

Zaujímavé nerozvinuteľné priamkové plochy v technickej praxi a bežnom živote

Interesting Ruled Surfaces in Technical Practice and Real-life

Lucia Rumanová^a – Vjera Kiš^b

^a*Department of Mathematics, Faculty of Natural Sciences, Constantine the Philosopher University in Nitra,
Tr. A. Hlinku 1, SK-949 74 Nitra,*

^b*SPŠ Stavebná, Cabajská 4, SK-950 50 Nitra*

Received 13 April 2016; received in revised form 18 April 2016; accepted 22 April 2016

Abstract

In the article we describe the use of knowledge from descriptive geometry in construction. Specifically we deal with unroll ruled surfaces, which are frequently used in technical practice because of their simplicity of construction and also good static properties. We present main unroll hyperboloid, hyperbolic paraboloid and different types of conoids. In structural engineering practice the common using of these surfaces is illustrated in the attached figures.

Keywords: ruled surfaces, conoids, properties, technical practice, examples of surfaces.

Classification: 51L20, 14J26, M50

Úvod

Námetov na upevnenie geometrických vedomostí je všade okolo nás dostatok, preto je prirodzené ich využiť aj v rámci vyučovacieho procesu, a tým prepojiť výučbu s bežným životom.

Architekti sa snažia projektovať stavby, ktoré sú pre bežnú verejnosť na pohľad zaujímavé a teda v technickej praxi používajú od jednoduchých a všeobecne známych plôch, ako sú rovina, plocha guľová, valcová, kužeľová, aj špeciálne priamkové plochy. Z hľadiska využitia rôznych plôch v stavebníctve sa priamkové plochy používajú predovšetkým kvôli ich jednoduchej konštrukcii a dobrým statickým vlastnostiam.

Z hľadiska staviteľa je dôležité, aby použitá plocha splnila požadovanú funkciu, bola dostatočne „pevná“, esteticky žiaduca a technicky zostrojiteľná. Z hľadiska teórie, statické vlastnosti plôch závisia aj od ich geometrických vlastností, najmä na vzájomnej polohe dotkových rovín plochy a plochy samotnej.

V tomto článku sa budeme venovať najmä *nerozvinuteľným plochám*, ktoré vzhľadom k dobrým statickým vlastnostiam, nachádzajú svoje uplatnenie v stavebníctve, najčastejšie ako tvary striech rôznych budov. Na konkrétnych ukážkach priblížime ich použitie v praxi.

*Corresponding author; email: lrumanova@ukf.sk
DOI: 10.17846/AMN.2016.2.1.19-26

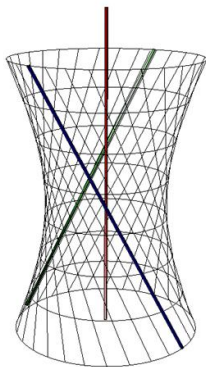
Nerovzvinuteľné priamkové plochy

Nerovzvinuteľné priamkové plochy definujeme ako plochy, ktoré obsahujú konečný počet torzálnych priamok. Torzálnou priamkou nazveme takú tvoriacu priamku p_o priamkovej plochy Φ , ktorej každý bod leží v dotykovej rovine τ danej plochy Φ .

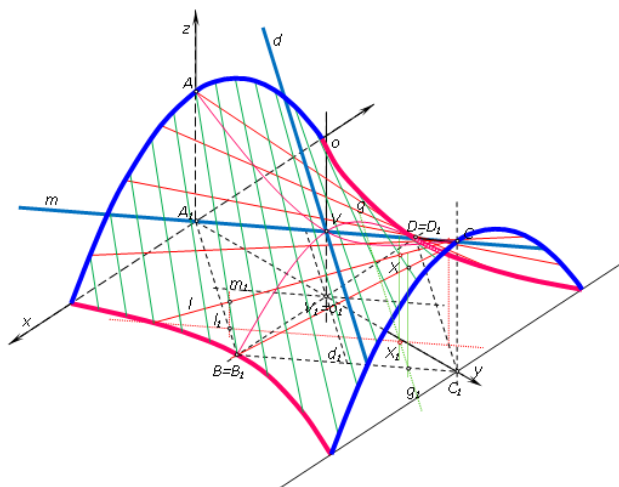
Ak sú všetky priamky plochy Φ torzálné, tak plocha Φ sa nazýva rozvinuteľná priamková plocha. V inom prípade plochu nazývame *nerovzvinuteľnou*.

K pomerne známym príkladom plôch sú jednodielny hyperboloid a hyperbolický paraboloid

Jednodielny hyperboloid je určený tromi vlastnými mimobežnými priamkami, ktoré nie sú rovnobežné so žiadnou rovinou. Ide o plochu druhého stupňa a neobsahuje torzálné priamky (Obrázok 1), teda je to nerovzvinuteľná plocha.



Obrázok 1



Obrázok 2

Podobnú konštrukciu má aj hyperbolický paraboloid. Hyperbolický paraboloid je možné zadať tromi (vlastnými) mimobežkami, ktoré sú rovnobežné s jednou rovinou alebo dvoma mimobežnými priamkami a ríadiacou rovinou s nimi rôznobežnou. Keďže je plocha určená tromi priamkami, podobne ako jednodielny hyperboloid, aj hyperbolický paraboloid je plocha druhého stupňa a neobsahuje torzálné priamky. Môže byť zadaný aj zborným štvoruholníkom.

Hyperbolický paraboloid bol pomenovaný podľa toho, že rezom danej plochy môže byť parabola alebo hyperbola. Názov, pod ktorým ho poznáme, je aj sedlová plocha (Obrázok 2).

Rotačný jednodielny hyperboloid a parabolický hyperboloid majú okrem zaujímavého dizajnu aj výborné statické a iné vlastnosti. Najčastejšie sa využívajú pri stavbe chladiarenských veží a komínov, ale i na zastrešovanie rôznych budov.

Uvedieme niekoľko konkrétnych ukážok.

Šuchova veža (Shukhov tower) je prvá veža na svete v tvare hyperboloidu, ktorú navrhol v roku 1896 ruský inžinier a architekt Vladimír Shukhov. Vodárenská veža je vysoká 37 metrov a nachádza sa v dedinke Polibino, oblasti Lipetsk v Rusku. Poznamenávame, že architekt Shukhov navrhol mnoho hyperboloidných oceľových mriežkových konštrukcií a používal ich v stovkách vodárenských veží, morských majákov, stožiarov vojnových lodí.

Svojím návrhom tvaru veže bol priekopnícky, nakoľko v zahraničí sa podobné hyperboloidné štruktúry objavujú o desať rokov neskôr.

Iným príkladom je moderná veža jedinečného dizajnu, postavená v roku 1976, ktorá slúži ako nádrž (Obrázok 3). Hlavným konštruktérom bola poľská architektka J. Bogusławska a veža stojí na najvyššom bode Ciechanów (143 m) v Poľsku. Je zhotovená z oceľového plechu o objeme 1,560 m³, má tvar pneumatiky - anuloidu. Priemer rúry má 6 metrov a je postavená na hyperboloidnej nosnej konštrukcii.



Obrázok 3 (Zdroj: <http://www.wiezecisnien.eu/Ciechanow.htm>)

Ďalším príkladom je elektráreň na juhu Slovenska. Medzi Nitrou a Levicami sa nachádzajú štyri bloky Atómových elektrární Mochovce s tlakovodnými reaktormi typu VVER 440/V-213. Priamky hyperboloidu sú vyznačené na Obrázku 4.



Obrázok 4 (Zdroj: <https://www.seas.sk/atomova-jadrova-elektaren>)

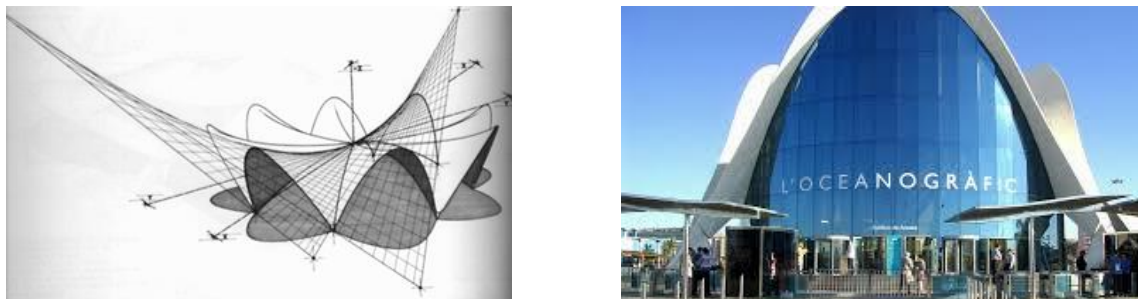
Ďalšia ukážka je rekonštrukcia krytej lávky ponad ulicu Corporation v centre Manchestru s názvom Corporation Street Bridge. Samotnú lávku nahradil most, ktorý má tvar hyperboloidu a spája Marks & Spencer/Selfridges budovu s Manchestr Arndale. Bol navrhnutý architektmi zo spoločnosti Manchester-based Hodder and Partners a otvorili ho v roku 1999. Most je dlhý 18 metrov a má 6,2 metrov v priemere (Obrázok 5).



Obrázok 5 (Zdroj: http://happyponist.blogspot.sk/2010_03_01_archive.html)

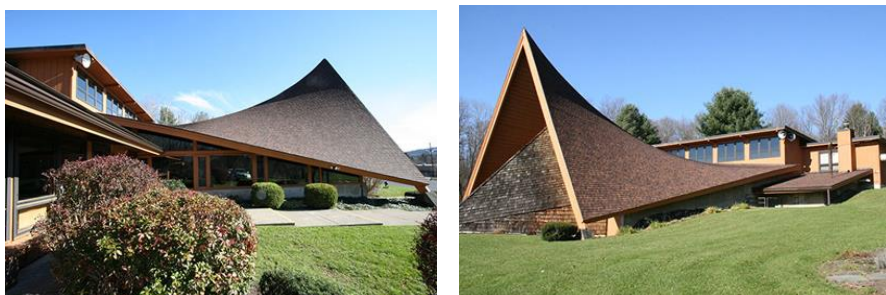
Možno jeden z najznámejších príkladov použitia plochy v tvare hyperbolického paraboloidu je L'Oceanographic vo Valencii. Ide o najväčšie akvárium v Európe, ktoré navrhol španielsky architekt Felix Candela. Stavbu dokončili v roku 1997 (Obrázok 6).

Hyperbolicko-paraboloidny tvar strechy má tiež Los Manantiales, reštaurácia v Mexicu City (Obrázok 6), ktorú Candela navrhol už v roku 1958.



Obrázok 6 (Zdroj: <https://sk.pinterest.com/pin/400679698073802931/>)

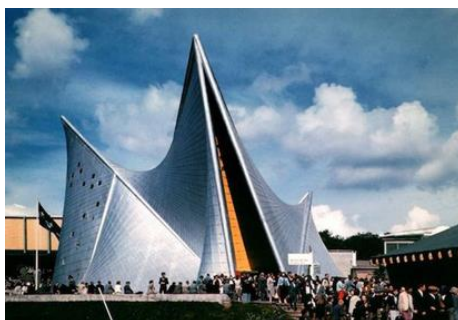
Ďalším príkladom využitia hyperbolického paraboloidu je strecha kostola Reformovanej kresťanskej cirkvi v New Yorku (Valley Christian Reformed Church, Kattelville), ktorú navrhol architekt James R. Mowry (Obrázok 7).



Obrázok 7 (Zdroj: <http://nyslandmarks.com/mowry/mowry4.htm>)

Pavilón Philips (Obrázok 8) je zase dielo, ktoré spája architektúru, film, svetlo, hudbu (hlavne zvuk) za použitia rôznych matematických a fyzikálnych zákonov. Ide o dielo architektov Le Corbusiera, Lannis Xenakis a hudobníka Edgara Varese, ktorí spoločne pracovali na zákazke firmy Philips a navrhli pavilón pre svetovú výstavu Expo '58 v Bruseli.

Xenakis navrhol stan konštruovaný hyperbolickými paraboloidmi a konoidmi tak, ako ich použil vo svojej slávnej stavbe Metastassis. Podlahová plocha pavilónu bola 1000 m^2 a výška stavby 22 metrov. Geometrická konštrukcia z trubiek a betónových dosiek bola samonosná. (Effenbergerová, 2011)

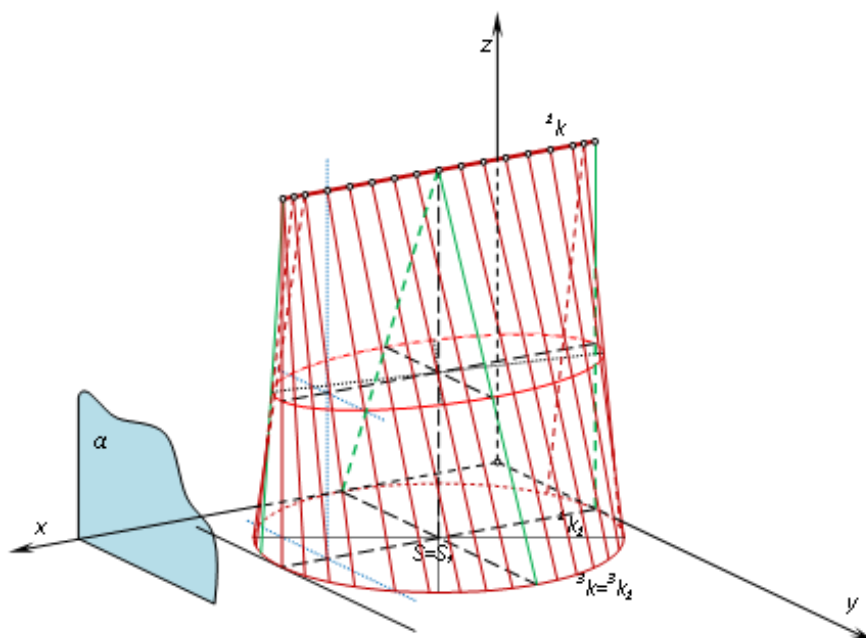


Obrázok 8 (Zdroj: <https://sk.pinterest.com/pin/400679698073802931/>)

Konoidy ako nerozvinuteľné plochy

Konoidy sú určené jednou vlastnou, jednou nevlastnou priamkou (teda rovinou) a krivkou k resp. plochou, pričom podľa tretieho určujúceho prvku pomenovávame jednotlivé konoidy.

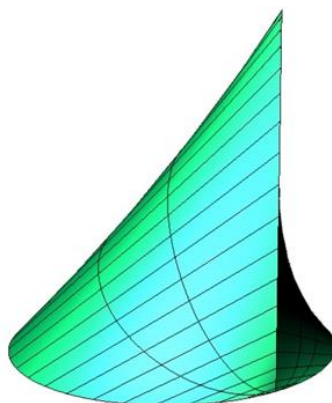
Na Obrázku 9 je v pravouhlej axonometrii zobrazený priamy kružnicový konoid, určený týmito riadiacimi prvkami: priamkou 1k , ktorá je rovnobežná s osou x , rovinou α , rovnobežnou s priemetňou u a kružnicou $^3k(S; r)$ v rovine $\pi = (x, y)$.



Obrázok 9

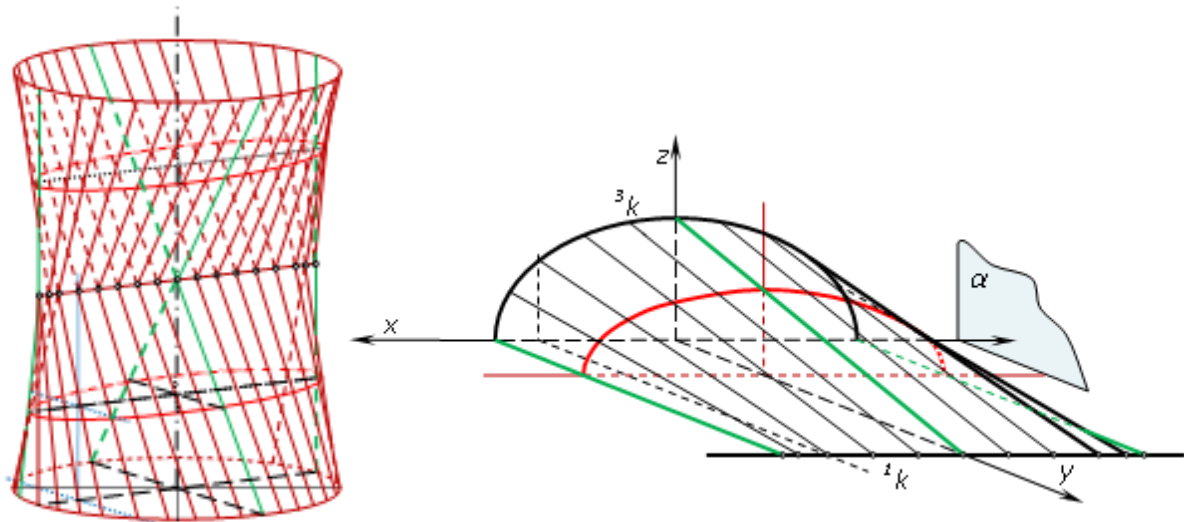
Kružnicový konoid je plochou štvrtého stupňa so štyrmi torzálnymi priamkami.

Špeciálnym prípadom kružnicového konoidu je Kupperov konoid (Obrázok 10). Určený je riadiacou kružnicou 1k , priamkou 2k (kolmou na určujúcu rovinu β kružnice 1k) a rovinou α , ktorá zvierá s určujúcou rovinou β uhol 45° .



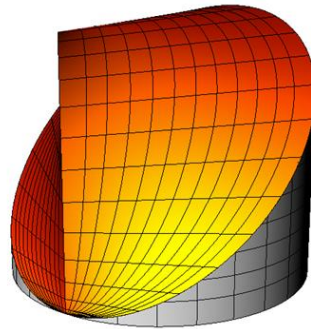
Obrázok 10

Eliptický konoid je určený priamkou 1k , riadiacou rovinou α a elipsou 3k . Plocha je štvrtého stupňa a obsahuje štyri torzálné priamky (Obrázok 11).



Obrázok 11

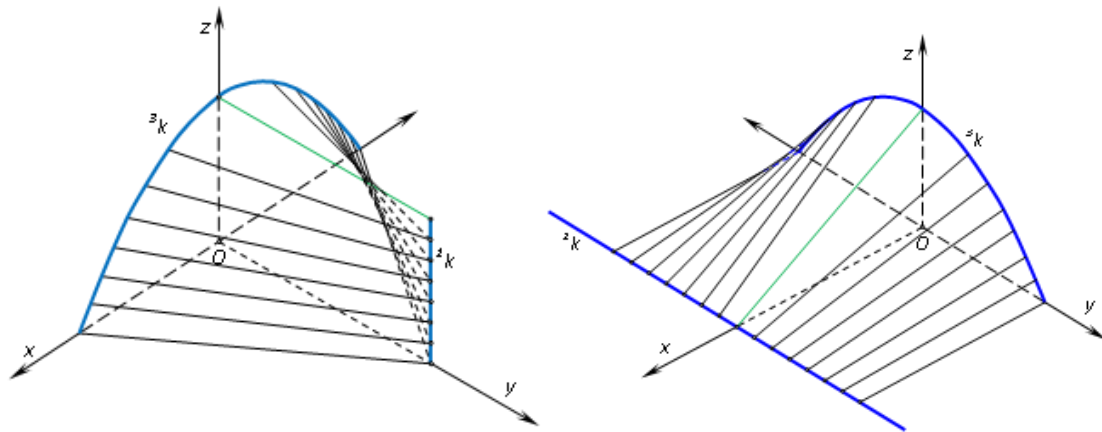
Špeciálny prípad eliptického konoidu je Plückerov konoid (Obrázok 12), je určený elipsou 1k , ktorá je rezom rotačnej valcovej plochy rovinou ρ , tvoriacou priamkou p tejto plochy a rovinou α kolmou na os valcovej plochy. Určujúca priamka je dvojnásobná a ostatné určujúce útvary sú jednoduché. Vzhľadom na to, že elipsa 1k a priamka p majú spoločný bod P , táto plocha je tretieho stupňa.



Obrázok 12

Ďalším zaujímavým konoidom je parabolický konoid, ktorého určujúce prvky sú riadiaca priamka 1k , riadiaca rovina α a parabola 3k . Priamka a parabola majú jeden spoločný bod, teda plocha je tretieho stupňa. Plocha obsahuje iba jednu torzálnu priamku.

Existujú dva typy parabolického konoidu, ktoré rozlišujeme podľa vzájomnej polohy určujúcich prvkov. Na ilustráciu uvedieme modely týchto plôch zobrazených v pravouhlej axonometrii (Obrázok 13).



Obrázok 13

Zaujímavým konoidom je aj guľový konoid (Obrázok 14). Ide o nerozvinuteľnú plochu, ktorá je vytvorená dotykovými priamkami ku guľovej ploche. Tie prechádzajú riadiacou priamkou kolmo na riadiacu rovinu a sú rovnobežné s danou riadiacou rovinou. Určujúce prvky plochy sú riadiaca dvojnásobná priamka 1k , rovina α a priestorová krivka 3k , pričom plocha je štvrtého stupňa.



Obrázok 14

V technickej praxi sú najčastejšie využité kužeľosečkové konoidy, najčastejšie sa používajú na rôzne typy zastrešenia. Uvedieme príklady.

Obrázok 15 (Zdroj: <http://www.moderndesigninterior.com/2014/10/butterfly-house-mid-century-modern.html>)

Na Obrázku 15 je dom Julesa Gregoryho v New Jersey, ktorý v roku 1961 zaradili medzi desať najkrajších domov v USA. Dom naďalej priťahuje pozornosť ľudí pre svoje jedinečné línie strechy v tvare dvojitého konoidu, čím má výnimočný dizajn.

Na ďalšom Obrázku 16 prezentujeme často používaný spôsob zastrešenia vstupu budov, ktorý má tvar kružnicového konoidu.



Obrázok 16

Záver

V článku sme sa venovali nerozvinuteľným priamkovým plochám, pričom sme poukázali na ich možnosti a výhody v bežnom živote. Zdôraznili sme ich najdôležitejšie vlastnosti a použitie v už realizovaných stavbách, realizovaných najmä v zahraničí. Vzhľadom na veľký rozvoj počítačových technológií v súčasnej dobe je možné predpokladať, že teória priamkových plôch sa bude využívať v technickej praxi aj v budúcnosti.

Literatúra

Doležal, J.: Deskriptivní geometrie pro AST na FAST.

<http://mdg.vsb.cz/jdolezal/DgFAST/Realizace/Konoidy/Konoidy.html> [25.03.2016].

Effenbergerová, K. (2011) *Netradiční výrazové prostředky a techniky. Matematické principy v komparaci netradičního výtvarného a hudebního díla*: Diplomová práce. Praha: Pedagogická fakulta Univerzita Karlova v Praze, 2011. 106 s. Dostupné:

<https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/95973/?lang=en>

Kiš, V. (2012) *Priamkové plochy*: Diplomová práce. Bratislava: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, 2012. 86 s.

Theodossopoulos, D. – González-longo, C. (2008): *Hybrid masonry shell technology in the work of Idelfonso Sánchez del Río*. Dostupné:

http://www.research.ed.ac.uk/portal/files/9050504/Hybrid_masonry_shell_technology_in_the_work_of_Idelfonso_Sanchez_del_Rio.pdf