

Trendy v konštrukcii koľaje električkových tratí

Konštrukčné riešenie koľaje električkových tratí historicky prechádzalo, podobne ako v prípade železnice, rozličnými štádiami a vývojovými stupňami. Zásadnou odlišnosťou mestskej dráhy a klasickej železničnej trate je veľkosť nápravového tlaku, ktorý musí zvršok i spodok trate preniesť. Na tratiach ŽSR je zvislé statické zaťaženie na nápravu až 22,5 tony, zaťaženie mestských dráh je približne 11 až 12 ton. Hodnoty zaťaženia sú určujúce pre konštrukčnú skladbu komponentov trate.

Električkovú trať tvoria dve stavebné časti – električkový zvršok a spodok. V začiatkoch stavby električkových tratí, keď boli rýchlosti jazdy a hmotnosť vozidiel malé, sa koľajnice ukladali priamo na vyrovnanú a zhutnenú vrstvu štrkopiesku, prípadne štrkodrviny, a rozchod koľaje zabezpečovali rozchodnice. Priestor medzi koľajnicami bol zvyčajne vydláždený dlažbovými kockami po úroveň temien hláv žliabkových koľajnic. Keďže sa však množili požiadavky na zvyšovanie nápravových tlakov a rýchlosti jazdy vozidiel, toto riešenie čoskoro prestalo vyhovovať. Koľajnice sa začali ukladať na priečne drevené podpory – podvaly. Vznikol tzv. koľajový rošt, ktorý má dostatočnú tuhosť a lepšie prenáša statické a dynamické zaťaženie od vozidiel. Podvaly sa ukladajú do štrkového lôžka.

Drevené podvaly ako štandardne používaný prvok prežili v konštrukcii trate v podstate celé jedno storočie. Drevo bolo z hľadiska dostupnosti, ľahkej opracovateľnosti a pružnosti veľmi dobrý materiál, jeho nevýhodou však bola obmedzená životnosť, najmä v podmienkach mestských dráh. S nástupom prefabrikácie a masívnejšieho presadzovania železobetónu a predpätých konštrukcií sa postupne začali presadzovať železobetónové podvaly. Samozrejme, najskôr na železnici.

Systémy zvršku s priečnymi koľajnicovými podporami ukladanými do koľajového lôžka môžeme nazývať aj štrkovými systémami. Konštrukčný vývoj v oblasti železobetónu znamenal posun k ďalšiemu typu konštrukcie zvršku – priečne osamelé koľajnicové podpory sa nahradili ucelenými prefabrikovanými blokmi. Tie boli uložené buď pod žliabkovými koľajnicami, ktoré sa uchyťovali k prefabrikátom jednotlivými uzlami upevnenia, alebo do žliabkov



Rheda City pred betonážou

vytvorených v samotných prefabrikátoch. Ide v podstate o bezštrkové systémy zvršku, ktoré dnes nazývame aj pevná jazdná dráha.

Vhodnosť použitia systémov koľaje so zreteľom na prevádzkové podmienky

Dôležitými parametrami električkovej trate sú životnosť komponentov, dlhodobá stabilita priestorovej polohy koľaje a prevádzková spoľahlivosť všetkých konštrukcií. Je potrebné si uvedomiť, že nie všetky konštrukčné systémy sú vhodné do ľubovoľných podmienok. Práve v koncepcii konštrukcie trate sa v minulosti urobilo množstvo chýb.

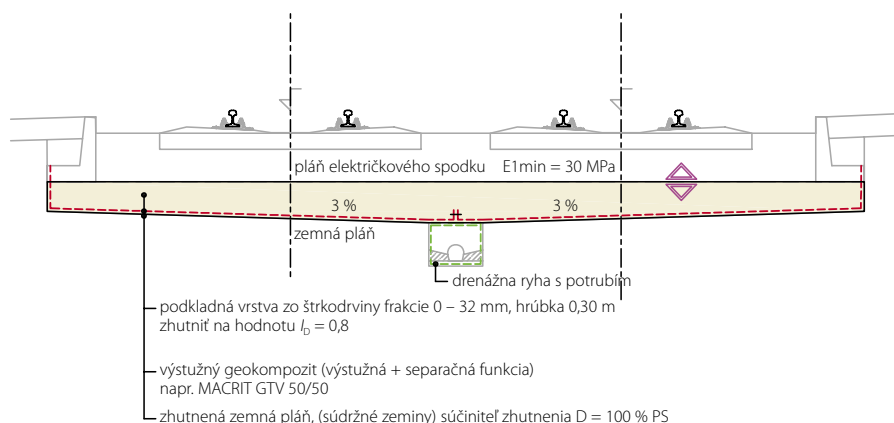
Dnes vieme, že základom správnej a dlhodobej funkčnosti celého systému trate je subsystém električkového spodku. Spodok musí permanentne zabezpečovať:

- spoľahlivé odvodnenie trate,

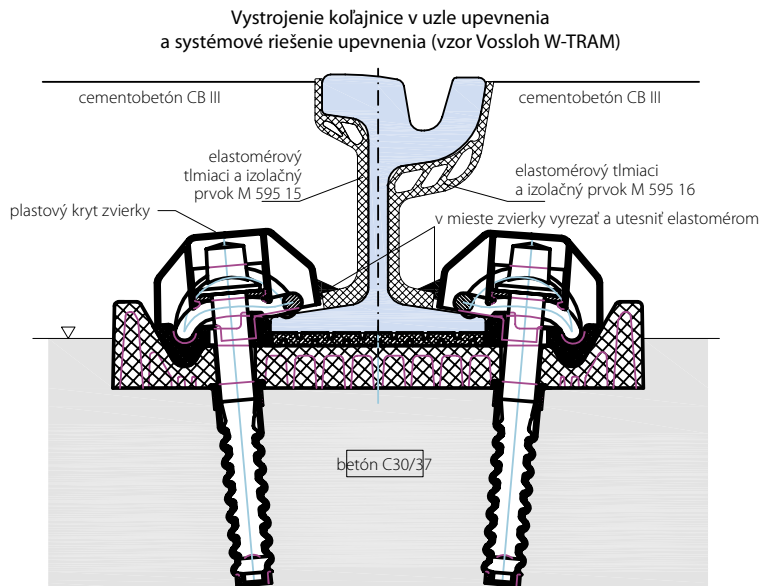
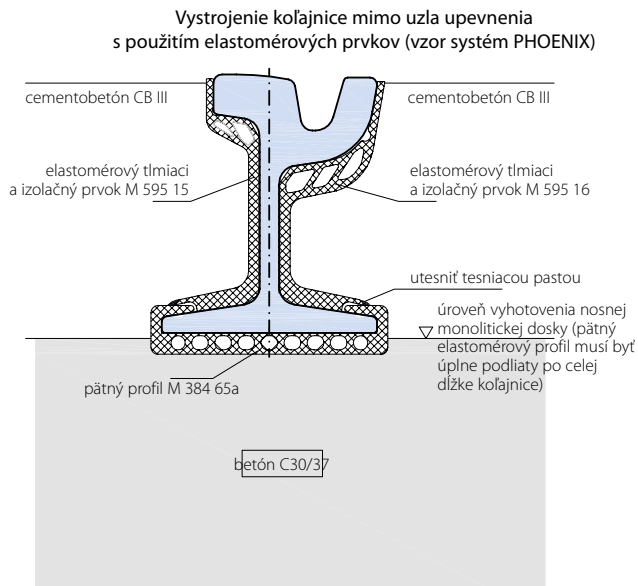
- vyhovujúcu, dostatočnú a nemennú deformačnú odolnosť ako nosná vrstva pre električkový zvršok.

Konštrukcia spodku a dokonalé odvodnenie sa v minulosti veľmi podceňovali. Nezdierka sa používali šablónovité riešenia bez ohľadu na typ a charakter podložie či klimatické podmienky. Vyznačovali sa nevhodným výberom materiálov, ako boli piesok alebo zle zrnený štrkopiesok, a nedostatočnou hrúbkou konštrukčných vrstiev. Vrstvy neboli od podložie v úrovni zemnej pláne nijakým spôsobom odseparované a zemná pláň často nebola vyspádovaná. Na účely odvodnenia (ak vôbec existovalo!) sa používali nevhodné prvky, napríklad melioračné tvárnice z pálenej hliny. Výsledkom bola zlá deformačná odolnosť a rýchly rozpad geometrickej polohy koľaje a v spojení so zádlážbou či iným tuhým krytom trate potom poškodenie tohto krytu, respektíve vozovky.

Nadstavbou funkčnej konštrukcie spodku je električkový zvršok. Voľba konštrukcie zvršku je v súvislosti s prevádzkovými podmienkami nemenej dôležitá ako správne nadimenzovanie spodku. Nesprávna voľba vedie k neskorším problémom, ktoré znamenajú zvýšené náklady na údržbu. Ako príklad možno uviesť električkové trate s drevenými podvalmi budované s tuhým krytom v úrovni temien hláv koľajnic (zádlážba, betónové krycie dosky, asfaltová vozovka atď.). Takto uložené podvaly a oceleové časti upevnenia sú neustále atakované vlhkosťou prenikajúcou z vozovky a súčasne z podložie, v zime sa k tomu pridáva mráz a výsledkom je porušenie štruktúry dreva, hniloba, korózia ocele



Obr. 1



Obr. 2

a narušenie upevňovadiel. Tzv. otvorený zvršok bez základy je v tomto prípade omnoho lepšou voľbou.

Ak už musí byť použitý štrkový systém s podvalmi a základou či iným krytom trate (zatrávenie), vhodnejšie je použiť betónové podvaly. Okrem deštrukcie komponentov vplyvom klimatických podmienok a agresivity prostredia vykazuje štrkový systém aj pomerne značné deformácie (či už pružné alebo nepružné) a pohyby pri prejazde vozidla (tzv. pumpovanie koľaje). Je to prirodzená vlastnosť štrkového systému. V kombinácii s asfaltovým či iným tuhým krytom trate nutne musí dôjsť po krátkom čase k porušeniu a polámaniu relatívne tuhého krytu trate v blízkosti koľajnicových pásov. V prípade, že je takáto konštrukcia súčasťou vozovky, kde sa pohybujú aj motorové vozidlá, vznik veľkých výtlkov v okolí koľajníc je nevyhnutný. Opätovné asfaltovanie výtlkov je neúčinné.

Najnovšie poznatky z konštrukcie električkových tratí jednoznačne smerujú k pevnej jazdnej dráhe ako konštrukcie zvršku, ktorý bude v prevádzke zakrytý, respektíve bude súčasťou vozovky cestnej komunikácie. Pevná jazdná dráha vykazuje minimálne vertikálne i horizontálne pohyby, priestorová poloha koľaje je dlhodobo stabilizovaná, tuhosť konštrukcie zvršku je príbuzná tuhosti krytu vozovky, izolácia pred vnikaním vody do konštrukcie zvršku je bezproblémovo realizovateľná. To všetko vytvára predpoklad dlhodobej životnosti trate bez potreby masívnych údržbových prác.

Tlak na efektívnosť vynakladaných investícií s minimálnou náročnosťou na údržbu znamenal v uplynulých dvadsiatich rokoch úplnú zmenu v pohľade na význam konštrukcie trate z hľadiska spodku i zvršku. Prudký rozvoj stavebnej chémie, výpočtová technika

a experimentálne poznatky pomohli vytvoriť také riešenia, ktoré by požiadavku dlhodobej životnosti dokázali zabezpečiť.

Konštrukcia električkového spodku v podmienkach Bratislavy

Dá sa povedať, že pri električkovom spodku existuje väčšia univerzálnosť riešenia bez ohľadu na typ električkového zvršku. V rámci projektu električkovej trate v úseku Harmicova ulica – Krčace na karloveskej radiále v Bratislave sa navrhla konštrukcia, ktorá používa overené princípy „veľkej železnice“, je koncepcie jednoduchá a nevyžaduje veľkú materiálovú rozmanitosť.

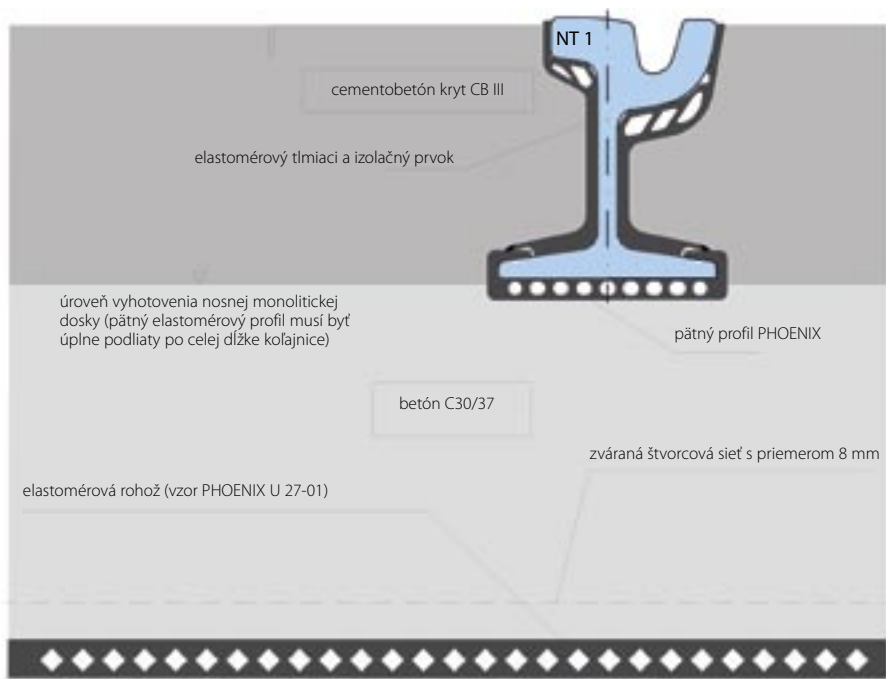
S ohľadom na už spomínané zaťaženie od vozidiel a kritérium trvalej deformačnej odolnosti sa stanovila hodnota únosnosti pláne spodku na $E = 30 \text{ MPa}$. V podloží trate sa nachádzali veľmi nevhodné zeminy – íly so strednou až vysokou plasticitou a zlým vodným režimom. Na uvedené podmienky sa navrhla konštrukcia spodku dokumentovaná na obr. 1.

Konštrukcia električkového zvršku v podmienkach Bratislavy

V sieti električkových tratí v Bratislave sa vyskytujú úseky, ktoré sú súčasťou cestných komunikácií a vyžaduje sa, aby boli koľaje zakryté tuhým krytom či vozovkou – hlavne v centre mesta. Takisto sa vyskytujú úseky, kde je trať umiestnená na samostatnom telese mimo cestnej komunikácie. Ako už bolo naznačené, pre oba typy trate je vhodný iný typ zvršku. Trate v centre mesta sú ešte špecifické tým, že vedú v blízkosti historicky cenných budov, kde sa požaduje maximálny útlm vibrácií. V rámci projektových prác existovali oba typy prostredia a pre každý typ sa navrhla vhodná konštrukcia. V návrhu bola snaha využiť prevažujúce pozitívne každého zo systémov pre dané prostredie.

Pozitíva otvoreného zvršku s pričnými podvalmi v koľajovom lôžku sú:

- jednoduchšia výstavba,



Obr. 3



Kolaj po betonáži

- jednoduchšie odvodnenie trate,
- jednoduchšie zabezpečenie elektrických izolačných vlastností koľaje,
- vyššia pružnosť konštrukcie,
- nižšia hlučnosť konštrukcie,
- jednoduchšia kontrolovateľnosť súčastí a ľahšia údržba.

Pozitíva zvršku typu pevná jazdná dráha sú:

- trvalá deformačná odolnosť konštrukcie,
- trvalá geometrická poloha koľaje,
- takmer nulové náklady na údržbu,
- dobrá kompatibilita s tuhým krytom vozovky,
- lepšia možnosť zatrávnenia trate,
- celoplošný prenos zvislého zaťaženia do podložia trate,
- technicky zvládnuté antivibračné opatrenia.

Pri tratiach s otvoreným zvrškom je jednoznačne potrebné používať železobetóno-

vé podvaly s pružným, bezpodkladnicovým upevnením koľajníc. Na zabezpečenie dlhodobej pružnosti koľaje a dobrej stability koľajového roštu je vhodné používať hrúbku koľajového lôžka pod spodnou plochou podvalu aspoň 0,30 m. Príklad takejto konštrukcie je zobrazený na *obr. 1*.

Pri tratiach so zvrškom typu pevná jazdná dráha už neodporúčame používať technicky zastarané a funkčne nedokonalé typy na báze prefabrikátov IZX so zabetónovanými bankskými koľajničkami na vloženie koľajnicových upevňovadiel alebo panely typu BKV s drážkami na vloženie blokových koľajníc. Ani jeden z týchto typov nedokáže zabezpečiť celoplošný kontakt s pláňou spodku a pri prefabrikátoch IZX je problematická dlhodobé narušenie upevnenia koľajníc a veľké riziko korózie, ako aj zhoršenie elektrických izolačných vlastností zvršku.

Súčasný trend jednoznačne smeruje k monolitickým systémom, ktorých zvláštnosťou je metóda výstavby systémom zhora nadol. Metóda spočíva v tom, že koľaj aj s upevnením sa zastabilizuje v definitívnej smerovej a výškovej polohe a následne sa spolu s upevnením zabetónuje. Obutie koľajníc a upevňovadiel do elastických profilov v celom obvode (mimo hlavy) zabezpečuje útlm vibrácií a jednoduché oddelenie od relatívne tuhej vozovky a súčasne zabraňuje vnikaniu vody z povrchu. Príklad takéhto riešenia je uvedený na *obr. 2*.

V prípade extra požiadaviek na útlm hluku a vibrácií možno použiť systém trikrát odpru-

ženej hmoty, ktorý sa navrhol na rekonštrukciu trate v električkovom tuneli pod Bratislavským hradom. Riešenie je zrejme z *obr. 3*.

Špecifikom pevnej jazdnej dráhy je systém upevnenia koľajníc, ktorý je zvyčajne na tento účel špeciálne vyvinutý. Na *obr. 2* je zobrazený systém W-TRAM. Jeho zvláštnosťou je, že je z plastu a má výborné elektroizolačné vlastnosti. Navyše aj po zabetónovaní koľajnice do vozovky umožňuje potrebné pružné zvislé aj vodorovné pohyby koľajnice bez deštrukcie tuhej vozovky.

TEXT: Ing. Ondrej Podolec
FOTO: REMING CONSULT, a. s.

Ondrej Podolec je projektový manažér a špecialista na koľajové stavby v spoločnosti REMING CONSULT, a. s.

Trendy v konštrukcii koľají električkových tratí

Konštrukčné riešenie koľají električkových tratí historicky prechádzalo, podobne ako v prípade železnice, rozličnými štádiami a vývojovými stupňami. Zásadnou odlišnosťou mestskej dráhy a klasickej železničnej trate je veľkosť nápravového tlaku, ktorý musí zvršok i spodok trate preniesť. Na tratiach ŽSR je zvislé statické zaťaženie na nápravu až 22,5 tony, zaťaženie mestských dráh je približne 11 až 12 ton. Hodnoty zaťaženia sú určujúce pre konštrukčnú skladbu komponentov trate.