذ اتجاهات الرياح السائدة في الاعتبار
- توفر الربط مع شبكة الطرق
- امكانية وصول قطارات الضواحي للمحطة لنقل العاملين فيها
- الحفاظ علي البيئة لاسيما الضجيج الناجم عن أعمال المناورة في المحطة

تصميم محطات الفرز

المعلومات اللازم معرفتها لتصميم محطات الفرز:

- عدد قطارات البضائع التي تدخل المحطة أو تخرج منها .
- عدد الشاحنات التي سيتم فرزها يوميا
- القطارات التي تدخل المحطة بدون فرز (ترانزيت)
- الشاحنات الواردة والصادرة للخطوط الفرعية

شكل محطة الفرز

تتكون محطة الفرز من خطوط استقبال ووحدات الدفع وخطوط التجميع وخطوط الترحيل:

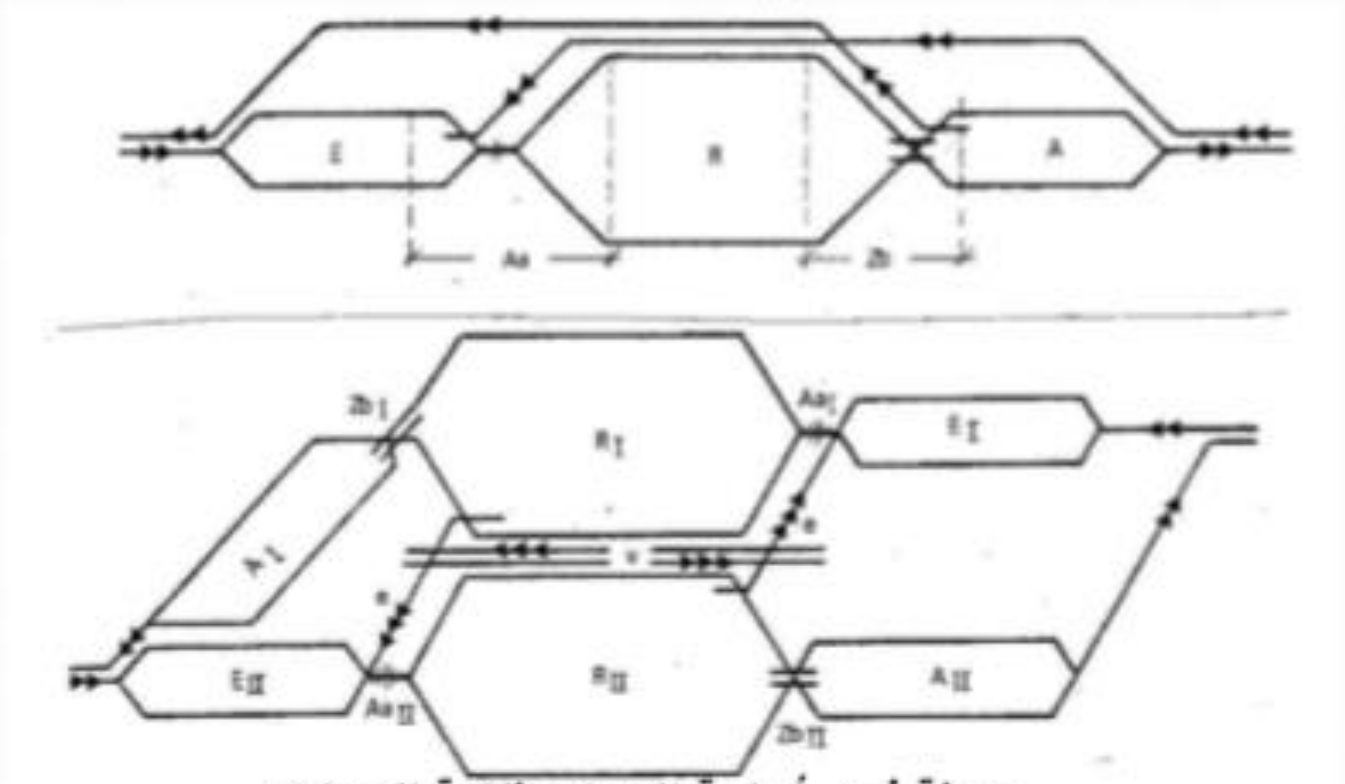
ساحة الاستقبال (وتضم خطوط الاستقبال) ويرمز لها بـ E

ساحة الفرز (وفيها وحدات الدفع وخطوط التجميع) ويرمز لها بـ R

ساحة الترحيل (وتضم خطوط الترحيل) ويرمز لها بـ A

محطات الفرز الكبيرة تحتوي على خطوط اضافية مثل خطوط الترتيب النهائي للعربات ويرمز لها بـ N

تصميم محطات الفرز



محطة فرز (أحادية الاتجاه وثنائية الاتجاه)

Aa وحدات الدفع (حدبة الفرز), Zb وحدات تشكيل القطارات, V خطوط الحركة , e خطوط الربط

أنواع محطات الفرز

تؤثر طبوغرافية الأرض في تحديد نوع محطة الفرز. ويمكن التمييز بين نوعين:

محطة فرز أفقية:

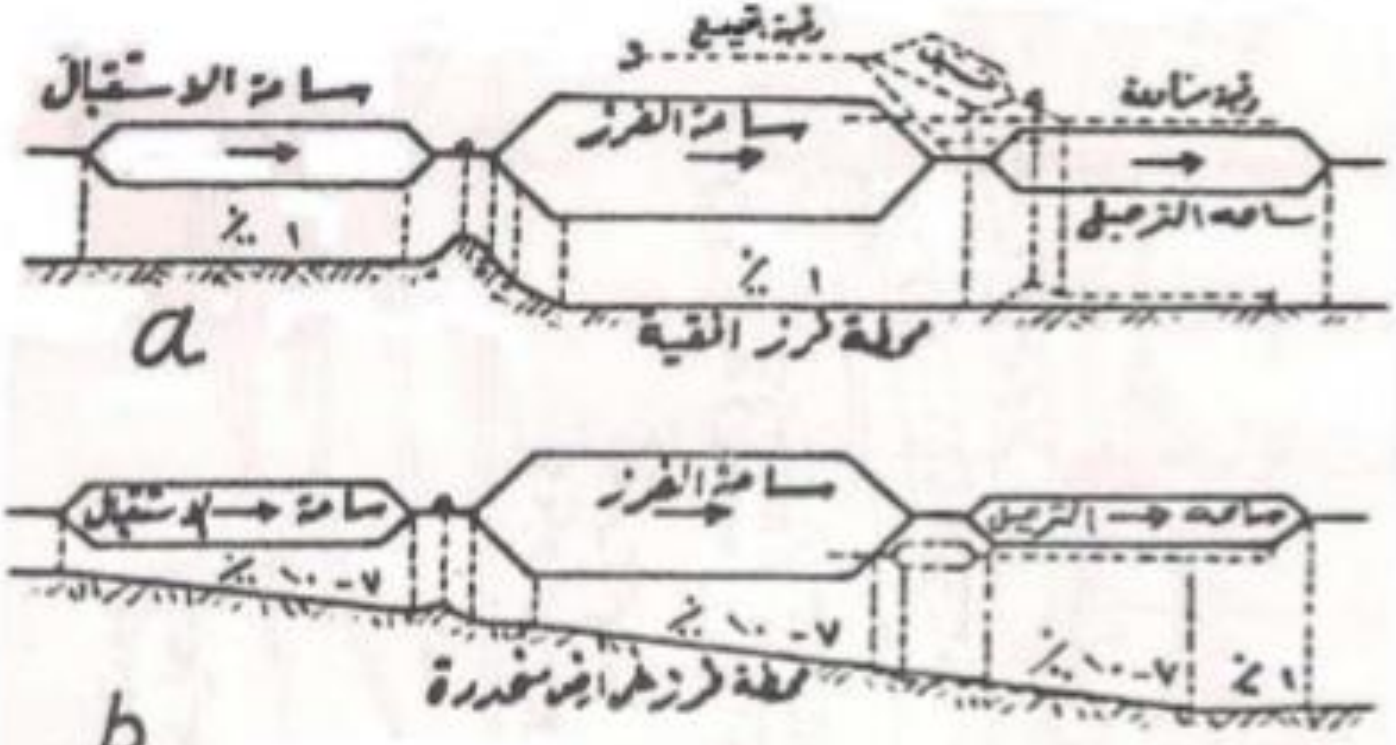
حيث تكون الخطوط في ساحة أفقية أو بميول لا تزيد عن 2.5% وتجهز المحطة بحدبة فرز ذات ميول كبيرة وهذا النوع هو الأكثر شيوعا

محطة فرز مائلة:

حيث تكون الخطوط في ساحة الاستقبال والفرز ذات ميول من 7 إلى 10 بالألف

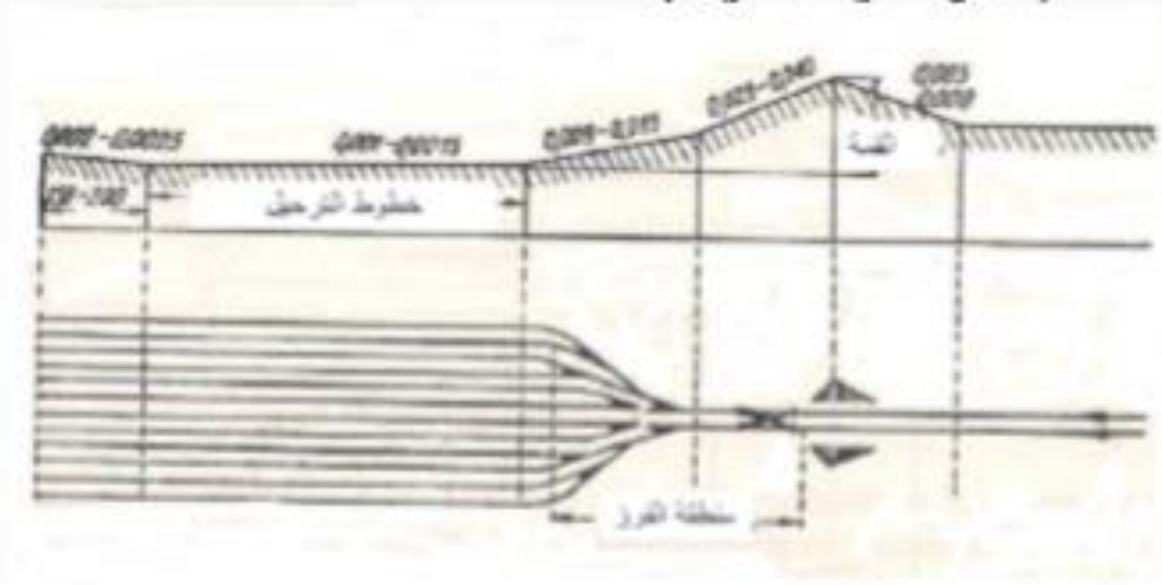
تعمل المحطة بالجاذبية وتزداد الميول بين مجموعات الخطوط لإعطاء تسارعا إضافيا للعربات عند الانتقال من ساحة إلى ساحة أخرى

أنواع محطات الفرز



حدبة الفرز

- وتضم الحدبة العناصر الهندسية التالية :



- خط الحدبة
- الميل العكسي
- قمة الحدبة
- الميل الرئيسي
- الميل الثانوي
- منطقة التوزيع
- الفرامل

ارتفاع حدبة الفرز يجب أن يحقق

وصول العربات إلى هدفها بالتغلب علي المقاومات

خطوط الاستقبال

تتكون خطوط الاستقبال من عدد من الخطوط الرئيسية لاستقبال القطارات وتحضيرها لأعمال التفكيك

تبلغ الميول الطولية لخطوط الاستقبال 1.5 بالألف ولا تقل عن 0.5 بالألف لتأمين تصريف المياه في المحطة

تحدد الأطوال المفيدة لخطوط الاستقبال بـ 650 مترا وفي بعض الحالات تصل الي 800 متر

تكون الأبعاد بين محاور خطوط الاستقبال 5 متر في الحالات العادية وتزداد الي 6.5 مترا بين حزم الخطوط في المجموعة الواحدة (تضم كل حزمة من 6 الي 8 خطوط)

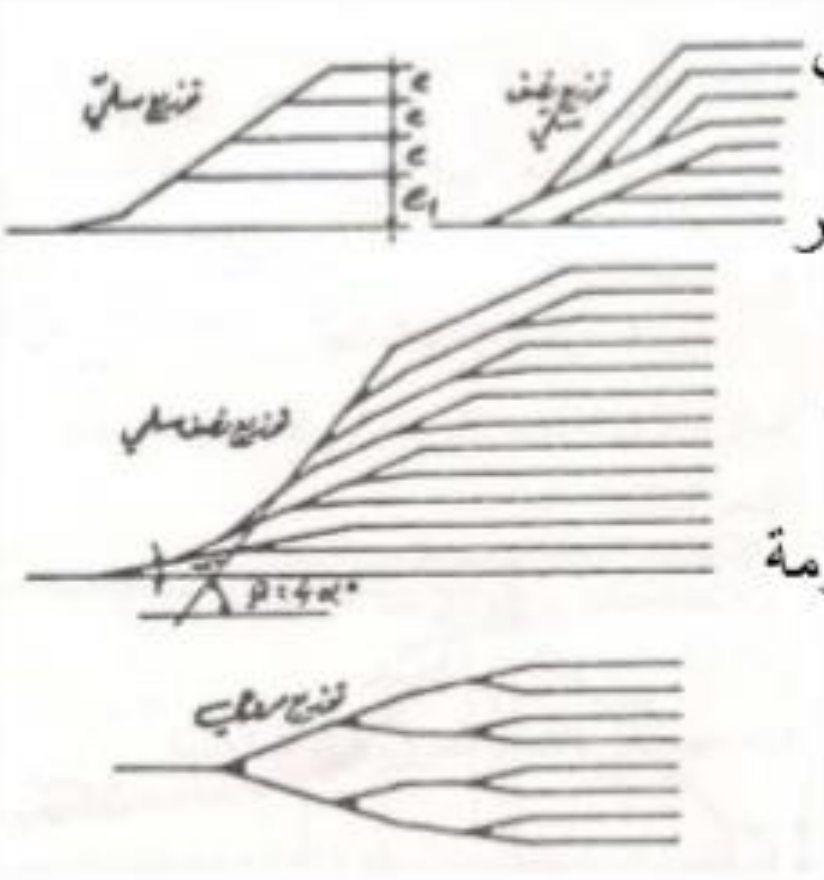
منطقة التوزيع

المتطلبات الواجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم منطقة التوزيع:

- طول الانتشار لمنطقة التوزيع من مفتاح التوزيع الرئيسي وحتي آخر عمود السقوط لمفاتيح التوزيع يفضل أن يكون هذا الطول أقصر ما يمكن لأن ذلك يقلل من ارتفاع الحدبة
- أنصاف أقطار المنحنيات ضمن منطقة التوزيع حيث تساهم المنحنيات في مقاومات المسير وتؤثر علي تآكل القضبان في المنحنيات ويعتبر أقل نصف قطر هو 180 مترا
- يتأثر طول منطقة التوزيع بعدد خطوط الفرز وبالتباعد بين الخطوط
- تؤخذ السرعة ضمن منطقة التوزيع بـ 25 كم/ساعة
- نوع المفاتيح المستخدمة: تحدد أنواع المفاتيح المستخدمة وفق السرعة وطول منطقة التوزيع ولاعتبارات اقتصادية

أشكال منطقة التوزيع

هناك أشكال مختلفة لطريقة التوزيع
حيث يكون الفرز سلمي ونصف سلمي
أو مروحي ويعتبر التوزيع المروحي
هو أنسب الطرق للتوزيع لتحقيق أقصر
طول لمنطقة التوزيع
وتكون الخطوط في التوزيع المروحي
المتناظر مؤلفة من 8 أو 16 أو 32
أو 64 خط, وتشكل كل 8 خطوط حزمة
ويمكن أن تتكون الحزمة من 6 إلى
10 خطوط ويكون عندها التوزيع
المروحي غير متناظر



خطوط الفرز

يلزم خط فرز واحد لكل 60 - 80 عربة/يوم ويضاف الي العدد الكلي عدد من الخطوط الاحتياطية وذلك لتجنب أوقات الانتظار علي خط الحدبة

تحدد أطوال خطوط الفرز بناءا علي أطوال القطارات المركبة مضافا اليها طولا احتياطيا من 50 - 200 متر ولا يقّل الطول المفيد عن 100 متر ولا يزيد عن 1000 متر

تكون المفاتيح المتتابعة بميل 1⁄10 وأحيانا بميول أكبر 1⁄8

تضم كل حزمة من 6 - 10 خطوط من جهة حدبة الفرز وتكون الأبعاد بين محاور خطوط الفرز كخطوط الاستقبال 5 متر في الحالات العادية وتزداد بين كل مجموعتين الي 6.5 مترا (تضم كل حزمة من 6 الي 8 خطوط) حيث يسمح بوضع أعمدة الانارة

خطوط الفرز

يلزم خط فرز واحد لكل 60 - 80 عربة/يوم ويضاف الي العدد الكلي عدد من الخطوط الاحتياطية وذلك لتجنب أوقات الانتظار علي خط الحدبة

تحدد أطوال خطوط الفرز بناءا علي أطوال القطارات المركبة مضافا اليها طولا احتياطيا من 50 - 200 متر ولا يقل الطول المفيد عن 100 متر ولا يزيد عن 1000 متر

تكون المفاتيح المتتابعة بميل 1⁄10 وأحيانا بميول أكبر 1⁄8

تضم كل حزمة من 6 - 10 خطوط من جهة حدبة الفرز وتكون الأبعاد بين محاور خطوط الفرز كخطوط الاستقبال 5 متر في الحالات العادية وتزداد بين كل مجموعتين الي 6.5 مترا (تضم كل حزمة من 6 الي 8 خطوط) حيث يسمح بوضع أعمدة الانارة

خطوط الترحيل

توضع خطوط الترحيل عادة بعد خطوط الفرز وترحل القطارات مع أو عكس اتجاه الحركة الرئيسية وذلك في محطات الفرز الكبيرة حيث استطاعة حدبة الفرز تتجاوز 3000 عربة/يوم

أما في المحطات الصغيرة فيمكن دمج ساحة الترحيل مع ساحة الفرز أي يتم ترحيل القطارات مباشرة من خطوط الفرز

تحدد الأطوال المفيدة لخطوط الترحيل من خلال أطوال القطارات المسموح بها بالاضافة الى طول القاطرة ومسافة اضافية لعدم التوقف

الوظيفة الأساسية لخطوط الترحيل:

- استقبال العربات من خطوط الفرز حتى لا يحدث توقفات عليها
- تنفيذ الأعمال الضرورية اللازمة للترحيل مثل: ربط العربات مع بعضها, الفحص الفني للعربات, التأكد من الفرامل, وضع اللوحات أو الأقراص الخلفية على العربات
- ضمان الفواصل الزمنية بين القطارات عند عدم انتظام ترحيل القطارات

الاشارات (Signals)

الاشارات هي جهاز ميكانيكي أو الكتروني يوضع بجانب خط السكة لكي تعطي معلومات أو تحذيرات للسائقين لمنع خطر ما وبالتالي السائق يستطيع أن يخفض من سرعته أو يقف.

تاريخ الاشارات:

تطورت الاشارات تطورا شديدا من اشارات التلويح والاشارات اليدوية الي الاشارات الثابتة (سيمافورات) باستخدام الألوان (أخضر - أصفر - أحمر) ثم أخيرا الاشارات الكهربية باستخدام نفس الألوان

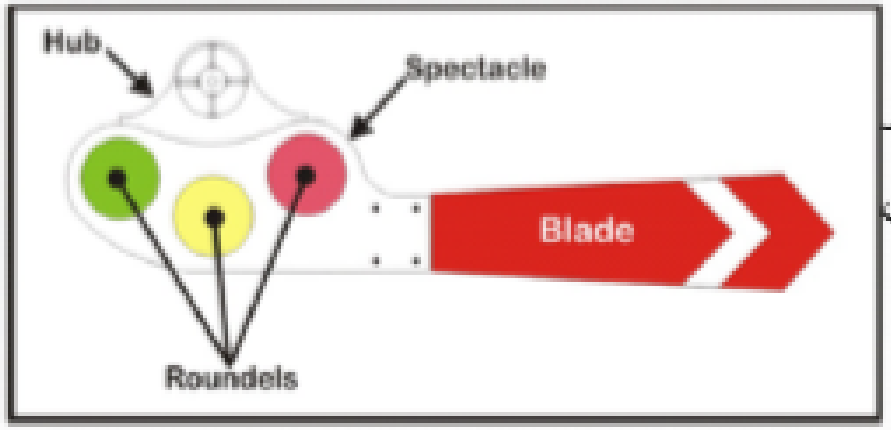
الغرض من استخدام الاشارات:

- العلم أن الخط خالي من أي عائق وأن الخط آمن للسير
- امكانية السائق الاستمرار علي الخط بدون تخفيض السرعة
- العلم أن كل المفاتيح في الوضع الصحيح

السيمافورات

تم اختراعها سنة 1840 بواسطة جوزيف جيمس وأصبحت أكثر الاشارات الميكانيكية استخداما حول العالم حيث أنها تعطي اشارات للسائق عن طريق امالة ذراع الاشارة

يتكون السيمافور من ذراع مصنوع من الخشب أو الحديد والذي يمكن تغيير زاوية ميله ومزود بعدسات مضاءة من الخلف بلمبة زيت أو لمبة براقة بفولت منخفض كما هو موضح بالشكل



تستخدم عدسات زرقاء عندما يكون اللون أخضر باستخدام اللهب الأصفر المنبعث من لمبة الزيت والذي يعطي اللون الأخضر

أنواع الاشارات

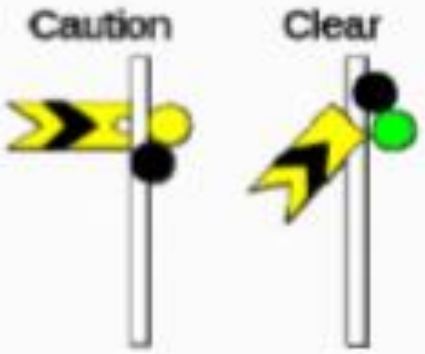
السيمافورات اما أن تكون سيمافورات أساسية أو ثانوية

الاشارات الأساسية:

تستخدم لتأمين القطارات علي الخطوط الجارية الطوالي وتنقسم الى سيمافورات التحذير وسيمافورات الوقوف وسيمافورات القيام

سيمافورات التحذير أو سيمافور المسافة

تلك الاشارة التي تعطي تحذير للسائق بأن يهدي سرعته ويقف عند سيمافور الوقوف كما هو موضح بالشكل

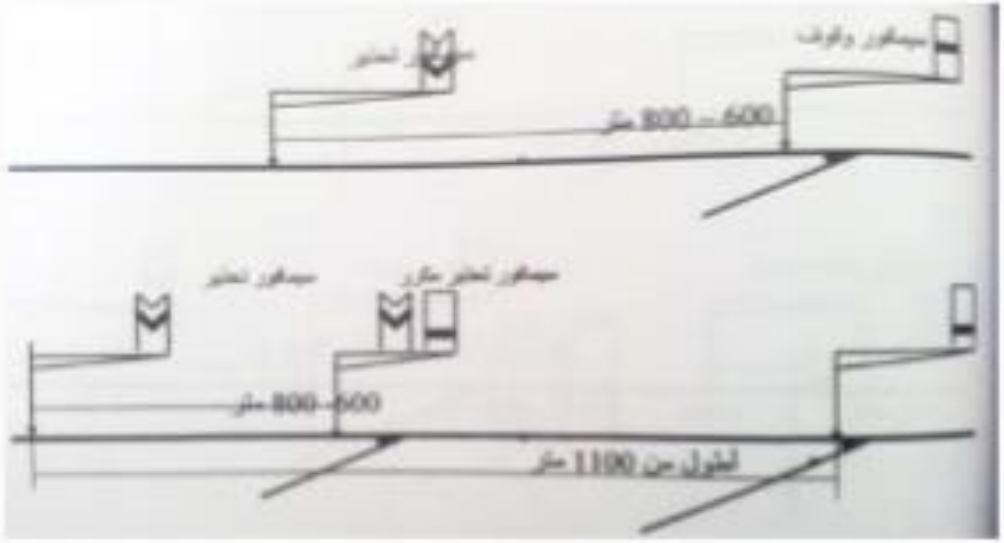


أنواع الاشارات الأساسية

يوضع سيمافور التحذير قبل أول سيمافور وقوف عند الدخول الي المحطة بمسافة من 600 الي 800 متر تكفي لرباط القطار

اذا زادت المسافة عن 1100 متر يجب تكرار سيمافور التحذير كما بالشكل

قائم السيمافور يكون باتجاه الحركة وريشة السيمافور الي الخارج ويوضع السهم الدال علي موقع السيمافور علي يسار السائق



أنواع الاشارات الأساسية

سيمافورات الوقوف (الوسط)

يستخدم سيمافور الوقوف لايقاف القطار عند نقطة معينة

يتم عمل ارتباط ميكانيكي بين سيمافور الوقوف والمفاتيح المقابلة والمسايرة والمزلقانات بحيث لا يمكن فتح السيمافور لمرور القطار الا اذا كانوا في الوضع السليم

تقدر عدد ريش سيمافور الوقوف بعدد الاتجاهات المتاحة للمسير

يوضع سيمافور الوقوف قبل أي مفتاح أو مزلقان بمسافة تقدر من 50 - 250 مترا قبل دخول المحطة وذلك لمنع مرور القطار الا اذا كان الوضع سليما ومنع حدوث أي أخطار

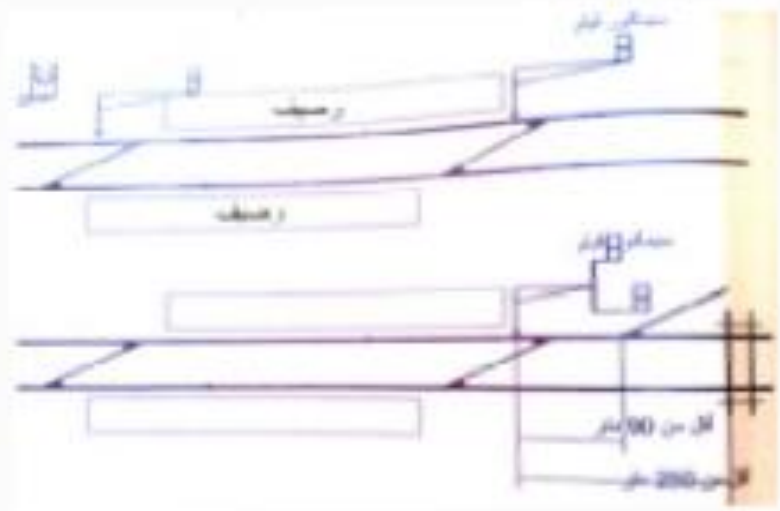
في حالة زيادة المسافة عن ذلك وجب تكرار السيمافور

أنواع الاشارات الأساسية

سيمافور القيام

يوضع سيمافور القيام في نهاية الأرصفة كما هو موضح بالشكل لاعطاء السائق الاذن بمغادرة المحطة وهو له نفس خصائص سيمافور الوقوف من حيث تأمين الحركة على المفاتيح والمزلقانات

يوضع قبل المفتاح بمسافة تتراوح من 50 - 250 مترا وفي حالة زيادة المسافة عن ذلك فيجب تكرار السيمافور.



عدد ريش سيمافور القيام تساوي عدد الاتجاهات المتاحة للسفر

أنواع الاشارات الثانوية

تستخدم لتأمين حركة المناورة من الخط الرئيسي للفرعي والعكس بالعكس

تنقسم الى الديسك وذراع المناورة والاشارات القزمية

الديسك

يوضع قبل المفاتيح المسايرة لتأمين حركة رجوع قطارات الركاب والبضائع عليها

يوضع أيضا قبل مفتاح الخروج لسكك التخزين لتأمين حركة خروج قطارات البضائع

الديسك

في بعض الأحيان يوضع الديسك على قائم السيمافورات بأسفله كما هو موضح بالشكل أو بجانبه أوقد يوضع مفردا على عمود لضيق المسافات بين الخطوط بعضها البعض

ذراع المناورة

عبارة عن ريشة طولها 46 سم

يوضع تحت سيمافور الوقوف كما هو موضح بالشكل وذلك لتأمين دخول قطارات البضائع من الخطوط الرئيسية لسكك التخزين على المفاتيح المقابلة

الاشارات القزمية (Dwarf)

لها نفس وظيفة اشارات الديسك حيث أنها تأمن الحركة من الخطوط الرئيسية للفرعية والعكس بالعكس

الاشارات الكهربية

لها نفس وظيفة السيمافورات الا أنها تسمح للقطارات بالاقتراب أكثر وتقليل مسافة الرباط حيث الرؤية أوضح

كانت تستخدم لحماية التقاطعات في المناطق التي لا توجد فيها اشارات

تعتمد على استخدام الثلاثة ألوان الأحمر والأصفر والأخضر كما بالشكل

من الممكن استخدام لونين فقط الأحمر والأخضر

أيضا توضع الاشارات الثانوية بجانب الاشارة

على نفس القائم كما هو موضح بالشكل

وقد توضع على قائم آخر على حسب المسافات المتاحة

كشك البلوك

كل ريشة من ريش السيمافورات تحتاج ملاوينة لتحريكها وكذلك المفاتيح والتحويلات مع تخصيص عدد 2 ملاوينة للمزلقان

كل 10 ملاوينات تحتاج الي متر طولي في الكشك لذلك يتم جمع كل الملاوينات وزيادتها بنسبة 25% للتوسع في المستقبل

طول كشك البلوك = (مجموع الملاوينات مقسوم على 10) + 2.5 متر

يقرب طول كشك البلوك لأقرب نصف متر

يجب ألا يقل طول كشك البلوك عن 4 متر

أما عرض كشك البلوك فانه ثابت ويساوي 4 متر