

## KONOIDY VE STAVEBNICTVÍ

VACKA Milan – SMETANOVÁ Dana, CZ

### Resumé

V příspěvku se zabýváme využitím znalostí z deskriptivní geometrie do stavebnictví. Speciálně využití konoidů v stavební praxi. Přímková plocha konoid je často využívána jako tvar střechy zejména na průmyslových halách a střešních oknech, ve tvaru budovy či hráze přehrady pro zvětšení odolnosti vůči tlaku. Nejčastější využití konoidů ve stavebně technické praxi jsou ilustrována na přiložených obrázcích. Záměrem článku je zdůraznit a propojit mezioborové vztahy mezi matematikou (resp. deskriptivní geometrií) a praxí (stavebnictvím, architekturou). Text je možné využít ve výuce, popřípadě pro popularizační účely.

**Klíčová slova:** přímková plocha, konoid, konstrukce střech.

### ON CONOIDS IN CONSTRUCTION

#### Abstract

In the paper we describe the use of knowledge from descriptive geometry in construction. Especially we present the use of conoid in construction practice. Ruled Surface conoid is often used as roof shape especially for industrial and commercial buildings and skylights in the shape of a building or dam to increase pressure resistance. In structural engineering practice the most common using of the conoids is illustrated in the attached figures. The intention of this article is to highlight and connect the interdisciplinary relationships between mathematics (respectively descriptive geometry) and practice (construction, architecture). Text can be used in the teaching or for popularizing purposes.

**Key words:** ruled surface, conoid, roof structure.

#### Úvod

V tomto článku se zaměřujeme na propojení teoretických poznatků z deskriptivní geometrie s praxí. Konkrétně na využití přímkové plochy konoidu ve stavebnictví. Na několika příkladech si ukážeme jeho využití v různých stavbách a zejména při konstrukci střech (tvar střechy, vikýře).

V dnešní době je důležité propojovat poznatky z různých oborů a studentům prezentovat nejen mezipředmětové, ale i mezioborové vazby. Z tohoto důvodu jsme udělali text zaměřený na propojení teoretického základu (deskriptivní geometrie) a praxe (stavebnictví, architektura).

Text je možné použít jako zpestření výuky jak předmětech teoretického základu (např. deskriptivní geometrie, částečně i ve fyzice), tak i v některých předmětech zaměřených na praxi.

#### 1 Přímkové plochy

Nejzákladnějším druhem dělení ploch je dělení na plochy analytické, tj. takové, které jsou vytvořené podle určitého geometrického zákona a lze je popsat matematicky a plochy empirické, u kterých žádnou zákonitost nenalzáme. Ve stavebnictví se setkáváme s oběma druhy ploch.

Příkladem ploch analytických je rovina, plocha válcová, plocha kuželová, případně plochy složitější, např. hyperbolický paraboloid, jednodílný hyperboloid (2), (3), Štramberská trúba (4), (5), šroubová plocha, Montpelliérský oblouk, Frézierův cylindroid nebo konoid.

Příkladem plochy empirické je plocha topografická, představující přibližné zobrazení zemského povrchu.

Využití topografické plochy ve stavebnictví je svázáno s každou stavbou budov, bez topografické plochy nelze projektovat dopravní cesty, hřiště, odstavné plochy atd.

Využití analytických ploch u výše uvedených jednodušších příkladů je zřejmé, příkladem využití složitějších ploch jsou u hyperbolického paraboloidu zastřešení sportovních areálů, jako je hokejová hala v Calgary, plavecký stadion v Českých Budějovicích, ale i obyčejná střecha, u které pozednice a hřeben jsou mimoběžky. Příkladem staveb využívajících jednodílný hyperboloid jsou chladicí věže elektráren, z architektonického hlediska je velice ceněný vysílač na Ještědu (2), (3). Štramberská trůba (4), (5) je zastřešením kruhové věže v severomoravském Štramberku, šroubovou plochou jsou točitá schodiště, Montpelliérský oblouk se staví u pompézních bran, Frézierův cylindroid bývá používána jako klenba nad schodištěm, spojujícím dvě sousední podesty. Naposledy uvedenému konoidu je věnován tento text.

Všechny složitější plochy uvedené v předchozí části patří mezi tzv. plochy přímkové, tj. takové, kde každým bodem plochy prochází aspoň jedna přímka ležící na této ploše. Přímkové plochy následně dělíme na rozvinutelné, tj. takové, které lze bez deformace rozvinout do roviny (rovina, válcová plocha, kuželová plocha), případně nerozvinutelné neboli zborcené (hyperbolický paraboloid, jednodílný hyperboloid, Štramberská trůba (4), (5), šroubová plocha, Montpelliérský oblouk, Frézierův cylindroid nebo konoid). Rozlišení, zda se jedná o plochu rozvinutelnou nebo zborcenou se provádí pomocí tečných rovin podél tvořících přímek plochy. Pokud tečné roviny přímkové plochy jsou ve všech bodech libovolně zvolené přímky totožné, jedná se o plochu rozvinutelnou, existuje-li na ploše přímka, u níž se tečné roviny plochy v jednotlivých bodech přímky mění, jedná se o plochu zborcenou.

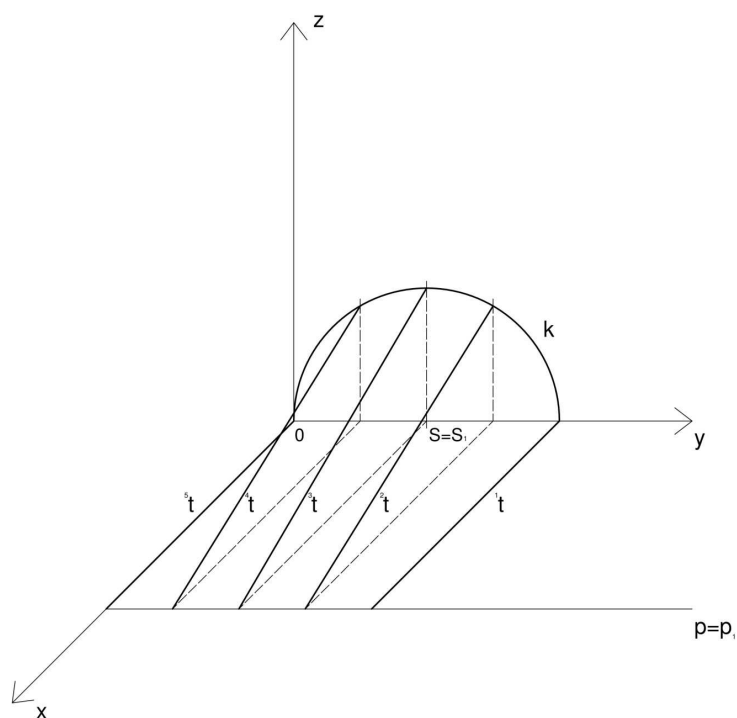
Zborcené přímkové plochy se obvykle zadávají pomocí tří prostorových křivek – tzv. řídících křivek (vlastních, případně nevlastních), přičemž tvořící přímka plochy musí spojovat body na uvedených třech křivkách. Nalezení takových přímek může někdy být velmi zdlouhavé a obtížné.

Další podrobnosti o přímkových plochách z pohledu deskriptivní geometrie lze nalézt např. v (1).

## 2 Konoidy

Řídícími křivkami *konoidu* je vlastní křivka podle které konoid nazýváme (kružnice – kruhový konoid, parabola – parabolický konoid, ...), vlastní přímka a přímka nevlastní zadávaná rovinou. Tvořící přímky konoidu pak musí spojovat bod na zadané křivce s bodem na zadané přímce a tato spojnice musí být rovnoběžná se zadanou rovinou.

Na obrázku (Obr. 1) je zobrazeno pět tvořících přímek  $^1t$ ,  $^2t$ ,  $^3t$ ,  $^4t$ ,  $^5t$  kruhového konoidu v kosoúhlém promítání, s řídící přímkou  $p$  v půdorysně, řídící kružnicí  $k$  v bokorysně a nevlastní přímkou určenou nárysnou.



Obr. 1 – Konoid (zdroj vlastní)

Tvar konoidu se často využívá pro zastřešování velkých objektů, výrobních hal či továren. Jako příklad lze uvést odbavovací terminál na Brněnském letišti v Tuřanech.

Střechu tvoří šest světlíků - konoidové přímkové plochy. Jejich účelem je přivést denní světlo do odbavovací haly. Nosný systém celé haly tvoří ocelová svislá nosná konstrukce.



Obr. 2 – Letiště v Brně - Tuřanech (zdroj (6))

Další možné využití této plochy představuje například soudní budova v Bostonu (USA).



*Obr. 3 – Soudní budova v Bostonu (zdroj (7))*

Celá její čelní část je tvořena skleněnou stěnou kónického tvaru a skládá se ze 735 kusů skla, přičemž žádné dva kusy nejsou stejné.

K vidění je tento tvar v Dallasu (USA) na Meyerson Symphony Center.



*Obr. 4 – Meyerson Symphony center (zdroj (8))*

Budova má obdélníkový půdorys a ze dvou stěn vystupují prosklené konoidy, složené s kovové konstrukce, překryté skleněnými panely.

Hlavní synagoga univerzity v Tel Avivu nazvaná Cymbalista má věže tvořené konoidy.





Obr. 5 – Synagoga Cymbalista (zdroj (9))

Přízemní část je ve tvaru kvádrů, z něhož vystupují dvě stejné věže. Zajímavostí synagogy je, že každá z věží je tvořena čtyřmi identickými konoidy. Což znamená, že půdorys věže tvoří čtverec, který postupně přechází do kruhu, jehož průměr je 27 metrů. Budova je postavena ze dvou druhů kamene a může připomínat tvar dalekohledu.

Významný účel mají kruhové konoidy v opěrných zdích přehradních hrází vodních nádrží. Mohou se využívat i při zadržování sypkých materiálů. Stavba zdi ve tvaru konoidu pomáhá k rozložení tlaku působícího na zeď a výrazně tak zvyšuje „pevnost“ stavby, odolnost vůči tlaku v horizontálním směru.

Příkladem může být přehradní nádrž Daniel Johnson Dam nacházející se v Kanadě. Tyto přímkové plochy jsou v ní na první pohled viditelné. Přehradní hráz se skládá z 13 oblouků a 14 pilířů. Velký centrální oblouk je podporován dvěma masivními pilíři. K němu jsou přilehlé dva menší oblouky a dalších 10. Hráz měří 1,3 kilometrů a její maximální výška je 214 metrů.



Obr. 6 – Hráz přehrady Daniel Johanson Dam (zdroj (10))

Konoidy jsou velmi často využívány jako tvar střešních oken nejen na průmyslových stavbách a moderních budovách (Obr. 2), ale i na rodinných domech. Vikýřům ve tvaru konoidu se ve stavební terminologii říká volské oko.



*Obr. 7 – Volské oko na rodinném domě (zdroj vlastní)*

Příkladem vikýře volské oko je Obr. 7 střechy rodinného domu na Rooseveltově ulici v Olomouci. Konoid se nachází ve spodní části střechy, nad ním je obvyklý vikýř.

## **Závěr**

Využití konoidů ve stavební praxi je velmi časté nejen v historických, ale i v moderních stavbách. Jedná se o jeden z velmi zajímavých příkladů, jak deskriptivní geometrie (1) ovlivňuje architekturu.

Tento text se dá přímo využít ve výuce na VŠTE se jedná zejména o předměty Deskriptivní geometrie a Plochy stavebně technické práce. Záměrně byl koncipován tak, aby byl jednoduchý a srozumitelný i začínajícím studentům bakalářského studia bez hlubší znalosti teorie. Je určen především pro studenty oboru Konstrukce staveb.

## **Literatura**

1. ČERNÝ, J., KOČANDRLOVÁ, M., *Konstruktivní geometrie*. Praha: České učení technické v Praze, 2010. ISBN: 978-80-01-03089-9
2. KRIEG, J., VACKA, M. Hyperbolický paraboloid ve stavebně technické praxi z pohledu geometrie. In *Defekty budov 2010*. České Budějovice: Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích, 2011. 6 s. ISBN 978-80-87278-64-2.
3. KRIEG, J., VACKA, M. Vizualizace hyperbolického paraboloidu pomocí programu CABRI 3D. In *Užití počítačů ve výuce matematiky: sborník příspěvků 5. konference*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2011. s. 207-209, 3 s. ISBN 978-80-7394-324-0.

4. KRIEG, J., VACKA, M., PETRÁŠKOVÁ, B. Matematičeskoje modelirovanije stropil'noj konstrukcii bašni "Štramberskaja truba". *Vestnik Astrachanskogo gosudarstvennogo techničeskogo universiteta : upravlenije, vyčislitel'naja tehnika i informatika*, Astrachan': Izdatel'stvo AGTU, 2012, č. 2, s. 40-46. ISSN 2072-9502.
5. PETRÁŠKOVÁ, B. Záhada krovu Štramberské Trúby. *Materiály pro stavbu*, Praha: Business Media CZ, s. r. o., 2012, 8/2012, s. 24-25. ISSN 1213-0311.
6. FOTOMAPY CZ 2015. *Fotomapy cz.* [online]. [cit. 28-04-2015]. Dostupné z: <http://foto.mapy.cz/17274-Letiste-Brno-Turany>
7. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY 2015. *Massachusetts Institute of Technology* [online]. [cit. 28-04-2015]. Dostupné z: web.mit.edu
8. TICKET DFW 2015. *Ticket DFW.* [online]. [cit. 28-04-2015]. Dostupné z: <http://www.ticketdfw.com/venues/meyerson-symphony-center/>
9. DESMENA 2015. *Desmena.* [online]. [cit. 28-04-2015]. Dostupné z: desmena.com
10. HYDRO QUEBEC 2015. *Hydro Quebec.* [online]. [cit. 28-04-2015]. Dostupné z: hydroquebec.com

**Kontaktní adresa:**

Milan Vacka, RNDr.,  
Katedra přírodních věd, Vysoká škola technická a ekonomická, Okružní 10, 370 01 České  
Budějovice, ČR, tel.: +420 387 842 140, e-mail: [vacka@mail.vstecb.cz](mailto:vacka@mail.vstecb.cz)

Dana Smetanová, RNDr. Ph.D.,  
Katedra přírodních věd, Vysoká škola technická a ekonomická, Okružní 10, 370 01 České  
Budějovice, ČR, tel.: +420 387 842 133, e-mail: [smetanova@mail.vstecb.cz](mailto:smetanova@mail.vstecb.cz)