الباب الثانى
ديناميكية سير القطارات (Railway Dynamics)

يتحرك القطار تحت تأثير قوتين :- قوة الجر أو الشد (مع الحركة T_f) والمقاومات (عكس الحركة T_r) وشرط الحركة للقطار أن يكون :-

$$T_f > T_r$$

حيث :

T_f (Tractive Force) = قوة الجر وتنتج من القاطرة التى تجر عربات القطار وتؤدى إلى حركة القطار وزيادة سرعته فى اتجاه السير.

T_r (Total Resistance) = المقاومات الكلية وهى عبارة عن مجموعة القوى التى تعمل على مقاومة حركة القطار وتكون عكس اتجاه الحركة.

٢-٢ قوة جر القطارات (قوة الشد)("Tactive Force" T_f):

هى تلك التى يتم بواسطتها دوران عجلات الجر والتغلب على مجموع المقاومات التى تواجه القاطرة وتتوقف قوة شد القاطرة على:

١. القوة التى تحدثها آلات القاطرة.

٢. قوة التماسك بين عجلات الجر والقضيب.

وتحسب قوة الجر عن طريق القدرة وعن طريق حد التناسب.

وقوة الجر T_f هى الأقل من قوة الشد T_e (Tension Force) وقوة التماسك F_{adh} (Adhesion Force)

٢-٢-١ حساب قوة الشد من القدرة:(T_e):

ق$_{جـ}$ = القدرة (حصان) /السرعة (م/ث)

$$\text{ق}_{جـ} = \frac{\text{القدرة} \times 270}{\text{السرعة}} \quad \text{كجم}$$

حيث القدرة بالحصان ، السرعة بالكم/ساعة.

ولتعويض الفواقد الميكانيكية يؤخذ معامل كفاءة ٨٢% من قيمة قدرة القاطرة فتصبح المعادلة:-

$$\text{ق}_{جـ} = \frac{\text{القدرة} \times 220}{\text{السرعة}} \quad \text{كجم}$$

وإذا أعطى القدرة بوحدة الكيلووات فيتم تحويلها إلى وحدة حصان

1 KW = 1.341 HP

٢-٢-٢ حساب قوة الجر بطريقة حد التماسك (F_{adh}):

عند بدء القاطرة فى الحركة فانها يجب أن تتغلب على الأحتكاك بين المحور والعجلات وبين العجلات والقضيب والأحتكاك بين كرة الفخذ والمحور.

وزن القاطرة = الوزن الواقع على العجل غير الجار+الوزن الواقع على الجار

$و_{ق} = و_{ق١} + و_{ق٢}$

ويحسب معامل التماسك من المعادلة الأتية :

معامل التماسك (μ) = ٩٠٠٠/ (٤٢+ س) + ١١٦ كجم/طن

$ق_{ت} = F_{adh.} = و_{ق٢} \times \mu$

عند بدء الحركة س = صفر μ = ٣٣٠

$و_{ق٢}$ = مجموع أوزان المحاورة الجارة للقاطرة بالطن

$و_{ق٢}$ = وزن القاطرة × (عدد المحاور الجارة / عدد المحاور الكلى)

المحاور الجارة هى المحاور المتصلة بالموتور

وإذا لم يذكر عدد المحاور الجارة للقاطرة تؤخذ وزن جميع المحاور للقاطرة

قوة الجر T_f = الأقل من T_e ، F_{adh}

ملحوظة:- فى حالة وجود قاطرتان:- عند حساب T_f =يراعى الآتى:-

ق جـ $= T_e =$ $(\frac{\text{القدرة} \times 220}{\text{السرعة}}) \times ١,٩$ كجم

حيث القدرة بالحصان للقاطرة الواحدة.

ق ت $= F_{adh} =$ $(\text{و ق}_{٢} \times \mu) \times ٢$ كجم

حيث و ق$_{٢}$ للقاطرة الواحدة

٢-٢-٣ حدود طرق حساب ق الجر :

السرعة	الطريقة
١. ١٥ كم/ساعة	حد التماسك
١٦- ٣٥ كم/ساعة	حد التماسك ، القدرة
٣٥ كم/ساعة - أكثر	القدرة

٢-٢-٣-١ أنواع القاطرات :-

أولا:- قاطرات بخارية :

قديمة الاستعمال وغير موجودة حاليا لوجود القاطرات الديزل والكهرباء.

ثانيا:- القاطرات الديزل والكهربائية:

تعمل بمحركات ديزل أو محركات كهربائية وتنقل قدرة الموتورات إلى القضبان عن طريق مجموعة من محاور القاطرة وتسمى بالمحاور الجارة تستعمل الحروف لتمييز طراز القاطرة:

(أ) :- معناه وجود محور واحد به عجلات جارة بالبوجى الواحد.

(ب) :- معناه وجود محورين جارين بالبوجى الواحد.

(ج):- معناه وجود ٣ محاور جارة بالبوجى الواحد.

أما المحاور الغير جارة :- فتكتب على هيئة أرقام:-

رقم (١) : :- معناه وجود محور واحد به عجلات غير جارة بالبوجى الواحد.

فمثلا : - الطراز أ١أ – أ١أ : معناه أن القاطرة بها ٢بوجى (بوجى أمامى وبوجى خلفى) وكل واحد منهما به ٣محاور الأول والأخير جارين والأوسط غير جار أى أن القاطرة بها ٦ محاور ٤ جار ، ٢ غير جار.

- الطراز ب– ب :- قاطرة بها ٤ محاور جارة وليس بها محاور غير جارة.

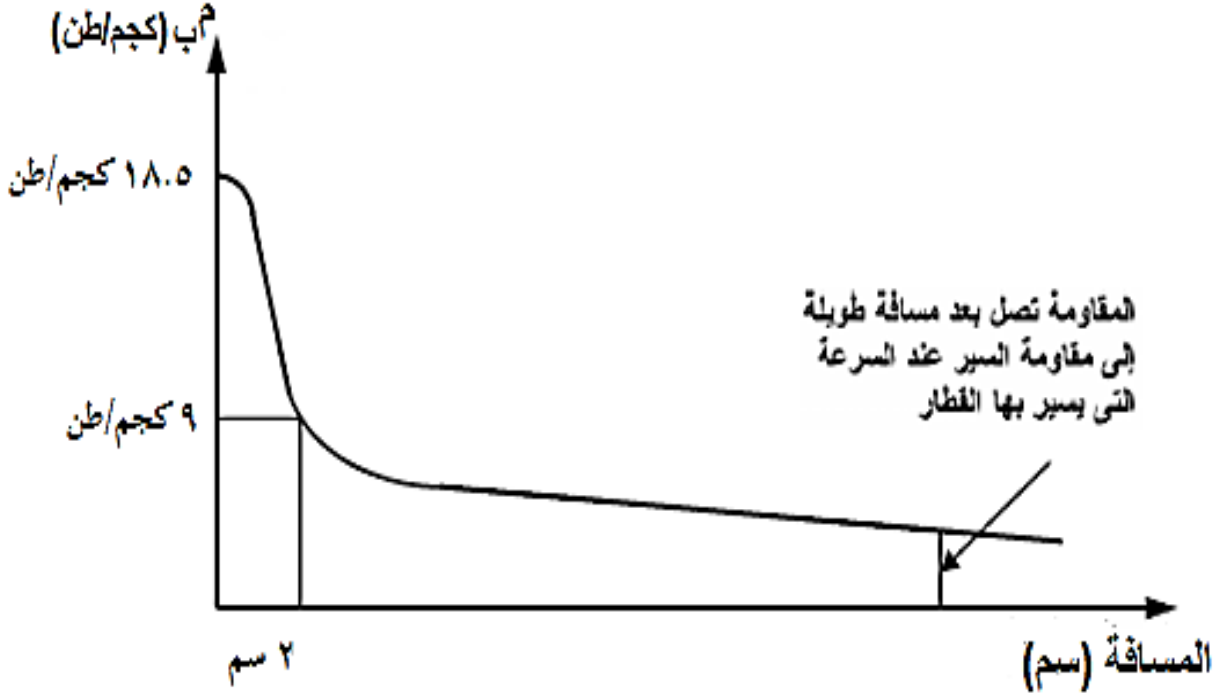
٢- ٤ المقاومات الكلية التى تصادف القطارات عند سيرها وبدء حركتها (T_r):

٢-٤-١ أولا :مقاومات ليست لها علاقة بالسرعة :

٢-٤-١-١ مقاومة البدء(م ب)(R_B):

هي المقاومة التي تنشأ من حركة القطار في حالة وقوفه مدة طويلة وتنشأ نتيجة انخفاض درجة حرارة زيوت مواد التشحيم بين محاور العربات والكراسي التي تدور خلفها وقد وجد أن قيمة هذه المقاومة تصل إلى ١٨,٥ كجم / طن من وزن القطار. ولذلك تترك مسافة بين العربات القطار من ٢-٥سم عند الوقوف بالقطار لفترة طويلة في درجة حرارة منخفضة ولذلك يقوم السائق بإرجاع القطار للخلف. بعد سير العربة مسافة صغيرة حوالي(٢-٥) سم تهبط المقاومة وتصل إلى ٩ كجم / طن

إذا لم يذكر قيمتها بالمسألة تؤخذ ١٢,٨ كجم/ طن



٢-٤-١-٢ مقاومة المنحنى (مم) (Rc):

وهي تنشأ نتيجة لسير القطار على جزء منحنى بالسكة والتي يجب أن تستطيع القاطرة التغلب عليها وعلى المقاومات الأخرى حتى نضمن استمرار سير القطارات.

وتنتج مقاومة المنحنى عن:

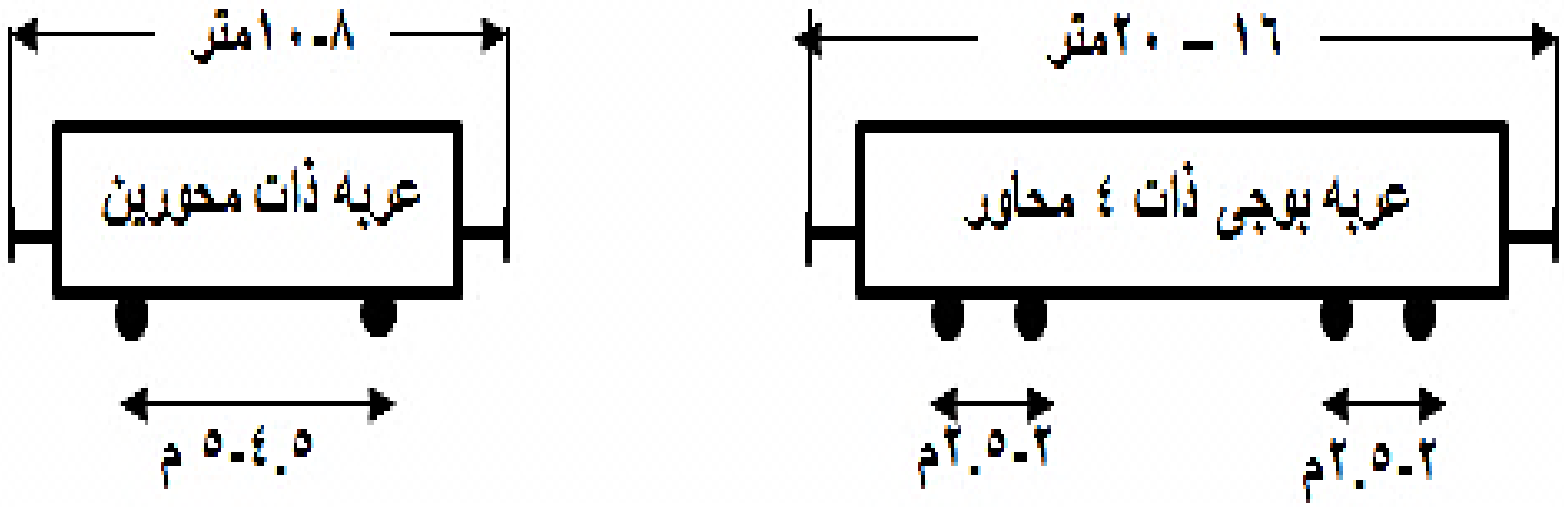
١. أحتكاك الشفة الخارجية مع القضيب نتيجة قوة الطرد المركزية.

٢. طول القضيب الخارجى يكون أكبر من القضيب الداخلى فيحدث أنزلاق فى الأتجاه الطولى يؤدى الى أحتكاك بين سطح العجلة والتاج.

- **وتحسب هذه المقاومة من علاقات تجريبية من المعادلات التالية:**
- **معادلة روكل Rockell:**
- **عند ر<٥٠٠ متر فان :** م م $= \frac{650}{\text{ر}-55}$ كجم/طن **اتساع عادى = ١,٤٣٥م**
- **عند ر>٥٠٠ متر فان :** م م $= \frac{500}{\text{ر}-30}$ كجم/طن **اتساع عادى = ١,٤٣٥م (حالة الترام أو المترو)**
- **عند ر<٥٠٠ متر فان :** م م $= \frac{400}{\text{ر}-20}$ كجم/طن **اتساع ضيق = ١,٠٠٠م**
- **عند ر>٥٠٠ متر فان :** م م $= \frac{200}{\text{ر}-50}$ كجم/طن **اتساع ضيق = ٠,٦٠٠م**
- **حيث ر = نصف قطر المنحنى الافقى.**
- **معادلة متزنر Mutzner:**
- **عند ر>٥٠٠ متر فان :** م م $= \frac{80-0,4\text{ ر}}{\text{ر}-40}$ كجم /طن
- **المعادلة الامريكية USA:**
- م م $= \frac{630}{\text{ر}}$ (كجم/ طن)
- م م $= \frac{103,4+233,2\text{ أ}}{\text{ر}}$ (كجم/ طن) صيفا

- **المعادلة الاوربيه Proto:**
- م م $= \frac{175+77,6 \text{ أ}}{\text{ر}}$ (كجم/ طن) شتاء
- **حيث (أ) المسافة بين المحاور الخارجية للعربة والمثبتة فى إطار واحد (بالمتر) والاتساع عادى.**
- **٥. المعادلة المصرية Hassona حسونة:**
- م م $= \frac{520}{\text{ر}-55}$ (كجم/ طن)
- **حيث : م = مقاومة المنحنى بالكجم/طن**
- **ر = نصف قطر المنحنى بالمتر**
- **أ = المسافة بين المحاور الثابتة بالعربة حيثأن هناك ثلاث انواع من العربات عربه ذات محورين ، وعربة ذات ٣ محاور ، وعربه بوجى ذات ٤ محاور.**
- **= ٤,٥ – ٥ متر فى حالة عربة ذات محورين.**
- **= ٢ – ٢,٥ متر فى حالة عربة بوجى ذات ٤ محاور.**

حمولة العربة بوجى ضعف حمولة العربة العادية ذات المحورين لذا فإن العربة بوجى أقتصادية عن العربة العادية.



عربه بوجى تعطى مقاومة ميل صغيره عربه ذات محورين تعطى مقاومة ميل كبيره

شكل (٢-٤) انواع العربات.

٢-٤-١-٣ مقاومة الميل(الإنحدار) م (Rg):

وهى تعبر عن مقاومة الحركة الناتجة عند حركة القطار على الانحدارات (الصاعدة أو الهابطة). الميل الهندسي لأي خط يصنع زاوية αمعالأفقي = طα ، وفي السكك الحديدية يكون الميل صغير جداً لهذا :يعبر عن الميل في السكك الحديدية بما ترتفعه القاطرة بالمتر إذا سارت على السطح المائل (المنحدر) مسافة ١٠٠٠ م .

مقاومة الميل بالكجم /طن من وزن القطار =

$$\frac{\text{ل}}{1000} = \text{الرقم الدال على الميل فى الألف.}$$

أى أن الرقم الدال على الميل × الألف يدل على مقاومة الميل بالكجم / طن

وكمثال: خط أنحداره ٥ ‰ يعطى مقاومة ميل مقدارها ٥ كجم /طن من وزن القطار.

٢-٤-٢ ثانيا: مقاومات لها علاقات بالسرعة:

٢-٤-٢-١ مقاومة السير م$_{س}$ Rolling Resistance(R_{Train}):

- وهى تعبر عن مقاومة الحركة الناتجة عن :
- أحتكاك المحور لصندوق المحور.
- أحتكاك شفة العجلات بالقضبان.
- ترخيم القضبان.
- كثرة الوصلات الموجودة بالسكة.

٢-٤-٢-٢ مقاومة الهواء م$_{هـ}$ Air Resistance :

وتنشأ نتيجة لأختراق القطار للهواء وتتوقف على المساحة المعرضة للهواء من القطار ووزنة (شكل مقدمة القاطرة وأبعاد العربات) وتختلف بأختلاف نوع القطار. وتحسب مقاومة السير والهواء من معادلات عملية وهى للقاطرة غير العربات.

طريقة شترال:-

مقاومة السير والهواء للقاطرات الكهربيه والديزل (شترال) (R_{Loc}):

وتحسب من العلاقة التجريبية الآتية:-

$$\text{م}_{(\text{س} + \text{هـ})\text{ق}} \times \text{وق} = ٢,٥ \text{ وق}_{١} + ٥ \text{ وق}_{٢} + ٤ [(\text{س} + ١٥)/١٠]^{2} \quad \text{كجم}$$

حيث:

وق = وزن القاطرة الكلى بالطن

وق١ = الوزن الواقع على العجلات الغير الجارة بالطن

وق٢ = الوزن الواقع على العجلات الجارة بالطن

م(س + هـ)ق = مقاومة السير والهواء النوعية للقاطرة كجم/طن من وزن القاطرة

وق × م(س + هـ)ق = مقاومة السير والهواء الكلية للقاطرة

وقد اعتبرت سرعة الرياح المضادة في هذه العلاقة ١٥ كم / ساعة .

٢-مقاومة السير والهواء لعربات الركاب (شترال)(R_{Veh}):

$م_{(س + هـ)\ ع\ ر}$ = ١,٩ + ب س + (٠,٤٨/ Σ وع) (ن + ٢,٧)×جع ×[(س+ ١٥)/١٠]^2 كجم/طن

حيث:

$م_{(س + هـ)\ ع\ ر}$ = مقاومة السير والهواء النوعية لعربات الركاب كجم/طن

ب = معامل تأثير عدم تواجد سطح القضبان فى مستوى أفقى واحد.

= ٠,٠٠٧ لعربات ذات محورين

= ٠,٠٠٤ لعربات ذات ٣ محاور

= ٠,٠٠٢٥ لعربات ذات ٤ محاور (عربات بوجى)

ن = عدد العربات التى وزنها Σ وع طنا

Σ وع = مجموع وزن العربات حيث وع = وزن العربة

جع = معامل يتوقف عتى حالة العربة

= ١,٤٥ فى حالة العربات الجديدة

= ١,٥٥ فى حالة العربات القديمة

= ١,٥٠ فى حالة العربات متوسطة العمر

٣- مقاومة السير والهواء لعربات البضاعة (شترال):

$م_{(س + هـ)\ ع\ ب}$ = ٢ + (٠,٠٠٧ + آ) × [(س + ١٥)/١٠]^2 كجم/طن

حيث:

$م_{(س + هـ)\ ع\ ب}$ = مقاومة السير والهواء النوعية لعربات البضائع (كجم/طن) من وزن عربات البضائع

آ = معامل يتوقف على حالة تحميل العربات

= ٠,٠٣٢ لعربات خام محملة

= ٠,٠٥ لعربات متنوعة

= ٠,١ لعربات فوارغ

مقاومة السير والهواء النوعية للقطار كله:

$م_{(س+هـ)ن}$ = [$م_{(س+هـ)ق}$ × وق + $م_{(س+هـ)ع}$ × وع]/ [وق + وع]

٢-الطريقة الألمانية (معادلة ستراهل Strahl):

للقطار:

$م_{(س + هـ)ق} = ٢٥٠/و_ق + ٤ [(س+ \Delta س)/١٠٠]^{٢}$ كجم

حيث:-

$و_ق$ = وزن القاطرة.

Δ س = عامل إضافى يأخذ فى الإعتبارتأثير الهواء ويؤخذ كما يلى:-

= صفر فى الخط الأفقى وعدم وجود رياح.

= ١٢ فى حالة ريح جانبية متوسطة الشدة.

= ٢٠ فى حالة ريح جانبية قوية الشدة.

= ٣٠ فى حالة ريح جانبية غتية الشدة.

للعربات :-

$م_{(س + هـ)وع} = ٢,٥ + ٤ [(س+ \Delta س)^{٢}/ ك]$ كجم

حيث:

ك = عامل ثابت يتوقف على نوع القطار وتركيبه ويؤخذ كما يلى:-

= ٤٠٠٠ فى القطارات السريعة – قطارات بضائع ثقيلة متجانسة التركيب.

= ٣٠٠٠ فى قطارات متوسطة السرعة ومؤلفة من عربات متنوعة التركيب.

= ٢٠٠٠ فى قطارات بضائع متنوعة التركيب.

= ١٠٠٠ فى قطارات بضائع ذات عربات فارغة.

مقاومة السير والهواء النوعية للقطار كله:

$م_{(س+هـ)ن} = [م_{(س+هـ)ق} \times وق + م_{(س+هـ)ع} \times وع] / [وق + وع]$

٣-معادلة تقريبية:

للقطار كله:

$م_{(س + هـ)} = ٢,٢ + [٣ \times (س + ١٥) / ١٠]^{٢}$ كجم

$م_{(س + هـ)ق} = ٢,٢ + [٣ \times [(س + \Delta س)/١٠٠]^{٢}$ كجم

للقطار كله:- إذا أعطى مساحة مقطع العربة:-

$م_{(س + هـ)ركاب} = ٢,٤ + ٠,١ \times ن \times ح \times (س / ٢٠٠)^{٢}$ كجم ⇦ قطارات ركاب

$م_{(س + هـ)بضائع} = ٣,٥ + ٠,٠٨ \times ن \times ح \times (س / ٢٠٠)^{٢}$ كجم ⇦ قطارات بضائع

حيث:

ن = عدد عربات القطار بدون القاطرة.

ح = مساحة مقطع العربة م٢ (إذا لم يعطى فى المسألة يؤخذ = ١٠ م^{٢})

٢-٥ الإنحدار الحاكم (م ل م) (R_{CG}):

هو أقصى إنحدار يمكن لقاطرة أن تجر عليه قطار ذا وزن معين بسرعة معينة . فاذا وجد منحني فيجب تخفيض قيمة الأنحدار بمقدار قيمة الأنحدار بمقدار مقاومة المنحنى ليكون مجموع مقاومة الميل والمنحنى ثابتة ولا تزيد عن المقدار المحدد.

م ح = م ل + م م كجم/طن (الخط المائل وبه منحنى أفقى).

م ح = م ل كجم/طن (الخط المائل وبدون منحنيات).

والأنحدار الحاكم قد يصل الى ٢٥ ‰ فى الأراضى الجبلية ولا يتعدى ٥ ‰ فى الأراضى المسطحة ولا تزيد عن ٢,٥ ‰ فى المحطات.

عند الحركة على الانحدار الحاكم يكون: T_f

$= T_r$

$$(220 \times HP)/V = (R_{Train} + R_{CG}) \times W_{Train}$$

لكى تستطيع القاطرة سحب القطار إذا توقف على الانحدار الحاكم يجب أن يتحقق الشرط:

$$T_f > T_r$$

Where:

$T_f = F_{adh.} = \mu \times$ وق٢ كجم $T_r = (R_B + R_{CG}) \times W_{train}$

٢-٦ حساب قوة الجر (قجـ) (Tr):-

أثناء الحركة : قجـ = (Tr) = (مس + ه)ن + مح)×(وق + وع) كجم

أثناء بدء الحركة : قجـ = (Tr) = (مب + مح)×(وق + وع) كجم

٢-٧ إرشادات:

١- وزن عربات الركاب = (٤٠-٥٠) طن.

٢- وزن عربات البضاعة = (١٥-٢٠) طن.

٣- طول عربات الركاب = ٢٠ متر.

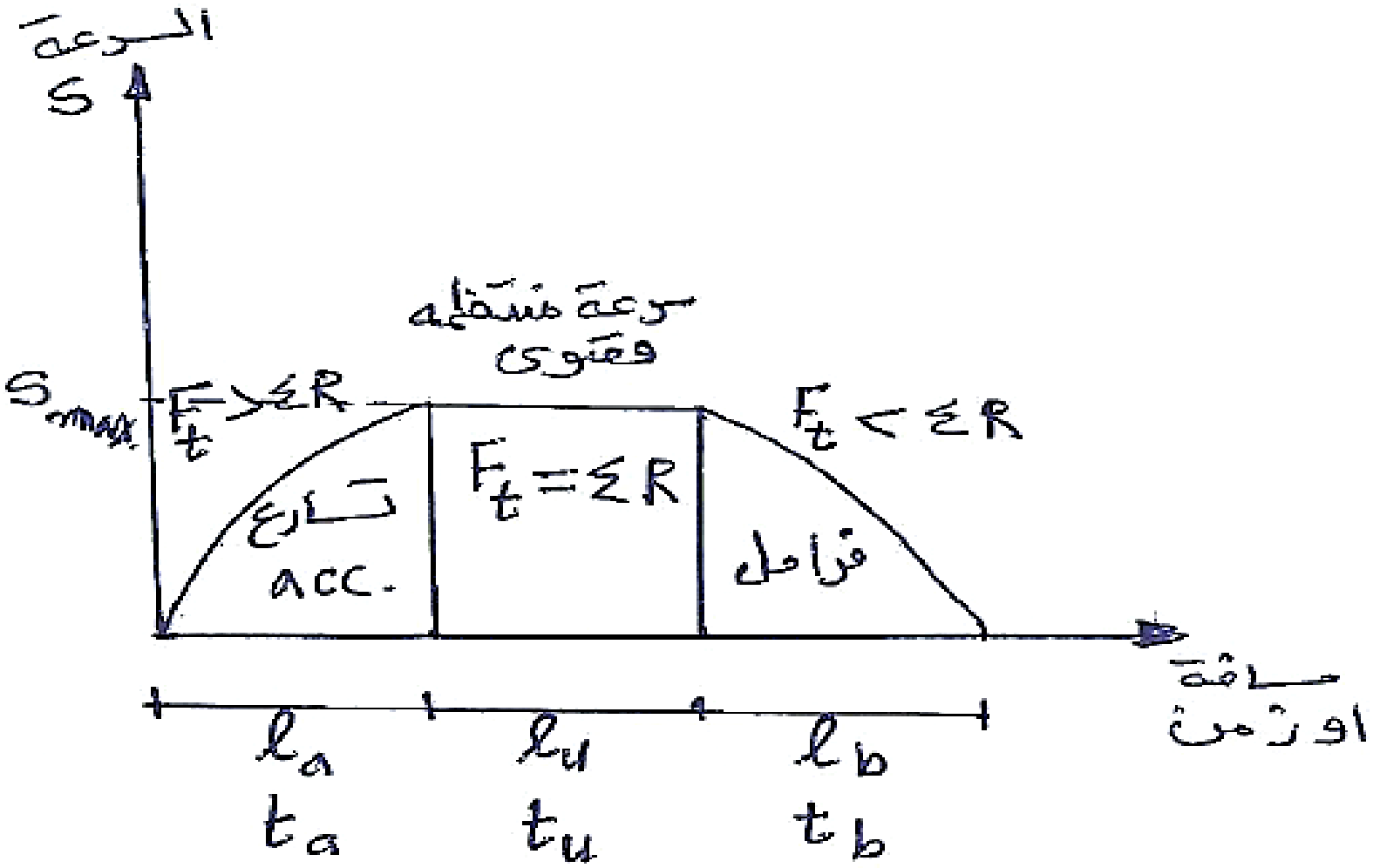
٤- طول عربات البضاعة = ١٦ متر.

٥- طول قطار الركاب ≥ ٣٣٠ متر.

٦- طول قطار البضاعة ≥ ٦٦٠ متر.

٧- طول القاطرة = ٢٠ متر

٢-٧ العلاقة بين السرعة والمسافة - والسرعة والزمن (حركة قطار بين محطتين):



شكل (٢-٧) العلاقة بين السرعة والمسافة والزمن

مرحلة التسارع :

علاقة بين السرعة والمسافة، السرعة والزمن علاقة طردية ولكنها غير خطية ويكون فيها:-

$F_{acc} = F_t = \sum R$

حيث:- F_{acc} القوة المسببة للتسارع = قوة الجر- مجموع المقاومات

مرحلة السرعة المنتظمة:

أثناء مرحلة التسارع تظل السرعة فى الزيادة إلى أقصى قيمة لها S_{max} وبعد ذلك تثبت السرعة ويتحرك القطار بسرعة منتظمة.

$S_{uniform} = S_{max}$

S_{max} تتوقف على:-

قدرة الموتور HP.

الوزن الذى تجره القاطرة W .

شكل المسار (ميول أو منحنيات).

٣) مرحلة الفرامل:

$F_t = \sum R$

ويكون فى هذه المرحلة علاقة بين السرعة والمسافة، السرعة والزمن علاقة طردية ولكنها غير خطية ويكون فيها:-

$F_{dec} < \sum R$

ومع كل مرحلة يتم معرفة المسافة (ℓ_a, ℓ_u, ℓ_d) والزمن (t_a, t_u, t_d)

$t_u = \ell_u / S_{max}$

الزمن الكلى للرحلة T.

$T = t_a + t_u + t_d$

قوة التماسك = قوة الموتور = المقاومات

المعادلة الأساسية لنظرة القطار → $(220\times HP/\ S\times W) = (\mu\times W_{e2})/\ W = R_{R+a} + R_{CG}$

الطائر

معادلة لإيجاد السرعة التى يمكن للقطار الطيران بها للتغلب على → $(\mu\times W_{e2})/\ W = R_{R+a} + R_{CG}$

للوصول إلى هذه السرعة → $(220\times HP/\ S\times W) = (\mu\times W_{e2})/\ W$ قوة التماسك.

معادلة لإيجاد القدرة (HP)

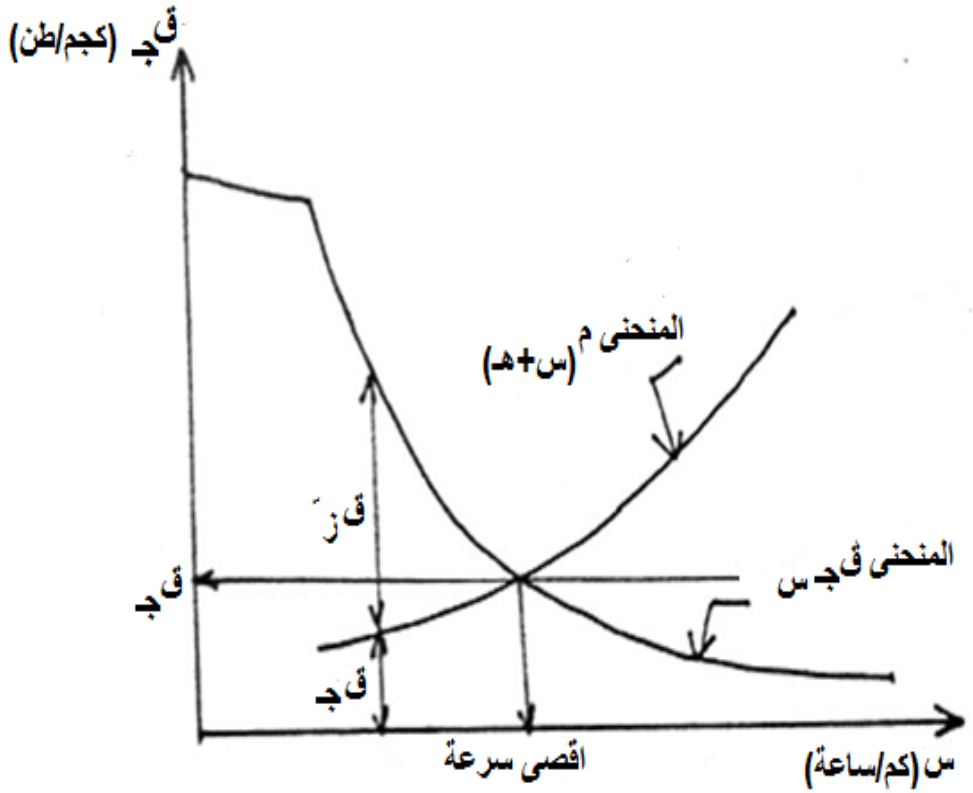
٢-٨ زمن السير:

٢-٨-١ العلاقة البيانية بين(قوة الجر(T_f)- المقاومات(T_r)– السرعة(S))قز – س:

عند بداية الحركة تكون S=0.0 وتكون قوة الجر أكبر من المقاومات ومع زيادة السرعة تقل قيمة (T_f) وتزداد (T_r) حتى يتساوى كلا من قوة الجر والمقاومة الكلية وعندها يصل القطار إلى السرعة القصوى (S_{max}) وتكون شكل العلاقة كما بالشكل.

هى العلاقة بين سرعة القطار س كم/ساعة ، وقوة القطار الزائده كجم/طن من وزن القطار بعد خصم مقاومة السير والهواء من قوة القطار النوعية.

والقوة الزائدة هى تلك القوة التى تتغلب بواسطتها القاطرة على مقاومة الميل والمنحنى ثم تكسب القطار عجلة ترفع من سرعته الى الحد المطلوب.



٢-٨-٢ خطوات رسم المنحنى قز – س:

حساب قوة الجر النوعية (من القوة أو التماسك)

قجـ = (القدرة × ٢٧٠)/ السرعة كجم

معامل التماسك (μ) = ٩٠٠٠/ (٤٢+ س) + ١١٦ كجم/طن

٢- حساب مقاومة السير والهواء النوعية للقطار عند كل سرعة م(س + هـ)ن

٣- حساب قز عند كل سرعة وهى:

قز = قجـ/(وق+وع) – م(س+هـ)ن

٤- قز = القوة الزائدة المحدثة للعجلة = مح + قز

ومن قانون نيوتن الثانى:

قز = ك × ع

حيث: ك = كتلة واحد طن من كتلة القطار =(١٠٠٠×ث)/٩,٨١

حيث: ث = ثابت يأخذ فى الأعتبار الأجزاء التى تتحرك دائريا

= ١,٠٦ قاطرات بخارية

= ١,٠٩ قاطرات ديزل

= ١,١٢ قاطرات كهربية

ع = Δس/Δت س م/ث ، س كم/ساعة

ع = Δس/(٣.٦Δت)

قزّ = ك × ع

قزّ = (١٠٠٠×ث/٩,٨١) × (Δس/٣,٦Δت).

= ٢٨,٣١٥ ث × (Δس/Δت) كجم/طن

هذه العلاقة بين المتغيرين قزّ ، Δس يمكن تمثيلها بيانيا بمثلث متساوى الساقين قائم الزاوية عند رأسه التى تقع على المنحنى قزّ-س وقاعدته عند المتغير Δس.

يطلق على هذا المثلث مثلث الزمن وبذلك يكون تعريف مثلث الزمن كالآتى:

٢-٨-٣ مثلث الزمن:

هو علاقة بيانية بين حركة القطار الممثلة فى التغير فى السرعة Δ س فى الفترة الزمنية Δت وبين القوة المحدثة للعجلة قزّ.

ومن تعريف مثلث الزمن: $\frac{\text{ب.ق زّ}}{\text{ا.Δس}} = \frac{1}{2}$ (مثلث ٤٥°)

حيث ا = مقياس رسم السرعة س كم/ساعة.

ب = مقياس رسم قزّ كجم/طن

وهذه العلاقة بين مقياسى الرسم تعطى قيم لأحد المقياسين اذا اختيرت قيمة للمقياس الآخر.

كمثال:

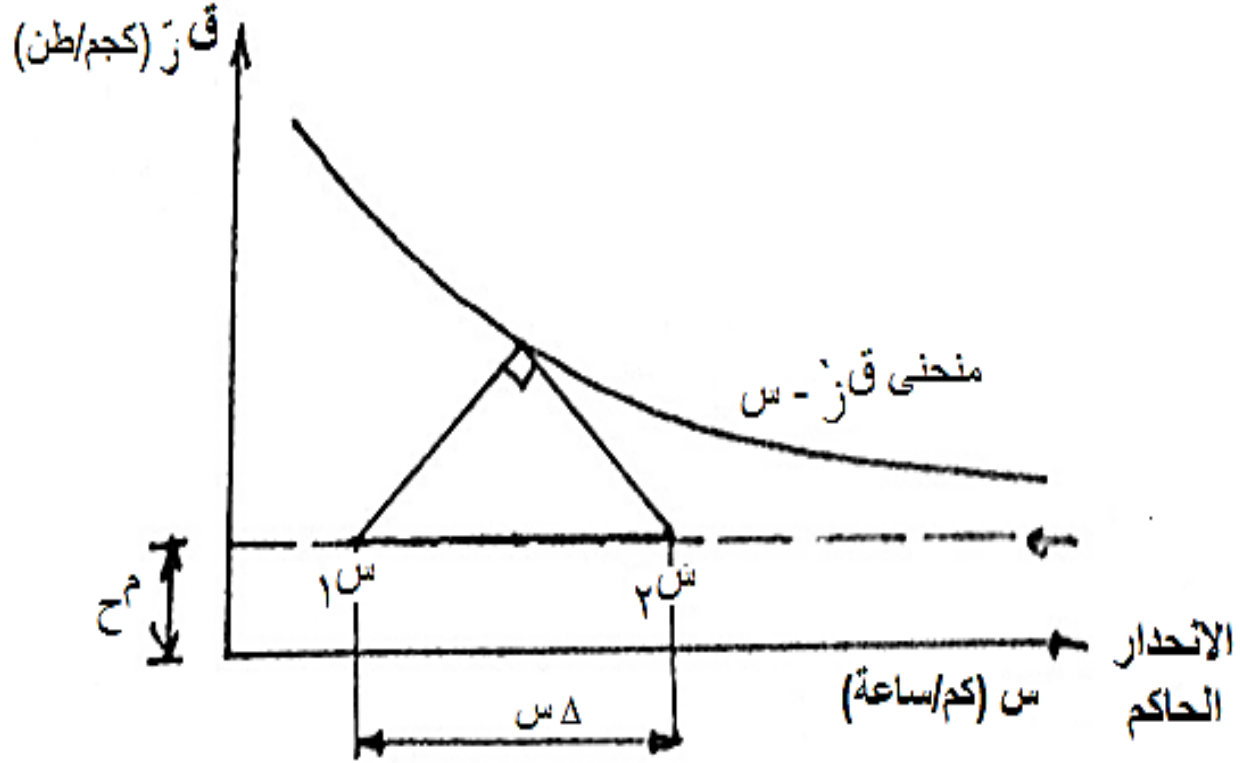
بفرض ب = ٢ مم لكل كجم/طن من قزّ ، Δت = ٣٠° ، ث = ١,٠٩

يكون مقياس الرسم ا من المعادلة:

$$\frac{\text{ب . ق زّ}}{\text{ا . Δس}} = \frac{1}{2} = \frac{2 \text{ . ق زّ}}{\text{ا . Δس}}$$

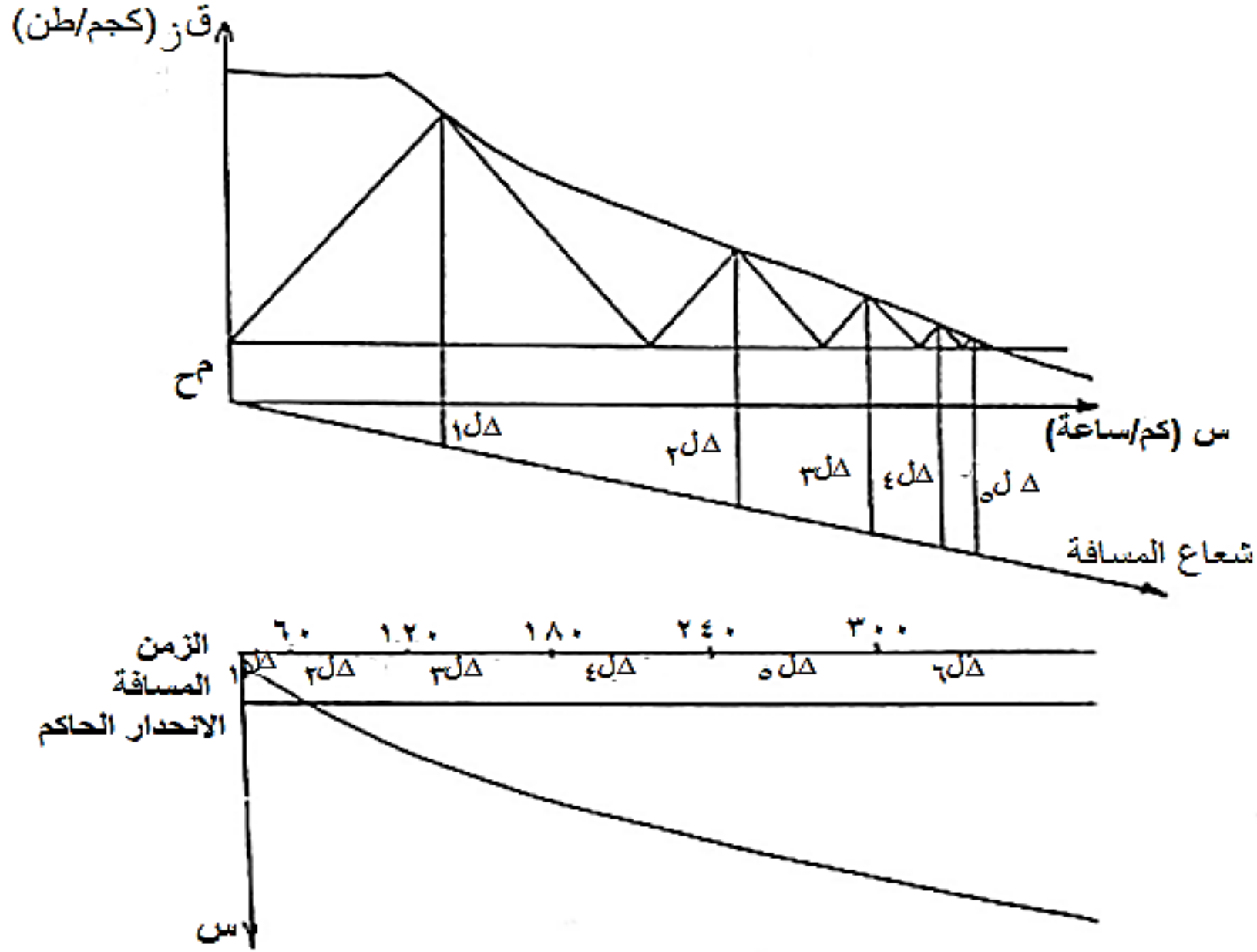
ا = $\frac{4 \text{ . ق زّ}}{\text{ا . Δس}}$ = (٤× ١٠٠٠ ×ث Δ ×س)/(٩,٨١ × ٣,٦ Δ×ت Δ ×س)

= (٤٠٠٠ × ١,٠٩)/(٩,٨١ × ٣,٦ × ٣٠) = ٤,١ مم لكل كم/ساعة



٢-٨-٤ خطوات حساب زمن المسير بالطريقة البيانية:

- رسم المنحنى ق$_{ز}$ – س بمقياس رسم كالمستنتج سابقا.
- رسم شعاع المسافة وهو خط مستقيم يعطى المسافة التى يقطعها القطار فى الفترة الزمنية Δت للسرعة المتوسطة لهذه الفترة بفرض قيمة ثابتة للزمن Δت = ٣٠ أو ٦٠ ثانية وذلك بمقياس رسم مساويا لمقياس الرسم الذى سوف توقع به المسافات الطولية لخط السكة الحديد بين المحطات المختلفة.
- يرسم القطاع الطولى للخط محددا عليه الأجزاء المستقيمة الأفقية والأجزاء المنحنية والمائلة وتحسب مقاومة المنحنيات وتضاف أو تطرح من مقاومة الميل حسب اتجاه سير القطار لتحصل على الأنحدار الحاكم.
- ترسم سلسلة من مثلثات الزمن السابق شرحها وقاعدتها على الأنحدار الحاكم ورأسها على المنحنى ق$_{ز}$-س (مثلثات ٤٥ درجة).
- تقاس المسافة المقابلة لرأس كل مثلث من شعاع المسافة وتوقع على أجزاء الخط التى يجب أن تكون رسمت بنفس مقياس رسم شعاع المسافة ويضاف فى نهاية كل مسافة موقعة مقدار Δت ليعطى الزمن الكلى عند نهاية كل مسافة ويتكرر هذا العمل.
- بحساب مجموع الأزمنة حسب عدد المثلثات وأجزائها تحصل على زمن السير المطلوب.
- يضاف فى العادة ٥-١٠% كأحتياطى الى زمن السير السابق ويسمى بزمن السير العملى.


ق ز (كجم/طن)
م ح
س (كم/ساعة)
شعاع المسافة
Δ ل١
Δ ل٢
Δ ل٣
Δ ل٤
Δ ل٥
الزمن
المسافة
الاتحدار الحاكم
٦٠
١٢٠
١٨٠
٢٤٠
٣٠٠
Δ ل١
Δ ل٢
Δ ل٣
Δ ل٤
Δ ل٥
Δ ل٦
س

٢-٨-٥ حساب مسافة وزمن الفرامل:

إذا سار قطار وزنه (وق +وع) طنا بسرعة س١ م/ث ثم ربطت الفرامل فهبطت سرعته الى س٢ م/ث فإن:

التغير فى طاقة حركته = [(وق + وع)(س١٢ _ س٢٢)]/ ٢جـ طن.متر

حيث جـ = عجلة التثاقل = ٩.٨١ م/ث٢

وهذا النقص أو التغير فى طاقة الحركة يساوى وحدات الطاقة التى بذلتها مجموعة القوى التى تسببت فى نقص السرعة.

فإذا رمزنا إلى مجموعة القوى بالرمز ق والمسافة بالرمز ل مترا حيث ق بالطن.

∴ ق×ل = [١٠٠٠ (وق + وع) (س١٢ _ س٢٢)]/ [٢ × ٩.٨١ × (٣,٦)٢]

= ٣,٩٣ (وق + وع)(س١٢ _ س٢٢)

ل. [(وق` + وع`) μ + (وق + وع)م] = ٣,٩٣ (وق + وع) (س١٢ _ س٢٢)

ل = [٣,٩٣ (وق + وع) (س١٢ _ س٢٢)] / [(وق` + وع`) ١٠٠٠μ + (وق + وع)م]

حيث:

ل = مسافة الفرملة بالمتر التى تنخفض فيها السرعة من س١ إلى س٢

وق = وزن القاطرة بالطن

س١ = السرعة الأبتدائية بالكم/ساعة

س٢ = السرعة النهائية بالكم/ساعة

وق` = الوزن الواقع على العجلات المفرملة فى القاطرة وهى غالبا تساوى وزن القاطرة أى وق٢ = وق طنا

وع` = الوزن الواقع على العجلات المفرملة فى العربات وفى حالة قطارات الركاب فإن وعَ = وع

وفى حالة قطارات البضائع = وزن السبنسة + بعض العربات

μ= معامل الأحتكاك بين العجلات والقضبان = ٠,٢٥ – ٠,١٥

م = مجموع المقاومات

ولحساب الزمن معلوم المسافة والسرعة المتوسطة

زمن الفرامل = ل / [(س١ + س٢)/٢] = ٢ × ٣,٦ × ل / (س١ + س٢) ثانية