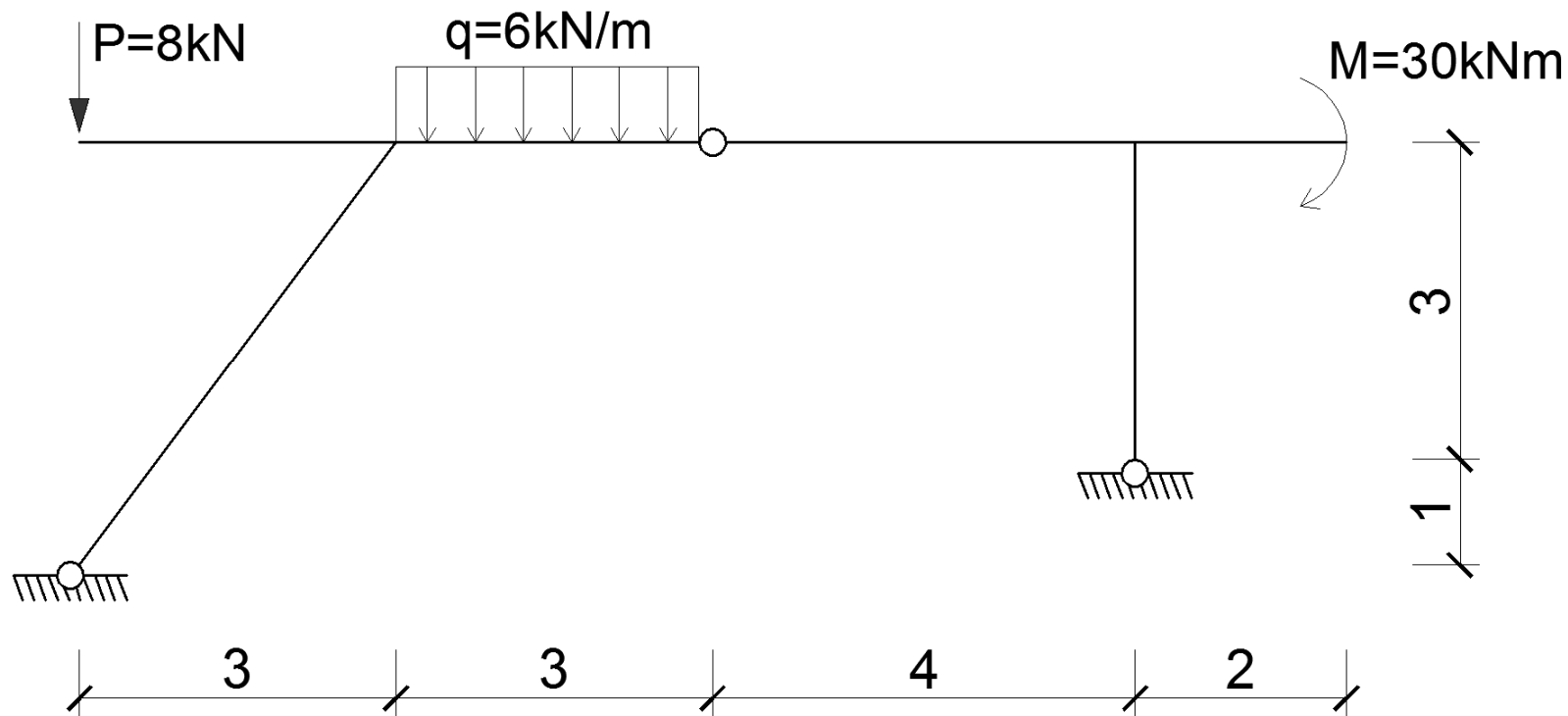


Rama statycznie wyznaczalna



Poradnik krok po kroku

Przypomnienie zasad rysowania wykresów sił wewnętrznych:

Wykres sił tnących:

- dodatnie rzędne, gdy siły powodują „obrót” zgodny z ruchem wskazówek zegara
- dodatnie rzędne odkładamy po przeciwnej stronie spodów oznaczonych jako dodatnie

Wykres momentów zginających:

- dodatnie rzędne, gdy siły powodują rozciąganie spodów założonych jako dodatnie
- wykres momentów zginających ZAWSZE rysujemy po stronie włókien rozciąganych (niezależnie w którą stronę dane siły powodują „obrót”)

Wykres sił normalnych:

- siły ściskające oznaczane są jako ujemne, a rozciągające jako dodatnie
- dodatnie rzędne odkładamy po przeciwnej stronie spodów oznaczonych jako dodatnie (tak jak w wykresie sił tnących)

Przypomnienie zasad rysowania wykresów sił wewnętrznych:

Jeśli obciążenie dane jest funkcją n -tego stopnia, to rzędne wykresu sił tnących/normalnych będą układać się w przedziale działania tej siły zgodnie z funkcją $(n+1)$ stopnia, a rzędne wykresu momentów zginających – funkcją $(n+2)$ stopnia.

Jeśli oddziaływanie zewnętrzne jest dane:

a) siłą skupioną/brak siły:

- wykres sił tnących/normalnych – funkcja stała
- wykres momentów zginających – funkcja liniowa

b) obciążeniem w funkcji stałej (obciążenie „prostokątne”):

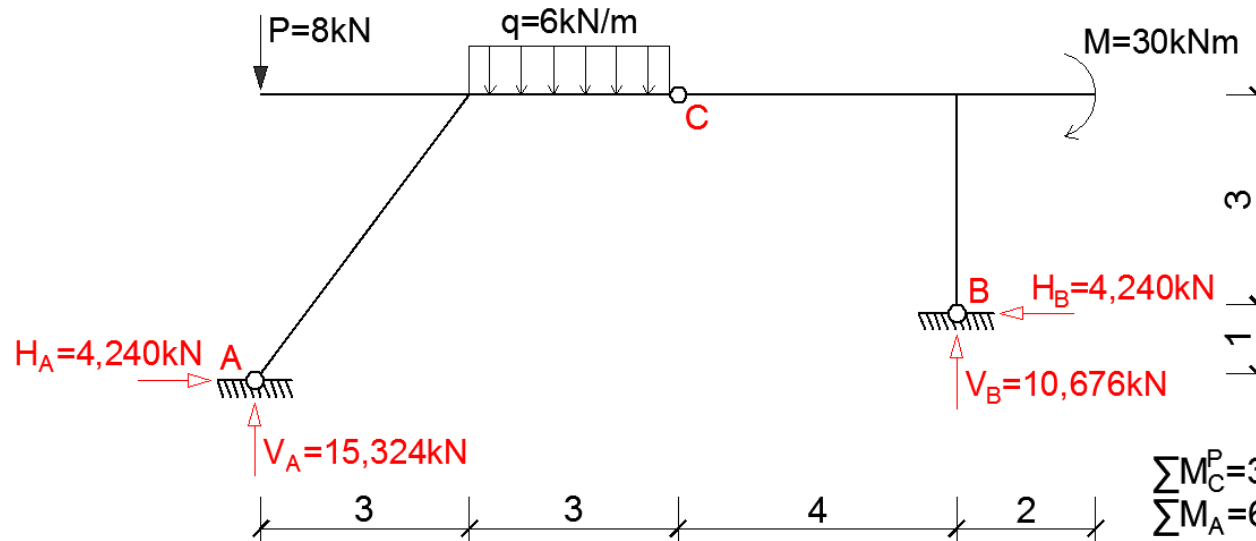
- wykres sił tnących/normalnych – funkcja liniowa
- wykres momentów zginających – funkcja kwadratowa

c) obciążeniem w funkcji liniowej (obciążenie „trójkątne”):

- wykres sił tnących/normalnych – funkcja kwadratowa
- wykres momentów zginających – funkcja 3-go stopnia

Przykładowy tok obliczeń

1. Obliczenie reakcji podporowych



Podczas obliczania reakcji w ramie o liczbie reakcji podporowych >3 należy koniecznie skorzystać z równania równowagi mówiącego o sumie momentów w przegubie dla danej części schematu równej zero.

Najłatwiej układać równania równowagi z jedną niewiadomą. Czasem, jak w tym przypadku, nie jest to możliwe i należy ułożyć układ równań.

$$\begin{aligned}\sum M_C^P &= 30 - V_B \cdot 4 + H_B \cdot 3 = 0 \\ \sum M_A &= 6 \cdot 3 \cdot 4,5 + 30 - V_B \cdot 10 - H_B \cdot 1 = 0; H_B = 111 - V_B \cdot 10 \\ 30 - V_B \cdot 4 + (111 - V_B \cdot 10) \cdot 3 &= 0 \\ V_B &= 10,676 \text{ kN} \\ H_B &= 111 - 10,676 \cdot 10 = 4,240 \text{ kN}\end{aligned}$$

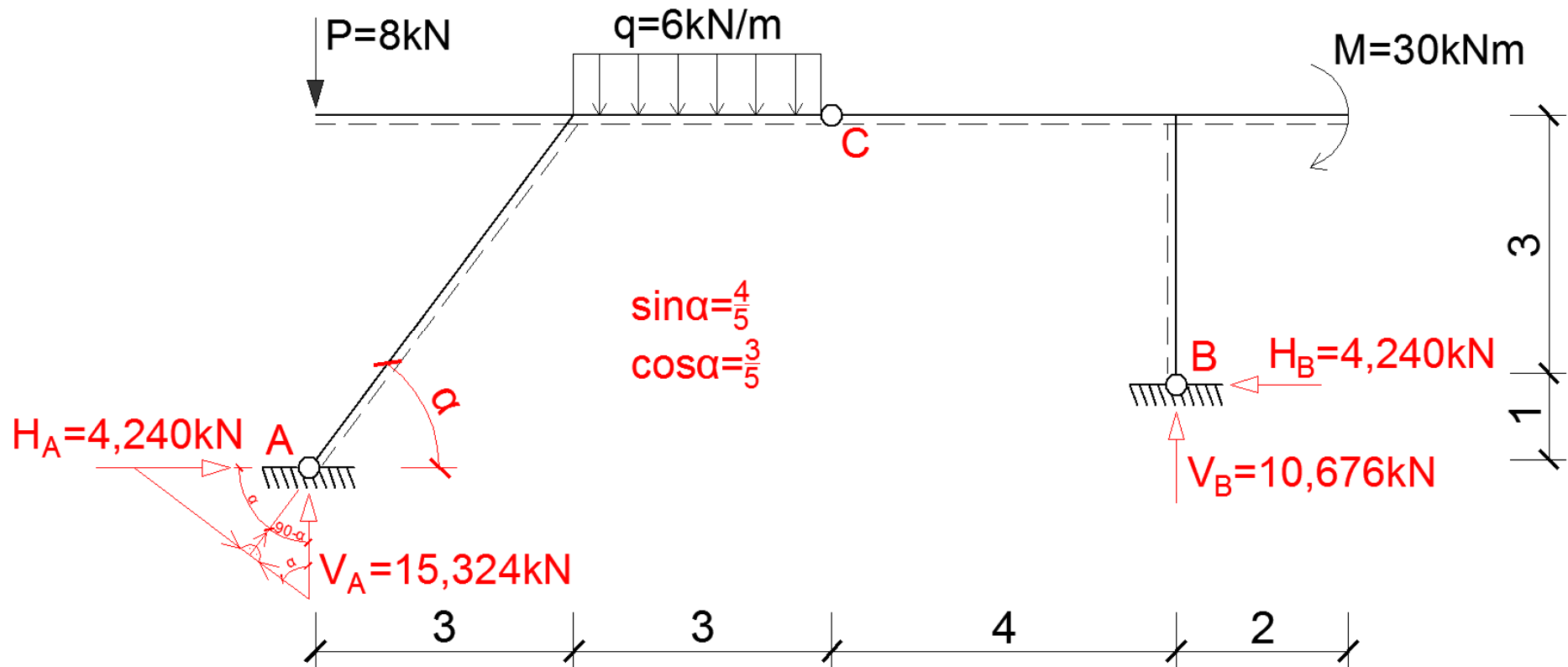
$$\begin{aligned}\sum X &= H_A - 4,240 = 0 \\ H_A &= 4,240 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum Y &= 8 + 6 \cdot 3 - V_A - 10,676 = 0 \\ V_A &= 15,324 \text{ kN}\end{aligned}$$

spr.
 $\sum M_C^L = 0$

Przykładowy algorytm obliczeń

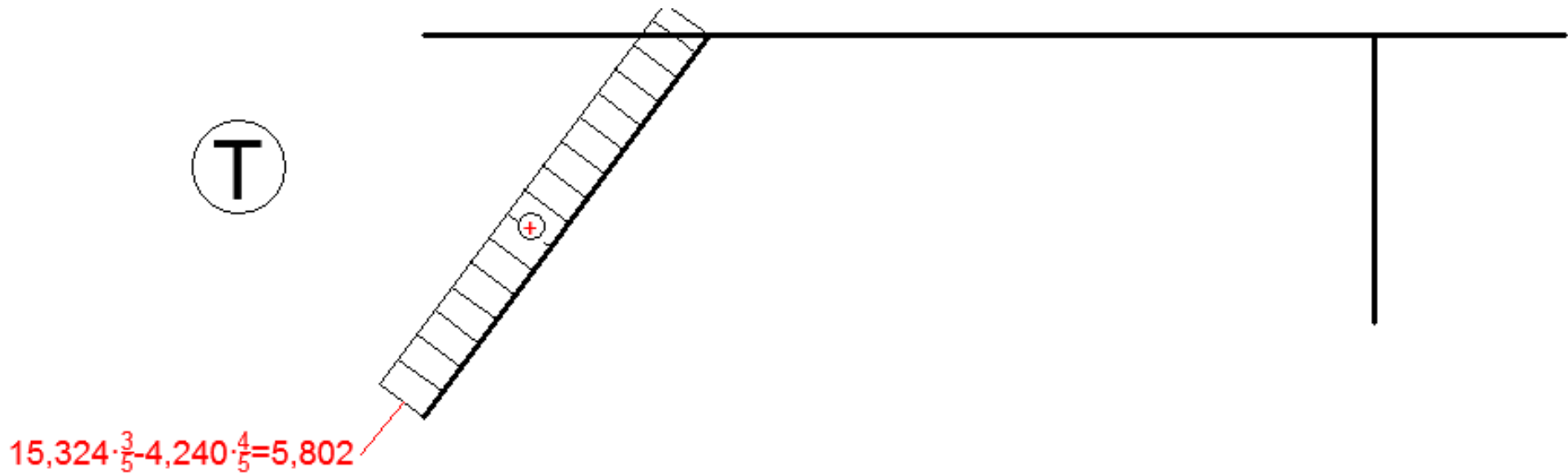
2. Wykres sił tnących



W przypadku, gdy mamy w modelu siły działające nieprostopadle i nierównoległe do pręta wygodnie na początku obliczeń rozłożyć te siły na składowe będące siłami normalnymi bądź tnącymi dla danego pręta. Zakładamy również wstępnie dodatnie włókna prętów („spody”).

Przykładowy algorytm obliczeń

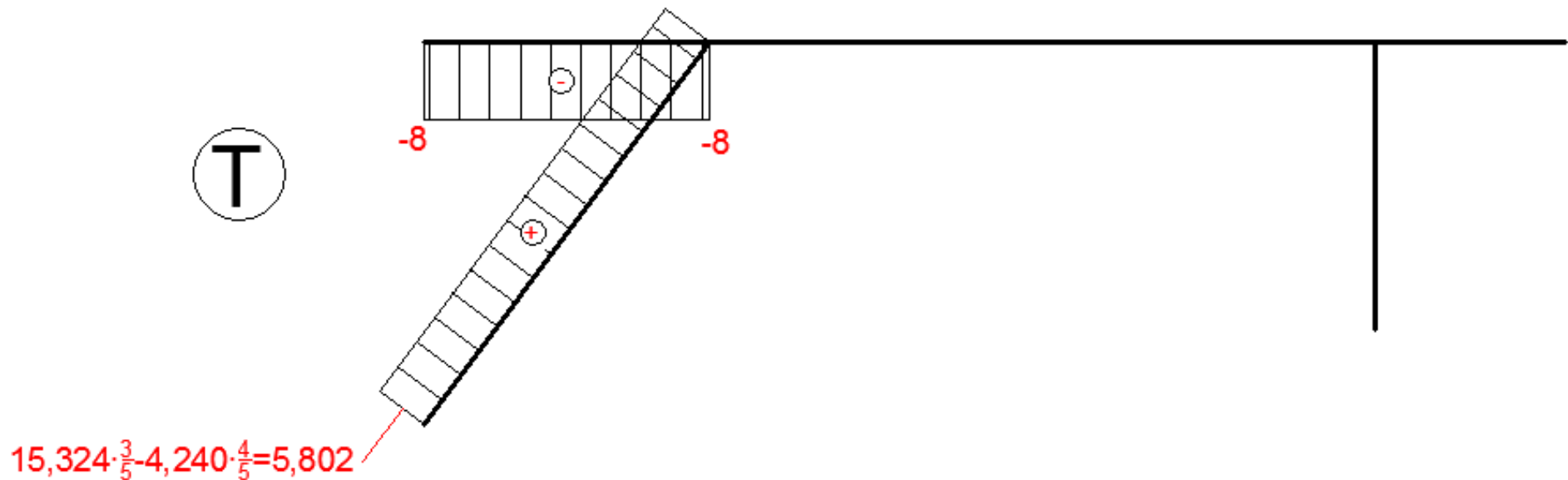
2. Wykres sił tnących



Podczas rysowania wykresu sił tnących zwracamy uwagę na siły prostopadłe do osi pręta (niekoniecznie są to siły pionowe bądź poziome – jeśli nie, to należy rzutować te siły na kierunek prostopadły do osi pręta korzystając z funkcji trygonometrycznych).

Przykładowy algorytm obliczeń

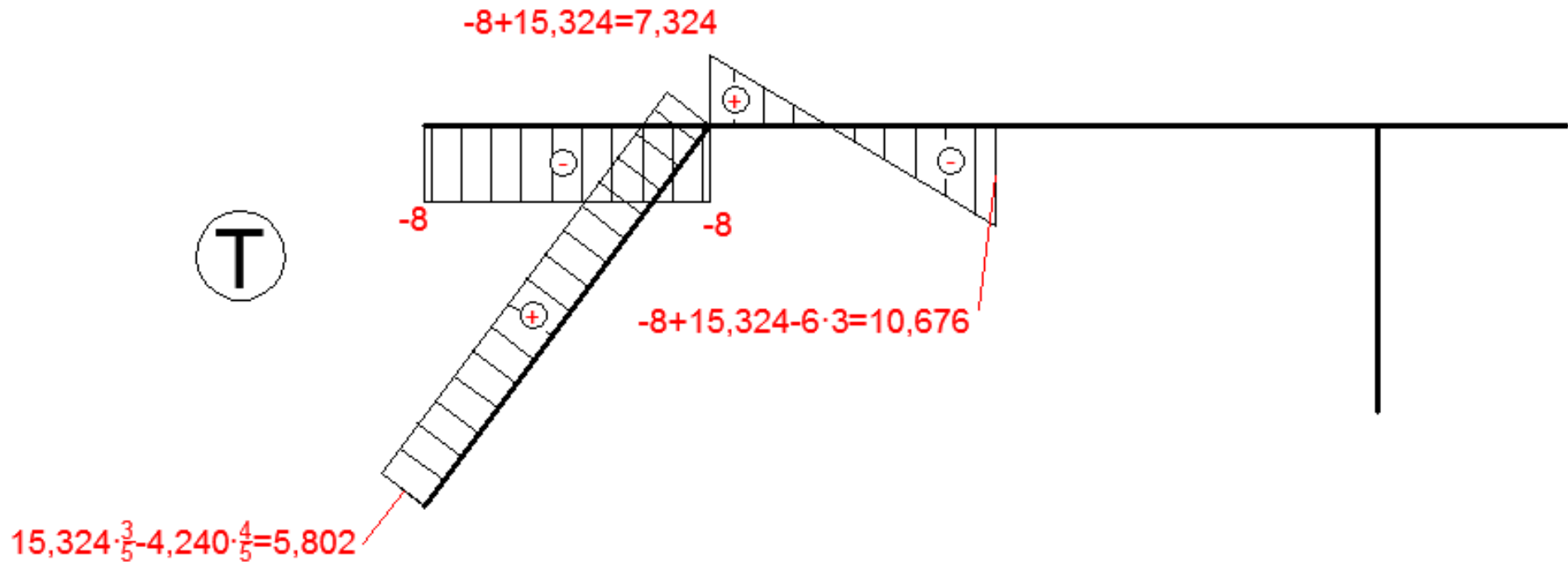
2. Wykres sił tnących



W tym przypadku rysując wykres sił tnących przesuwam się od strony lewej do prawej, rysując pierw wykresy w zewnętrznych gałęziach.

Przykładowy algorytm obliczeń

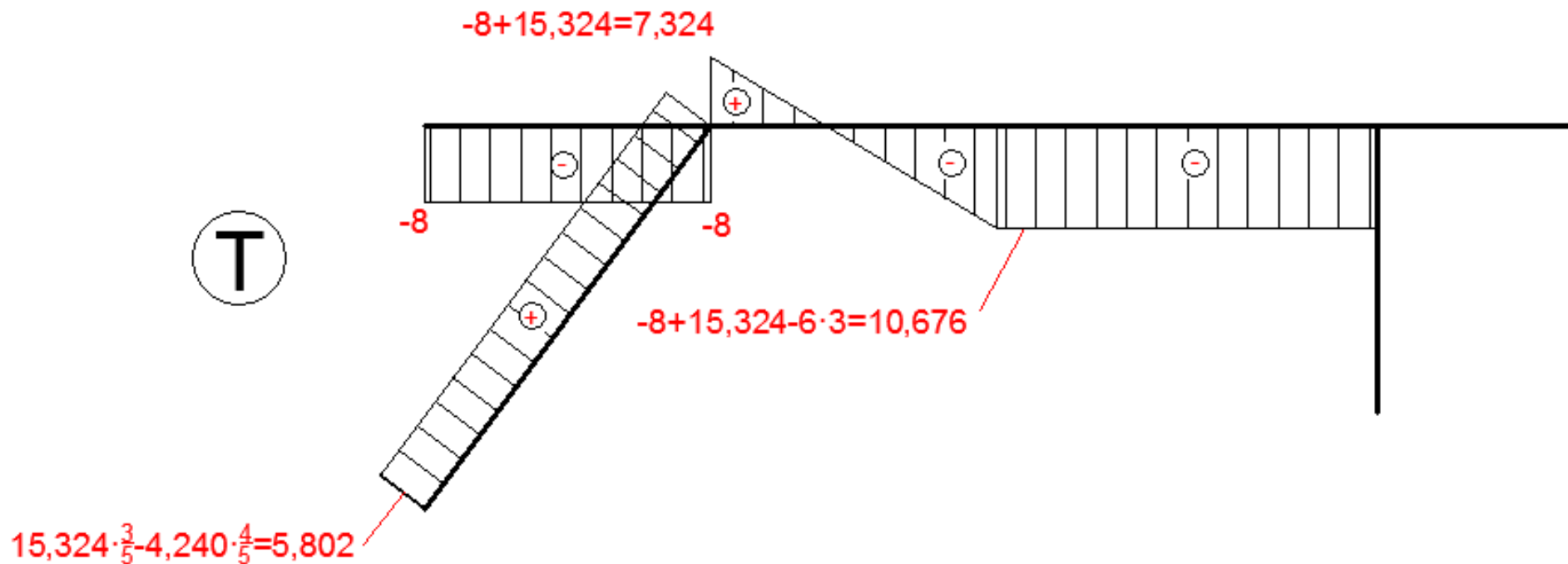
2. Wykres sił tnących



Skok w wykresie sił tnących należy rozpatrywać między prętami równoległymi względem siebie biorąc pod uwagę siły prostopadłe do nich. W tym wypadku skok na wykresie sił tnących jest spowodowany pionową reakcją V_a , która przekaże się na górne pręty poziome za pomocą pręta ukośnego. Zauważmy, że wykres przecina się z osią belki (ekstremum w M).

Przykładowy algorytm obliczeń

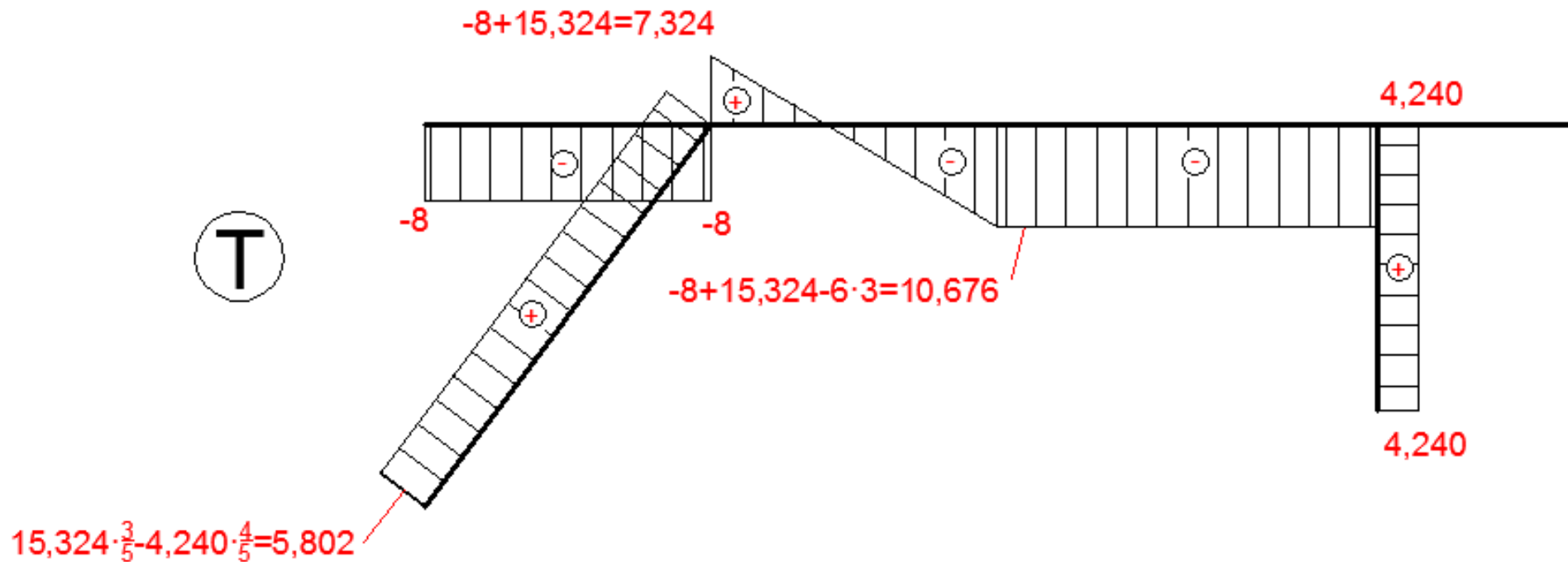
2. Wykres sił tnących



Skok w wykresie sił tnących należy rozpatrywać między prętami równoległymi względem siebie biorąc pod uwagę siły prostopadłe do nich. W tym wypadku skok na wykresie sił tnących jest spowodowany pionową reakcją V_a , która przekaże się na górne pręty poziome za pomocą pręta ukośnego. Zauważmy, że wykres przecina się z osią belki (ekstremum w M).

Przykładowy algorytm obliczeń

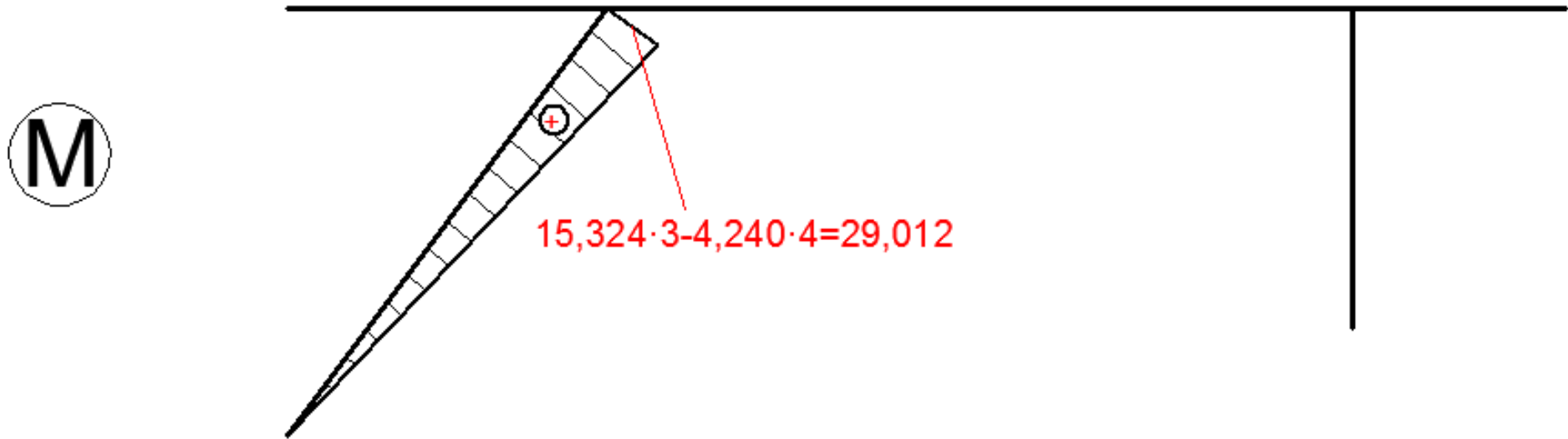
2. Wykres sił tnących



W ramach sprawdzenia można zauważyć, że wartość 10,676kN w środkowej części ramy odpowiada reakcji V_b w podporze z prawej strony – po prawej stronie od obciążenia równomiernie rozłożonego brak jest poza reakcją jakichkolwiek innych sił pionowych. Reakcja V_b za pomocą pręta pionowego przekaże się na poziomy i spowoduje skok w wykresie sił tnących na przecie poziomym.

Przykładowy algorytm obliczeń

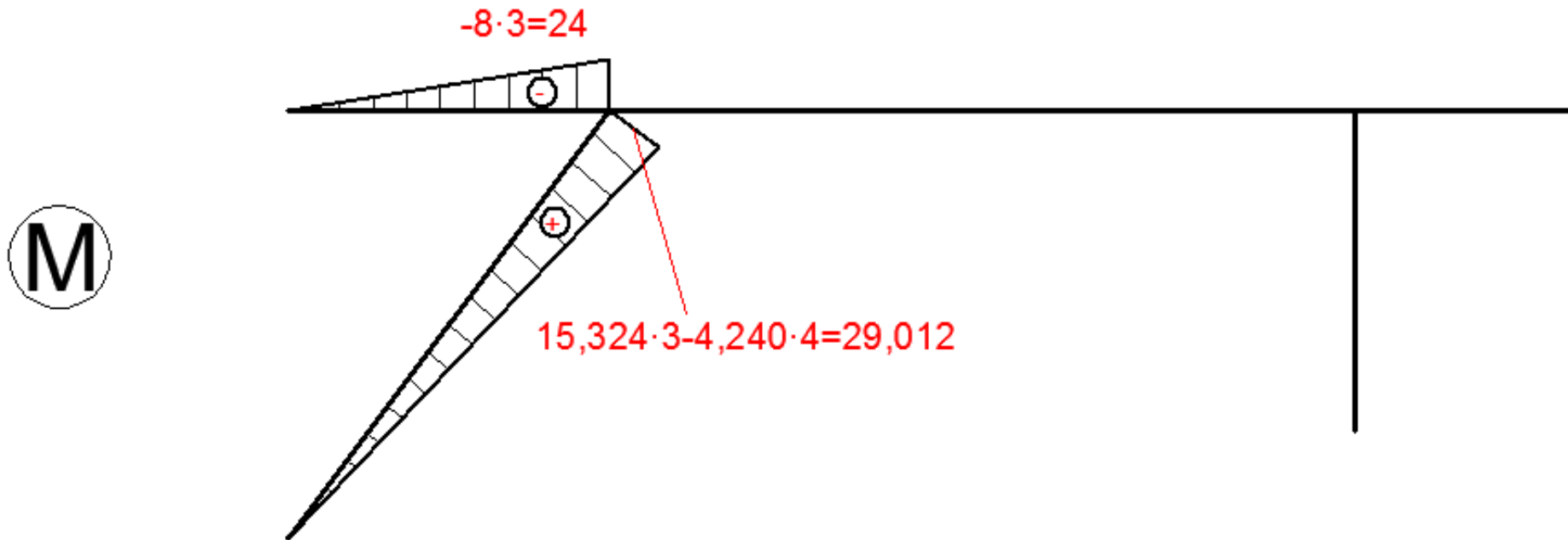
3. Wykres momentów zginających



Podczas rysowania wykresu momentów zginających dla prętów ukośnych można korzystać z sił rozłożonych na składowe prostopadłe do osi belki bądź korzystać z wartości sił jeszcze nie rozłożonych. W pierwszym przypadku rzędne mnożone przez wartość siły należy odczytywać po długości pręta. W obu przypadkach otrzymamy te same wartości sił: $5,802 \cdot 5 = 29,01 \text{ kNm}$

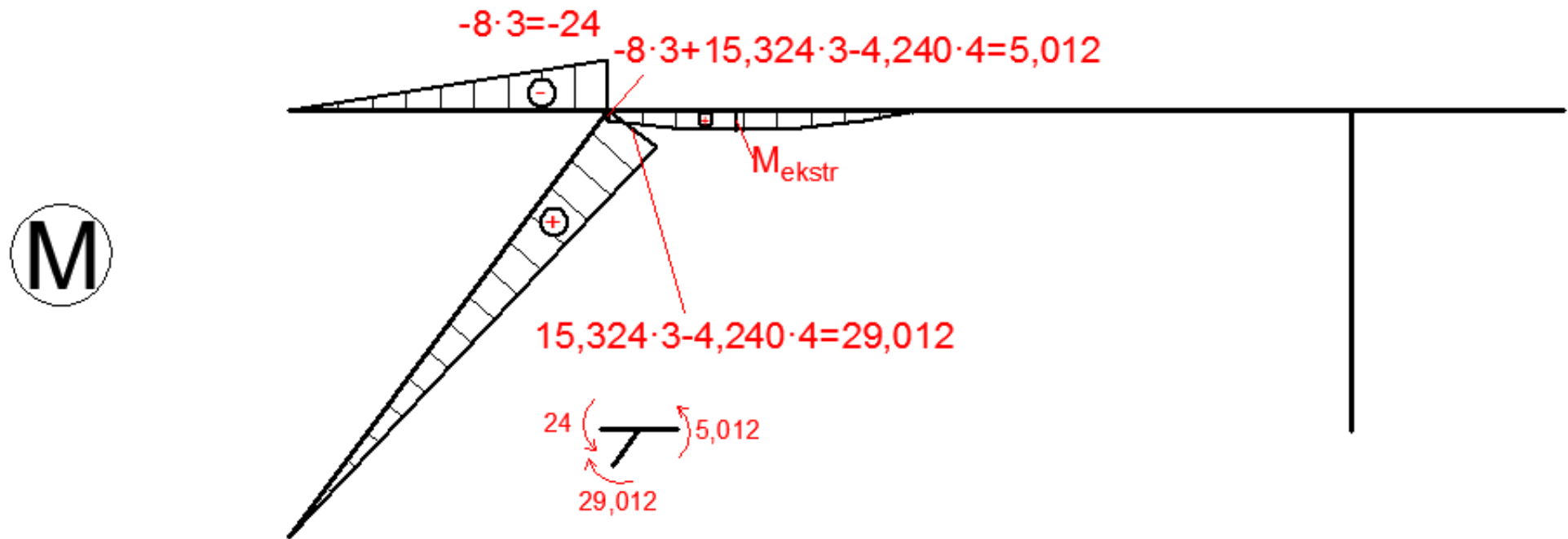
Przykładowy algorytm obliczeń

3. Wykres momentów zginających



Przykładowy algorytm obliczeń

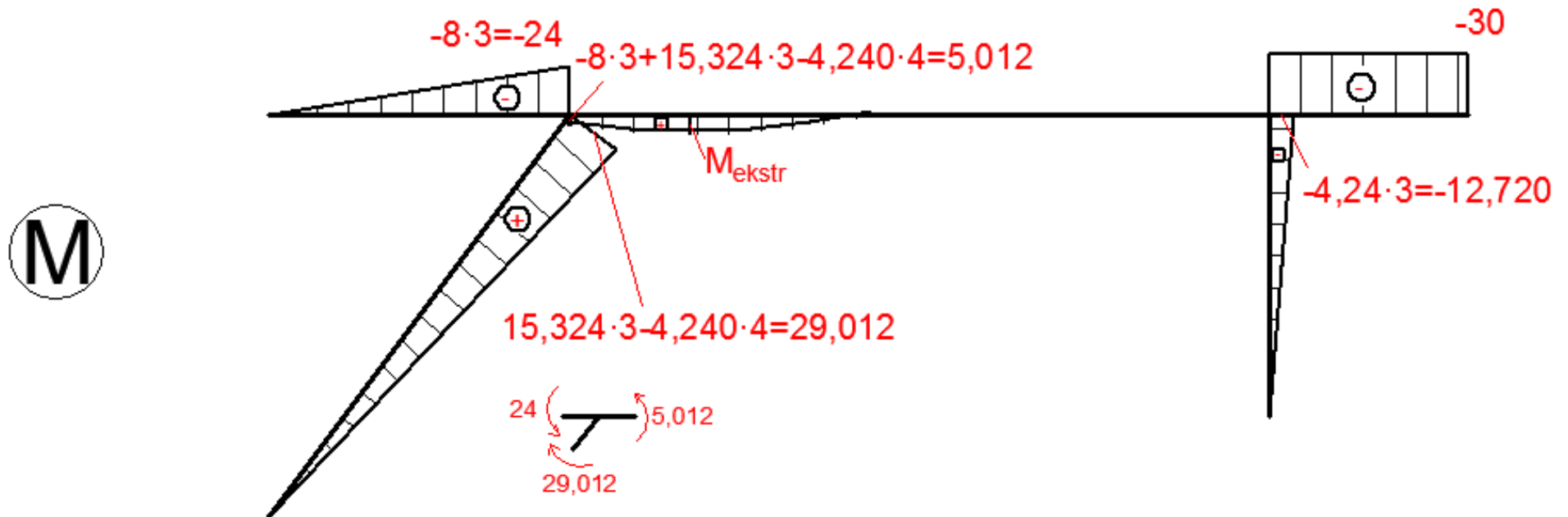
3. Wykres momentów zginających



Podczas rysowania wykresu w otoczeniu węzła warto sporządzić pomocniczy rysunek jego myślowego wycięcia. Na schemacie ze stykającymi się osiami prętów zaznaczamy wartości momentów zginających oraz strzałkę w zależności od tego, które włókna rozciąga moment w danym pręcie przy węźle. Zsumowane wartości momentów po kierunku działania siły powinny dać wartość 0.

Przykładowy algorytm obliczeń

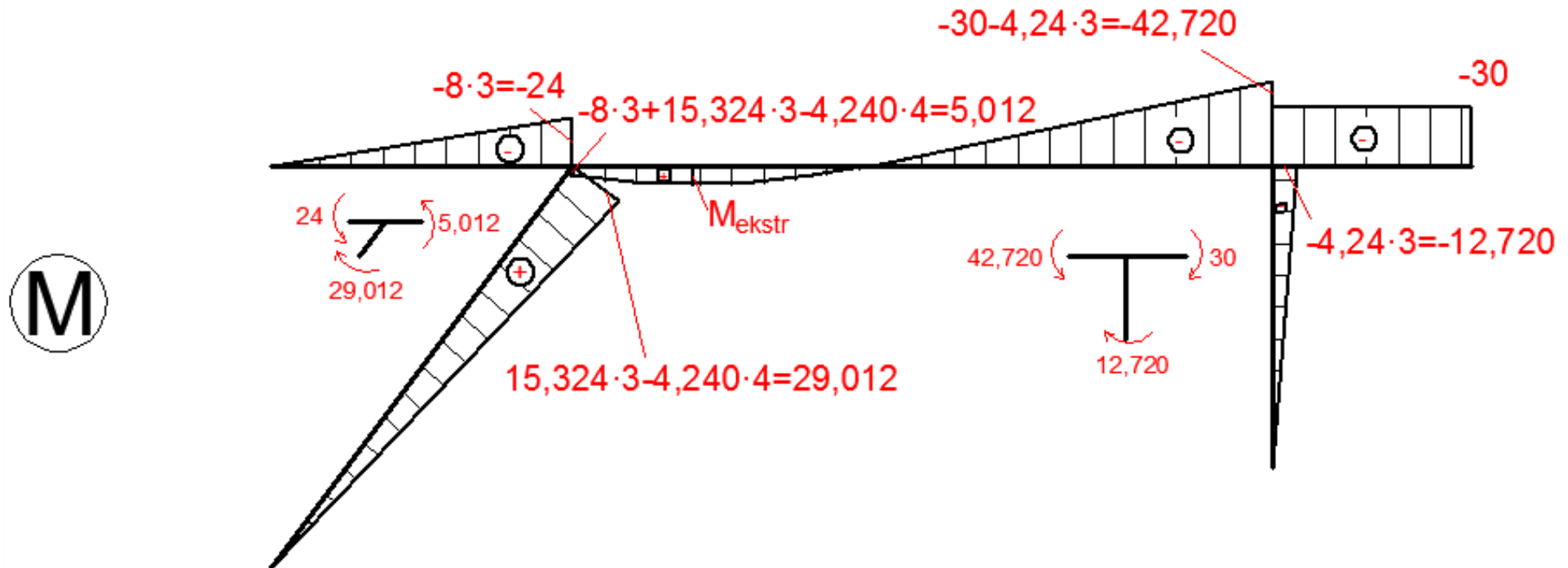
3. Wykres momentów zginających



Czasem zamiast rysować wykres ciągle poruszając się w jednym kierunku warto zacząć go rysować z innej, w której występuje np. mniejsza liczba obciążeń bądź reakcji, lub są one dane funkcjami niższego rzędu.

Przykładowy algorytm obliczeń

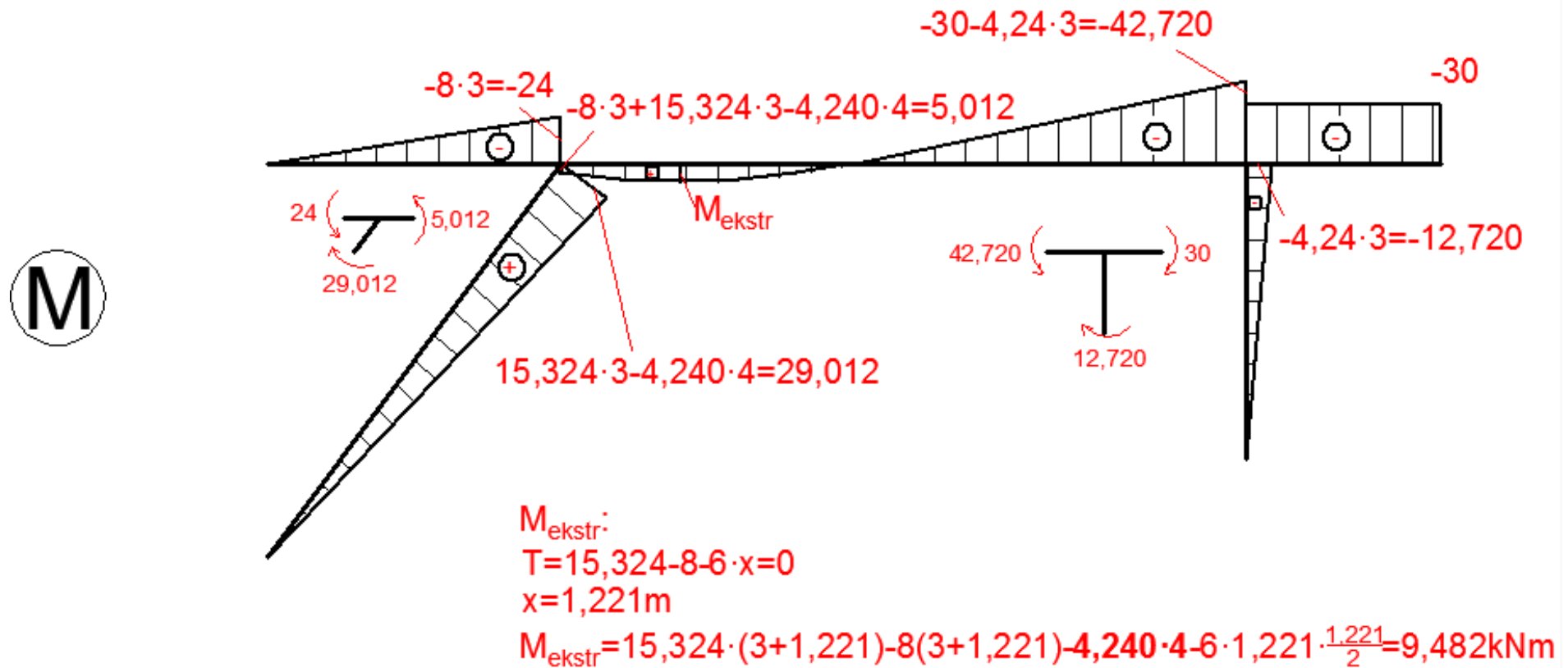
3. Wykres momentów zginających



Przy kolejnym węźle również warto sprawdzić wartości momentów zginających dla jego myślowego wycięcia – bardzo dobra metoda, która pozwala na bieżąco sprawdzać poprawności obliczeń.

Przykładowy algorytm obliczeń

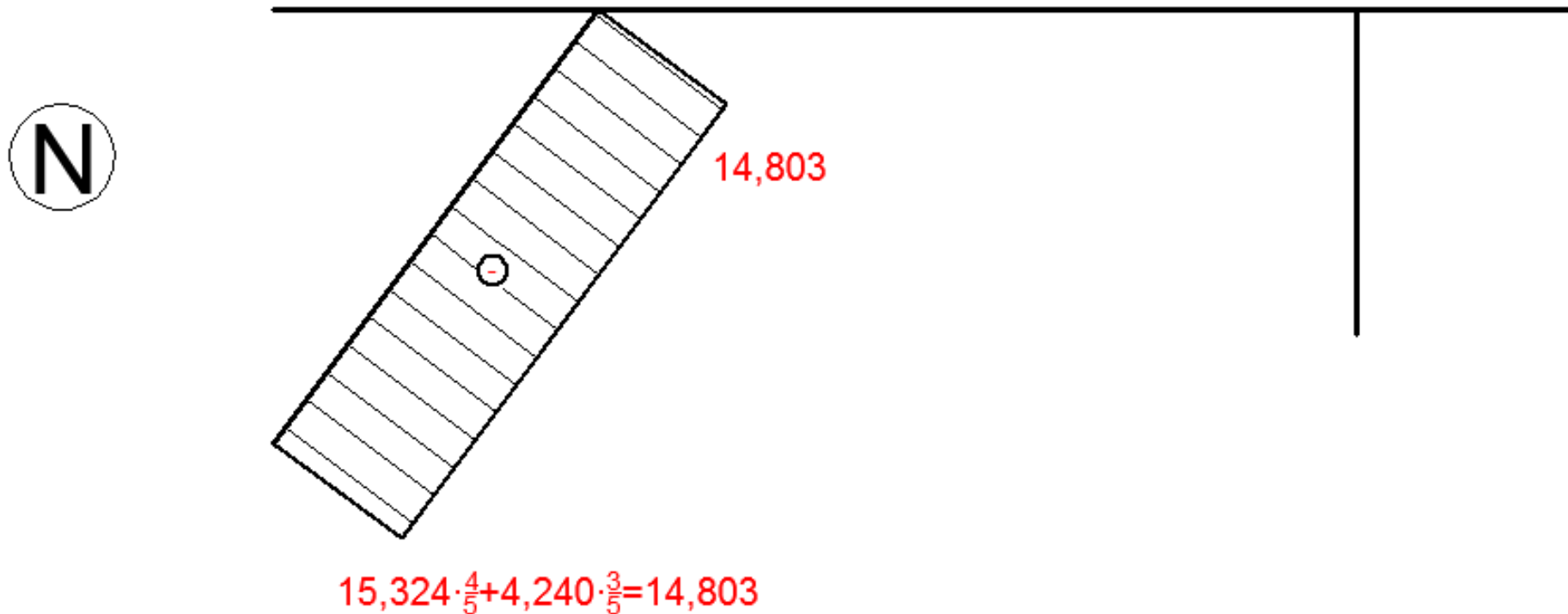
3. Wykres momentów zginających



Należy pamiętać o obliczeniu rzędnej wykresu momentów w każdym punkcie charakterystycznym, czyli także w ekstremum.

Przykładowy algorytm obliczeń

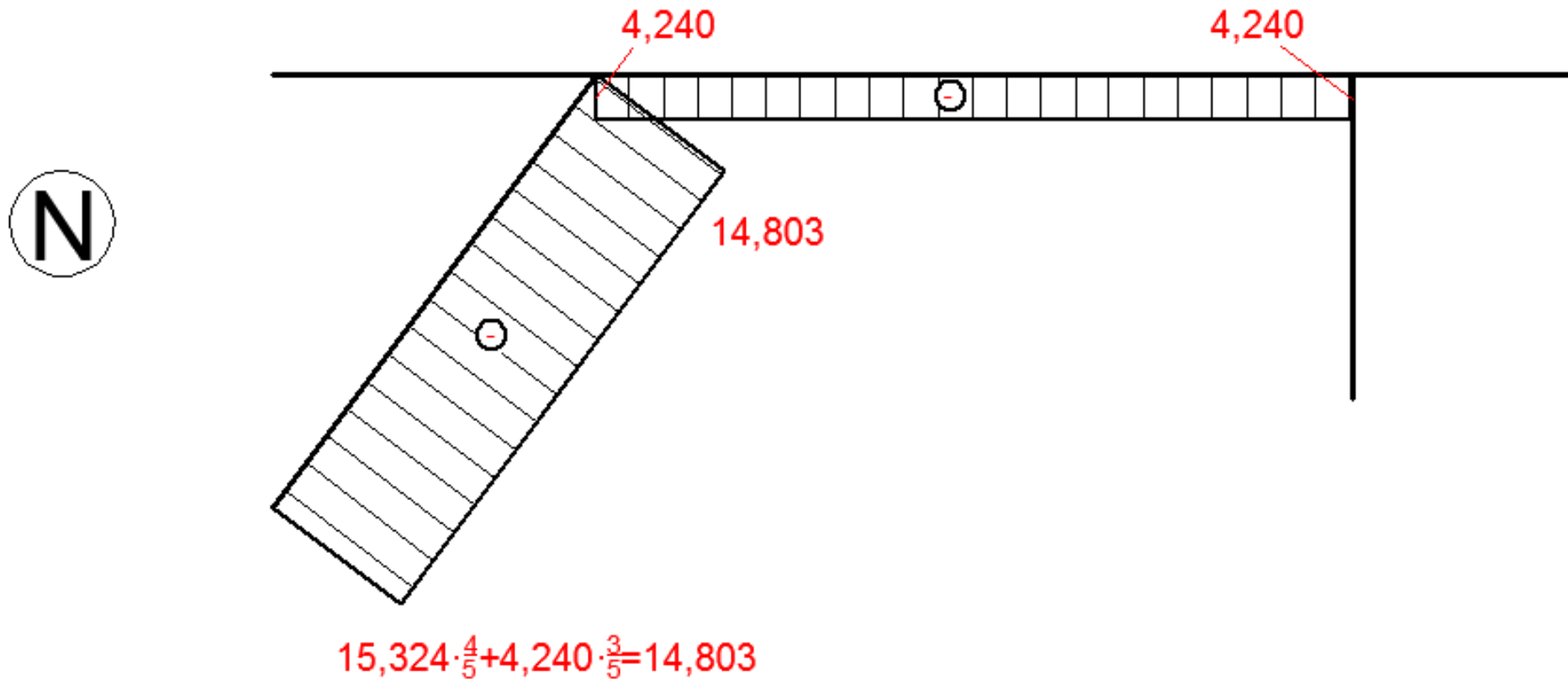
4. Wykres sił normalnych



Wykres sił normalnych sporządza się podobnie do wykresu sił tnących, lecz tutaj zamiast sił prostopadłych do osi pręta korzystamy z równoległych, a znak ustalany jest na podstawie oddziaływania siły na pręt – ściskanie z „-” a rozciąganie z „+”.

Przykładowy algorytm obliczeń

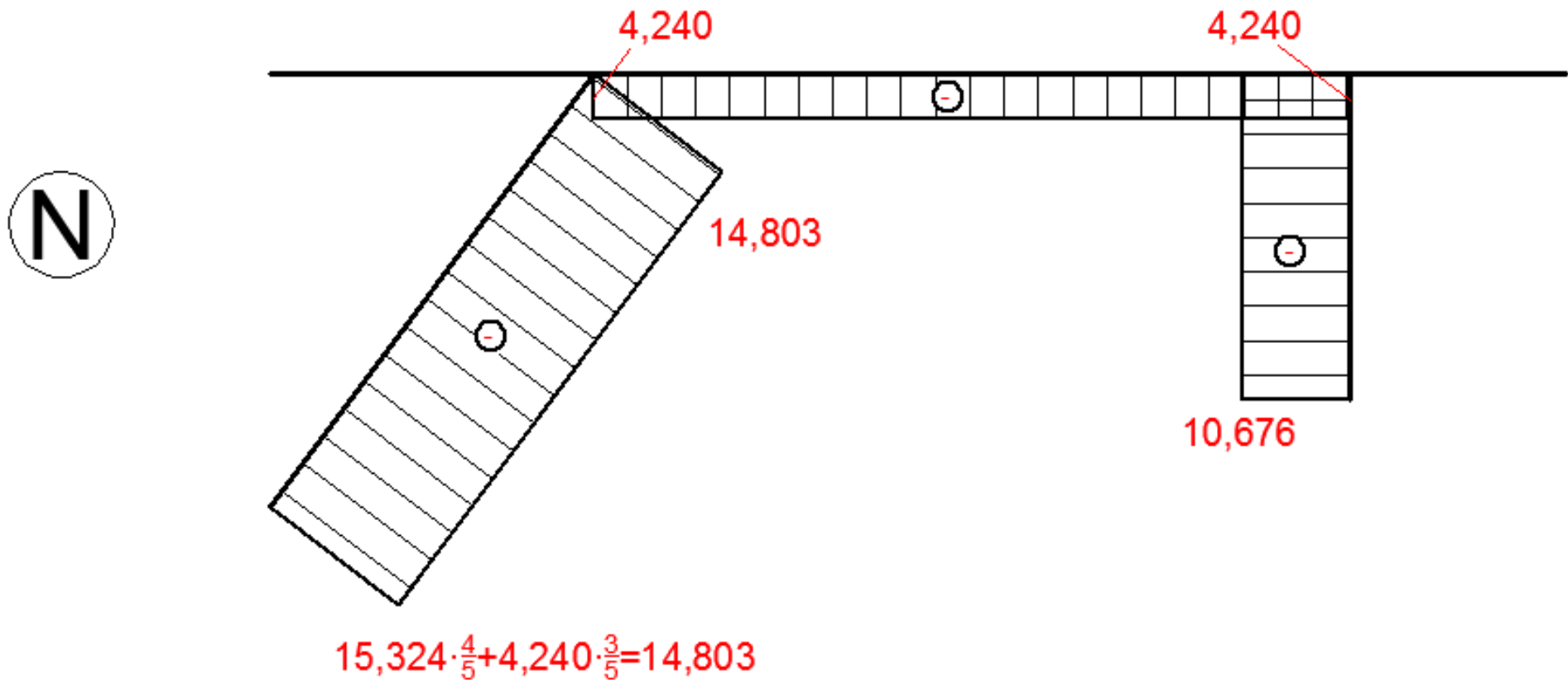
4. Wykres sił normalnych

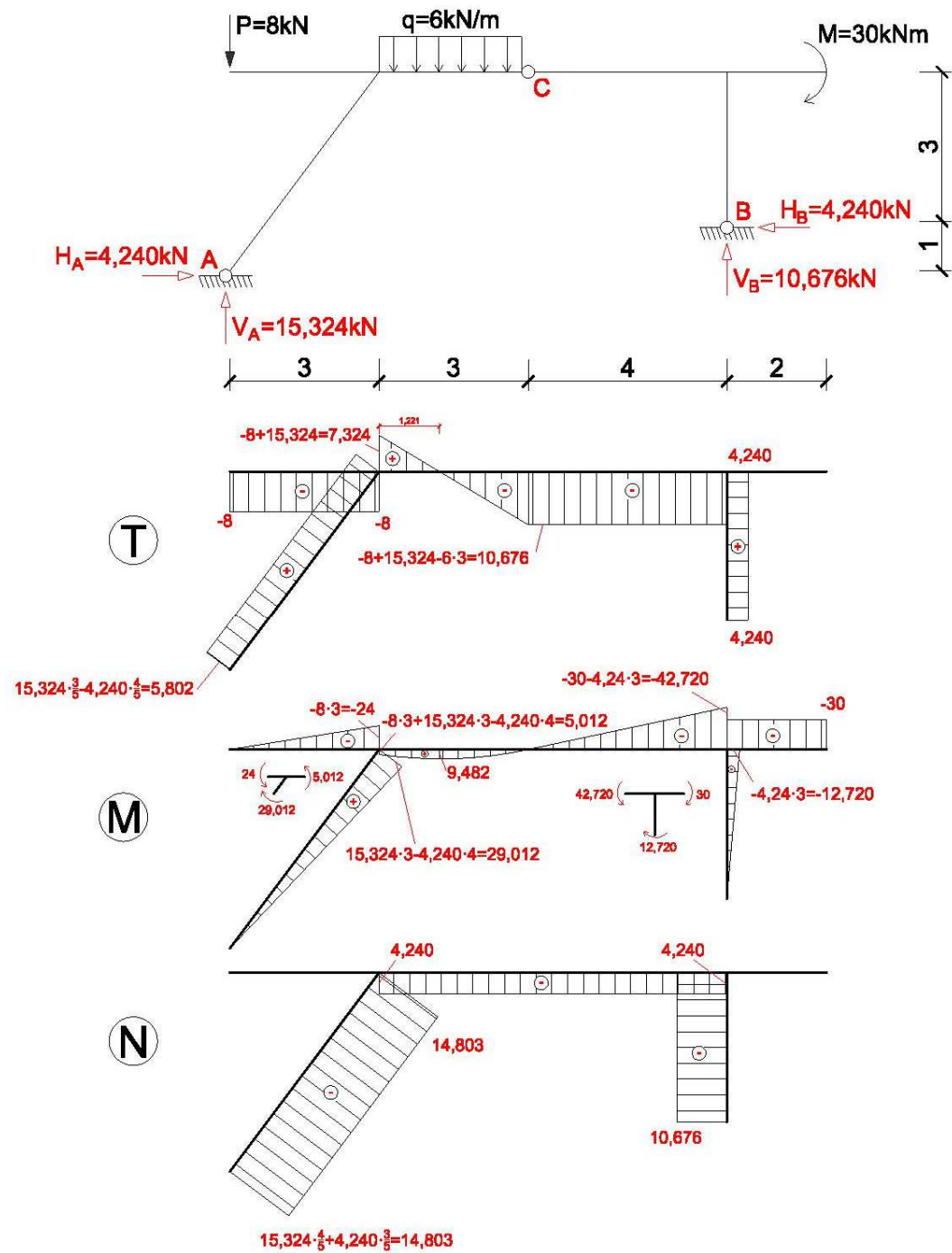


Przy węźle z prawej stropy (pręt poziomy) wartość rzędnej wykresu sił normalnych będzie równa wartości poziomej reakcji podporowej, która przekaże się na pręt poziomy za pomocą pręta ukośnego.

Przykładowy algorytm obliczeń

4. Wykres sił normalnych





UWAGA!

Powyższe obliczenia zostały przedstawione w celu omówienia zagadnienia ramy statycznie wyznaczalnej w jak najprostszy sposób w ramach powtórki materiału z zajęć przed kolokwium dla studentów pierwszego roku kierunku Budownictwo. Nazewnictwo użyte podczas wyjaśnień może odbiegać od nazewnictwa używanego w publikacjach i książkach naukowych, lecz użyte zostało celowo ku zachowaniu prostej, obrazowej i zrozumiałej formy przekazu. W razie zauważenia jakichkolwiek błędów bądź nieścisłości proszę o kontakt.