

OBLICZENIA TRAKCYJNE 4.

METODA GRAFICZNA ROZWIĄZYWANIA RÓWNANIA RUCHU POCIĄGU (METODA LIPCA).

1) Ustalamy podziałki na wykresie:

- podziałka prędkości jazdy $k_v \left[\frac{m/s}{cm} \right]$ czyli 1 cm na wykresie odpowiada k_v [m/s]
- podziałka jednostkowych sił przyspieszających $k_f \left[\frac{N/kN}{cm} \right]$ czyli 1 cm na wykresie odpowiada k_f [N/kN]
- podziałka prędkości jazdy $k_s \left[\frac{m}{cm} \right]$ czyli 1 cm na wykresie odpowiada k_s [m]
- podziałki dobieramy w ten sposób, że dwie podziałki dobieramy dowolnie (dwie dowolne) (tak aby wykres zmieścił się na określonej powierzchni i można było odczytywać dane) a trzecią podziałkę wyliczamy ze wzoru:

$$\frac{k_v^2}{k_s * k_f} = \frac{1}{102 * \gamma_z}$$

- przykładowo

$$k_v = 1,4 \left[\frac{m/s}{cm} \right] \quad k_f = 1 \left[\frac{N/kN}{cm} \right] \quad \gamma_z = 1,06$$

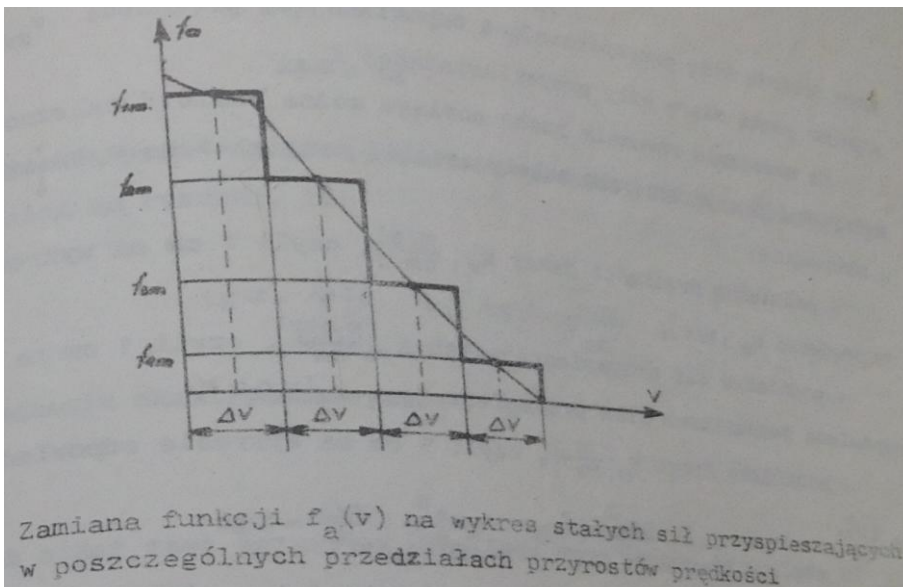
$$k_s = \frac{k_v^2}{k_f} * \gamma_z * 102 = \frac{1,4^2 * 1,06 * 102}{1} = 211 \left[\frac{m}{cm} \right]$$

czyli 1 cm na wykresie będzie odpowiadał 211 m danego odcinka linii kolejowej

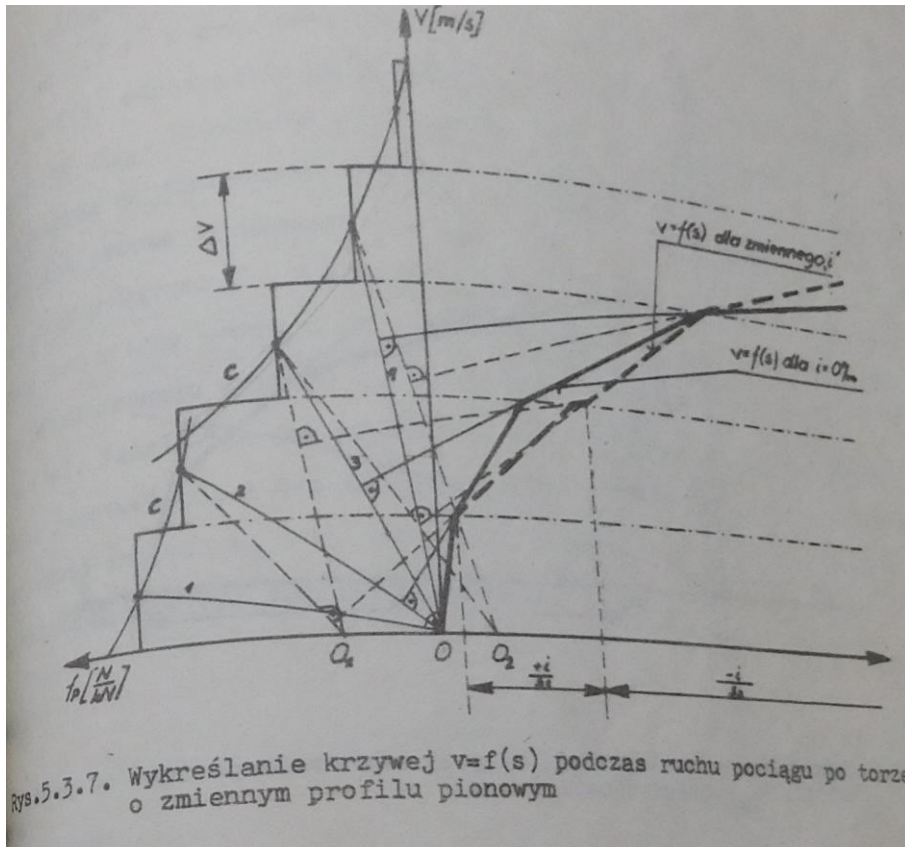
- jak przyjmujemy dwie podziałki to trzecią wyznaczamy jak z matematyki rozwiązując równanie z jedną niewiadomą – trzecią podziałką to matematyczne x.

2) Po ustaleniu skal rozwiązujemy równanie ruchu pociągu w kolejnych krokach (droga):

- obliczyć wartości jednostkowych sił przyspieszających dla całego zakresu prędkości i toru poziomego Rys. 5.3.7 - tak jak robiliśmy to przy metodzie analitycznej (obliczeniowej wcześniej) – i w przyjętej, ustalonej skali narysować wykres jednostkowych sił przyspieszających (jak na rysunku 5.3.7)
- zamienić krzywą jednostkowych sił przyspieszających na linię schodkową przy założeniu przedziału prędkości $\Delta v = 3-5$ [km/h] – dzielimy zakres prędkości na przedziały Δv i w każdym przedziale przyjmujemy stałą wartość jednostkowej siły przyspieszającej – taką jak dla środka przedziału



- połączyć punkty przecięcia krzywej C i linii schodkowej ze środkiem układu współrzędnych Rys. 5.3.7
- do powstałych w ten sposób odcinków należy narysować proste prostopadłe w odpowiednich przedziałach prędkości, w ten sposób, że pierwsza prosta przechodzi przez punkt 0, a każda następna przez koniec odcinka prostej zawartego w poprzednim przedziale
- jeżeli okaże się przy wykreślaniu krzywej $v=f(s)$ pociąg znajduje się na dowolnym pochyleniu toru, to należy odcinki 1,2,3 .. łączyć nie z punktem 0, lecz z punktami O_1, O_2 oddalonymi od punktu 0 o wartość i [‰] w lewo jeśli pociąg pokonuje wzniesienie $+i$ [‰], lub w prawo jeżeli znajduje się na spadku $-i$ [‰]



- na tak sporządzonym wykresie można bezpośrednio odczytać jaką prędkość osiąga po przebyciu określonej drogi
- podobnie można wyznaczyć jaką drogę pociąg przebywa hamując od danej prędkości do zatrzymania lub przy zmniejszaniu prędkości do określonej wartości
- w ten sposób można ustalić zależność prędkości i drogi pociągu w każdej sytuacji jazdy pociągu przy zwiększaniu, zmniejszaniu lub utrzymywaniu prędkości z uwzględnieniem profilu szlaku i zmian prędkości.

3) Ustalamy wartości podziałek oraz odległości m:

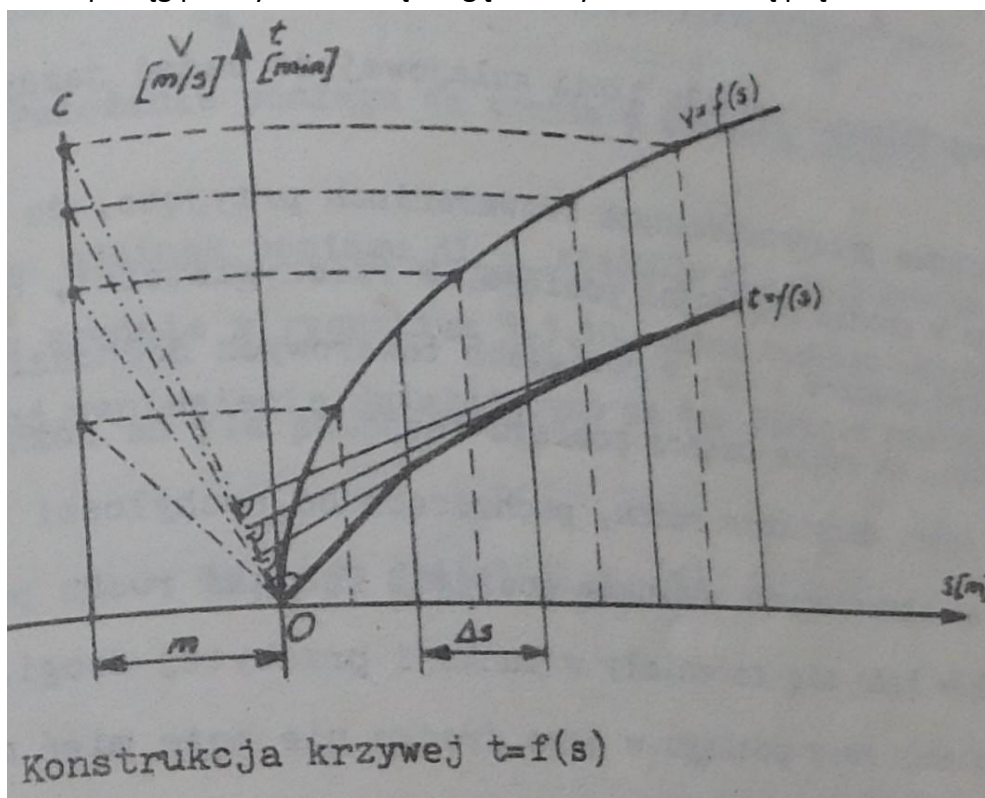
- $m = \frac{k_s}{60 \cdot k_t \cdot k_v} [cm]$
- jeżeli wcześniej zostały ustalone skale k_s i k_v to można przyjąć dowolną skalę czasu k_t np. $k_t = 1 \left[\frac{min}{cm} \right]$
- i obliczamy wartość m – czyli odległości od środka układu współrzędnych w której należy na wykresie narysować prostą C równoległą do osi v oraz t i prostopadłą do osi drogi s

$$m = \frac{211}{60 * 1 * 1,4} = 2,5 [cm]$$

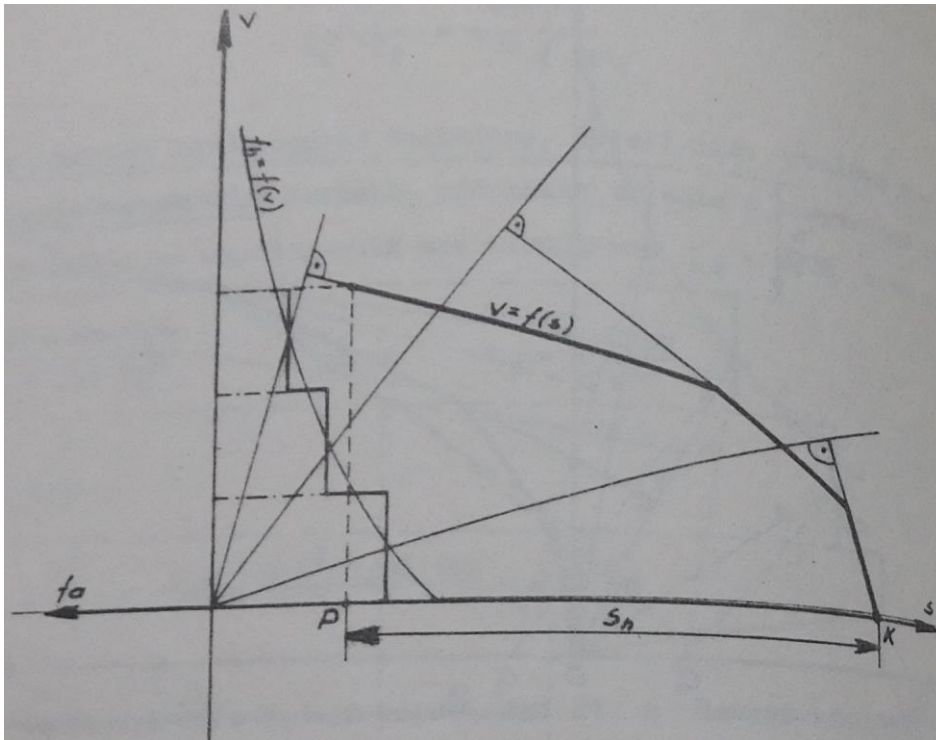
- a

4) Po ustaleniu skal rozwiązujemy równanie ruchu pociągu w kolejnych krokach (czas):

- dzielimy drogę s na przedziały Δs (im mniejsze przedziały tym dokładniejsze wyniki)
- w tych przedziałach znajdujemy średnie wartości prędkości pociągu (dla środka przedziału) i rzutować je na prostą C aby wyznaczyć punkty dla każdego przedziału
- łączymy punkt wyznaczony dla pierwszego przedziału ze środkiem układu współrzędnych (linijką) i do otrzymanej prostej przechodzącej przez te 2 punkty rysujemy prostopadłe (ekierką przyłożoną odpowiednio do linijki) linię z początku układu współrzędnych do końca pierwszego przedziału
- następnie analogicznie łączymy punkt wyznaczony na prostej C dla drugiego przedziału z początkiem układu współrzędnych i prostopadłe do linii wyznaczonej tymi punktami rysujemy linię wychodzącą od końca linii narysowanej w poprzednim przedziale z końca pierwszego przedziału do końca drugiego przedziału
- itd. aż do końca zakresu prędkości
- linia utworzona w ten sposób to linia wyznaczająca czas jazdy pociągu powiązany z prędkością i przebywaną drogą – wszystkie te dane można odczytać z wykresu np. w jakim czasie pociąg przebył określoną drogę lub uzyskać określoną prędkość



- wyznaczenie czasu oczywiście także można dokonywać dla określonego profilu szlaku kolejowego, przy zmianach prędkości, także przy hamowaniu - jednak przy hamowaniu należy pamiętać, że siła hamowania jest ujemna w stosunku do siły napędowej i odpowiednio narysować wykres jednostkowych sił hamujących po odpowiedniej stronie osi



5) ŚRODEK CIĘŻKOŚCI POCIĄGU – DŁUGOŚĆ POCIĄGU NA PROFILU LINII KOLEJOWEJ – A RÓWNANIE RUCHU POCIĄGU.

W dotychczasowych obliczeniach przyjęto założenie, że masa pociągu jest skupiona w jednym punkcie, środku ciężkości pociągu podczas gdy w rzeczywistości jest rozłożona wzdłuż jego długości mogącej osiągać nawet 800 m w warunkach polskich a nawet kilka kilometrów na świecie.

Wobec tego jak rzeczywisty pociąg jedzie, to część początkowa pociągu np. wjeżdża na tor poziomy podczas gdy część pozostała znajduje się jeszcze na wzniesieniu o pochyleniu 6 [‰] -i dodatkowo zmienia się sytuacja dynamicznie – coraz większa część pociągu jest na torze poziomym a mniejsza na wzniesieniu. Profil linii kolejowej należy odpowiednio uwzględnić w obliczeniach.

Uwzględnienie zmian długości pociągu znajdującego się w danym momencie na określonym profilu linii kolejowej odbywa się przez ustalenie profilu zastępczego uwzględniającego rzeczywistą jazdę pociągu – metodą obliczeniową lub graficzną.

My pominiemy omówienie tych sposobów – jednak należy zapamiętać, że fakt ten ma znaczenie w dokładności obliczeń – w jak najlepszym odwzorowaniu rzeczywistej jazdy pociągu.