

Tory na makiecie

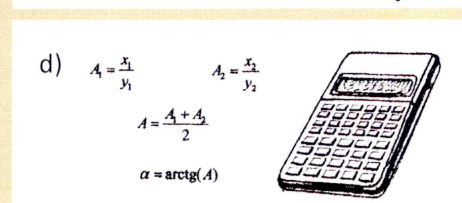
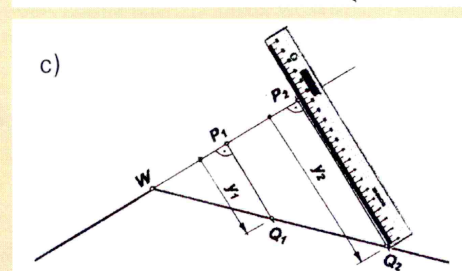
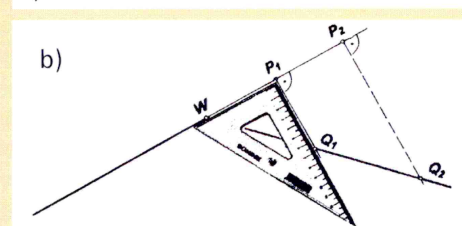
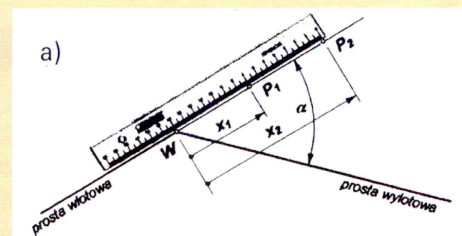
Tory są z pewnością jednym z najważniejszych elementów, które musimy wykonać budując makietę. Niektórym modelarzom wydaje się, że warunkiem wystarczającym do otrzymania oczekiwanego efektu jest zakup dobrych jakościowo produktów oferowanych w bardzo różnorodnym asortymencie przez firmy modelarskie. Pogląd taki jest niestety błędny, a skutkiem takiego postępowania bywa najczęściej mało realistyczny wygląd układów torowych na makiecie. Należy pamiętać, że tor kolejowy to nie tylko „konstrukcja”, lecz przede wszystkim „geometria”. Dlatego „geometrii” modelowego toru chcę poświęcić pierwszą część niniejszego cyklu artykułów.

Tor kolejowy – zarówno w rzeczywistości, jak i w modelu – jest budowlą, której położenie w przestrzeni jest ściśle określone, a rządzi nim odpowiednie reguły geometryczne. Położenie toru w płaszczyźnie poziomej nazywane jest żargonowo „planem”, zaś w płaszczyźnie pionowej podłużnej – „profilem” toru. Dla ułatwienia przyjmuje się, że „w planie” tor kolejowy jest pojedynczą linią, którą nazywa się osią toru, a przebiega ona dokładnie w połowie odległości pomiędzy szynami, zaś „w profilu” – linią zwaną niweletą, czyli wysokością główki szyny. Gdy szyny w przekroju poprzecznym nie leżą na tej samej wysokości, to mówi się wówczas o przechyłce, czyli o świadomym przewyższeniu jednego toku szynowego ponad niweletę. Na rysunku (rys. 1) przedstawiono graficzną interpretację *planu* i *profilu* toru.

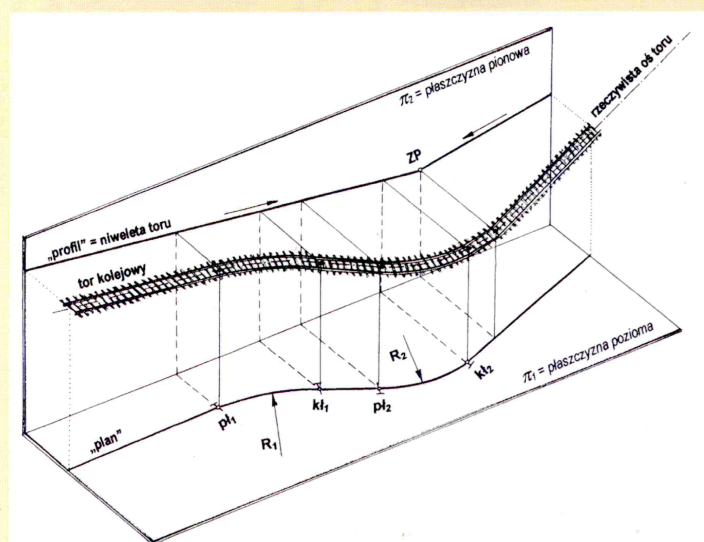
Zaznajomienie się przez każdego modelarza budującego makietę kolejowe z zagadnieniami geometrii toru uważam za niezbędne, gdyż tor kolejowy w miniaturze powinien być – tak jak w rzeczywistości – przemyślanym, zaprojektowanym i zrealizowanym układem geometrycznym w prze-

strzeni, a nie dziełem przypadku i surrealistycznej wizji budowniczego. Wypływa stąd prosty wniosek, że chcąc mieć na makiecie realistyczny tor, musimy zadbać między innymi o jego właściwą geometrię. Krótki wykład na ten temat wydaje się być w tym miejscu niezbędny, gdyż niestety błędem, tak często popełnianym przez modelarzy (nawet bardzo doświadczonych!) jest układanie modelowego toru z tzw. *flexów*, czyli odcinków o długości ok. 1 m przeznaczonych do dowolnego wyginania, według przypadkowej linii, na zasadzie „jak *flex* sam się wygnie i ułoży”. Otrzymuje się wówczas najczęściej łagodny układ krzywizn, ale niestety krzywizny te mają bardzo przypadkowe i zmienne na długości promienie łuków, co zupełnie nie jest zgodne z oryginałem. Należy zatem precyzyjnie zaprojektować i wytyczyć na makiecie położenie toru, najlepiej zgodnie z zasadami stosowanymi na prawdziwej kolei.

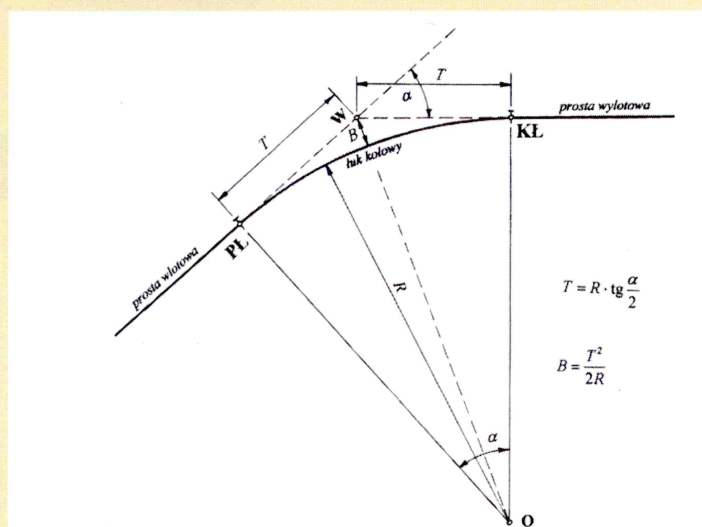
Zacznijmy od omówienia „planu”. W płaszczyźnie poziomej układ geometryczny toru składa się z odcinków prostych, łuków kołowych i krzywych przejściowych.



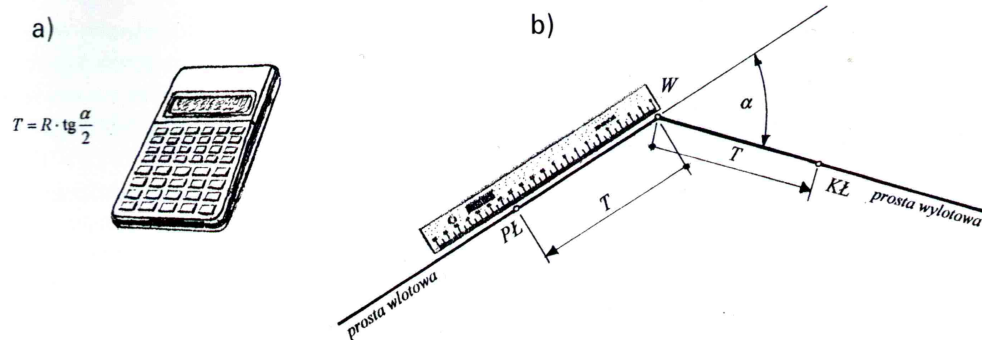
- Rys. 3. Określanie wartości kąta zwrotu α :
- odłożyć wzdłuż przedłużenia prostej wlotowej odległości x_1, x_2 ; wyznaczyć punkty P_1, P_2 ;
 - w punktach P_1, P_2 wystawić proste prostopadłe, które wyznaczą punkty Q_1, Q_2 na prostej wylotowej;
 - zmierzyć odległości y_1, y_2 (czyli długości odcinków P_1Q_1 i P_2Q_2);
 - używając kalkulatora inżynierskiego obliczyć:
 - wartości A_1 i A_2 (powinny być sobie równe lub różnić się nieznacznie);
 - wartość A (średnią arytmetyczną z A_1 i A_2);
 - wartość kąta α używając funkcji arcus tangens ($\arctg$).



Rys. 1. Graficzna interpretacja „planu” i „profilu” toru kolejowego
p1 - początek łuku poziomego, k1 - koniec łuku poziomego,
R - promień łuku poziomego, ZP - załom profilu

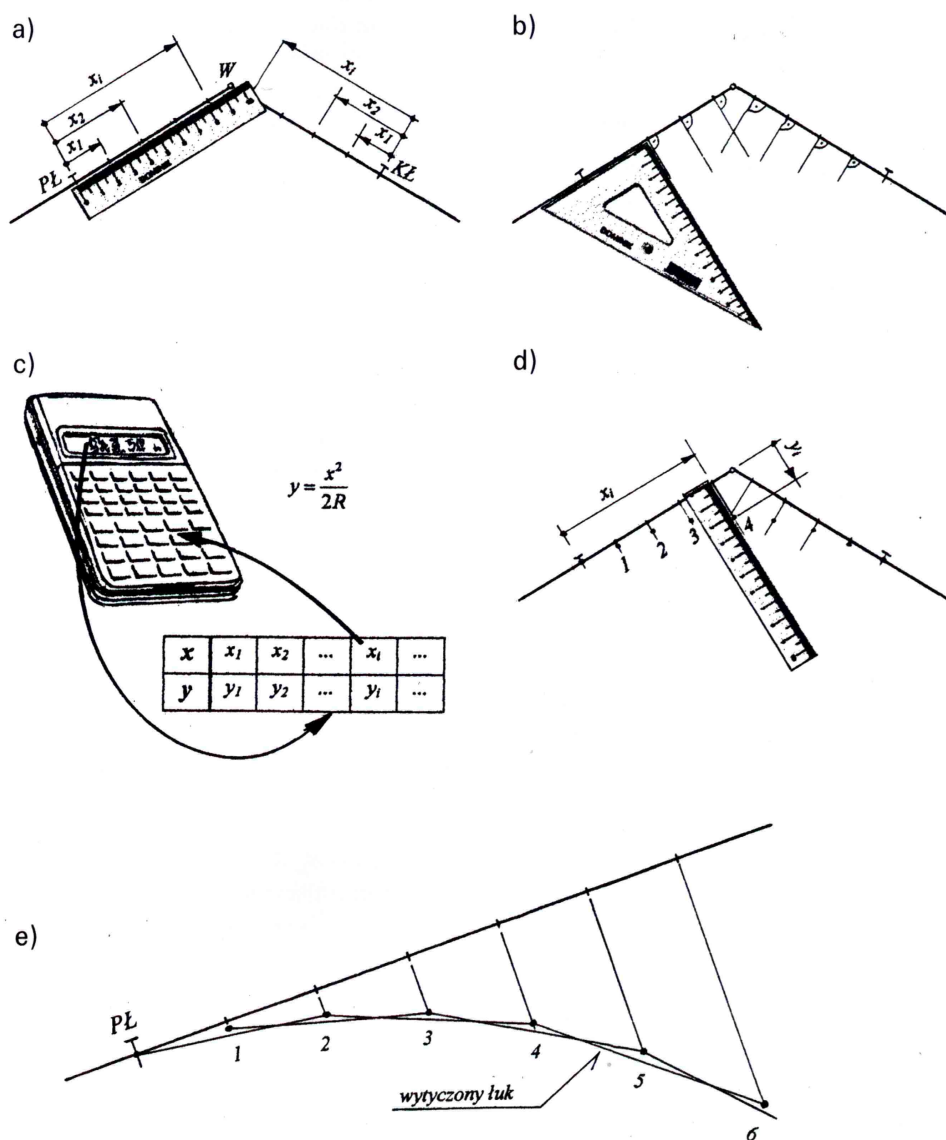


Rys. 2. Układ geometryczny pojedynczego łuku kołowego bez krzywych przejściowych
Oznaczenia: P1 - początek łuku, K1 - koniec łuku, W - wierzchołek łuku, α - kąt zwrotu łuku, T - styczna łuku, R - promień łuku, B - strzałka główna łuku, O - środek łuku



Rys. 4. Znajdowanie początku i końca łuku (PŁ i KŁ):

- a) obliczyć długość stycznej łuku T dla zmierzonego kąta zwrotu α i przyjętego promienia łuku R;
 b) odmierzyć długość T od wierzchołka łuku W w obie strony (po kierunku stycznych) znajdując punkty PŁ i KŁ.



Rys. 5. Wyznaczanie łuku sposobem „od stycznej”:

- a) odmierzyć od PŁ i KŁ (w kierunku wierzchołka W po stycznych) odległości $x_1, x_2, \dots, x_i$;
 b) w wyznaczonych punktach wystawić proste prostopadłe;
 c) obliczyć wartości rzędnych y dla poszczególnych odciętych x wg podanego wzoru;
 d) odmierzyć obliczone rzędne y i oznaczyć punkty nr 1, 2, 3 ... i;
 e) połączyć liniami prostymi co drugi wyznaczony punkt.

Wyznaczenie prostych nie powinno sprawić nikomu trudności, gdyż wystarczy do tego długi, prosty liniał i ołówek. Natomiast narysowanie łuku o stosunkowo dużym promieniu może być kłopotliwe. W tym miejscu wypada dodać, że

łuk kołowy jest to fragment okręgu „zamknięty” dwoma prostymi (wlotową i wylotową), które nazywają się jego stycznymi. Podstawowymi parametrami charakteryzującymi łuk są promień i kąt zwrotu.

Pierwszym zadaniem, które rozwiążemy będzie **wyznaczenie pojedynczego łuku bez krzywych przejściowych**. Na rysunku (rys. 2) został pokazany taki łuk. Podano tam podstawowe zależności matematyczne zachodzące pomiędzy jego poszczególnymi parametrami geometrycznymi. Do narysowania łuku niektórzy stosują „cyrkiel” złożony z ołówka przywiązanego do sznurka o określonej (równej promieniowi) długości. Jest to jednak sposób dość niewygodny, a już na pewno bardzo mało precyzyjny. Najprostszą metodą narysowania (wytyczenia) łuku wydaje się być wykorzystanie zasady **tyczenia od stycznej**. W tym celu musimy najpierw narysować układ stycznych łuku, czyli przedłużyć prostą wlotową i wylotową aż do punktu ich przecięcia - do wierzchołka łuku. Teraz należy zmierzyć kąt zwrotu łuku. Można to wykonać zwykłym kątomierzem, ale jest to sposób mało dokładny. Lepiej użyć trójkątów (ekierek) i linijki z podziałką oraz tzw. inżynierskiego kalkulatora (z funkcjami trygonometrycznymi). Rysunek (rys. 3) pokazuje kolejne czynności pomiarowe i obliczeniowe.

W tym momencie musimy założyć (przyjąć) wartość promienia łuku. Znając kąt zwrotu łuku, położenie jego wierzchołka oraz mając przyjęty promień, musimy obliczyć długości stycznych i znaleźć położenie początku i końca łuku, czyli punktów PŁ i KŁ. Wykonamy to zgodnie z procedurą podaną na następnym rysunku (rys. 4).

Kolejną czynnością jest obliczenie wartości rzędnych y dla poszczególnych odciętych x, czyli wyznaczenie tzw. punktów pośrednich łuku. Im „gęściej” je wyznaczymy, tym dokładniejszy będzie kształt łuku. Wyliczone dla kolejnych odciętych (zgodnie z podanym wzorem) wartości rzędnych odkładamy prostopadłe do kierunku stycznej wlotowej i wylotowej. Na koniec łączymy ze sobą narysowane punkty, „oszukując” trochę geometrię i zamieniając łuk na linię łamaną. Szczegóły postępowania zostały pokazane na rysunku (rys. 5).

Proponuję rozwiązać powyższe zadanie na arkuszu papieru formatu A0 (może być to nawet papier pakowy), stosując promień łuku $R = 2000$ [mm], kąt zwrotu zbliżony do przedstawionego w artykule i podział stycznych x co 20 [mm].

W ten oto sposób wyznaczaliśmy pojedynczy łuk bez krzywych przejściowych. Jeżeli chcemy uzupełnić go o krzywe przejściowe, to musimy wykonać kilka dodatkowych obliczeń i nieco zmienić położenie wytyczonego łuku. O tym, jak to wykonać, napiszę w kolejnym odcinku – za miesiąc.

Leszek Lewiński

Tory na makiecie (2)

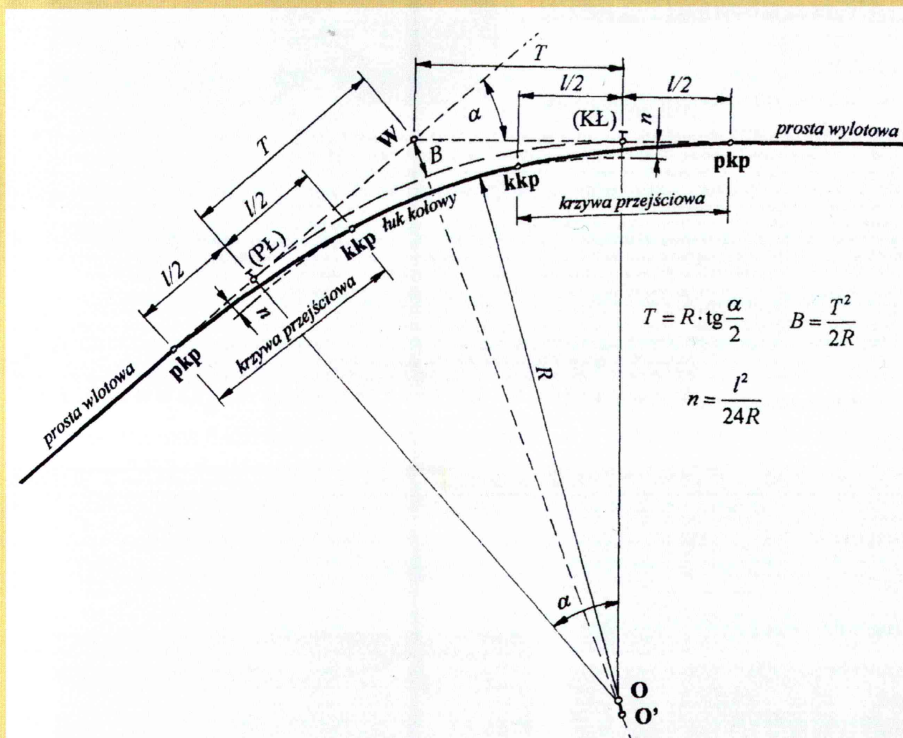
W poprzedniej części zaznajomiliśmy się ze sposobem wyznaczania łuku kołowego bez krzywych przejściowych. Kontynuując omawianie układu geometrycznego toru „w planie” zapoznamy się teraz z wyznaczaniem łuku z krzywymi przejściowymi.

Wyznaczenie łuku z krzywymi przejściowymi nie różni się znacząco od wytyczania łuku bez nich. W tym miejscu wypada tylko dodać, że krzywe przejściowe są odcinkiem paraboli trzeciego stopnia. Umieszcza się je w miejscach przejścia prostej w łuk i odwrotnie. Zasadą jest, że punkty początku i końca łuku (PŁ i KŁ) leżą dokładnie w połowie długości krzywych przejściowych. Zadaniem krzywych przejściowych jest złagodzenie skutków zmiany krzywizny, która w takim miejscu występuje: umożliwiają one lepsze wpisywanie się taboru kolejowego w łuk. Na rysunku (rys. 1) przedstawiony został pojedynczy łuk z krzywymi przejściowymi. Zostały tam również podane pod-

stawowe zależności matematyczne zachodzące pomiędzy poszczególnymi parametrami geometrycznymi.

Rozwiążmy drugie zadanie, polegające na **wyznaczeniu łuku z krzywymi przejściowymi**.

Wyznaczenie łuku z krzywymi przejściowymi rozpoczynamy tak samo, jak tyczenie łuku bez krzywych. Musimy określić kąt zwrotu łuku, przyjąć promień łuku i wyznaczyć położenie początku i końca łuku (PŁ, KŁ). Teraz musimy zdecydować, jaką długość mają mieć krzywe przejściowe. Przyjmując ich długość należy pamiętać, że nie może być ona większa niż długość łuku (czyli odległość pomiędzy punktami PŁ i KŁ).



Rys. 1. Układ geometryczny pojedynczego łuku kołowego z krzywymi przejściowymi.

Oznaczenia:

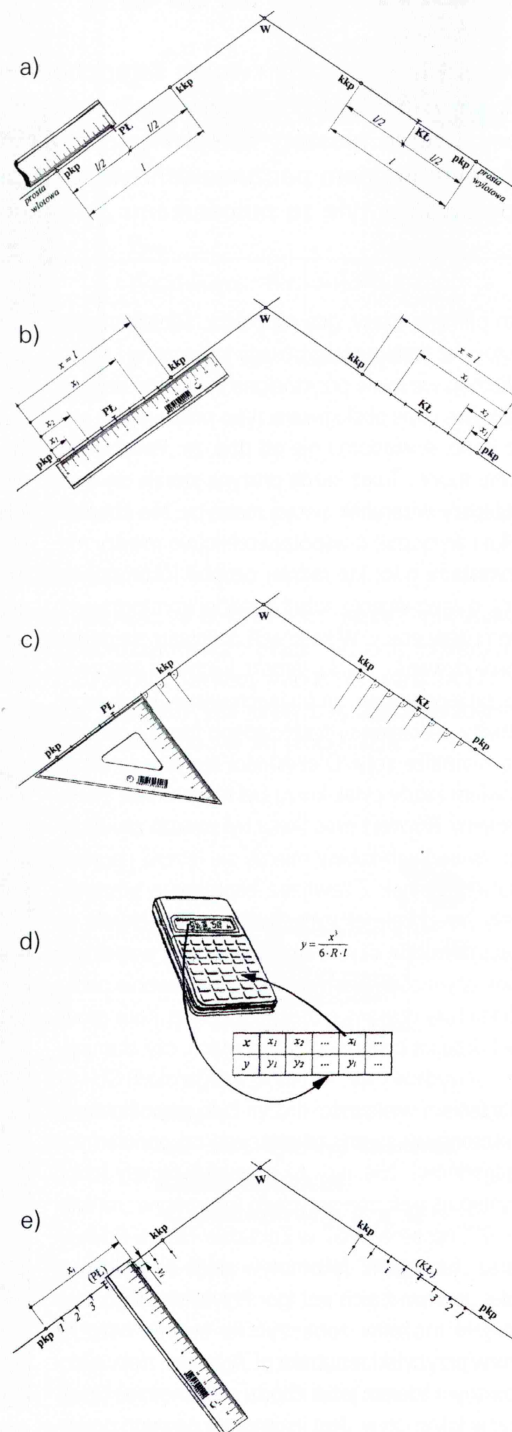
(PŁ) - teoretyczny początek łuku; (KŁ) - teoretyczny koniec łuku;

pkp - początek krzywej przejściowej; kkp - koniec krzywej przejściowej; W - wierzchołek łuku;

α - kąt zwrotu łuku; T - styczna łuku; R - promień łuku; B - strzałka główna łuku; O - środek łuku;

O' - skorygowany środek łuku; l - długość krzywej przejściowej;

n - przesunięcie łuku do wewnątrz



Rys. 2. Wyznaczenie krzywych przejściowych:

a) odczytać wzdłuż prostej wlotowej od punktu PŁ w obie strony wartość $l/2$; to samo wykonać od punktu KŁ wzdłuż prostej wylotowej znajdując w ten sposób punkty pkp i kkp;

b) odmierzyć od obu pkp (w kierunku wierzchołka W po stycznych) odległości $x_1, x_2, \dots, x_i$;

c) w wyznaczonych punktach wystawić proste prostokątne;

d) używając kalkulatora inżynierskiego obliczyć wg podanego wzoru wartości rzędnych y dla poszczególnych odciętych x ;

e) odmierzyć obliczone rzędne y i oznaczyć punkty nr 1, 2, 3, ... i na długości obu krzywych przejściowych.

Oznaczenia do rys. 2a:

l - przyjęta długość krzywych przejściowych

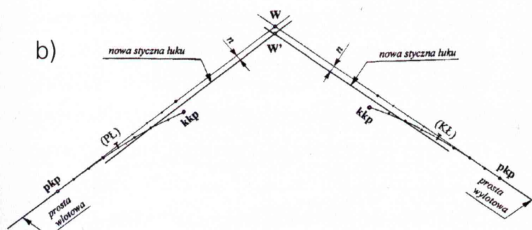
Uwaga: Położenie punktów PŁ i KŁ na prostych wlotowej i wylotowej wyznaczyć identycznie jak dla łuku bez krzywych przejściowych

a)

$$n = \frac{l^2}{24R}$$

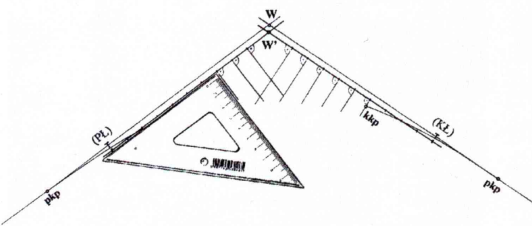
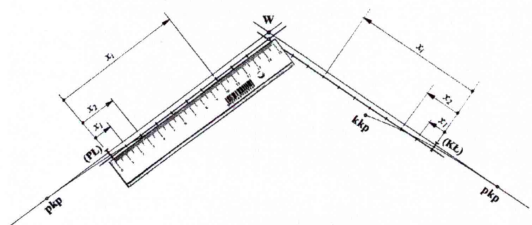


b)

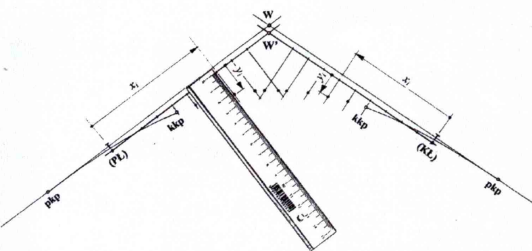


Rys. 3. Wyznaczanie nowych stycznych łuku kołowego:

- a) obliczyć wartość przesunięcia stycznych n ;
 b) narysować nowe styczne (równoległe do prostej wlotowej i wylotowej).



x	x_1	x_2	...	x_i	...
y	y_1	y_2	...	y_i	...



Rys. 4. Wyznaczanie łuku sposobem „od stycznej” pomiędzy punktami kkp - kkp:

- a) odmierzyć od (PŁ) i (KŁ) (w kierunku wierzchołka W' po nowych stycznych) odległości $x_1, x_2, \dots, x_i$;
 b) w wyznaczonych punktach wystawić proste prostopadłe;
 c) obliczyć wartości rzędnych y dla poszczególnych odcinków x wg podanego wzoru;
 d) odmierzyć obliczone rzędne y i oznaczyć punkty łuku;

Gdy długość krzywych przejściowych została ustalona, odmierzamy jej połowę od punktu $PŁ$ w obie strony i czynimy to samo przy punkcie $KŁ$. W ten sposób określamy położenie (na razie na prostych stycznych) początków i końców krzywych przejściowych (pkp i kkp). Możemy wówczas rozpocząć wyznaczanie rzędnych y dla kolejnych odcinków x na długości krzywych przejściowych. Czynimy to dla obu krzywych przejściowych od ich początków ku końcom. Rysunek (rys. 2) przedstawia kolejne czynności.

Pomiędzy punkty oznaczone jako kkp musimy jeszcze wrysować łuk kołowy. Jego styczne są liniami równoległymi do prostych wlotowej i wylotowej, przesuniętymi o wartość n , którą musimy obliczyć. Jest ona funkcją długości krzywej przejściowej l i promienia łuku kołowego R . Korzystając z kalkulatora i wzoru podanego na rysunku obliczamy wartość n i rysujemy nowy układ stycznych. Nowe styczne przecinają się w punkcie W' (rys. 3).

Następnie postępujemy identycznie, jak w przypadku wyznaczania punktów na łuku bez krzywych przejściowych. Kolejne czynności przedstawione zostały na rysunku (rys. 4). Po ich wykonaniu pozostaje tylko połączyć ze sobą co drugi wyznaczony punkt (oszukując nieco geometrię – jak pokazano to w poprzedniej części) i zadanie można uznać za rozwiązane.

Oczywiście muszę zaproponować praktyczne wykonanie omówionego zadania, podobnie jak poprzedniego, na arkuszu papieru formatu A0, stosując promień łuku $R = 2000$ [mm], kąt zwrotu zbliżony do przedstawionego na prezentowanych rysunkach, długość krzywych przejściowych $l = 300$ [mm] i podział krzywych i łuku $x = 20$ [mm].

Chyba wystarczy już teorii i rozwiązywania zadań z geometrii. Teoretyczne rozważania o „planie” toru chcę zakończyć analizą dwóch tematów związanych z kształtowaniem układu geometrycznego torów na makiecie.

Pierwszy dotyczy wyboru minimalnego promienia łuków. Jeżeli nasza makietka ma być realistycznym odzwierciedleniem prawdziwej kolei, to promienie stosowanych łuków

muszą być przynajmniej zbliżone do tych, które występują w rzeczywistości. Nie może być mowy o wykorzystaniu produkowanych przez przemysł modelarski odcinków torów o promieniach rzędu 400-600 mm dla skali H0. W rzeczywistości byłyby to łuki o promieniach 35-52 m! Na makiecie przypominałyby one kształtem tory tramwajowe lub kolejkę w lunaparku. Moim zdaniem minimalnym promieniem, jaki można zastosować na makiecie jest – i tak bardzo niewielki w rzeczywistości – promień odpowiadający 150 metrom. W skali H0 daje to 1725 mm. Zatem praktycznie powinniśmy przyjąć za minimalną wartość promienia łuku poziomego wielkość 1700 mm i poniżej niej „nie schodzić”. Ja na swojej makiecie zastosowałem promienie wynoszące 2000 mm. Oczywiście tak duże wartości promieni łuków spowodują określone potrzeby w zakresie powierzchni niezbędnej do budowy makiety. W związku z tym, że odstępstwa uważam za wykluczone, od razu musimy zdać sobie sprawę z tego, że minimalne wymiary makiety z zamkniętym układem torowym wynosić muszą 4 x 4 m. Uzyskanie takiej powierzchni będzie najczęściej niemożliwe, zatem pozostaje, preferowana zresztą przeze mnie, budowa makiety modułowej z tzw. otwartym układem torowym (patrz ŚK 2, 3/2001).

Drugi temat związany jest z wyborem długości krzywych przejściowych. W rzeczywistości są one bardzo zróżnicowane – od 20 do nawet 200 metrów. Długość ta na prawdziwej kolei wynika z tzw. parametrów kinematycznych ruchu pociągów. Dla potrzeb modelarskich rozważania z zakresu fizyki możemy sobie podarować. Uważam, że krzywe przejściowe o długości 30-60 cm (w skali H0) w zupełności wystarczą.

Tyle teorii. Pora zabrać się za trawowanie i budowę toru kolejowego na makiecie. O praktycznych sposobach wyznaczania osi toru, czyli o rozwiązywaniu zadań z geometrii już na płycie makiety, napiszę w kolejnym odcinku – za miesiąc.

Leszek Lewiński

Tory na makiecie (3)

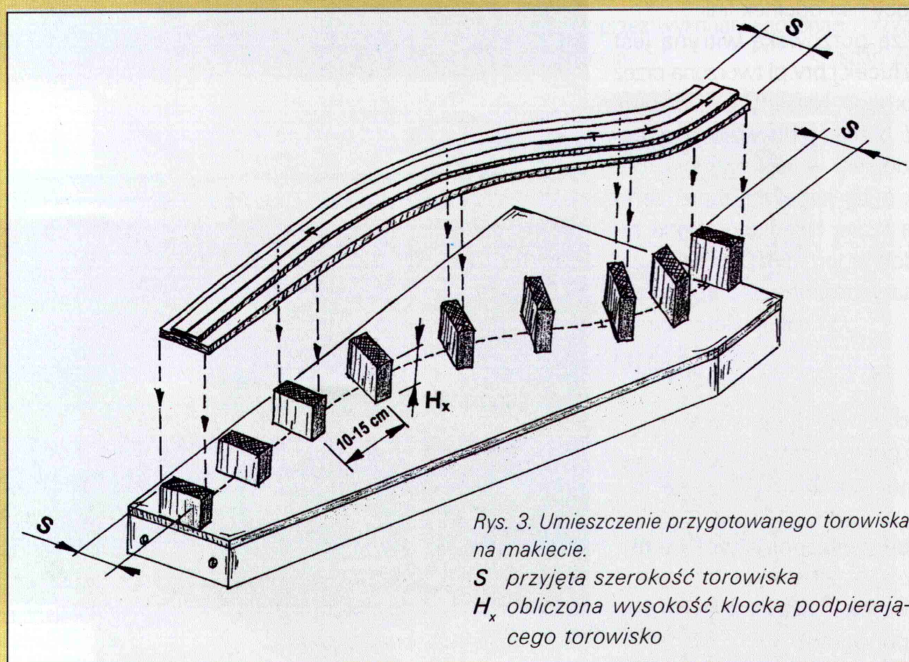
W poprzednich odcinkach zapoznaliśmy się z teorią dotyczącą wyznaczania łuków bez krzywych przejściowych i z krzywymi przejściowymi. Pora zatem na praktyczne wykorzystanie tej wiedzy.

Tor kolejowy, zarówno w oryginale jak i w modelu, jest układany na torowisku, na przygotowanej warstwie podsypki. Zatem zanim zabierzemy się do układania modelowego toru, musimy przygotować – wzorem oryginału – podtorze i dolną warstwę podsypki (tę, która w oryginale jest niewidoczna i znajduje się pod spodem podkładów). Jak już proponowałem na łamach *Świata Kolei* (patrz nr 3/02) dolną warstwę podsypki najlepiej wykonać z kartonu o grubości 1,5-3 mm (dla skali H0). Grubość kartonu zależy od klasy toru, który chcemy naśladować w miniaturze. Dla torów linii magistralnych i pierwszorzędnych grubość podsypki pod podkładami powinna wynosić 30-35 cm, zatem w modelu odpowiedni będzie karton o grubości ok. 3 mm. Na liniach drugorzędnych i w torach głównych dodatkowych warstwa podsypki sięga 20-25 cm. Tam stosować można karton nieco cieńszy. Wreszcie na liniach znaczenia miejscowego i w torach bocznych grubość warstwy podsypki wynosi ok. 13-20 cm, zatem odpowiednie będzie wykorzystanie kartonu o grubości 1,5-2 mm. Powinniśmy zaopatrzyć się w karton dobrej jakości, spoisty i pozbawiony zanieczyszczeń. Najlepiej nabyć kilka arkuszy w sklepie z wyrobami dla artystów plastyków. Taki karton jest co prawda dość drogi (5-8 zł za arkusz formatu A0), ale za to jego jakość jest bez zarzutu.

Pierwszą czynnością będzie wytrasowanie osi toru na arkuszu kartonu, zgodnie z zasadami podanymi w poprzednich odcinkach cyklu. Na rysunku (rys. 1a) widać, że nasz przykładowy odcinek składa się z fragmentu prostej, łuku nr 1 (o kierunku prawym), wstawki prostej, łuku nr 2 (o kierunku lewym) i krótkiej prostej końcowej. Oś toru należy wyznaczyć bardzo dokładnie i narysować cienką linią na kartonie, używając dość twardego ołówka.

Gdy oś zostanie naniesiona na karton, należy narysować w odległości ok. 15 mm równolegle do niej dwie dodatkowe, równoległe linie. Będą to krawędzie dolnej warstwy podsypki. Po tych liniach należy dokonać – używając np. ostrego nożyka lub skalpela – cięcia kartonu (rys. 1b). Otrzymamy pasek z oznaczoną na nim pośrodku osią projektowanego toru. Teraz musimy przygotować arkusz twardej płyty pilśniowej o grubości 3 mm. Będzie to torowisko. Używając kleju typu *wikoł* naklejamy na nią przygotowany pas kartonu (rys. 1c). Dociskamy go silnie i pod obciążeniem (np. książkami) pozostawiamy do wyschnięcia.

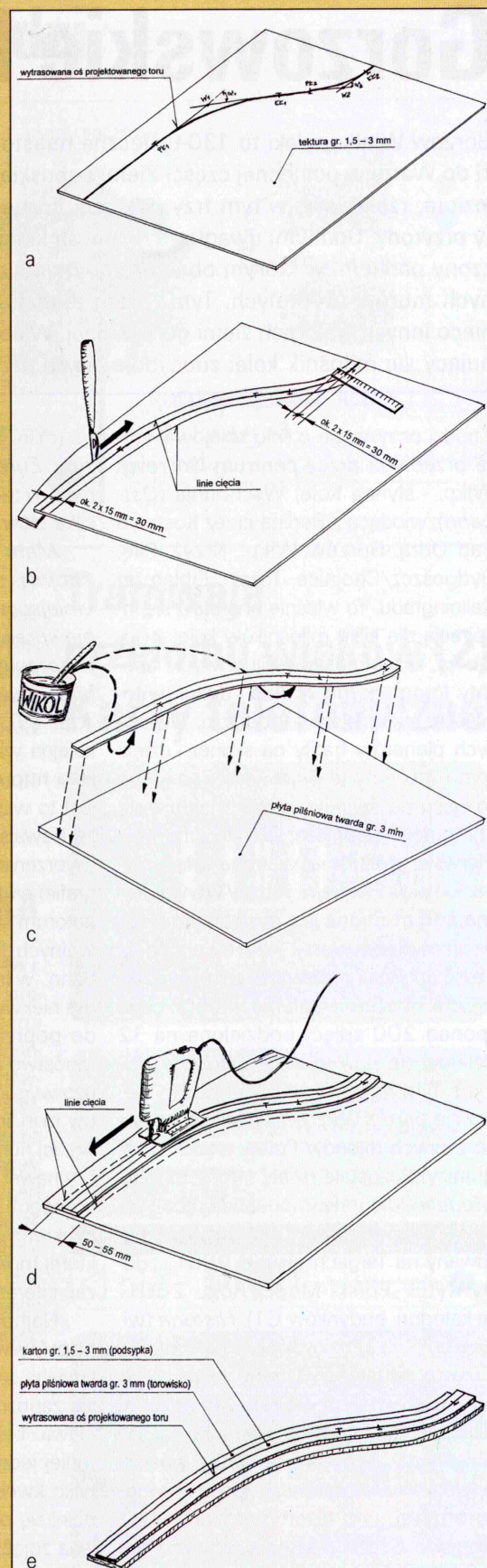
Kolejną czynnością będzie wytrasowanie następnych dwóch linii równoległych do projektowanej osi toru. Tym razem narysujemy je na płycie pilśniowej w odległości około 25-27 mm od osi toru (czyli ok. 10 mm od krawędzi kartonowego pasa). Będą to brzozy torowiska. W rzeczywistości są to krawędzie korpusu ziemnego, zatem jeżeli pod-



Rys. 3. Umieszczenie przygotowanego torowiska na makiecie.

S przyjęta szerokość torowiska

H_x obliczona wysokość klocka podpierającego torowisko



Rys. 1. Wykonanie dolnej warstwy podsypki i torowiska w oparciu o zaprojektowany „plan” toru.

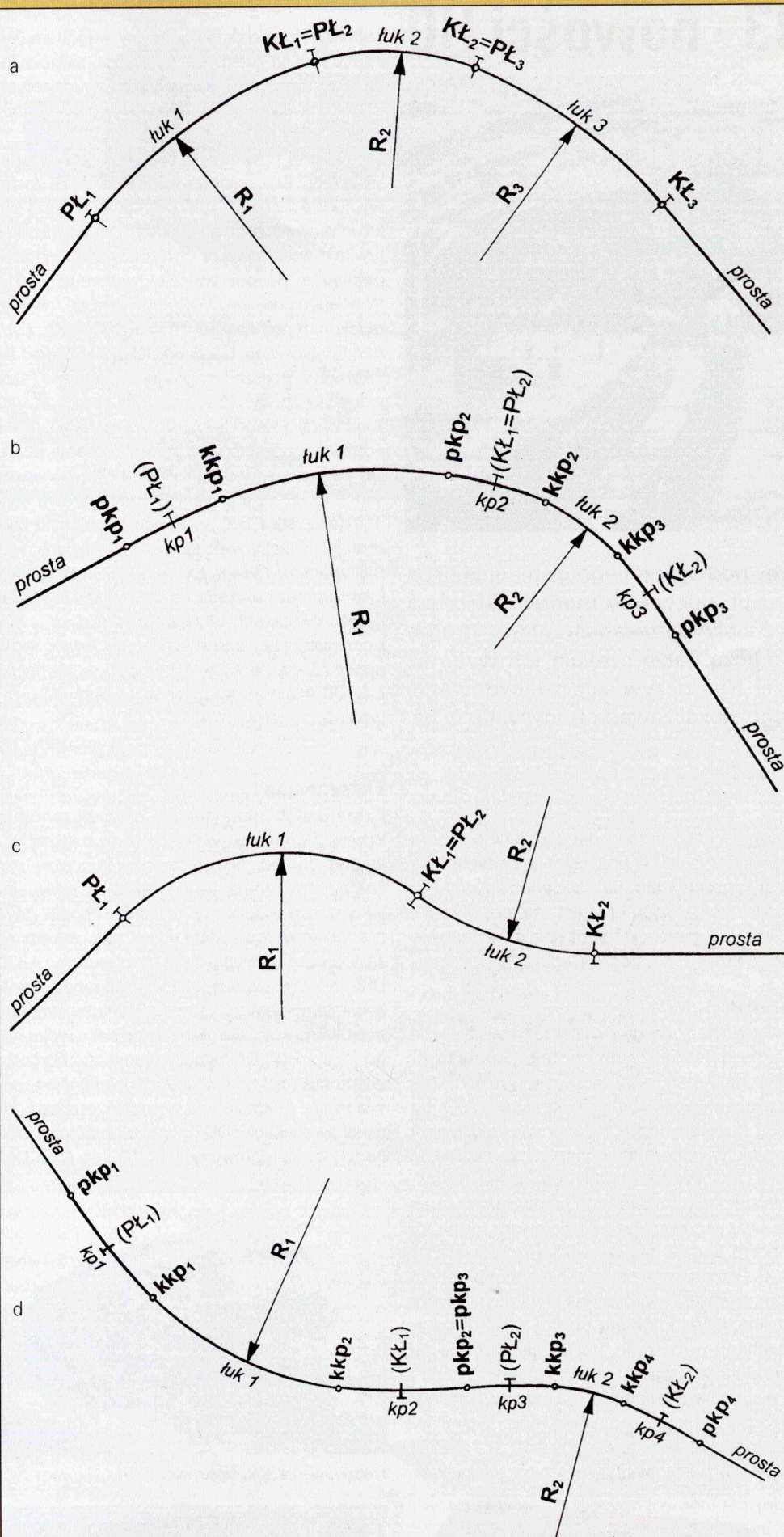
a) Wytrasowanie osi projektowanego toru na arkuszu tektury (kartonie).

b) Wycięcie kartonowego paska – dolnej warstwy podsypki.

c) Naklejenie kartonu na płytę pilśniową twardą.

d) Wycięcie paska z płyty pilśniowej – torowiska.

e) Gotowe torowisko z dolną warstwą podsypki i wytrasowaną osią projektowanego toru.



Rys. 2. Układy łuków koszowych i łuków odwrotnych:

- a) Łuk koszowy o trzech promieniach bez krzywych przejściowych.
- b) Łuk koszowy o dwóch promieniach z trzema krzywymi przejściowymi.
- c) Łuki odwrotne bez krzywych przejściowych.
- d) Łuki odwrotne z krzywymi przejściowymi.

czas wycinania płyty pilśniowej (najlepiej stosować wyrzynarkę elektryczną - jak pokazuje to rys. 1d) linie cięcia nie wyjdą idealnie równe, to nic nie szkodzi. W rzeczywistości brzozy torowiska ulegają w czasie eksploatacji odkształceniom i nigdy nie są idealnie równe (chyba, że akurat ukończono naprawę główną podtorza lub linia kolejowa jest „świeżo” zbudowana).

Efektom naszej dotychczasowej pracy powinien być, pokazany na rys. 1e, pasek płyty pilśniowej o szerokości 50-55 mm z naklejonym nań pasem kartonu, na którym pośrodku znajduje się precyzyjnie wyznaczona projektowana oś toru.

Kończąc sprawę związane z kształtowaniem układu geometrycznego toru w planie dodać należy, że zarówno na prawdziwej kolei, jak i w modelu - na makiecie - istnieje czasami potrzeba zastosowania kształtu toru nieco bardziej skomplikowanego niż pojedyncze łuki kołowe. Takimi układami są łuki koszowe i łuki odwrotne. Wytyczenie takich układów można sprowadzić do tzw. „układu podstawowego”, tj. zastosować opisane już metody wyznaczenia „rozkładając” układ łuków na łuki pojedyncze. Dla porządku należy, chociaż szkicowo, przedstawić schematy łuków koszowych i odwrotnych (rys. 2). Łukami koszowymi nazywamy stykające się ze sobą łuki o tych samych kierunkach, lecz o różnych promieniach. Mogą one posiadać krzywe przejściowe lub nie. Łuki odwrotne to także stykające się ze sobą łuki - tyle tylko, że o kierunkach przeciwnych. Jeżeli ktoś chciałby rozszerzyć swą wiedzę o geometrii toru kolejowego w planie, to polecam lekturę podręczników do technikum kolejowego z przedmiotu drogi kolejowe i miernictwo.

Powróćmy jednak do pracy nad makietą. Aby przygotowane torowisko z dolną warstwą podsypki, posiadające kształt zgodny z zaprojektowanym „planem” toru umieścić na makiecie, należy jeszcze nadać mu odpowiedni profil, czyli ukształtować je odpowiednio w płaszczyźnie pionowej. Na rysunku (rys. 3) pokazano w sposób schematyczny zasadę „podpierania” torowiska drewnianymi klockami. Klocki takie (o szerokości równej szerokości torowiska) należy rozstawić co około 10-15 cm. Najważniejsze jest dobranie wysokości podpór, to znaczy określenie wymiaru H_x . Jeżeli tor ma przebiegać poziomo, wówczas problem praktycznie nie istnieje. Wszystkie klocki muszą mieć taką samą wysokość. Jeżeli jednak chcemy ułożyć tor z pewnym pochyleniem (jak z reguły ma to miejsce w oryginale), to zadanie zaczyna się komplikować. Jeżeli jeszcze pochylenia mają się zmieniać na długości budowanego segmentu makiety, to temat staje się jeszcze bardziej skomplikowany i wymaga od nas posiadania pewnej teoretycznej wiedzy o kształtowaniu układu geometrycznego toru w profilu. Te teoretyczne rozważania będą przedmiotem następnego odcinka. Do zapoznania się z nimi zachęcam za miesiąc.

Leszek Lewiński

Tory na makiecie (4)

W dzisiejszym odcinku zajmiemy się teoretycznymi rozważaniami dotyczącymi kształtowania układu geometrycznego toru kolejowego w płaszczyźnie pionowej, czyli w profilu.

Profil toru kolejowego, wzorem oryginału, powinien składać się nie tylko z odcinków poziomych, ale również ze spadków i wzniesień. Prawdziwe tory rzadko są ułożone poziomo. Jedynie w obrębie stacji częściej można spotkać długie odcinki o zerowym pochyleniu. Co prawda kolejowe pochylenia są niewielkie i nie przekraczają kilkudziesięciu promili, to jednak na makiecie należy, tak jak w rzeczywistości, ukształtować zmienną wysokość toru. Oczywiście profil toru (tak samo jak miało to miejsce w przypadku planu) jest zgodny z profilem podtorza.

Nim jednak zaczniemy przygotowane już modelowe torowisko (podtorze) układać na makiecie, musimy przyswoić sobie kilka podstawowych pojęć dotyczących układu geometrycznego w płaszczyźnie pionowej.

- Odcinki o jednakowym spadku lub wzniesieniu nazywa się pochyleniami (rys.1). Wielkość pochylenia określa się w promilach [‰] i oblicza ze wzoru:

$$i = \frac{\Delta h}{l} \cdot 1000$$

gdzie:

i – oznacza wartość pochylenia w [‰]

Δh – przyrost wysokości

l – długość pochylenia, tj. długość odcinka, na którym przyrost Δh wystąpił.

- Maksymalna wartość pochylenia zależy od kategorii linii kolejowych. Dla linii znaczenia miejscowego dopuszcza się stosowanie pochyłeń nawet rzędu 30‰.

- Miejsce zmiany pochylenia nazywa się załomem profilu. Załomy możemy podzielić na:

- zgodne lub przeciwnie – w zależności od tego, czy pochylenia przed i za załomem mają kierunki takie same, czy odwrotne;
- wklęsłe lub wypukłe;
- niewyokrąglone lub wyokrąglone.

- Wyokrąglania załomów profilu stosuje się wówczas gdy różnica wartości pochyłeń sąsiednich (przy załomach zgodnych) lub suma wartości pochyłeń sąsiednich (przy załomach przeciwnych) jest równa lub większa od 2,5‰.

- Gdy załom wymaga wyokrąglenia, wykonuje się je łukiem pionowym o dużym promieniu. Minimalny promień takiego łuku pionowego na prawdziwej kolei wynosi 2000 m, a najczęściej stosuje się promienie rzędu 10000 m.

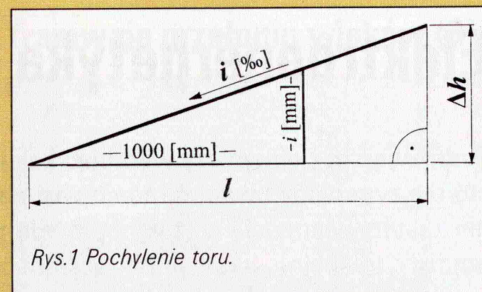
Poszczególne rodzaje załomów zostały przedstawione na rysunku (rys. 2).

Znając pochylenie toru i jego długość można w prosty sposób obliczyć przyrost wysokości. Wystarczy przekształcić wzór na wartość pochylenia. Otrzymamy wówczas:

$$\Delta h = \frac{i \cdot l}{1000}$$

Przykład powinien rozwiązać wszelkie wątpliwości. Jeżeli modelowy tor chcemy ułożyć na wzniesieniu o wartości 6‰, to na każdym odcinku o długości 100 mm wysokość toru będzie wzrastała o:

$$\Delta h_{100} = \frac{6 \cdot 100}{1000} = \frac{600}{1000} = 0,6 [mm]$$



Rys.1 Pochylenie toru.

Niby jest to niewiele, ale już na długości 1 m tor wzniesie się o 6 mm. Gdyby przyjąć pochylenie o wartości 15‰, to przyrost wysokości byłby o wiele szybszy i wynosił 1,5 mm na długości 100 mm, czyli 15 mm na długości 1 m.

Nieco trudniejszym zadaniem będzie „rozliczenie” profilu pokazanego na rysunku (rys. 3). Przedstawiony tam układ pochyłeń składa się z czterech odcinków. Pierwszy jest wzniesieniem o wartości 4‰ i długości 300 mm, drugi również wzniesieniem lecz o wartości mniejszej wynoszącej 2‰ i długości 420 mm. Trzeci odcinek to spadek o pochyleniu 6‰ na długości 800 mm, a ostatni – czwarty – wzniesienie o wartości 12‰ i długości 500 mm. Podana jest również wysokość punktu początkowego P. Wynosi ona 50 mm ponad poziom porównawczy. Zadanie polega na obliczeniu wysokości kolejnych załomów profilu (ZP_1 , ZP_2 , ZP_3) oraz wysokości punktu końcowego K. Należy również podać przepis, czyli wzór umożliwiający obliczenie wysokości dowolnego punktu zaprojektowanego profilu.

Oto rozwiązanie:

Znając wysokość punktu P i wartość pochylenia i , pomiędzy punktami P i ZP_1 oraz odległość L_1 pomiędzy tymi punktami można obliczyć wysokość punktu ZP_1 . Można powiedzieć, że wysokość punktu ZP_1 równa jest wysokości punktu P powiększonej o przyrost wysokości wynikający z pochylenia i na długości L_1 . Zapisać to można jako:

$$H_{ZP_1} = H_P + \frac{i \cdot L_1}{1000}$$

Podstawiając wartości z zadania otrzymamy:

$$H_{ZP_1} = 50 + \frac{4 \cdot 300}{1000} = 51,2 [mm]$$

Analogicznie obliczymy wysokości punktów ZP_2 , ZP_3 i K:

$$H_{ZP_2} = H_{ZP_1} + \frac{i_2 \cdot L_2}{1000} = 51,2 + \frac{2 \cdot 420}{1000} = 52,04 [mm] \approx 52 [mm]$$

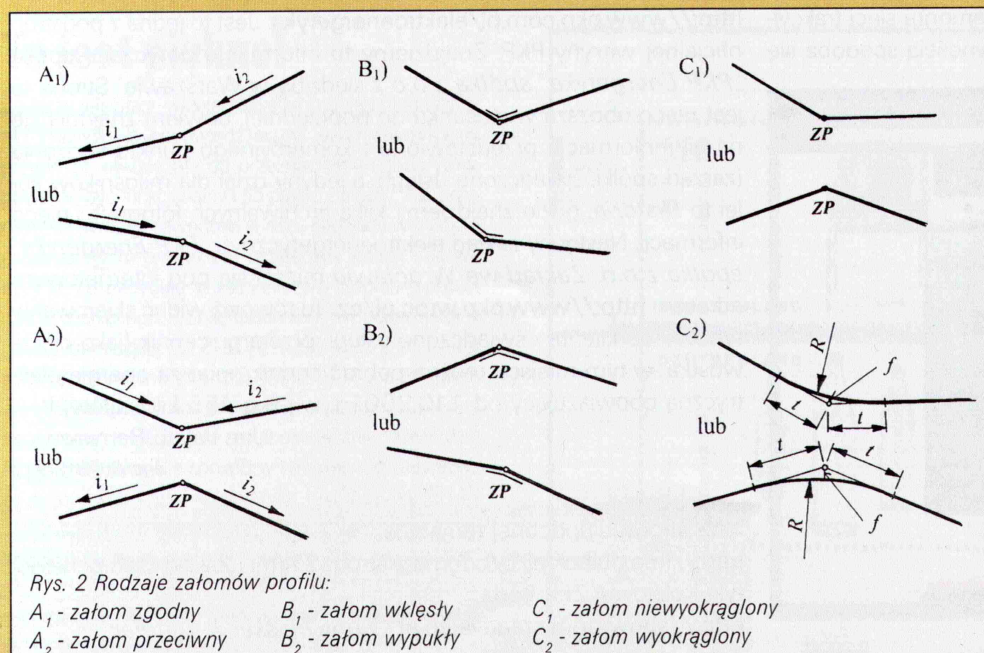
$$H_{ZP_3} = H_{ZP_2} - \frac{i_3 \cdot L_3}{1000} = 52,04 - \frac{6 \cdot 800}{1000} = 47,24 [mm] \approx 47 [mm]$$

$$H_K = H_{ZP_3} + \frac{i_4 \cdot L_4}{1000} = 47,24 + \frac{12 \cdot 500}{1000} = 53,24 [mm] \approx 53 [mm]$$

W sposób bardzo podobny możemy obliczyć wysokości dowolnych punktów na zaprojektowanej niwelecie. Oznaczając przez x odległość punktu (którego wysokość H_x chcemy obliczyć) od poprzedzającego go załomu, zapisać możemy:

$$H_{x_1} = H_P + \frac{i_1 \cdot x_1}{1000}$$

$$H_{x_2} = H_{ZP_1} + \frac{i_2 \cdot x_2}{1000}$$



Rys. 2 Rodzaje załomów profilu:

A_1 - załom zgodny

B_1 - załom wklęsły

C_1 - załom niewyokrąglony

A_2 - załom przeciwny

B_2 - załom wypukły

C_2 - załom wyokrąglony

$$H_{X_3} = H_{ZP_2} - \frac{i_3 \cdot x_3}{1000}$$

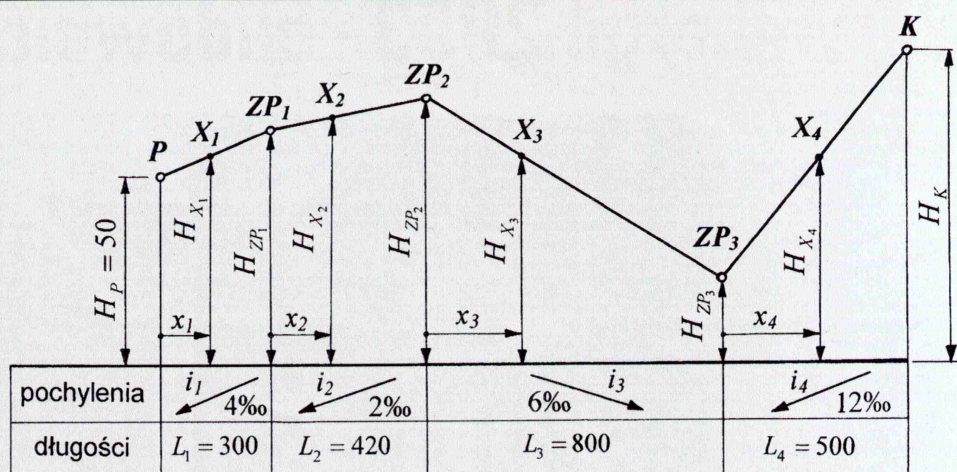
$$H_{X_4} = H_{ZP_3} + \frac{i_4 \cdot x_4}{1000}$$

W naszym zadaniu występują trzy załomy profilu. Pierwszy z nich – załom ZP_1 (wypukły, zgodny) – nie wymaga wyokrąglenia łukiem pionowym, gdyż różnica pochyłeń w tym załomie jest mniejsza od 2,5‰ i wynosi: $i_1 - i_2 = 4 - 2 = 2‰$. Pozostałe dwa załomy wymagają wyokrąglenia, gdyż:

- w załomie ZP_2 (wypukły, przeciwny) suma pochyłeń wynosi $i_2 + i_3 = 2 + 6 = 8‰$ i jest większa od 2,5‰;
- w załomie ZP_3 (wklęsły, przeciwny) suma pochyłeń wynosi $i_3 + i_4 = 6 + 12 = 18‰$ i także jest większa od 2,5‰.

O tym jak rozliczyć niweletę toru w obrębie załomów napiszę w następnym numerze.

Leszek Lewiński



Rys. 3 Fragment profilu toru kolejowego.

Tory na makiecie (5)

W poprzednim odcinku został podany sposób obliczania wysokości toru ułożonego w określonym pochyleniu oraz omówiono rodzaje załomów profilu. W ostatniej części teoretycznych rozważań na temat profilu toru zapoznamy się z zasadami rozliczania niwelety w obrębie załomów wyokrąglonych łukami pionowymi.

Na wstępie należy przypomnieć, że w zadaniu zamieszczonym w poprzednim odcinku wystąpiły dwa tego typu załomy: pierwszy, oznaczony jako ZP_2 (wypukły, przeciwny) i drugi – ZP_3 (wklęsły, przeciwny). Obliczone zostały wysokości teoretycznych punktów załomu: $H_{ZP_2} = 52 \text{ mm}$ i $H_{ZP_3} = 47 \text{ mm}$ (rys. 1).

Aby wyokrąglić załom łukiem pionowym należy najpierw przyjąć (założyć) wartość promienia łuku wyokrąglającego. Na prawdziwej kolei stosowane są łuki pionowe o dużych, a nawet bardzo dużych promieniach. Minimalny promień wynosi 2000 m. Najczęściej występują jednak łuki pionowe o promieniach 5000, 10 000 i 20 000 m. W skali 1:87 powinniśmy więc zastosować promienie wyokrąglające rzędu 23 – 230 m! Wydaje się to szokująco dużym wymiarem, ale obliczenia wkrótce dowiodą, że tak duże promienie można z powodzeniem zastosować nawet na małych makietach.

Wyokrąglenie załomu profilu łukiem pionowym sprawia, że niweleta toru w obrębie łuku wyokrąglającego zmienia się. Gdy wyokrąglany załom jest wklęsły – tor w rejonie załomu niejako podnosi się ponad teoretyczny punkt załomu ZP . Jeżeli wyokrąglenie wykonujemy w załomie wypukłym, to niweleta toru obniża się w rejonie ZP . Pokazuje to rys. 2.

Przyjmijmy, że załom ZP_2 chcemy wyokrąglić łukiem o promieniu 30 m (tj. 30 000 mm). Styczne łuku pionowego obliczymy ze wzoru:

$$T = \frac{n \cdot R}{2000}$$

gdzie:

T – długość stycznej łuku pionowego wyokrąglającego załom [mm]

n – suma (dla pochyłości przeciwnych) lub różnica (dla pochyłości zgodnych) pochyłości w załomie [‰]

R – promień łuku pionowego wyokrąglającego załom [mm].

W załomie ZP_2 wartość n wynosi $2 + 6 = 8\text{‰}$. Stąd:

$$T = \frac{8 \cdot 30000}{2000} = 120 \text{ [mm]}$$

Należy teraz obliczyć strzałkę główną łuku wyokrąglającego, czyli wymiar, o który należy skorygować wysokościowe położenie punktu ZP_2 . Obliczymy ją ze wzoru:

$$f = \frac{T^2}{2 \cdot R}$$

gdzie:

T – obliczona długość stycznej łuku pionowego [mm]

R – przyjęty promień łuku pionowego wyokrąglającego załom [mm].

Dla załomu ZP_2 otrzymamy:

$$f = \frac{120^2}{2 \cdot 30000} = 0,24 \text{ [mm]}$$

Jest to wartość niewielka. W zasadzie można uznać, że wysokość punktu ZP_2 praktycznie nie zmienia się. W praktyce oznacza

to, iż załom profilu będziemy kształtować tak jak niewyokrąglony.

W przypadku załomu ZP_3 wyniki obliczeń będą nieco inne. Założmy promień łuku wyokrąglającego $R = 50 \text{ m}$ (50 000 mm). Otrzymamy:

$$T = \frac{(6 + 12) \cdot 50000}{2000} = 450 \text{ [mm]}$$

$$f = \frac{450^2}{2 \cdot 50000} = 2,025 \text{ [mm]} \approx 2 \text{ [mm]}$$

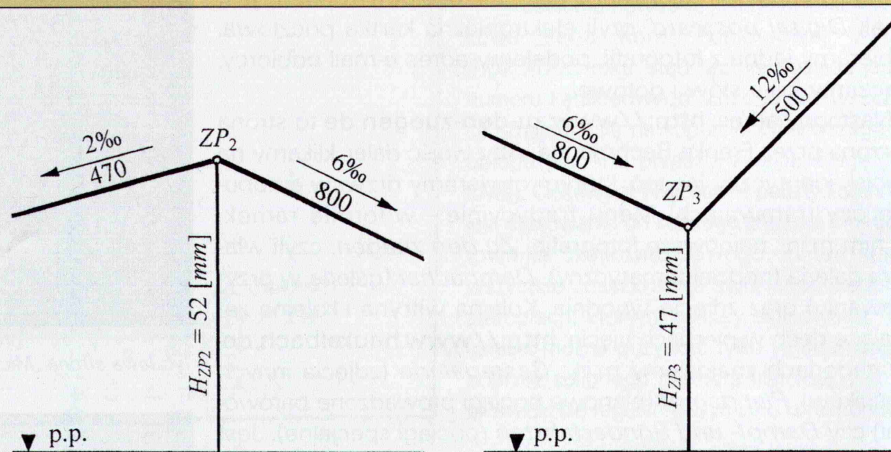
Wartość strzałki jest niby niewielka, jednak znacząca. Patrząc na rys. 1b stwierdzimy, że na skutek wyokrąglenia wysokość punktu ZP_3 „urośnie” o 2 mm, czyli wymiar H_{ZP_3} wyniesie $47 + 2 = 49 \text{ [mm]}$ (rys. 3).

Powinniśmy obliczyć jeszcze wysokość toru w punktach M i N , to znaczy w miejscu początku i końca łuku pionowego. Korzystając ze wzorów podanych w części 4 (ŚK 4/03) otrzymamy:

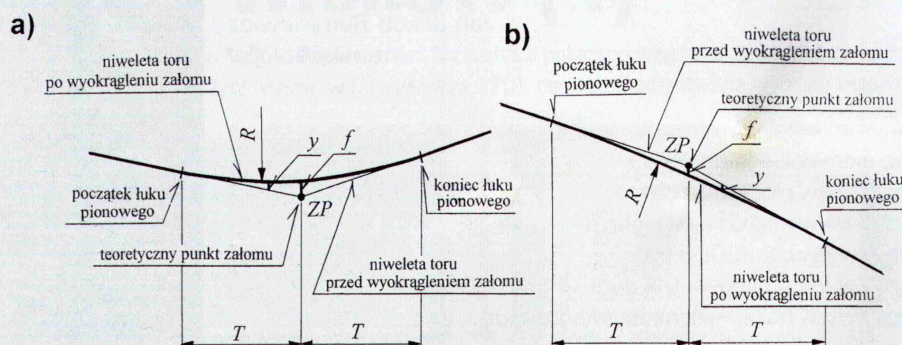
$$H_M = H_{ZP_3} + \frac{i_3 \cdot T}{1000} = 47 + \frac{6 \cdot 450}{1000} = 49,7 \text{ [mm]}$$

$$H_N = H_{ZP_3} + \frac{i_4 \cdot T}{1000} = 47 + \frac{12 \cdot 450}{1000} = 52,4 \text{ [mm]}$$

W związku z tym, że odległość pomiędzy punktami M i ZP_3 oraz ZP_3 i N wynosi aż 450 mm, to należy dodatkowo określić wysokości toru w punktach pośrednich na tych odcinkach. Wykonamy to dla punktów M_1 , M_2 oraz N_1 (rys. 4).



Rys. 1. Załomy profilu ZP_2 i ZP_3 podlegające wyokrągleniu łukami pionowymi.



Rys. 2. Podstawowe elementy geometryczne niwelety toru w obrębie załomu profilu wyokrąglonego łukiem pionowym: a) załom wklęsły; b) załom wypukły.

Punkty M_1 i M_2 ustalono w odległościach $X_{M1} = 150$ mm od punktu M w kierunku załomu ZP_3 i $X_{M2} = 300$ mm od punktu M w kierunku załomu ZP_3 , zaś punkt N_1 w odległości $X_{N1} = 200$ mm od punktu N w kierunku załomu ZP_3 . Zgodnie z poznanymi wcześniej wzorami łatwo obliczyć możemy wysokości punktów m_1 , m_2 i n_1 , leżących odpowiednio na pochyleniach i_3 oraz i_4 . Otrzymamy:

$$H_{m1} = H_{ZP3} + \frac{i_3 \cdot (T - X_{m1})}{1000} = 47 + \frac{6 \cdot (450 - 150)}{1000} = 48,8 \text{ [mm]}$$

$$H_{m2} = H_{ZP3} + \frac{i_3 \cdot (T - X_{m2})}{1000} = 47 + \frac{6 \cdot (450 - 300)}{1000} = 47,9 \text{ [mm]}$$

$$H_{n1} = H_{ZP3} + \frac{i_4 \cdot (T - X_{n1})}{1000} = 47 + \frac{12 \cdot (450 - 200)}{1000} = 50 \text{ [mm]}$$

Chcąc poznać wysokości punktów M_1 , M_2 i N_1 (leżących na łuku pionowym wyokrąglającym załom) musimy skorygować obliczone wysokości o wartości rzędnych łuku pionowego y , czyli obliczyć rzędne y_{M1} , y_{M2} i y_{N1} .

Skorzystamy ze wzoru:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot R}$$

gdzie:

y – wartość rzędnej [mm]

x – odległość od początku (lub od końca) łuku pionowego [mm]

R – promień łuku pionowego [mm]

Podstawiając do wzoru otrzymamy:

$$y_{M1} = \frac{150^2}{2 \cdot 50000} = 0,2 \text{ [mm]}$$

$$y_{M2} = \frac{300^2}{2 \cdot 50000} = 0,9 \text{ [mm]}$$

$$y_{N1} = \frac{200^2}{2 \cdot 50000} = 0,4 \text{ [mm]}$$

Dodając do obliczonych wcześniej wysokości punktów m_1 , m_2 i n_1 obliczone rzędne otrzymamy wysokości punktów M_1 , M_2 i N_1 , które wyniosą odpowiednio:

$$H_{M1} = H_{m1} + y_{m1} = 48,8 + 0,2 = 49,0 \text{ [mm]}$$

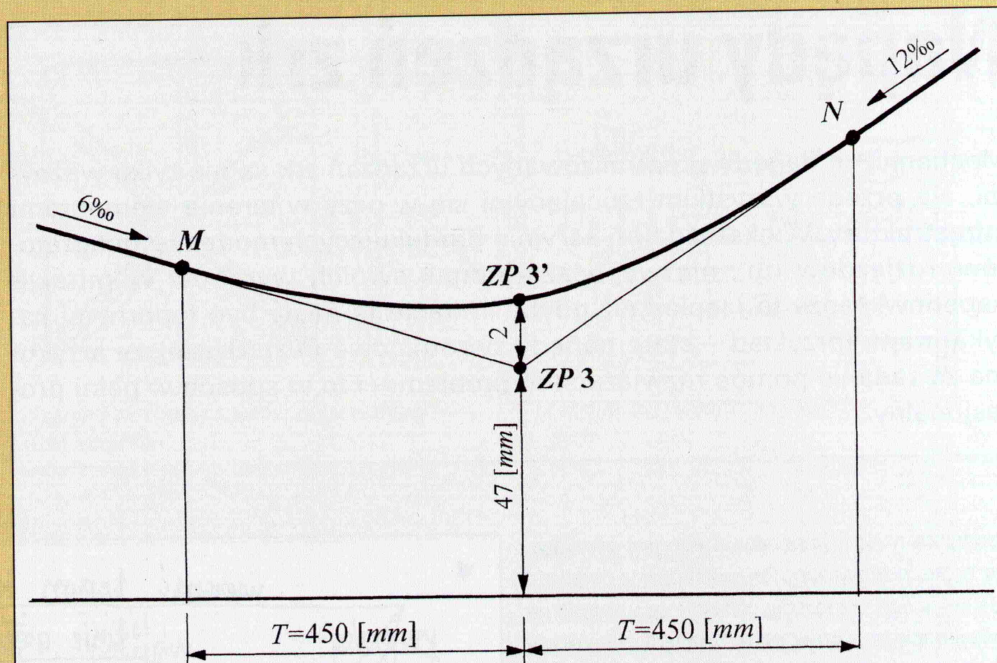
$$H_{M2} = H_{m2} + y_{m2} = 47,9 + 0,9 = 48,8 \text{ [mm]}$$

$$H_{N1} = H_{n1} + y_{n1} = 50 + 0,4 = 50,4 \text{ [mm]}$$

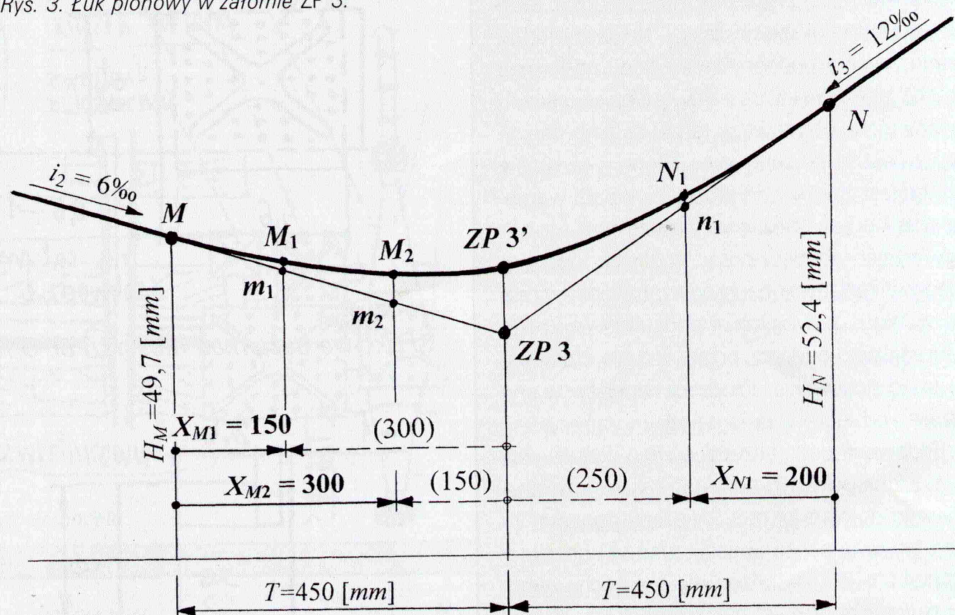
Kto chce spróbować swoich sił, niech obliczy wysokości innych punktów w obrębie załomu np. w odległości 100 i 400 mm od punktu M i N w kierunku ZP_3 .

Na tym kończymy teoretyczne rozważania dotyczące profilu toru. W kolejnym odcinku napiszę jak poznane sposoby obliczania niwelety wykorzystać w praktyce podczas kształtowania profilu modelowego toru.

Leszek Lewiński



Rys. 3. Łuk pionowy w załomie ZP 3.



Rys. 4. Obliczanie wysokości punktów pośrednich M_1 , M_2 i N_1 w rejonie załomu ZP 3.

Tory na makiecie (6)

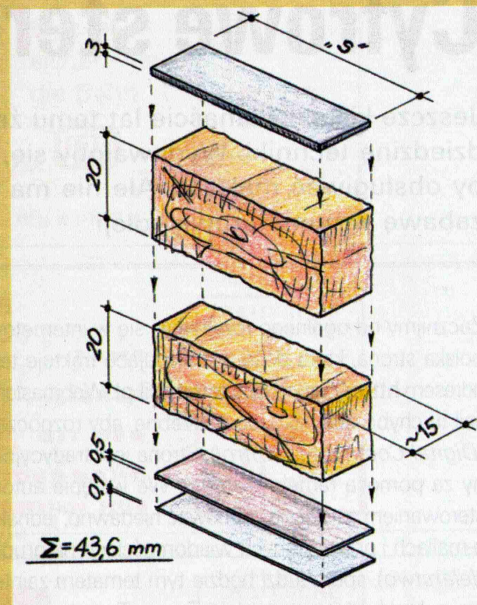
Z pewnością część czytelników-modelarzy poczuła się nieco zmęczona teoretycznymi rozważaniami z zakresu kształtowania układów geometrycznych torów. Zapewniam jednak, że podane podstawy teoretyczne powinny być znane każdemu modelarzowi realicie. W dzisiejszym odcinku powracamy do praktycznych wskazówek związanych z budową torowiska i toru na makiecie. Oczywiście dla przypomnienia dodam, że naszym celem jest wierne odtworzenie toru kolejowego – zarówno jego geometrii, jak i konstrukcji.

W trzeciej części (ŚK 3/03) doszliśmy do momentu, gdy mamy przygotowane torowisko z dolną warstwą podsypki i precyzyjnie wyznaczonym przebiegiem projektowanej osi toru. Należy teraz umieścić je na makiecie, ustawiając na podporach o odpowiedniej wysokości (rys. 1).

Rozpocniemy od przygotowania tychże klocków – podpórek. Przeprowadzając obliczenia niwelety toru określiliśmy wysokościowe położenie główki szyny ponad tzw. poziom porównawczy (p.p.), będący po prostu płytą makiety. Aby określić wysokości podpórek musimy od obliczonej niwelety odjąć grubość (a właściwie wysokość) modelowego toru i przygotowanego torowiska z podsypką. Pomiarów dokonamy używając suwmiarki. Fotografia (fot. 1) pokazuje mierzenie grubości torowiska z podsypką. Jeżeli zgodnie z moją propozycją zastosowaliśmy tor modelowy *ROCO-line*, torowisko wycięte z płyty pilśniowej twardej

o grubości 3 mm, a podsypkę z kartonu o grubości 2,5 mm, to konstrukcja taka powinna mieć grubość $4,1 + 2,5 + 3 = 9,6$ mm (rys. 2).

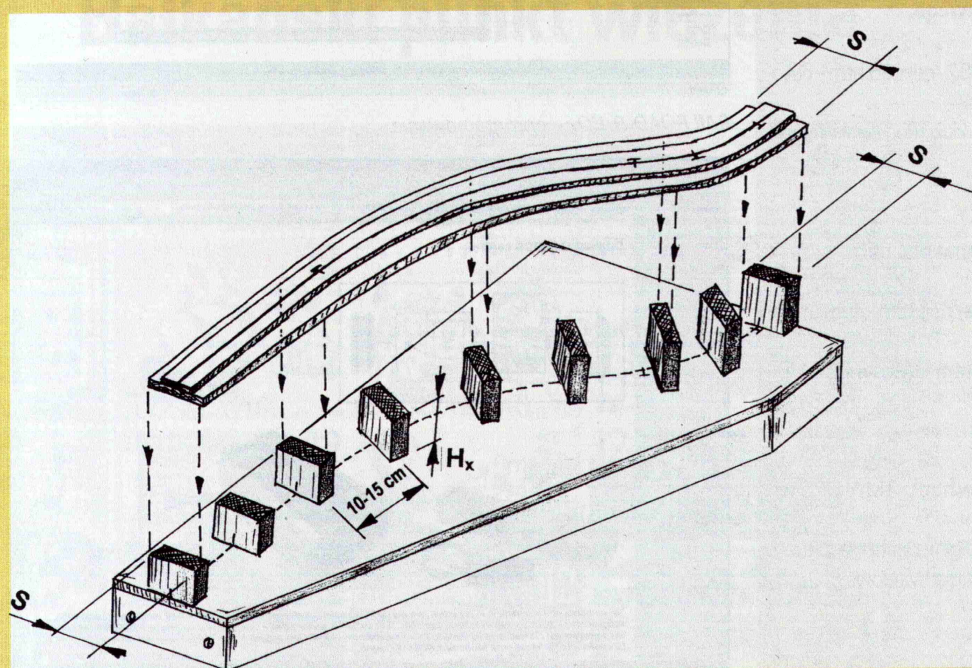
Każdy klocek – podpórka musi mieć określoną wysokość. W związku z tym, że dla wielu modelarzy trudnością byłoby przygotowanie drewnianych klocków o zadanej wysokości z dokładnością rzędu 0,1 mm, to proponuję przyjąć stosowane przeze mnie rozwiązanie. W zakładzie stolarskim lub w sklepie z wyrobami drewnianymi kupuję listwę o wymiarach np. 50 x 20 mm i 50 x 15 mm. Listwę taką tnę (piłą o drobnych ząbkach – np. do metalu) na kawałki o długości 15 mm (rys. 3). Jeżeli nawet linia cięcia nie wyjdzie nam równa, to i tak uzyskamy klocki o stałej grubości 20 i 15 mm i stałej szerokości 50 mm. Przygotujemy także paski z kartonu grubości od 0,1 do 4 mm i szerokości 15 mm. Używając kleju typu *wiko* skleamy ze sobą odpowiednią ilość klocków



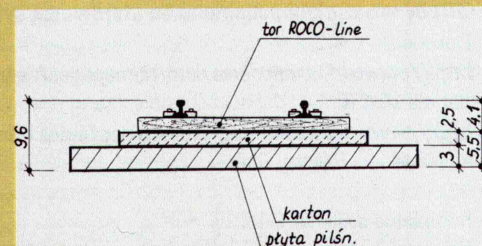
Rys. 4. Sposób wykonania podpory o określonej wysokości.

o określonych grubościach, uzupełniając brakujące milimetry paskami kartonu. Kontrolując wymiary suwmiarką wykonać możemy w podany sposób podpory o zadanej wysokości z dokładnością 0,1 mm. Rysunek (rys. 4) i fotografia (fot. 3) pokazują szczegóły.

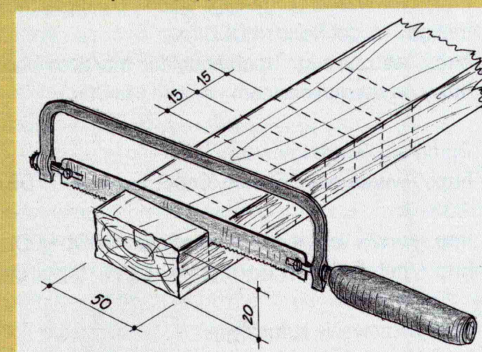
Wystarczy teraz przykleić przygotowane klocki do płyty makiety (oczywiście pamiętając, aby znalazły się one w ściśle określonych lokalizacjach, wynikających z zaprojektowanego planu i profilu toru). Przedstawia to fotografia (fot. 4). Dla pewności należy jeszcze raz skontrolować wysokość ustawionych podpór, mierząc ją suwmiarką. Gdy podpory są trwale umocowane do płyty makiety,



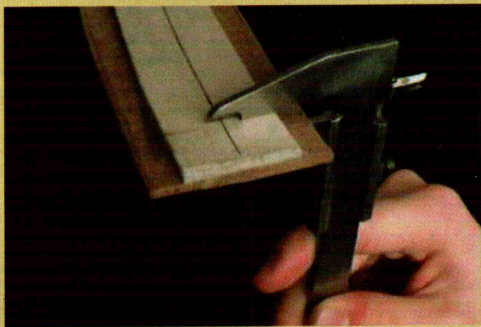
Rys. 1. Umieszczenie przygotowanego torowiska na makiecie.



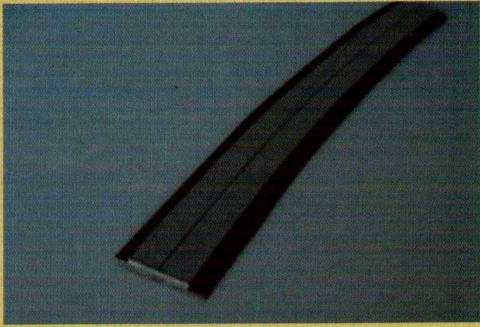
Rys. 2. Grubość (wysokość) konstrukcji: tor + torowisko z dolną warstwą podsypki.



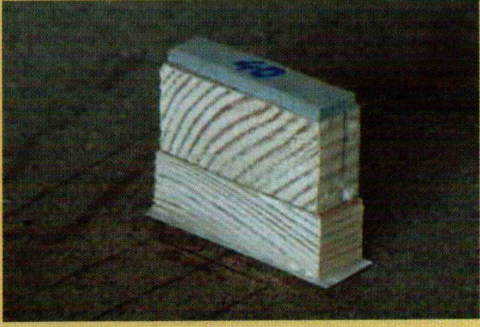
Rys. 3. Cięcie listwy na 15 mm odcinki.



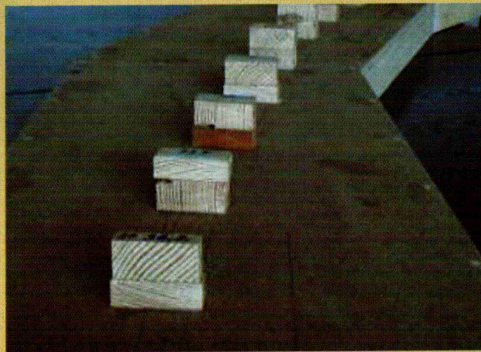
Fot. 1. Pomiar grubości torowiska z podsypką.



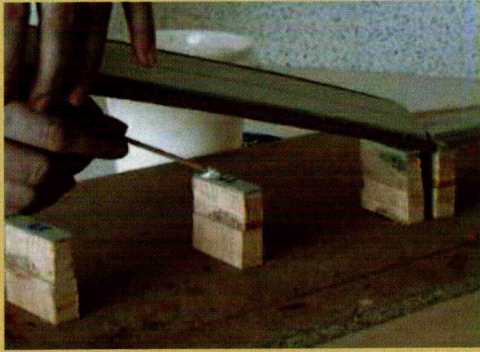
Fot. 2. Torowisko z podsypką. Widoczna wytrasowana oś projektowanego toru.



Fot. 3. Przygotowana podpora o określonej wysokości (40 mm).



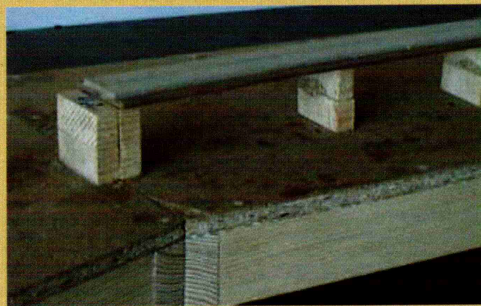
Fot. 4. Podpory ustawione w określonych lokalizacjach, wzdłuż zaprojektowanej osi trasy.



Fot. 5. Układanie torowiska na podporach.



Fot. 6a. Torowisko przyklejone do podpór.



Fot. 6b. Szczegół podparcia torowiska w rejonie połączenia segmentów makiety (podpora podwójna).

wystarczy posmarować ich górne powierzchnie klejem (fot. 5), nałożyć torowisko, docisnąć (np. układając na nim odważniki lub w ostateczności słoliki z wodą) i pozostawić w spokoju na kilka godzin, aby klej dobrze związał (fot. 6). Torowisko jest gotowe (fot. 6) i można zabrać się za układanie na nim nawierzchni.

O tym, jaką nawierzchnię zastosować i jak ułożyć ją na torowisku napiszę w następnym odcinku.

Leszek Lewiński

Tory na makiecie (7)

Dotychczasowe odcinki cyklu poświęcono „geometrii” toru kolejowego. Gdy znamy już podstawowe zasady kształtowania układu geometrycznego toru w płaszczyźnie poziomej („planie”) i w płaszczyźnie pionowej („profilu”), to powinniśmy zapoznać się z tzw. konstrukcją nawierzchni kolejowej. Z pewnością każdy, nawet początkujący modelarz wie, że tor kolejowy składa się z szyn, podkładów i podsypki. Oczywiście to prawda, ale aby zbudować w miniaturze realistyczny tor kolejowy trzeba o jego konstrukcji wiedzieć o wiele więcej.

Najpierw przyjrzyjmy się pierwowzorowi, czyli prawdziwej nawierzchni kolejowej. Jej głównym elementem są oczywiście szyny. Choć kształt wszystkich typów szyn jest bardzo podobny (w przekroju poprzecznym wyróżnić można główkę, szypkę i stopkę), to jednak ich wielkość i proporcje poszczególnych części są różne. Obecnie najpopularniejszymi szynami stosowanymi na PKP są typy UIC 60, S 49 i S 42 (rys. 1; tab. 1). Można jeszcze spotkać szyny typu 8, 6 i inne. Zasadniczo obowiązuje reguła, że im szyna jest starszego typu, tym jest ona lżejsza, niższa i ma mniejszy przekrój poprzeczny. Pamiętać należy o tej zasadzie odtwarzając w modelu czasy minione, zwłaszcza z I lub II epoki.

Przez wiele lat podstawowym typem podkładu był podkład drewniany. Obecnie jest on stosowany znacznie rzadziej i wypiera go trwalszy i cięższy podkład strunobetonowy. Jest bardzo wiele typów podkładów betonowych. Praktycznie każdy zarząd kolejowy stosuje swój typ. Różnią się one pomiędzy sobą przede wszystkim kształtem. Gdzieś tam można jeszcze spotkać ułożone w torach podkłady stalowe. My skoncentrujemy się na podkładach drewnianych, te bowiem były stosowane przez wiele lat, a zwłaszcza w czasach świetności kolei.

Trzecim podstawowym elementem nawierzchni kolejowej jest podsypka. Układa się ją przede wszystkim pod podkładami (i ta jej część jest niewidoczna dla obserwatora) oraz obsypuje nią podkłady od czoł (tworząc tzw. „bankiet”)

i wypełniając przestrzeń pomiędzy nimi (tzw. „okienka”). Obecnie najczęściej stosowaną podsypką jest tłuczeń kamienny. Jest to kruszywo łamane, powstające w wyniku rozdrobnienia i przesiania skał bazaltowych, granitowych lub melafirycznych. Ciągłe jednak wiele czynnych torów ułożonych jest na podsypce z kłirca, żwiru, żużla lub pospółki. Na fotografiach przedstawiono trzy różne rodzaje nawierzchni kolejowej (fot. 1).

Wróćmy jednak do modelowego toru. Tylko staranny dobór typu nawierzchni i dokładne ułożenie jej na torowisku umożliwia właściwe funkcjonowanie makiety, czyli poprawną jazdę modeli taboru. Dlatego wybór tzw. „materiału torowego” (jak producenci nazywają modelowe tory) jest sprawą szczególnie ważną, wymagającą sprawdzenia kilku podstawowych parametrów podczas dokonywania zakupów takiego wyrobu. Odpowiedzmy na początek na pytanie: jakie tory kupić? Przede wszystkim trzeba zauważyć, że w sferze naszych zainteresowań pozostają wyłącznie modelowe tory, w których szyny kształtem przypominają profile szynowe stosowane na prawdziwej kolei. W realistycznym modelu kolei wykluczone jest stosowanie substytutów szyn w postaci np. ceowników giętych z blachy lub teowników (bez główek), albo innych dziwnych profili (rys. 2). Dobór właściwych wymiarów szyn ułatwi nam norma NEM 120, której fragment przytoczono w postaci rysunku (rys. 3) i tabeli (tab. 2).



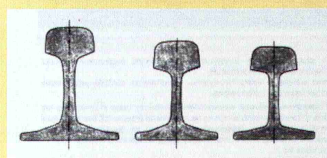
Fot. 1. Tory kolejowe w oryginale:

- a) tory linii pierwszorzędnej z szyn UIC 60 na podkładach drewnianych i podsypce tłuczniowej (ze znacznym nadmiarem po jej uzupełnieniu);
- b) tor linii drugorzędnej z szyn S 49 na podkładach drewnianych i podsypce tłuczniowej;
- c) tor główny w latach 30. XX wieku z szyn lekkich na podkładach drewnianych i podsypce żwirowej.

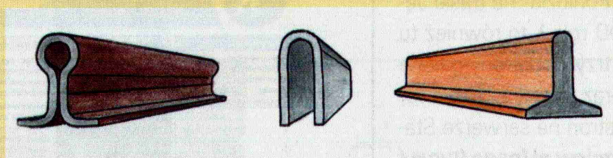
Również podkłady powinny jak najlepiej imitować oryginał. Choć niekoniecznie muszą być one (wzorem oryginału) wykonane z drewna, to jednak powinny posiadać kształt i wymiary odpowiadające oryginałowi. Powinny być także odtworzone elementy przytwierdzające szyny. Takie wymogi spełniają podkłady wykonane z tworzywa sztucznego, na których można dostrzec zarys podkładek podszynowych, śrub i wkrętów, a nawet charakterystyczne ślady spękań drewna na górnej powierzchni. Tego wszystkiego pozbawione są np. imitacje podkładów z tektury, które nie powinny być stosowane na naszej makiecie.

Trzecim zasadniczym elementem nawierzchni kolejowej jest podsypka. W modelu, tak jak w oryginale, powinno to być kruszywo, oczywiście odpowiednio spreparowane i wbudowane. Na razie pominię opis jej cech, zauważając tylko, że modelowa podsypka nie może być imitacją tłucznia wykonaną z tworzywa sztucznego, w którą coraz częściej producenci zaopatrują swoje modelowe tory.

Reasumując, należy stwierdzić, że najodpowiedniejszym materiałem torowym do stosowania na makiecie są tory typu „flex” (czyli szyny



Rys. 1. Przekroje poprzeczne szyn stosowanych na PKP; od lewej: UIC 60, S 49, S 42.

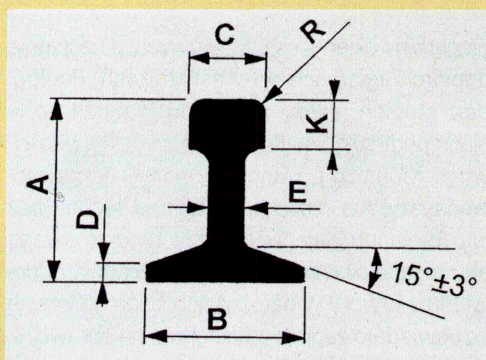


Rys. 2. (po prawej) Profile szynowe stosowane przez różnych producentów; od lewej: Märklin-K (stary wzór), Piko (stary wzór), Arnold.

Tab. 1 Podstawowe wymiary szyn stosowanych na PKP

typ szyny	wymiar [mm]											
	A		B		C		D		E		K	
UIC 60	172	2,0	150	1,7	74,3	0,9	11,5	0,1	16,5	0,2	51	0,6
S 49	149	1,7	125	1,4	70	0,8	10,5	0,1	14	0,2	51,5	0,6
S 42	140	1,6	125	1,4	70,1	0,8	10	0,1	13	0,1	42	0,5

Uwaga: Kursywą podano wymiary w przeliczeniu na skalę 1:87



Rys. 3. Przekrój szyny modelowej z oznaczeniem podstawowych wymiarów (wymiarowanie szyn różnych profili w tabeli 2).

z „taśmą” podkładów) o długości 70 – 90 cm, dające się wyginać zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak również (choć w mniejszym stopniu) w płaszczyźnie pionowej. Można także używać krótszych przeseł torowych, ale kupując wyłącznie odcinki proste. Dostępne w handlu odcinki torów ukształtowane w łuki poziome nie spełnią naszych oczekiwań. Mają one promień wygięcia bardziej tramwajowe niż kolejowe i z tego powodu nie nadają się do budowy realistycznej makiety. Odcinki proste lub tzw. „flexy twarde” należy odpowiednio przygotować w przypadku konieczności wygięcia z nich łuków lub krzywych przejściowych. Wystarczy porozcinać mijankowo od spodu taśmę podkładów. „Flexy miękkie” nie wymagają takiego zabiegu i są już przez producenta przygotowane do wyginania.

Przyjrzymy się kilku produktom modelowej nawierzchni torowej w rozmiarze H0. Na fotografii (fot. 2) przedstawiono pięć różnych wyrobów. Dwa ostatnie, będące imitacją nawierzchni z podsypką, od razu odrzucimy (z powodów już przedstawionych). Zapewniam po raz wtóry, że nawet najlepiej wykonana podsypka z tworzywa sztucznego będzie tylko próbą imitacji, nie bardzo przypominającą oryginał. Ze stosowania pokazanych na fotografii modelowych torów powinniśmy wyeliminować także kolejny produkt – ten przeznaczony do trzyszynowego systemu zasilania. Tor taki posiada na każdym podkładzie metalowy „gwóźdź”, a to z pewnością nie upodabnia go do oryginału. Pomimo wielu zalet trzyszynowego systemu zasilania, musimy go odrzucić z uwagi na brak realizmu takiego toru. Pozostają zatem dwa wyroby. Pierwszy z nich jest produktem firmy Peco i do złudzenia przypomina prawdziwy tor. Drugi – Roco-line – wydaje się mieć nieco

Tab. 2 Podstawowe wymiary szyn modelowych

nazwa profilu ¹⁾	wymiary [mm]							Code ²⁾	przeznaczenie		
	A	B	C	D	E	K	R _{max}		³⁾	⁴⁾	⁵⁾
Profil 50	5,0 +0,3	4,5	2,3	0,8	1,2	1,3	0,4	208	I		
Profil 42	4,2 +0,3	3,8	1,9	0,7	1,0	1,1	0,35	172		I	Im/e
Profil 35	3,5 +0,3	3,2	1,6	0,6	0,8	0,9	0,3	148	0	0m	
Profil 30	3,0 +0,2	2,7	1,3	0,5	0,7	0,8	0,25	125		0	0m/e, li
Profil 25	2,5 +0,2	2,2	1,1	0,4	0,6	0,6	0,2	100	S, (H0)	Sm	
Profil 20	2,0 +0,2	1,8	0,9	0,4	0,5	0,55	0,2	83	H0, (TT)	S, H0m	Sm/e, Oi
Profil 18	1,8 +0,1	1,6	0,8	0,3	0,4	0,5	0,15	70	TT, (N, Z)	H0, TTm	H0m/e, Oi
Profil 14	1,4 +0,1	1,3	0,7	0,3	0,4	0,4	0,15	55	N, (Z)	TT, Nm	TTm/e, H0i
Profil 10	1,0 +0,1	0,9	0,5	0,2	0,3	0,35	0,1	40	Z	N, Z	Nm/e, Tti

Uwagi:

¹⁾ liczba w nazwie (po pomnożeniu jej przez 0,1) określa wysokość szyny w [mm]

²⁾ oznaczenie profilu szyny stosowane przez większość producentów

³⁾ do budowy torów głównych linii współczesnych

⁴⁾ do budowy torów głównych we wcześniejszych epokach i torów bocznych linii współczesnych oraz do budowy torów linii wąskotorowych w epokach IV i V

⁵⁾ do budowy torów bocznych oraz torów linii wąskotorowych we wcześniejszych epokach

przewymiarowaną wysokość szyn, ale również jest dobry. Ma on jedną przewagę nad pierwszym produktem: jest dostępny w naszym kraju i stosunkowo tani.

Zapoznajmy się z tabelą prezentującą kilka modelowych torów różnych producentów, które należy polecić do stosowania na makiecie, będącej realistycznym modelem kolei (tab. 3). Osobiście uważam, że najodpowiedniejszymi są te z poz. 2, 3 i 4. Z uwagi na trudności w zakupie wyrobów firmy Peco radzę wykorzystać modelowe tory Roco-line i Tillig-Pilz-Elite. Występująca różnica wysokości główek szyn w tych wyrobach nakazuje stosowanie torów Roco w torach głównych, a Tilliga – w bocznych. Niższe główki szyn dadzą wrażenie, że szyny są lżejszego typu.

Oczywiście wszystkie podane tu rozważania dotyczą torów w rozmiarze H0. Modelarze budujący w innych podziałkach powinni przeprowadzić podobną analizę dostępnych w handlu torów w ich skali i na podstawie wskazań z tabeli (tab. 2) dobrać najodpowiedniejsze produkty.

Warto w tym miejscu dodać, że kupując modelowe tory należy sprawdzić, czy „trzymają” one szerokość. Gdyby okazały się zbyt „ciasne”, to mogą powodować zakleszczanie się zestawów kołowych. Trzeba zatem wybrać się po zakupy z suwmiarką lub tzw. kalibrownikiem (patrz artykuł Z. Molendy w ŚK 2/1999). Powinniśmy się także przyrzeć wzajemnemu położeniu szyn względem podkładów. Powinny one być nieco nachylone do wewnątrz toru (tak, jak to ma miejsce w oryginale) lub co najmniej stać pionowo. Jeżeli szyny rozchylają się na zewnątrz, to z pewno-

ścią na takim torze tabor będzie wężykowski i jeździł niespokojnie.

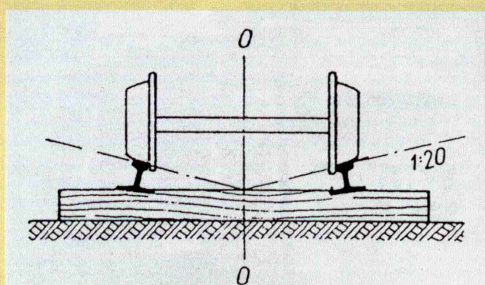
Ważna jest także barwa szyn i podkładów. Najlepiej, jeżeli tor, który zamierzamy kupić ma szyny w kolorze rdzawo-brązowym, a główka na powierzchni tocznej (tam, gdzie koło styka się z szyną) jest metalicznie srebrzysta. Takie szyny znajdziemy wyłącznie u najlepszych producentów, a zatem cena torów w nie wyposażonych będzie z pewnością niemała. Wystarczy jednak, jeżeli całe szyny będą srebrzyste. Odpowiednie ich pomalowanie i oszlifowanie da efekt końcowy zgodny z oryginałem. Odradzam kupowania torów z szynami w kolorze złotym (mosiężnym). Choć kiedyś (z braku innych na rynku) sam takie stosowałem na makiecie, to teraz razi mnie mosiężno-złoty połysk ich główek, a próby usunięcia go i zmiany na srebrzysty niestety mi się nie udały. Podkłady w kupowanym torze powinny być barwy ciemnobrunatnej. Mogą być również czarne.

Gdy zakupy modelowej nawierzchni są już dokonane, możemy zabrać się za układanie toru na przygotowanym już wcześniej torowisku. O tym jednak napiszę w kolejnym odcinku, do którego lektury zachęcam – jak zwykle – za miesiąc.

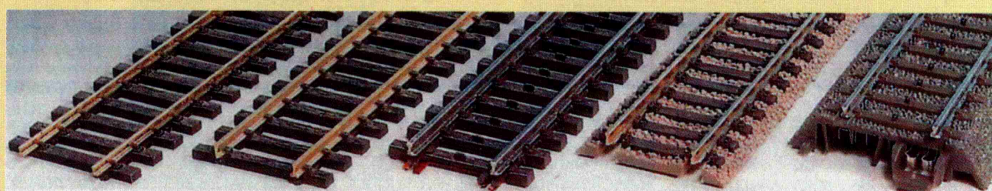
Leszek Lewiński

Tab.3 Szyny polecane do stosowania

Producent, nazwa wyrobu	Wysokość szyny	Wysokość głowki
	[mm]	
Fleischmann - Profi - Gleis	2,5	1,0
Peco streamline	1,9	0,8
Roco - RocoLine	2,1	0,95
Tillig - Pilz - Elite	2,1	0,8
Lima/Rivarossi - Modulgleis	2,25	0,95



Rys. 4. Pochylenie boczne szyn i zasada „prowadzenia” zestawu kołowego taboru.



Fot. 2. Tory modelowe w rozmiarze H0 różnych producentów. Od lewej: Peco 1,9 mm, Roco 2,1 mm, Märklin-K 2,7 mm, Fleischmann-Profi 2,5 mm, Märklin-C 2,35 mm.

Tory na makiecie (8)

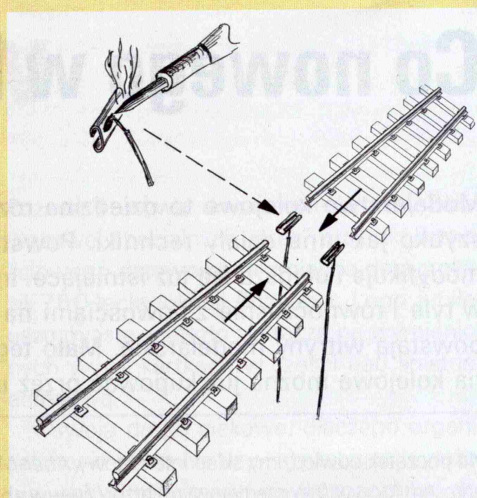
Po dokonaniu zakupu modelowych torów możemy przystąpić do układania ich na przygotowanym torowisku. Jednak jeszcze przed wykonaniem „układki” nawierzchni trzeba przygotować elementy związane z zasilaniem torów w energię elektryczną i nadać ostateczny kształt tekturowej podsypce naklejonej już na torowisku.

Rozpocznijmy od spraw elektrycznych. Szyny modelowego toru, oprócz tego, że stanowią główny element nawierzchni torowej i służą do prowadzenia zestawów kołowych taboru, są jeszcze elementem obwodu elektrycznego zasilającego modelowe pojazdy trakcyjne. Niezależnie od tego, czy na makiecie planujemy sterowanie cyfrowe, czy tradycyjne – analogowe, to do szyn musimy podłączyć przewody zasilające. Teoretycznie można to zrobić tylko w jednym miejscu, stosując specjalnie produkowane odcinki torów z zaciskami do przewodów. Trudności w zamaskowaniu zacisków (np. zielenią) nakazują zrezygnować z takiego sposobu dołączenia zasilania. Polecam opisaną już w *Świecie kolei* (w cyklu *Budujemy makietę modułową* (2) nr 9/2001) metodę dolutowania przewodów do stopek szyn pomiędzy podkładami. Ci, którzy mają kłopoty z lutowaniem i boją się, że przy tej czynności nadtopią sąsiednie pokłady, mogą zastosować inny sposób. Wystarczy, że przewody zostaną przylutowane do złączek szynowych, a te wsuniemy na szyny w miejscu ich łączenia. Zasilanie zostanie podłączone do dwóch sąsiednich przęseł torowych (rys. 1).

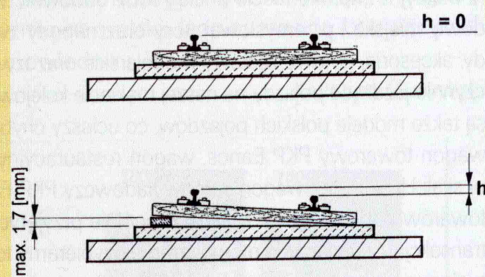
Warto w tym miejscu napisać kilka zdań o przycinaniu modelowego toru do żądanej długości. Można to zrobić zwykłym pilnikiem iglakiem, ale bezspornie najlepszą metodą jest wykonanie cięcia korundową tarczą przy użyciu mini-wiertarki elektrycznej (fot. 1a). Dobre efekty daje także cięcie brzeszczotem modelarskim, ale oczywiście osadzonym w do-

brej ramce (fot. 1b). Cięcie tarczą jest o tyle wygodne, że nie pozostawia zadziorów na przecinanej powierzchni. Inne sposoby cięcia wymagają obróbki końców szyn pilnikiem.

Powróćmy do przygotowanego torowiska. Przypomnę, że na imitacji podsypki narysowaliśmy precyzyjnie linię, będącą projektowaną osią toru, a torowisko ma już zaprojektowane spadki podłużne, gdyż zostało ułożone na podporach o ściśle określonej wysokości. Pozostał nam do wykonania jeszcze jeden element „geometrii”. W przekroju poprzecznym tor może mieć toki szynowe na tej samej lub na różnej wysokości. Gdy główki szyn są na różnej wysokości, wówczas mówimy, że tor ułożony jest z przechyłką. Przechyłka według definicji jest przewyższeniem jednego toku szynowego ponad zaprojektowaną niweletę. Na PKP stosuje się przechyłkę w zakresie 0-150 mm, co w rozmiarze H0 daje wartość 0-1,7 mm (rys. 2). Stosowanie przechyłki ma związek z kinematyką ruchu pociągów. Najogólniej rzecz biorąc należy powiedzieć, że głównym zadaniem przechyłki jest zrównoważenie przyspieszenia bocznego pochodzącego od siły odśrodkowej, występującego podczas poruszania się po łuku poziomym. Dlatego przechyłkę stosuje się na długości łuku w myśl zasady: im większa prędkość pociągów i im mniejszy promień łuku – tym większa musi być wartość przechyłki. W związku z tym, że (jak nakazuje definicja) przechyłkę wykonuje się przewyższając zewnętrżny tok szynowy ponad niweletę, to w mo-

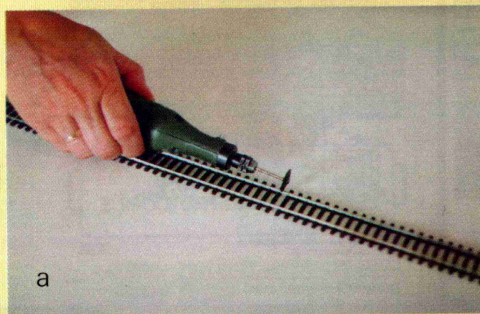


Rys. 1. Podłączenie przewodów zasilających do złączek szynowych.

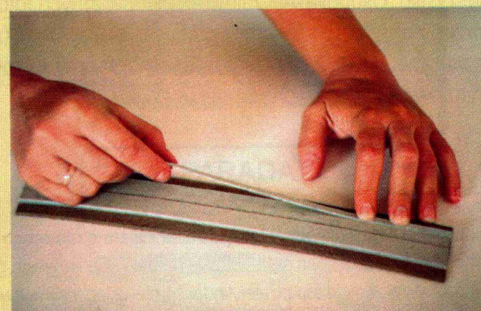


Rys. 2. Tor kolejowy bez przechyłki i z przechyłką.

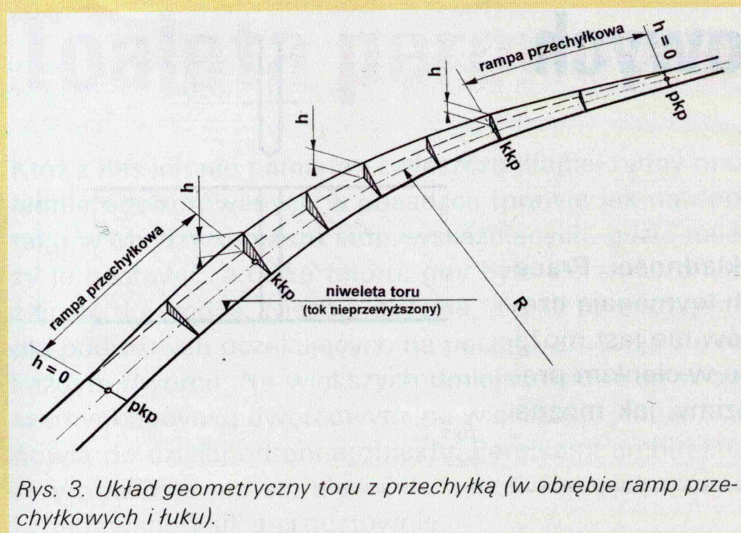
delu dokonamy tego naklejając dodatkowo wąski pasek tektury o określonej grubości, jak pokazano to na fotografii (fot. 2). Istotny jest także sposób wykonania przejścia od przechyłki zerowej do określonej wartości. Odcinek, na którym następuje zmiana przechyłki nosi nazwę rampy przechyłkowej. Zazwyczaj rampę przechyłkową wykonuje się na długości krzywej przejściowej, a w przypadku braku krzywej – na odcinku prostym tak, aby na całej długości łuku tor posiadał przechyłkę (rys. 3). Na makiecie rampy przechyłkowe najlepiej wykonać klejąc paski papieru o zróżnicowanej długości. Najpierw jeden, później dwa, trzy itd., aż do osiągnięcia grubości wynikającej z przyjętej wartości przechyłki. Przyrost przechyłki musi być równomierny (jednostajny), gdyż – wzorem oryginału – powinniśmy zastosować prostoliniowe rampy prze-



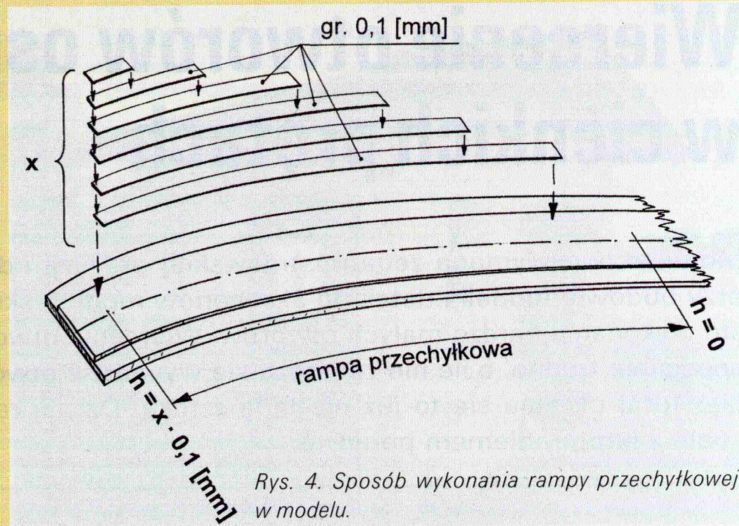
Fot. 1. Cięcie modelowego toru: a) tarczą korundową; b) pilką włosową w ramce.



Fot. 2. Wykonywanie przewyższenia zewnętrznego toku szynowego na łuku – przechyłki.



Rys. 3. Układ geometryczny toru z przechyłką (w obrębie ramp przechyłkowych i łuku).



Rys. 4. Sposób wykonania rampy przechyłkowej w modelu.

chyłkowe (rys. 4). Dobre ukształtowanie ramp przechyłkowych jest bardzo ważne, bo jest to świadome wprowadzenie w tor tak zwanej wichrowatości, a ten parametr (jeżeli przekracza wartość dopuszczalną) bywa z reguły przyczyną wykolejeń taboru. Rampa przechyłkowa nie może więc być zbyt stroma, gdyż wtedy spowoduje dużą wichrowatość i modele będą się w tym miejscu wykolejały. Jako praktyczne zalecenie można podać, że wykonanie

przechyłki maksymalnej (1,7 mm) powinno nastąpić na odcinku nie krótszym niż 60 cm. Przechyłki mniejsze wymagają oczywiście odpowiednio krótszych ramp przechyłkowych.

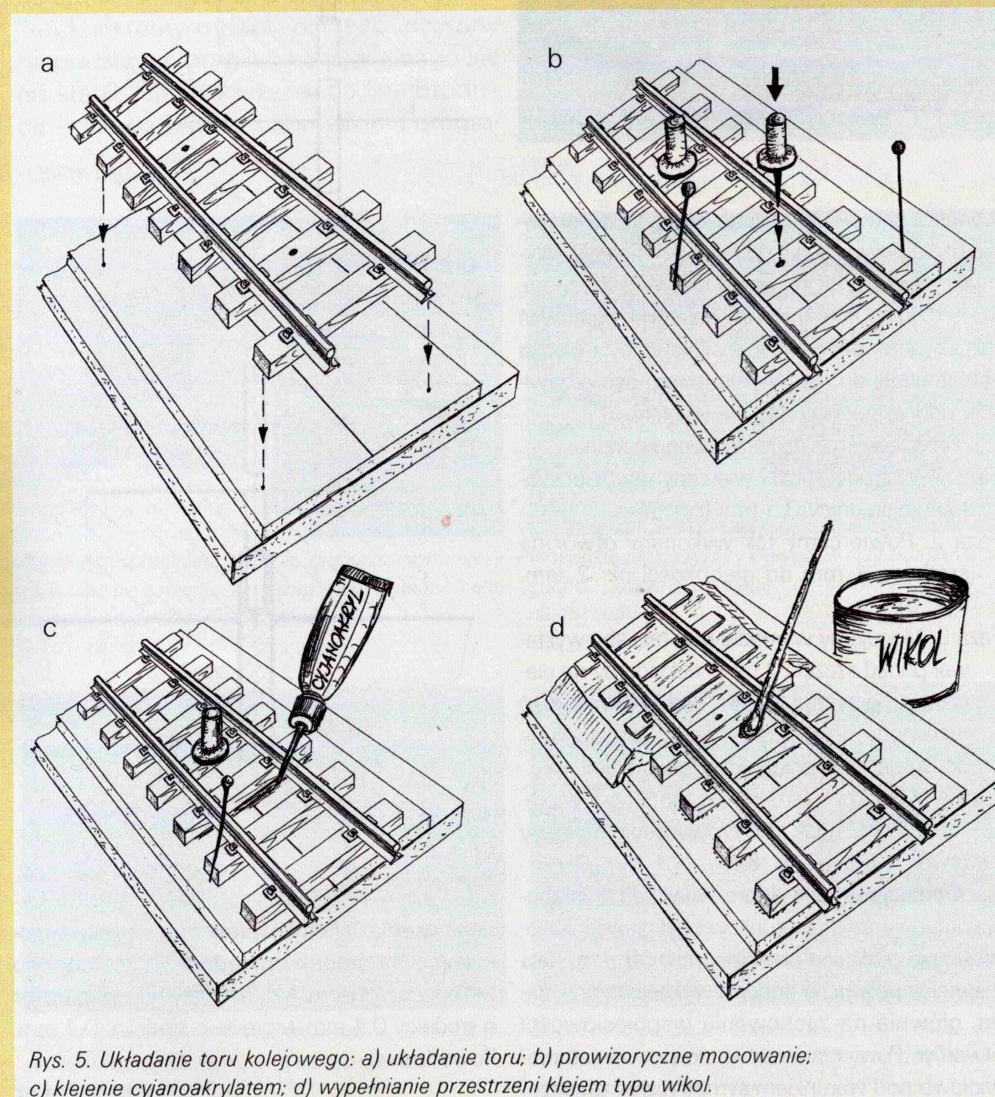
Gdy mamy już naklejone paski papieru i kartonu kształtujące przechyłkę, możemy nareszcie przystąpić do układania modelowego toru. Kładziemy „flex” na torowisku – a właściwie na „fałszywej podsypance” i używając szpilek lub lepiej pine-

zek od tablic korkowych, mocujemy prowizorycznie tor. Należy wykonać to z ogromną starannością, ciągle zwracając uwagę na zgodność położenia osi toru z narysowaną linią. Najłatwiej to zrobić, gdy modelowy tor ma w niektórych podkładach wykonane przez producenta otwory. Powinniśmy je wykorzystać i tam wbić pinezki. Trzeba stale kontrolować położenie toru, patrząc nań wzdłuż (a nie z góry!). Takie spojrzenie pozwala wychwycić wszystkie nierówności, krzywizny i zaburzenia w geometrii. Po umocowaniu pinezkami tor powinien dobrze przylegać do tekturowego podłoża.

Gdy z geometrii toru jesteśmy zadowoleni i wszystkie zniekształcenia zostały usunięte, można przystąpić do mocowania toru na stałe. Stosowana przeze mnie technologia była już prezentowana na łamach *Świata kolei* (patrz nr 9 i 10/2001). Dla przypomnienia powtórzę jeszcze raz, że proponuję najpierw użycie kleju cyjanoakrylowego. Zapuszczając kroplę tego kleju co 5-8 podkładów powodujemy, że już po kilkunastu sekundach tor jest trwale przymocowany. Gdy klej zwiąże ostatecznie (co trwa kilka minut) można usunąć prowizoryczne przytwierdzenie, czyli szpilki i pinezki. Kolejne czynności przedstawiono na rysunkach (rys. 5). Warto jeszcze raz sprawdzić układ geometryczny toru. Właściwie uczynimy to wyłącznie dla kontroli, gdyż dokonanie jakichkolwiek poprawek po związaniu cyjanoakrylatu jest (bez niszczenia toru i podtorza) praktycznie niemożliwe. Pozostaje nam teraz żmudne wypełnianie przestrzeni pomiędzy podkładami i od czół klejem typu *wikol*, czyli rozpoczęcie prac związanych z balastowaniem toru podsypką i nadawaniem mu wyglądu zbliżonego do oryginału.

To są już jednak tematy, które przedstawię w kolejnych odcinkach artykułu.

Leszek Lewiński



Rys. 5. Układanie toru kolejowego: a) układanie toru; b) prowizoryczne mocowanie; c) klejenie cyjanoakrylatem; d) wypełnianie przestrzeni klejem typu *wikol*.

Tory na makiecie (9)

Poprzedni odcinek zakończyliśmy w momencie, gdy modelowy tor został trwale przymocowany, a przestrzenie pomiędzy podkładami wypełniono klejem. W tej części zajmiemy się waloryzacją szyn i przygotowaniem podsypki.

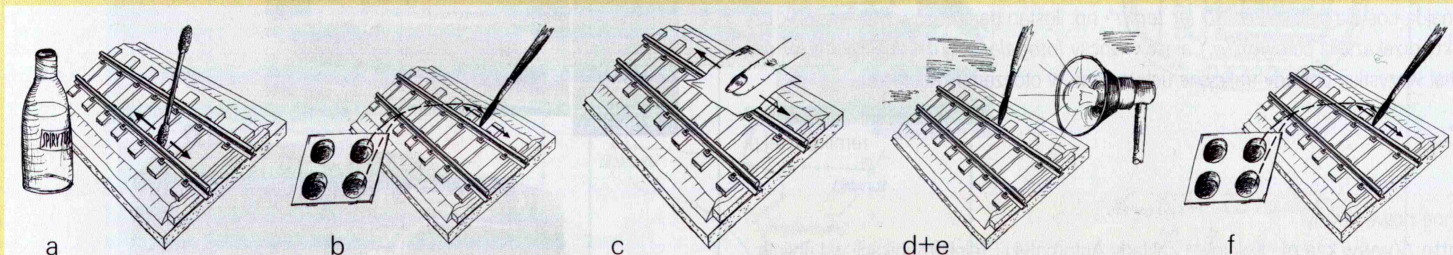
Nim przystąpimy do wykonania podsypki, musimy nadać odpowiedni kolor modelowym szynom. Zakładam, że ułożone szyny mają srebrzystą barwę i nie są fabrycznie patynowane (czernione). Prawdziwe szyny, które wykonane są ze stali, zawsze pokrywa warstwa rdzy. Dlatego, aby modelowe szyny upodobnić do oryginału, należy pomalować je farbą koloru rdzawego. W rzeczywistości rdza występuje w bardzo wielu odcieniach. Niektóre szyny mają barwę zupełnie jasną, inne są ciemne – niemal czarne (fot. 1). Na kolor wpływają zarówno tzw. warunki miejscowe, czyli środowisko, w którym znajduje się tor kolejowy (głównie obecność smarów lub innych zanieczyszczeń w podsypce), jak i skład chemiczny stali szynowej. Aby pozostać w zgodzie z oryginałem proponuję przygotować farbę koloru rdzawego (np. *Humbrol* nr 113 – *Matt Rust*), do której dodamy trochę czerni, czerwieni lub brązu (np. *Humbrol* nr 91, 60, 63, 186). Do mieszania farb polecam użycie wyprasek od opakowań lekarstw (najlepiej od dużych, okrągłych tabletek). W takich małych miseczkach z łatwością przygotujemy wiele odcieni rdzy (fot. 2). Najpierw nakładamy do nich farbę rdzawą, a później dodajemy do poszczególnych miseczek kroplę lub kilka kropli innego koloru. Farby starannie mieszamy i ewentualnie nieco rozcieńczamy. Do malowania szyn powinniśmy użyć dość rzadkiej farby. Bezpośrednio przed malowaniem dobrze jest odtłuścić szyny. Najłatwiej zrobić to używając wacików kosmetycznych (na patyczku) namoczonych w spirytusie. Szyny malujemy zaraz po odtłuszczeniu, używając małego pędzelka z miękkim włosiem. Farbę nakładamy cienką warstwą. Malując szyny powinniśmy uważać, aby nie zamalować podkładów. Za to imitacje elementów przytwierdzenia (które w rzeczywistości są stalowe i pokryte rdzą) musimy także pomalować na rdzawo. Od czasu do czasu należy nabrać na pędzelek farbę o nieco innym odcieniu, tak aby kolor szyn na długości nieznacznie się zmieniał. Po zakończeniu malowania, ale jeszcze przed wyschnięciem farby, warto jest zetrzeć ją

szmatką z górnej i wewnętrznej bocznej powierzchni główek szyn, czyli usunąć farbę (przynajmniej wstępnie) z miejsc, w których szyny muszą pozostać metalicznie srebrzyste. W rzeczywistości brak rdzy na główce jest skutkiem toczenia się kół taboru. W modelu czyste główki zapewnią dopływ prądu do kół. Czyszcząc główki szyn należy zwrócić uwagę na to, aby nie zetrzeć farby z zewnętrznej strony główki. W tym miejscu nie występuje kontakt szyn z kołami, zatem rdza powinna pozostać (rys. 2). Pomalowane szyny z wytartymi główkami pozostawiamy w spokoju, aż farba wyschnie. Pora na skontrolowanie wykonanej pracy. Z pewnością nie uda się nam dokładnie pokryć farbą szyn na całej długości. Po pierwszym malowaniu pozostaną „niedomalowania” i przebarwienia. Aby znaleźć takie miejsca warto oświetlić nasz tor z bliska z boku dość silnym źródłem światła. Może to być zwykła lampa stołowa. Takie „badanie” powinniśmy wykonać wieczorem, gdy wokół jest ciemno. W miejscach nie pokrytych farbą szyny będą błyszczeć - tam musimy dokonać poprawek w malowaniu. Zwrócić należy uwagę przede wszystkim na stopki szyn w rejonie łapek mocujących je do podkładów. Po wykonaniu poprawek powinniśmy pomalować szyny po raz wtóry. Malując szyny drugi raz należy stosować wszystkie zasady dotyczące pierwszego malowania i oczyszczania główek. Kolejne czynności związane z malowaniem szyn pokazano na rys. 1.

szmatką z górnej i wewnętrznej bocznej powierzchni główek szyn, czyli usunąć farbę (przynajmniej wstępnie) z miejsc, w których szyny muszą pozostać metalicznie srebrzyste. W rzeczywistości brak rdzy na główce jest skutkiem toczenia się kół taboru. W modelu czyste główki zapewnią dopływ prądu do kół. Czyszcząc główki szyn należy zwrócić uwagę na to, aby nie zetrzeć farby z zewnętrznej strony główki. W tym miejscu nie występuje kontakt szyn z kołami, zatem rdza powinna pozostać (rys. 2). Pomalowane szyny z wytartymi główkami pozostawiamy w spokoju, aż farba wyschnie. Pora na skontrolowanie wykonanej pracy. Z pewnością nie uda się nam dokładnie pokryć farbą szyn na całej długości. Po pierwszym malowaniu pozostaną „niedomalowania” i przebarwienia. Aby znaleźć takie miejsca warto oświetlić nasz tor z bliska z boku dość silnym źródłem światła. Może to być zwykła lampa stołowa. Takie „badanie” powinniśmy wykonać wieczorem, gdy wokół jest ciemno. W miejscach nie pokrytych farbą szyny będą błyszczeć - tam musimy dokonać poprawek w malowaniu. Zwrócić należy uwagę przede wszystkim na stopki szyn w rejonie łapek mocujących je do podkładów. Po wykonaniu poprawek powinniśmy pomalować szyny po raz wtóry. Malując szyny drugi raz należy stosować wszystkie zasady dotyczące pierwszego malowania i oczyszczania główek. Kolejne czynności związane z malowaniem szyn pokazano na rys. 1.



Fot. 1. Różne kolory prawdziwych szyn.



Rys. 1. Kolejne czynności podczas malowania szyn:

a) odtłuszczenie; b) pierwsze malowanie; c) wytarcie główek; d) znajdowanie usterek (niedomalowań); e) poprawki; f) drugie malowanie.

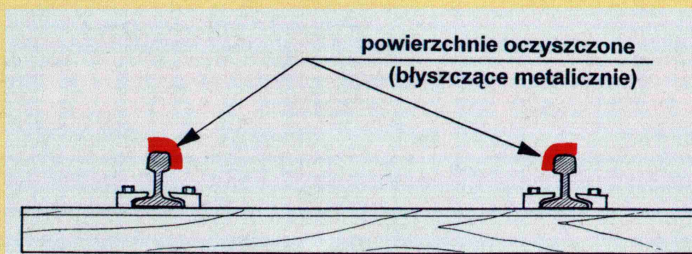
Jeżeli chcemy, aby nasz modelowy tor przypominał prawdziwy tor kolejowy, na którym w ostatnim czasie wykonano tzw. konserwację przytwierdzenia, to powinniśmy na każdy element imitujący śrubę stopową nanieść malutkim pędzelkiem niewielką ilość czarnej, bardzo rzadkiej farby. Rozpłynie się ona (z pewnością częściowo także na stopkę i szyjkę szyny) znakomicie imitując przebarwienia od smaru, tak charakterystyczne dla torów po przeprowadzonej konserwacji (rys. 3).

Po zakończeniu malowania szyn możemy zająć się podsypką. Najpopularniejszym rodzajem podsypki jest od wielu już lat (zwłaszcza w torach głównych) tłuczeń kamienny. Jeżeli zdecydujemy się w modelu na taki rodzaj podsypki, to powinniśmy najpierw – jak zwykle – zapoznać się z oryginałem.

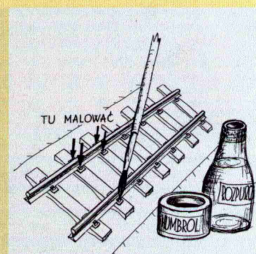
Tłuczeń jest kruszywem kamiennym łamanym ze skał twardych (rzadziej miękkich), głównie bazaltowych, melafirowych lub granitowych. Charakterystyczną cechą tłucznia jest wielkość ziaren kruszywa: od 25 do 63 mm. Jeżeli przeliczyć to na rozmiar HO, otrzymamy wymiary od 0,3 do 0,7 mm.

Drugą, ważną dla modelarza cechą tłucznia, jest jego barwa. Zależy ona przede wszystkim od rodzaju skały, z której wytworzono kruszywo. Granity są jasne, często prawie białe. Ciemniejsze są melafiry i bazalty – od szarego aż do bardzo ciemno szarego, wręcz czarnego koloru. W trakcie eksploatacji barwa tłucznia zmienia się. Czynniki atmosferyczne, opilki z klocków hamulcowych taboru i inne zanieczyszczenia powodują, że z biegiem lat podsypka „rudzieje”. Staje się rdzawa i zbliżona do koloru szyn. W modelu najczęściej odtwarzamy tor eksploatowany, nie zaś świeżo ułożony lub będący tuż po naprawie. Dlatego, pomimo iż producenci artykułów modelarskich oferują całą gamę podsypek, to aby wybrany produkt wiernie odzwierciedlał na makiecie oryginał, musimy wybrać podsypkę o odpowiednim kolorze i jeszcze ją odpowiednio „spatynować”.

Zatem kilka zdań o wyborze produktu. Odradzam kupno i stosowanie substytutów w postaci trocin, mielonego korka itp. Modelowy tłuczeń, wzorem oryginału, powinien być kruszywem. Kupując go przede



Rys. 2. Główki szyn powinny być metaliczne w miejscach styku z kołami taboru.



Rys. 3. Nanoszenie śladów konserwacji toru.

wszystkim musimy sprawdzić wielkość ziaren. Zwykle firmy modelarskie przewymiarowują je i to częstokroć 2, 3-krotnie! Górną granicę (przypomnę: 0,7 mm dla rozmiaru HO) można nieco przeskalować, ale stosowanie ziaren większych niż 1 mm jest niewskazane. Inną wadą, która wyklucza wyrobów, jest oferowanie przez wytwórców imitacji tłucznia z owalnymi ziarnami i do tego błyszczącymi (zawierającymi kwarc). Takie produkty również musimy wykluczyć.

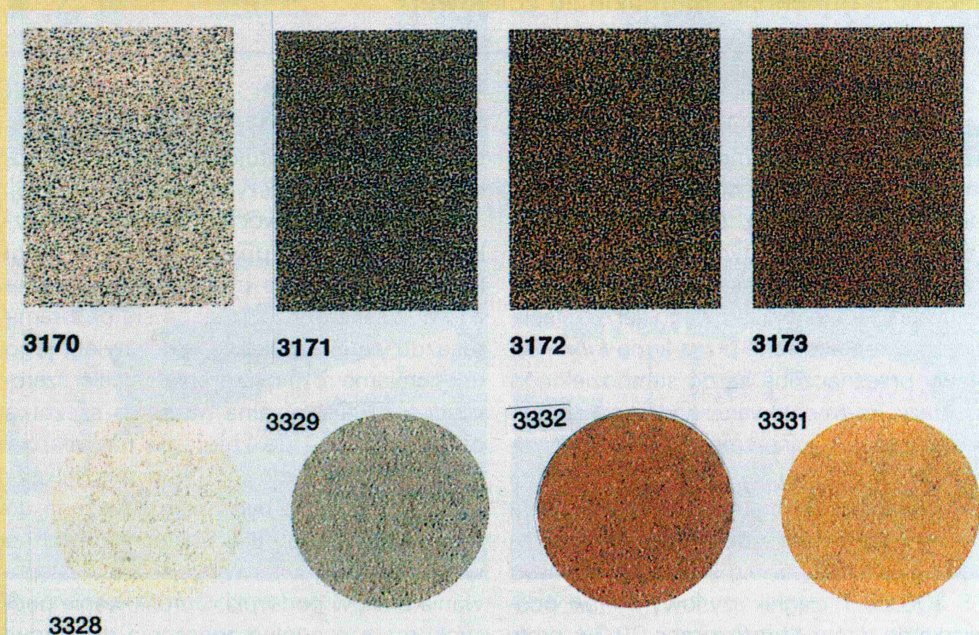
Ze swej strony mogę zaproponować wyroby firmy *Heki* (nr kat. 3170, 3171, 3172, 3173 oraz 3328, 3329, 3331, 3332), dobrze imitujące oryginał, a przede wszystkim „trzymające” wielkość ziaren (fot. 3). Oczywiście dobre wyroby możemy znaleźć również u innych producentów. Trzeba tylko zawsze przed zakupem dokonać ich

szczegółowej oceny według podanych przeze mnie kryteriów.

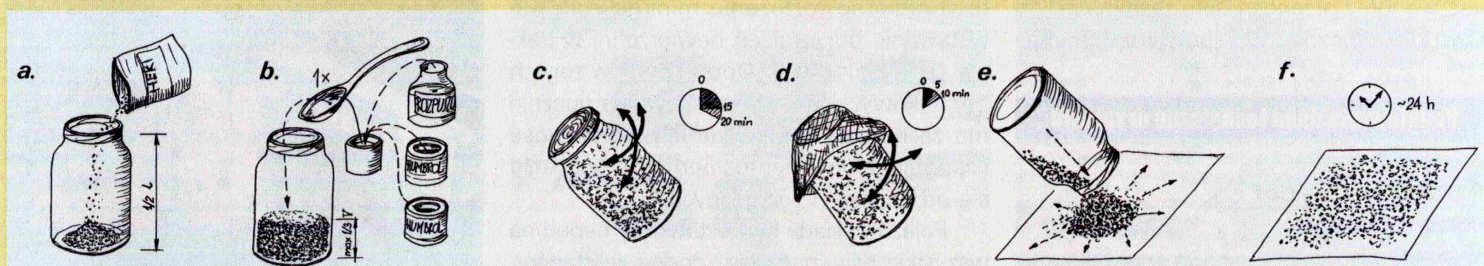
Wstępne barwienie zakupionej podsypki przeprowadzimy metodą opisaną już w *Świecie kolei* (nr 10/2001). Sposób jest łatwy i polega na przebarwieniu ziaren tłucznia farbą. To specyficzne malowanie przeprowadza się w zakręcanym słoiku, wsypując do niego podsypkę i wlewając farbę, a następnie potrząsając tak długo, aż ziarna ulegną zabarwieniu. Dla przypomnienia tej metody zamieszczony został rysunek (rys. 4), pokazujący kolejne czynności procesu. Gdy podsypka tłuczniowa jest przygotowana, można przystąpić do wklejania jej w tor.

To już jednak będzie tematem następnego odcinka.

Leszek Lewiński



Fot. 3. Barwa podsypki tłuczniowej – także w modelu – zależy od rodzaju kruszywa.



Rys. 4. Kolejne czynności przy barwieniu podsypki.

Tory na makiecie (10)

Nadszedł wreszcie czas na ułożenie w torze właściwej podsypki. Od jakości wykonania tej pracy w znacznym stopniu będzie zależał końcowy efekt naszych poczynąń. Pamiętajmy, że celem jest odtworzenie w miniaturze toru, który do złudzenia przypomina oryginał.

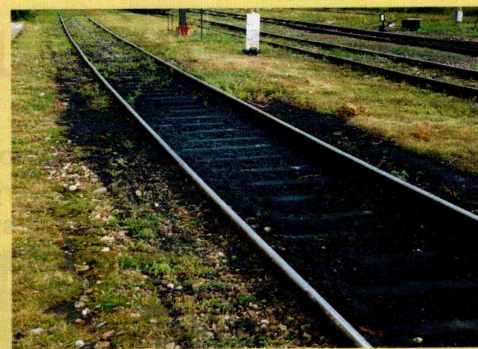
Na początku opiszę metodę stosowaną przeze mnie od wielu lat, którą niegdyś prezentowałem na łamach *Świata kolei* (nr 10/2001). W skrócie można przyjąć, że obowiązuje w niej zasada: najpierw klej, później kruszywo. Zatem na początku wszystkie „okienka” i „bankiety” modelowego toru zostają posmarowane *wikolem*. Tym razem (w odróżnieniu od pierwszego wypełniania toru klejem) używamy bardzo rzadkiego *wikolu*. Klej наносimy ostrożnie, aby nie dostał się on na szyny i podkłady, chyba że celowo chcemy uzyskać efekt nadmiaru podsypki (np. taki jak przedstawiony na fotografii w ŚK 7/03). Wówczas kleju można dać więcej, pamiętając jednak, aby nie dostał się on na szyny od strony wewnętrznej, bo spowoduje przyklejenie się tam ziaren podsypki i sprawi trudności w toczeniu się kół modeli taboru. Na klej sypiemy tłuczeń. Tor obsypujemy ze znacznym nadmiarem, podsypkę zagęszczamy lekko ubijając ją palcem i pozostawiamy do wyschnięcia. Po około 24 godzinach, używając dużego pędzla z dość twardym włosiem, zgarniamy nadmiar podsypki, które nie przykleiły się. Sprawdzamy, czy na torze nie pozostały gdzieś miejsca, w których podsypki brakuje. Zapewne ujawnimy ich sporo. Smarujemy je ponownie rzadkim *wikolem* i posypujemy tłucznem, a po wyschnięciu kleju nadmiar zgarniamy pędzlem. Czynimy to do czasu, aż efekt końcowy będzie nas w pełni satysfakcjonował, a na torze nie będzie już miejsc pozbawionych podsypki. Zamieszczony rysunek (rys. 1) przedstawia kolejne opisane czynności.

Drugi sposób balastowania toru tłucznem, pokazywany często w niemieckojęzycznych czasopiśmie, streścić można: „najpierw kruszywo, później klej”. Polega on na zasypaniu toru suchym tłucznem, uformowaniu z niego pryzmy o pożądanym kształcie, usunięciu nadmiarów i dopiero

wówczas „zapuszczeniu” okienek i bankietów bardzo rzadkim klejem. Próbowalem tej metody, lecz moim zdaniem daje ona gorsze efekty niż pierwsza, a klej – mimo, że przezroczysty po wyschnięciu – pozostaje widoczny na ziarnach podsypki, nadając im nienaturalny, satynowy połysk. Zaletą tej metody jest na pewno znacznie mniejsza pracochłonność, ale dla prawdziwego modelarza nie powinien to być żaden argument.

Jeżeli chcemy zastosować podsypkę inną niż tłuczeń, to jest żwir, kliniec lub żużel, musimy przede wszystkim dobrać odpowiednie kruszywo, pamiętając że na naszej makiecie wszystko – również ziarna podsypki – powinno być odpowiednio mniejsze niż w oryginale. Żwir dobrze imituje drobny piasek z pewną zawartością pyłu (oby nie był to piasek kwarcowy – z błyszczącymi ziarnami). Kliniec można wykonać przesiewając tłuczeń przez drobne sito, dodatkowo nawet krusząc część jego ziaren. Pospółka dobrze wychodzi z wyrobu firmy *Heki* (nr kat. 3327), zaś żużel – z rozbitej i przesianej prawdziwej szlaku. Zachęcam do eksperymentowania z różnymi materiałami i porównywania efektów pracy z oryginałem.

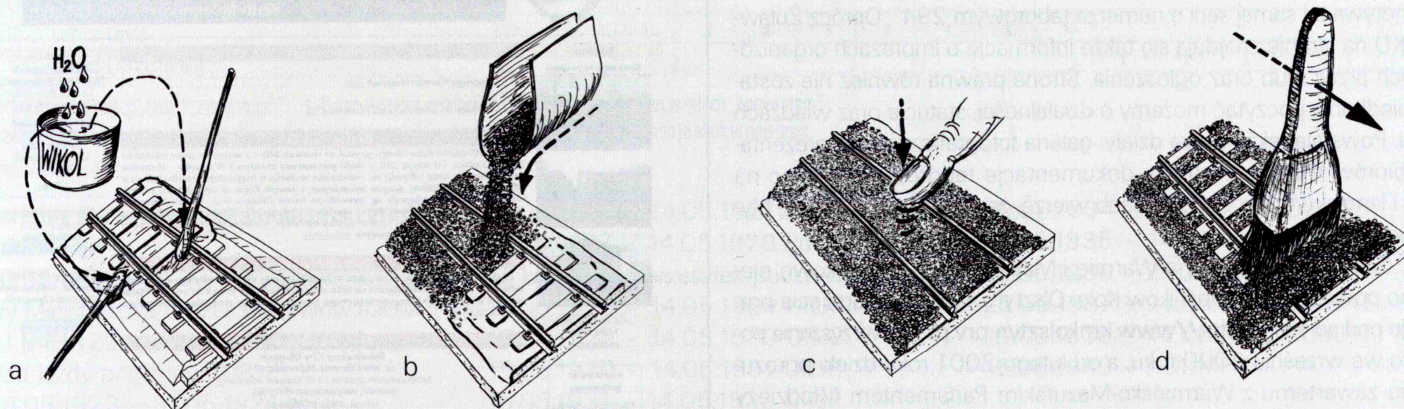
W tym miejscu powinienem dodać, że we wszystkim, co napisałem dotychczas o podsypce, w zasadzie dotyczy dość dobrze utrzymanych torów na szlakach. Tory źle utrzymane (lub niemal w ogóle pozbawione konserwacji i napraw), tory boczne na stacjach, a zwłaszcza tory specjalnego przeznaczenia, wyglądają nieco inaczej. Najlepszym tego przykładem są tory trakcyjne przeznaczone do postoju i obrzadzania lokomotyw. Dawniej, w czasach parowozów, wyróżniały się one wyglądem jeszcze bardziej. Jednak także dzisiaj często zamiast podsypki widać na nich „kożuch” ze smaru, kałuże wody i inne zanieczyszczenia. Bywają miejsca, w których taka błotno-smarna



Tory trakcyjne z charakterystycznymi zabrudzeniami podsypki smarem i olejami.

maż pokrywa podkłady, a ponad nią wystają jedynie główki szyn. Gdzie indziej podkłady leżą niemal na wierzchu podsypki (czyli, jak mawiają kolejarze-drogowcy, tor leży „na boso”), a okienka wypełnia gdzieś niegdzie woda i resztki oleju. Prezentowane fotografie (fot. 1) na pewno nie przedstawiają wszystkich możliwych przypadków występujących w oryginale, ale dają pewien pogląd na sprawę. Dlatego przed wykonaniem podsypki w takich torach warto podpatrzeć oryginał, a nawet – w miarę możliwości – udokumentować go fotografiami.

Warto również zauważyć, że tory boczne mają układ geometryczny znacznie odbiegający od ideału. Występują tam liczne skrzywienia w planie i nierówności w profilu. Wszystko to powinniśmy również odtworzyć na makiecie. Układając więc takie tory pamiętajmy o wykonaniu kilku geometrycznych „kiksów”. Oczywiście nierówności muszą być proporcjonalne do skali, w której budujemy model. Zawsze należy też sprawdzić, czy nie będą one powodowały wykolejania się modeli taboru lub nie spowodują kłopotów z przenoszeniem napięcia z szyn do kół



Rys. 1. Kolejne czynności podczas balastowania toru tłucznem: a) nałożenie kleju; b) zasypanie kruszywem; c) ugniatanie podsypki; d) usuwanie nadmiaru tłuczni.



Zanieczyszczenia smarem i olejem odtworzone na makiecie.

pojazdów. Gdy wreszcie uporamy się z taką nietypową geometrią, możemy przystąpić do odtwarzania specyficznej, smarno-błotnej podsyпки. Najpierw zaplanujemy, gdzie ma jej być w nadmiarze, a gdzie zbyt mało. Zgodnie z takim planem tor wypełniamy *wikolem* tak, jak przy opisanym już pierwszym balastowaniu toru szlakowego. Jeżeli tor ma mieć niedobory podsyпки, to już po pierwszym naniesieniu kleju posypujemy go piaskiem i pyłem imitującymi żwir lub pospółkę. Niektórzy modelarze wypełniają tory masami szpachlowymi. Jest to z pewnością niezły sposób, ale zapewniam, że trudniej jest ułożyć w torze szpachlówkę niż klej typu *wikol*. Preferowane przez niektórych używanie do tego strzykawki lekarskiej uważam również za złą metodę, bo masa taka szybko zapycha jej końcówkę. To zmusza do silniejszego naciskania tłoczka i może spowodować niekontrolowany wypływ nadmiaru substancji prosto na tor. Wówczas czeka nas żmudne oczyszczanie szyn, które z pewnością skończy się uszkodzeniem powłoki malarzkiej nałożonej na szyny i konieczne będą poprawki w malowaniu.

Pamiętajmy o podstawowej zasadzie: po zakończeniu balastowania toru nie powinno na nim pozostać miejsc nie wypełnionych kruszywem. Nie ważne, czy jest to tłuczeń, żwir czy żużel. Może go być mniej lub więcej, ale podsyпка powinna pokryć klej, aby stał się on niewidoczny.

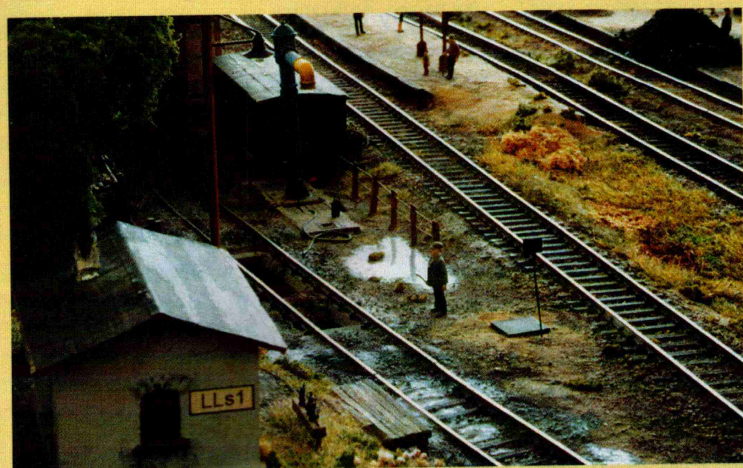
Chcąc wykonać imitację smaru w torze warto posłużyć się metodą opracowaną przez modelarza-realistę Krzysztofa Wiśniewskiego. Należy użyć drobin z kredek pastelowych (tzw. „suchych” pastelów) koloru czarnego i żółto-oliwkowego, powstałych po starciu ich na papierze ściernym. Używając lakieru bezbarwnego (błyszczącego i satynowego), np. firmy *Humbrol* (nr 35 i 135), sporządzamy pastelowo-lakierową masę, którą nakładamy na podsyпку i wcieramy ją mniej lub bardziej. Po kilku próbach przekonamy się, że tym sposobem można wykonać charakterystyczną smarno-błotną polepę oraz niewielkie plamy smarne. Wszystko będzie zależało od gęstości i ilości tej „miksury” nałożonej w tor lub obok toru. Dodatkowo można pokryć zewnętrzne boki szyn, tworząc na nich charakterystyczną strukturę „baranka”. Z pyłu z żółto-oliwkowych pastelów zmieszanych

z błyszczącym lakierem wykonamy niewielkie kałuże oleju, umieszczając je np. w zagłębieniach podsyпки.

Kałuże wody radzę wykonać z dwuskładnikowej żywicy (np. *Faller* nr kat. 508 lub *Heki* nr kat. 3550+3555). Miejsce, w którym chcemy wykonać taką kałużę malujemy najpierw lakierem bezbarwnym i dopiero po jego wyschnięciu nakładamy kroplę lub kilka kropli żywicy. Wstępne malowanie lakierem sprawi, że żywica nie wsiąknie w podsyпку i rozleje się dokładnie w miejscu, w którym chcemy wykonać kałużę wody. Stosowanie tylko lakieru (bez żywicy) daje gorsze efekty, ale często bywa stosowane przez modelarzy, gdyż dwuskładnikowa żywica imitująca wodę jest niestety bardzo droga. Tych, którzy jednak chcą mieć realistyczną wodę na makiecie (nie tylko przy torach trakcyjnych) zachęcam do jej zakupu, bo uzyskiwane efekty godne są ceny.

Nieco inaczej wykonamy tory, które mają być silnie zachwaszczone. Takim torom oraz sposobom ostatecznego patynowania torów będzie poświęcony kolejny odcinek artykułu.

Leszek Lewiński



Kałuże wody wykonane z dwuskładnikowej żywicy.



Dwa tory główne: z lewej zachwaszczony, dawno nie remontowany; z prawej – czysta podsyпка kilka lat po naprawie głównej.

Tory na makiecie (11)

Na naszej makiecie będą z pewnością także tory boczne, a może nawet tory kolei wąskotorowej. Swym wyglądem różnią się one od torów głównych. Ich podsypka najczęściej jest wykonana ze żwiru lub z pospółki, a zieleni pojawia się na nich znacznie częściej i w znacznie większej ilości. Dziś poświęcimy takim torom oraz omówimy kilka sposobów ich ostatecznego spatynowania, aby swym wyglądem jak najwierniej oddawały oryginał.

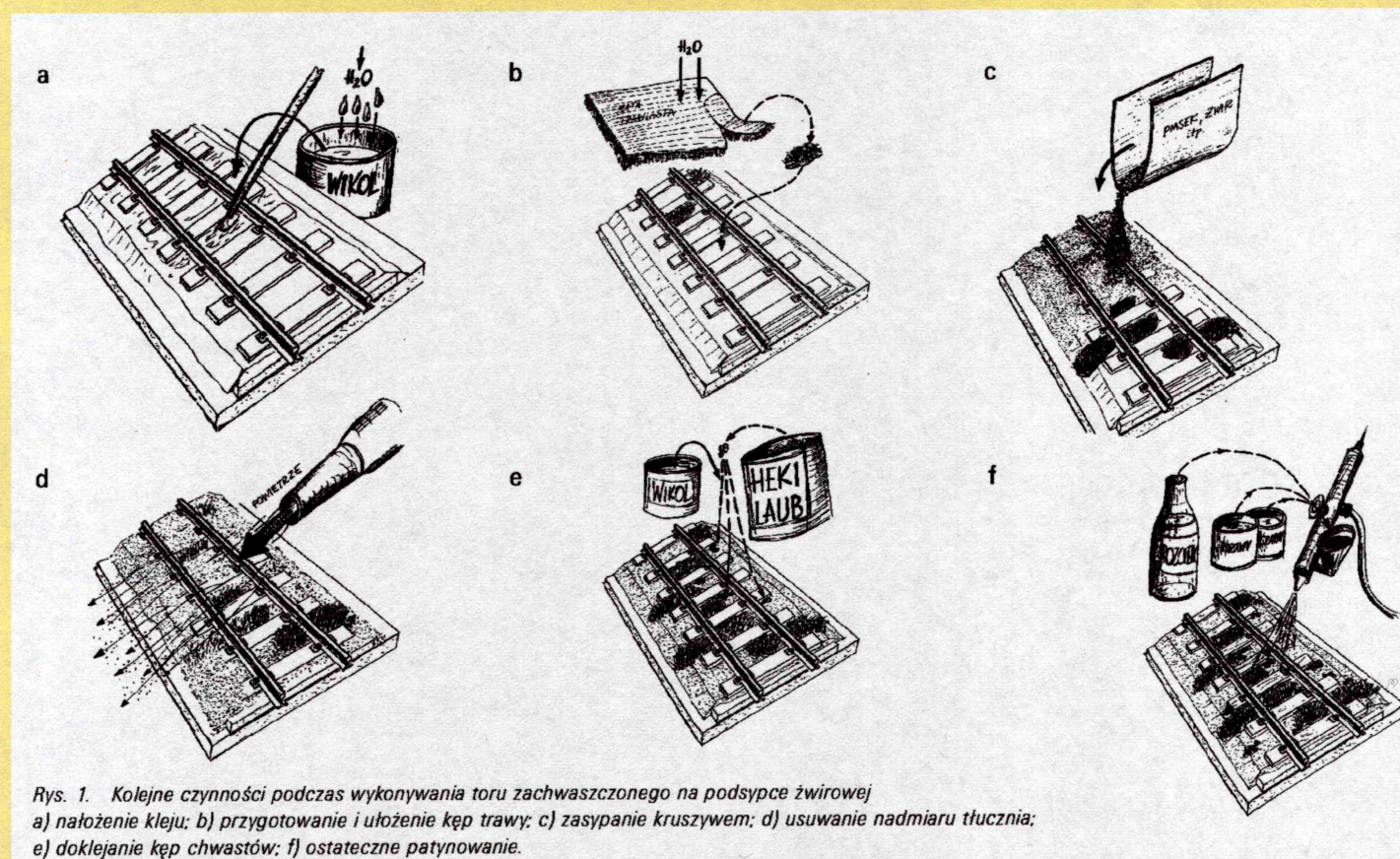
Tory z podsypką żwirową lub z pospółki wykonujemy identycznie jak tory z podsypką tłuczniową. Do ich balastowania używamy jednak innego kruszywa. Zostało to opisane w części 9. Efektem naszych poczynąń powinien być tor, który przedstawia fotografia (lewy tor – przy wyładowni). Zauważyć można, że podsypka żwirowa pokrywa cienką warstwą także wierzch większości podkładów, które stają się niewidoczne dla obserwatora. Czytelne pozostają natomiast elementy przytwierdzenia szyn do podkładów, co świadczy o tym, że nadmiar podsypki jest niewielki. Tak najczęściej wyglądają (a właściwie wyglądały, bo obecnie czynnych ładowni jest niewiele) dobrze utrzymane tory boczne. Warto zwrócić uwagę, że tor ładunkowy pokazany na fotografii ma podsypkę o różnych kolorach i odcieniach. Jest to skutek zanieczyszczenia żwiru przeładowywanymi materiałami: od białego

wapna, przez czerwoną mączkę, aż po czarny węgiel. Sposób wykonania takich przebarwień jest prosty. Co jakiś czas do żwiru – sypanego na ułożony w torze rzadki *wikol* – należy dodać pyłu o nieco innym kolorze. Może to być talk techniczny, sproszkowana i przesiana cegła oraz pył węglowy. Warto także stosować różne gatunki żwiru (od bardzo jasnego żółtego aż po brązowy), wykonanego z pyłu piaskowego lub (z opisywanego w poprzednim odcinku) produktu firmy *Heki*.

Jeżeli chcemy nasz tor zachwascić, to musimy postąpić nieco inaczej. Najpierw przygotowujemy małe kawałki maty trawiastej – najlepiej korzystając z produktu firmy *Vero* lub *Auchagen*. Aby możliwe było odrywanie z maty kawałeczków o wielkości np. 5 na 2 mm musimy teksturę (nośnik maty) od spodu obficie zwilżyć wodą i po odczekaniu, aż nasiąknie i zmięknie, usunąć



Fot. 1. Tor ładunkowy na podsypce żwirowej. Brak zachwaszczenia świadczy o jego należyтым utrzymaniu, zaś przebarwienia podsypki są efektem różnorodnych usypów z przeładowywanych materiałów.



większość warstw tektury, pozostawiając jedynie cieniutką, pojedynczą osnowę. Zapewniam, że po przeprowadzeniu kilku prób każdemu uda się to wykonać. Oczywiście musimy użyć maty trawiastej wykonanej na wielowarstwowej tekturze, a nie produktu np. *Heki* czy *Fallera*, w których kanwę stanowi pojedynczy, pergaminowy papier. Powtórzę, że najlepsze efekty uzyskuje się stosując stare maty *Vero*, rodem nawet jeszcze z NRD, które ciągle są dostępne na modelarskich giełdach. Gdy nadmiar papieru jest usunięty, z łatwością uda się nam wydzierać (podkreślam: wydzierać, a nie wycinać nożycami lub skalpelem!) odpowiednie kawałeczki. Przygotujemy ich wiele, o różnych rozmiarach i z różnych odcieni trawiastej maty. Gdy kępki trawy są gotowe, można posmarować tor klejem. Jest to oczywiście drugie układanie kleju w torze, gdyż – jak pamiętamy z poprzednich odcinków – pierwsze (gęstym klejem) wykonaliśmy już wcześniej, zaraz po ułożeniu toru. Stosujemy dość rzadki klej, nanosząc go przede wszystkim w okienka pomiędzy podkładami i na bankiet. Można pokryć nim także niektóre podkłady, wówczas będziemy mogli imitować tzw. kozuch z trawy, pokrywający cały tor, co w oryginale także się zdarza. Na klej kładziemy przygotowane kępki trawy. Dobrze jest użyć do tego pincety i wykalczki w celu ich lekkiego dociśnięcia. Gdy uznamy, że trawy jest wystarczająca ilość, zasypujemy tor piaskiem i pyłem. Po wyschnięciu kleju (trwa to kilka, a nawet kilkanaście godzin) usuwamy nadmiar piasku i pyłu wydmuchując go – najlepiej sprężonym powietrzem np. z aerografu. Można jeszcze dodać kępki innych traw, a właściwie chwastów, wykonanych z granulatu *Heki-Lauba*. Kolejne czynności przy wykonaniu takiego zachwaszczonego toru przedstawia rysunek (rys. 1). Efekt końcowy widoczny jest na fotografiach. Pierwsza z nich pokazuje tor normalny, a druga szlakowy tor wąskotorowy (H0e).

Ostateczny wygląd modelowego toru powinien być efektem tzw. patynowania, czyli naniesienia nań śladów eksploatacji, zabrudzeń itp. Nie każdy tor i nie w każdym miejscu musi być poddawany tego typu zabiegom. Opisane tory zachwaszczone są już gotowe i jeżeli zostały wykonane zgodnie z podanym tutaj przepisem, wnoszenie jakichkolwiek poprawek jest wręcz niewskazane. Patynowanie torów głównych polegać będzie przede wszystkim na naniesieniu rdzawego nalotu na podsypkę, podkłady i elementy przytwierdzenia. W oryginale jest to głównie efekt pyłu z klocków hamulcowych, który pokrywa tor i zmienia jego barwę. Oczywiście efekt taki występuje w sposób widoczny w ściśle określonych lokalizacjach: przed semaforami, peronami itp., czyli tam, gdzie pociągi najczęściej hamują. W innych miejscach podsypka „rudzieje” znacznie



Fot. 2. Tor boczny dość silnie zachwaszczony.

wolniej, chociaż rzadko kiedy na prawdziwych torach możemy oglądać świeżą, jasną podsypkę. Zabieg patynowania najlepiej wykonać aerografem. Właściwie jest to jedyna skuteczna metoda wykonania tej pracy, gdyż tylko w ten sposób można wykonać napylanie farby na detale – tak jak w oryginale opiki zostają napylone na tor. Do malowania należy użyć farby rdzawej (np. *Humbrol* nr 113). Posługiwanie się aerografem to wielka sztuka, zatem proponuję najpierw wykonanie kilkunastu ćwiczeń na boku, aby nie popsuć efektu, który już uzyskaliśmy. Kto ma problemy z malowaniem natryskowym, niech lepiej w ogóle zrezygnuje z patynowania torów. Farbę musimy nałożyć bardzo delikatnie i – podkreślam jeszcze raz – głównie w miej-

scach, gdzie taka rdzawa patyna powinna się pojawić. Całe tory można również leciutko przytłumić trzymając aerograf wysoko (10-20 cm nad torem) i stosując szeroki kąt rozprysku (a nie cienki strumień!). Jeżeli odtwarzamy na makiecie epokę parowozów, to można na koniec, używając twardego pędzla i półsuchej czarnej farby plakatowej, nanieść na tor trochę sadzy i węglowego pyłu. Czynimy to nader ostrożnie i z wielkim wyczuciem. Powinny być to jedynie lekkie muśnięcia pędzla po przymie podsypki. Teraz pozostaje nam już tylko poczekać aż farba wyschnie i porównać uzyskany efekt z oryginałem. Modelowy tor powinien wyglądać jak prawdziwy.

Leszek Lewiński



Fot. 3. Fragment szlaku kolej wąskotorowej. Charakterystyczne zachwaszczenia żwirowej podsypki i rowów bocznych wykonanych wzdłuż torowiska.