



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

202 731

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita  
(22) Přihlášeno 19 06 78  
(21) PV 3991-78

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> E 04 B 7/12

(40) Zveřejněno 30 05 80  
(45) Vydáno 01 09 83

(75)  
Autor vynálezu

MORÁVEK PETR ing., JABLONEC NAD NISOU

(54) Halová střešní konstrukce

1

Vynález řeší zastřešení halových prostorů pozemních staveb s funkčním využitím prostorových střešních vazníků, sestavených z prefabrikovaných částí, případně předpjatých.

Současné používané střešní konstrukce halových objektů jsou různých systémů. Pro průmyslové haly jsou běžné příhradové a plnostěnné soustavy s rovinnými vazníky a systémem vaznic, s nasazenými světlíky vrchem, které s vlastní konstrukcí staticky nespolečně sobí. Dále se navrhuje pilové a shedové konstrukce, sice s nejlepšími parametry osvětlení, ale značně nákladné. Jsou používány systémy s nasazenými shedovými rámy, nebo girlandovými vazníky na podélné průvlaky. Známé jsou i prostorové příhradoviny, s náročnou konstrukcí i montáží, přičemž hmotné diagonály stíní přímo v zasklení.

Vaznicové systémy všeobecně jsou náročné na spotřebu oceli i pracnost při montáži. Příhradové i girlandové vaznice jsou sice úspornější spotřebou oceli, ale podstatně pracnější. Jelikož jsou všechny systémy vaznic netuhé v rovině střechy, je nutné jejich vyztužení proti vybočení při netuhém střešním pláště. Jsou používány i bezvaznicové systémy se samonosným střešním pláštěm, který je však převážně řešen s použitím železobetonových předpjatých desek se značnou vlastní hmotností, s nepříznivým dopadem na ekonomii ocelové nosné konstrukce. Byly řešeny i hospodárné předpjaté prostorové vazníky profilu ve tvaru

202 731

písmene V, ale výrobně jsou pracné, a nevyhovují požadavku na vytvoření rovných podhledů. Dále jsou známe i prostorové vazníky příčného průřezu ve tvaru písmene A, sestavené ze dvou vzájemně skloněných rovinných příhradových vazníků s běžnými tuhými diagonálami. Běžně je montáž zastřešení z jednotlivých prvků nosných a výplňových na staveništi časově náročná, a doprava rozměrných dílů vazníků obtížná. U předpínaných vazníků zastřešení, kdy předpínací kabely jsou umístěny mimo jejich obrys, je při předpětí nepříznivě namáhán spodní pás vazníku vzpěrným tlakem.

Dále jsou pro haly omezeně používány efektivní visuté střechy lanové, nebo membránové, velmi však citlivé na deformace a poruchy při nesymetrickém zatížení, ssání nebo vztlaku od větru a rozkmitání. Pro aerodynamickou stabilizaci a zvýšení tuhosti se používá další soustavy předpínacích lan opačné křivosti vrchem, nebo spodem, s diagonální výplní nebo spojkami. Dále se používá i skořepinových konstrukcí, případně i předpjatých, nebo s vysokou vlastní hmotností, což je neekonomické pro dimenzování. Všeobecným problémem visutých střech je však vhodné zakotvení značných vodorovných tahů, kdy hospodárnost jejich použití u obdélníkových půdorysů je radikálně snížena náročným kotevním systémem. Problematické bývá i odvedení dešťových vod z prověšených středů visutých střech. Závažným nedostatkem známých řešení zavěšených konstrukcí je i značná kubatura nevyužitelného a zbytečně vytápěného prostoru z důvodů zakřivení střechy a zasahující spodní soustavy předpínacích lan do vnitřního prostoru haly. Konstrukci visutých střech nelze prefabrikovat, pracnost montáže skládáním jednotlivých vrstev krytiny na soustavu lan je poměrně značná. Po obvodě zastřešení jsou nutná vodorovná ztužidla, přenášející reakce soustav lan do podporujících konstrukcí.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny halovou střešní konstrukcí podle vynálezu, jejíž podstatou je, že jednotlivé díly prostorových vazníků příčného průřezu ve tvaru písmene A jsou kloubově spínány a vynášeny v tuhých příčných vazbách, po čtvrtinách rozpětí nosnými lany, která jsou kotvena v tuhém horním pásu, a zavětrovacími vynášecími lany, kotvenými na vodorovných příčných sloupů haly. Případně jsou nosná lana předepnuta při zavedeném předpětí zavětrovacích a vynášecích lan. Mezilehlá bezvaznicová pole zastřešení jsou známých systémů, a to z předpjatých skořepin, obloukových panelů, zavěšených membrán, rovinných panelů nebo shedových částí. Mezilehlá pole s vlastními ztužidly jsou osazena u spodních pásů prostorových vazníků na příčné vazby, nebo jsou spojitě zavěšena přes plášť vazníku na jeho tuhý horní pás.

Střešní konstrukce podle vynálezu je výhodná tím, že snižuje vlastní hmotnost i celkovou pracnost konstrukce oproti používaným systémům, neboť všechny diagonály i spodní pásy vazníků jsou navrženy pouze z tažených, případně předpjatých, lan nosných nebo zavětrovacích. Počet prvků a styčníků střešního pláště je omezen kompletací plošných dílů ve výrobně.

Výhodně se uplatní značná statická výška vazníků, vyplývající z výhodného použití vazníků přímo jako světlíkových konstrukcí haly pro dosažení požadovaných parametrů denní-

ho osvětlení. Ohybově tuhý, tlačení horní pás, je výhodně stabilizován proti vybočení tuhými trojúhelníkovými příčnými vazbami vazníku a oboustranně spojitě zavěšeným střešním pláštěm. Odpadá vodorovné vyztužení v rovině střechy, které je nahrazeno prostorovou soustavou nosných a předpínacích lan vazníku, který je vetknut v kroucení do příčle sloupu.

Podélné ztužení a torzní tuhost lze výrazně zvýšit podvěšením podélných nosníků jeřábových drah, případně podélnými předpínacími lany po celé délce hal, s koncovým kotvením do zavětrovacích ztužidel.

Zastřešení vykazuje při předpětí vyšší tuhost a stabilitu proti sání větru, rozkmitání i nesymetrickému zatížení vůči visutým střechám; lze je proto navrhovat s minimální vlastní hmotností, a odpadá klasický spodní systém napínacích lan se značnou ztrátou nevyužitelného prostoru.

Konstrukce reálně umožňuje efektivní v podstatě visuté zastřešení obdélníkových půdorysů hal, nejčastěji používaných z důvodů výrobní technologie.

Oproti běžným prostorovým vazníkům profilu ve tvaru písmene V i vůči visutým střechám, umožní zastřešení rovný podhled s konstantní výškou pod vazník i plášť, požadovanou pro průmyslové haly, kdy nevyužitelný prostor je redukován pouze na prostor vazníků. Mimo funkci nosnou, osvětlovací a ztužující, lze prostoru vazníku využít i pro umístění pomocných a sociálních provozů, případně energetických rozvodů ve střeše. Systém umožní i zastřešení ramp konzolovým protažením předpjatých vazníků přes líc nosné svíslé konstrukce se značným vyložením.

Shedovým zastřešením s nižším sklonem prosklení je i přes redukovanou plochu zaručen maximální osvětlovací efekt, sníženy tepelné ztráty a je zamezeno proslunění interiéru hal. Konstrukce vazníku, sestávající pouze ze subtilních lan, naprosto nestíní prosklení, které lze z prostoru vazníku čistit bez použití mechanismů. V interiéru haly se nosná konstrukce, totožná se světlíky, pohledově naprosto neuplatní. Tím se zlepší vzhled, omezí znečištění a údržba nátěry. Pro nosný systém vazníků lze výhodně použít i vyřazených jeřábových a těžních lan s vysokou pevností a ohebností, se zvýšeným modulem přetvárnosti.

Na připojených výkresech jsou uvedeny příklady provedení střešní konstrukce podle vynálezu. Na obr. 1 je axonometrický pohled na část vícelodní bezprávlakové předpjaté střešní konstrukce. Mezilehlá pole jsou ve tvaru zavěšené membrány. Na obr. 2 je axonometrický pohled na krajní loď předpjaté konstrukce podle obr. 1 se šikmým sloupem a kotvením šikmých lan v konstrukci obvodového přístavku; podélně je hala vyztužena drahou podvěšených jeřábů. Na obr. 3 je montážní schéma sestavení vazníku z prostorových dílů po čtvrtinách rozpětí kloubově spojených příčnými vazbami. Na obr. 4 je konstrukční schéma střešní konstrukce s mezilehlým polem z předpjaté skořepiny. Na obr. 5 je mezilehlé pole jako vyztužený obloukový panel. Na obr. 6 je střešní mezilehlé pole z rovných, ohybově tuhých desek. Na obr. 7 je schéma shedového zastřešení s mezilehlými shedovými světlíky. Na obr. 8 je shedové zastřešení s příhradovými právlaky s horním pásem nad střechou a s konzolou přes

202 731

krajový průvlak. Na obr. 9 je příčné schema nepředpjaté dvoulodní haly s nespojitými nosnými lany. Na obr. 10 je základní statické a geometrické schema prostorového vazníku v axonometrickém pohledu. Na obr. 11 je uvedeno jeho půdorysné schema. Na obr. 12 je podélné schema nepředpjatého obloukového vazníku s průběhem ohybových momentů od spojitěho zatížení  $M_Q$  a od osových sil  $M_N$  s výstředností  $f$  v jednotlivých dílech horního pásu. Na obr. 13 je příčné schema vícelodní haly s předpětím horního pásu ve středových polích.

Střešní konstrukce sestává z prostorových vazníků A a mezilehlých zavěšených polí zastřešení z předpjatých skořepin B z vlnitých plechů vrchem sepnutých kovovou fólií, nebo z obloukových panelů C s diagonálním vyztužením, nebo z tažených zavěšených membrán D, s dostatečnou podélnou tuhostí zprohýbáním proti kmitání a nesymetrickému zatížení, nebo rovných, ohybově tuhých desek E, nebo shedových světlíků F. Průvlaky G jsou řešeny pro velké rozteče sloupů H haly. Díly vazníků A jsou kloubově spínány a vynášeny v tuhých příčných vazbách J po čtvrtinách rozpětí nosnými lany L v šikmých rovinách vazníků, kotvenými v tuhém horním pásu Z. Montážní koncová ztužidla jednotlivých dílů vazníků jsou vzájemně spojena svorníky 4 a vytváří ve čtvrtinách rozpětí vazníků tuhé příčné vazby J. Plášť vazníků je řešen z příčlů 2 beztmelého zasklení, nebo profilovaných plechů 6, s dostatečnou tuhostí pro stabilizaci horního pásu Z proti vybočení.

Zavětrovací a vynášecí lana 7 vyvěšují zároveň středová pole vazníku a jsou kotvena na příčlů 17 sloupu H, kolmé k rozpětí haly. Proti pokluzu ve styčnicích jsou nosná lana 1 i zavětrovací a vynášecí lana 7 zajištěna svorkami 8 po předpětí. Napínání nosných lan 1 i zavětrovacích lan 7 je řešeno rektifikačními maticemi na lanových koncovkách 9, nebo napínáky 10. Podélně jsou vazníky i lana nad sloupy H vícelodních hal sepnuty vzájemně spojkami 11. V krajních lodích jsou nosná lana 1 i zavětrovací lana 7 kotvena šikmými lany 12 do tahových pilot 13, nebo konstrukce přístavků 14. Mezilehlá pole B až F jsou spojitě zavěšena na vazník A prostřednictvím příčlů 2 nebo plechů 6 převážně tažených, nebo přes vlastní koncová ohybově tuhá montážní ztužidla 15, podepřená ve vazbách J. Vodorovně jsou vazníky vyztuženy předpjatými diagonálami 16 v krajních podporových polích, nebo přes mezilehlá pole na sousední sloupy.

Prostorové vazníky kloubově sestavené z jednotlivých montážních dílů lze zásadně řešit jako předpjaté nebo nepředpjaté, jako přímé, vspínané lomené nebo obloukové, s ohybným tlačným, nebo i taženým horním pásem. Mohou být použity pro vícelodní i jednolodní haly, do stran kotvené nebo nekotvené.

Nepředpjaté vazníky (obr. 12) lze výhodně použít pro zastřešení s vlastní hmotností vyšší než činí sání nebo vtlak větru. Zavětrovací lana 7 vazníků A, podélně sestavených z dílů, pouze vynášejí středová pole vazníku a zajišťují podélnou stabilitu. U plochých obloukových vazníků, kloubově spojených z dílů (obr. 12) nespojitých, je účinkem spojitěho svislého zatížení namáhán obloukový horní pás Z normální tlakovou silou a kladnými ohybovými momenty na soustavě prostých nosníků jednotlivých dílů. Normální síla, působící ve směru sečen mezi styčníky, vyvodí však záporné ohybové momenty v jednotlivých polích

pásu, úměrné součinu působící normální síly v myšlené náhradní lomené konstrukci a vzepětí dílčího oblouku. Průběh těchto momentů je spojitě inverzní k momentům od rovnoměrného spojitého svislého zatížení. Principem superpozice lze průběh výsledných momentů přizpůsobit optimálnímu návrhu konstrukce volbou vhodného vzepětí střednice oblouku a statické výšky vazníku. Vlivem proměnné výšky po délce rozpětí, přibližně podle průběhu ohybových momentů celého vazníku, jsou osové síly v lanech 1 i horním pásu 2 přibližně konstantní v celém rozsahu.

Pro zastřešení s vlastní hmotností nižší než záporné účinky větru je nutno konstrukci předepnout lany 7, s kotvením do příčlív 17 sloupů. Při bočním držení vazníků sousedící konstrukcí (obr. 1, 2, 13), nebo táhly do země, lze obloukový horní pás 2, tlačný při montáži, předepnout v středních polích konstrukce až tahem, jak u jednolodních, tak vícelodních hal. Tím horní pás 2 přímo přebírá sání nebo vztlak větru a konstrukce má charakter visuté střechy. Zavětrovací a vynášecí lana 7 se zalomením, kotvená k příčlív 17 sloupů haly, vynášejí střed vazníků při svislém zatížení, podélně vyztužují vazník A při nesymetrickém zatížení, zvyšují předpětí nosných lan 1 a tím redukuje pružné a nepružné deformace dotvarováním spojů a dilatací lan 1 a 7. V krajních polích přenáší tah od sání větru, zajišťují podélnou a prostorovou stabilizaci celé střešní konstrukce a torsní tuhost prostorového vazníku, oboustranně vetknutého v kroucení na příčlívích 17.

Zastřešení je zvláště výhodné pro vícelodní haly, kdy vodorovné složky tahu nosných lan 1 i zavětrovacích lan 7 od symetrického zatížení z obou stran spojených na sloupu H (obr. 13) se vzájemně vyrovnávají a ruší. Svislé reakce tlakové nebo tahové jsou přebírány sloupy.

Sání nebo vztlak větru na konstrukci je zachycen, u předpjatých a nepředpjatých vazníků A obloukového vzepnutého tvaru s bočním upnutím, vzrůstem tahových nebo poklesem tlakových napětí v horním pásu 2. Případné podélné nesymetrické reakce mezilehlých polí B až F, kroutící vazník A, jsou přebírány jeho torsní tuhostí. V krajních lodích hal jsou tahy lan 1 a 7 kotveny například přes sloupy H šikmými lany 12 do země pomocí bloků nebo pilot 13, nebo jen protiváhou konstrukce obvodových přístavek 14. Koncové kotvení v podélném směru je řešeno obdobně šikmými lany 12 do země. Obvodové přístavky 14, vymezené v svislém řezu sloupem H a šikmým kotevním lanem 12, lze (obr. 2) výhodně využít pro situování pomocných a sociálních provozů, a páteřních rozvodů energií, snadno přístupných.

Mezistropy jsou zavěšeny na šikmých lanech 12 a sloupech H a tvoří s hmotností energetických rozvodů dostatečnou protiváhu tahu obou soustav lan 1 a 7 prostorových vazníků A. U systému zároveň odpadají náročné, běžně používané vodorovné nosníky a ztužidla k přenesení tahu soustavy lan visutých střech u pravouhlých půdorysů hal.

Pro vícelodní haly lze horní pás 2 dimenzovat pouze na montážní zatížení od vlastní hmotnosti vazníku A. Další zatížení potom přebírají spojená protilehlá lana 1 a 7 bez zvýšení tlakového napětí v horním pásu 2, který potom přenáší mimo vnesené montážní zatížení pouze síly při nesymetrickém zatížení obou spojených vazníků A.

202 731

Ve variantě lze řešit vícelodní haly též s průběžnými nosnými lany 1 přes několik lodí, přičemž jsou podpírané na sloupech H. Montáž zastřešení je obdobná jako u visutých střech. Jako ohybově tuhá, pro uložení plošných mezilehlých polí B až F, jsou řešeny montážní ztužidla 15 těchto panelů, přenášející tahem účinky větru do příčlí 17 sloupů H. Horní pás 2 je nahrazen pouze nenosným konstrukčním světlíkovým profilem. Nosná lana 1 samostatně labilní pro nesymetrické zatížení vazníku A jsou stabilizována lany 7.

Alternativně lze použít statické schema podle obr. 9, kde nosná lana 1 nejsou průběžná přes rozpětí vazníku, a jsou nahrazena pouze diagonálními táhly ve čtvrtině rozpětí s kotvením do vzájemně spojených ztužidel 15 mezilehlých polí B až F, namáhaných tahem. Tento postup je však vhodný jen pro zvedané konstrukce.

Všeobecně lze modulové prvky vazníků A navrhnout univerzálně a únosnost vazníků jako celku přizpůsobit pouze dimenzováním nosných lan 1 a zavětrovacích lan 7.

Předpínání lan 1 a 7 lze řešit běžně rektifikačními maticemi na lanových koncovech 2 nebo napínáky 10, nebo i sestavením vazníku A s vyšším počátečním vzepětím na pomocné konstrukci. Napínání zavětrovacích lan 7 lze též řešit příčným tahem k příčlí 17 sloupu H v šikmých rovinách vazníku A.

Vazník může být též sestaven s počáteční předem stanovenou deformací a teprve vneseným předpětím vyrovnán do projektovaného tvaru. Ztráty předpětí vazníku vlivem relaxace lan 1 a 7 lze redukovat jejich krátkodobým předběžným napnutím.

Při sestavování předpjatých vazníků na staveništi, z kloubově sepnutých dílů po čtvrtinách rozpětí (obr. 3), jsou nejprve tahem nosných lan 1 vzepnuta krajní pole, přičemž střední pole zůstávají vzájemně v rovině. Napnutím zavětrovacích lan 7 se zvýší napětí nosných lan 1 krajních polí, vzepnou se střední pole, která jsou však zpětně držena příčným tahem předpjatého nosného lana 1. Vhodnou volbou napjatosti lan 1 a 7 lze upravit vzepětí vazníku. Jelikož předpjaté vazníky odolávají vlastní tuhostí již při montáži záporným účinkům větru, jsou i mezilehlá pole, na rozdíl od běžných konstrukcí, zajištěna proti vztlaku i sání hned při osazení.

Střešní konstrukce podle vynálezu je vhodná pro lehké a střední haly, průmyslových a občanských staveb, s nejvyššími požadavky na kvalitu denního osvětlení, případně i pro celoprosklenné střechy. Oproti běžným střechám visutým vykazuje zastřešení vyšší tuhost, s možností podvěsů jeřábů a závěsů technologie. Deformace vazníků předpětím a průhybům jsou minimálně přenášeny do roviny prosklení, a ve styku příčlí a skla jsou vykryty pokluzem v těsnění. Prostorových vazníků lze výhodně použít i při rekonstrukcích a prosklení střech nedimenzovaných na přitížení světlíky a sněhovou návějí podél nich, jako samonosných světlíků shedových nebo sedlových. Systém zastřešení poskytuje kvalitní, fyziologicky nejpříjemnější denní osvětlení běžných halových prostor, dokonale splňuje nejvyšší požadavky na intenzitu, rovnoměrnost a proslunění. Poskytuje celou řadu libovolných typologických variant podle požadavku denního osvětlení a architektonického řešení interiéru

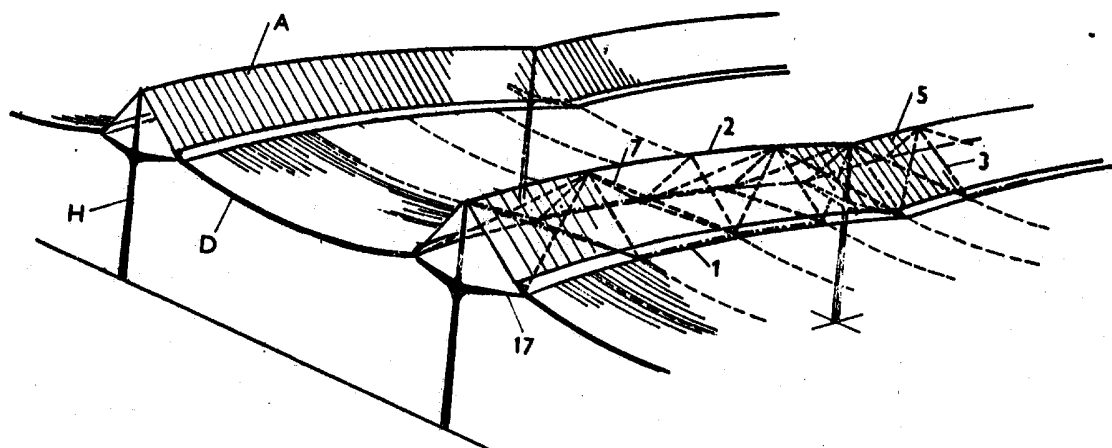
i exteriéru objektů. Systém zastřešení umožní i přirozené větrání ventilačními křídly v prosklení, svým tvarem může i zlepšit akustiku prostoru hal.

Reálným zvětšením rozponu i roztečí sloupů hal, v důsledku snížení vlastní hmotnosti zastřešení, se zvyšuje všeobecně požadovaná variabilita a tím i morální životnost průmyslových hal.

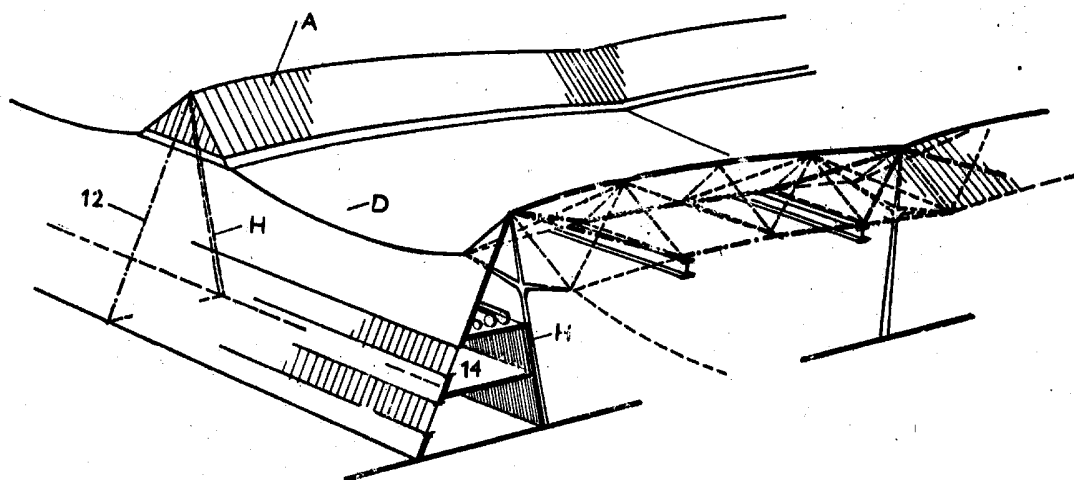
Prostorová konstrukce vazníku má při předpětí dostatečnou podélnou i příčnou tuhost; lze ji proto využít i pro kryté, případně prosklené, lávky a mosty, přímé nebo vzepjaté, s příznivou aerodynamickou charakteristikou.

## P Ř E D M Ě T      V Y N Á L E Z U

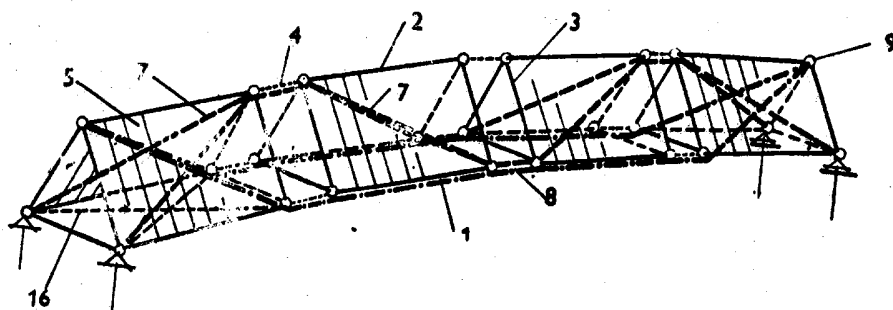
1. Halová střešní konstrukce, zejména pro lehké zastřešení vícelodních halových objektů, sestávající z prostorových vazníků příčného průřezu ve tvaru písmene A a zavěšených mezilehlých polí zastřešení z předpjatých kovových skořepin s táhlem, vyztužených obloukových panelů, zavěšených profilovaných membrán, rovinných ohybově tuhých desek nebo shedových částí, vyznačená tím, že jednotlivé díly vazníků (A) jsou kloubově sepnuty a vynášeny v tuhých příčných vazbách (3) po čtvrtinách rozpětí vazníků (A) nosnými lany (1), kotvenými v tuhém horním pásu (2), a zavětrovacími a vynášecími lany (7), kotvenými na příčlích (17) sloupů haly (H).
2. Halová střešní konstrukce podle bodu 1, vyznačená tím, že nosná lana (1) vazníků (A) jsou předepnuta při zavedeném předpětí zavětrovacích a vynášecích lan (7) ve vazníku (A).



Obr. 1

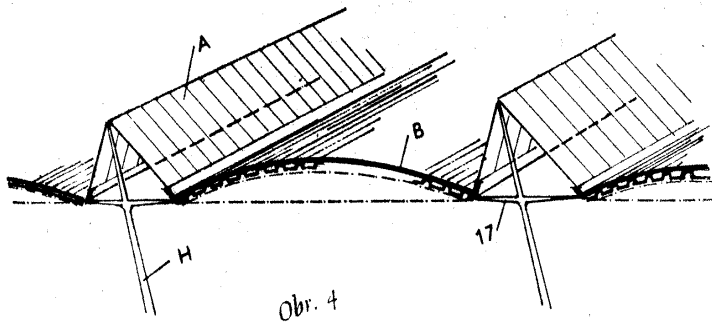


Obr. 2

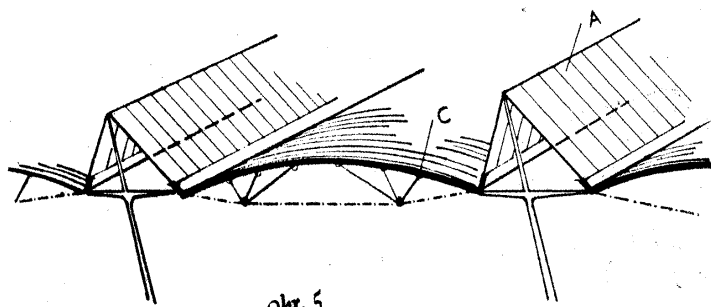


Obr. 3

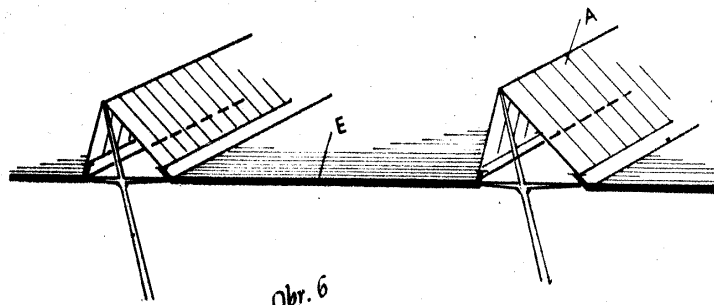
202 731



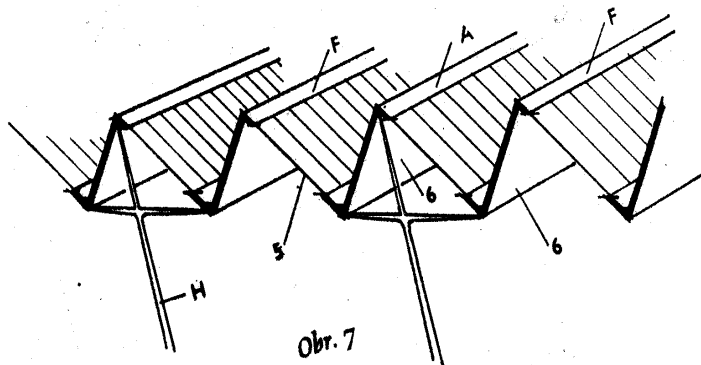
Obr. 4



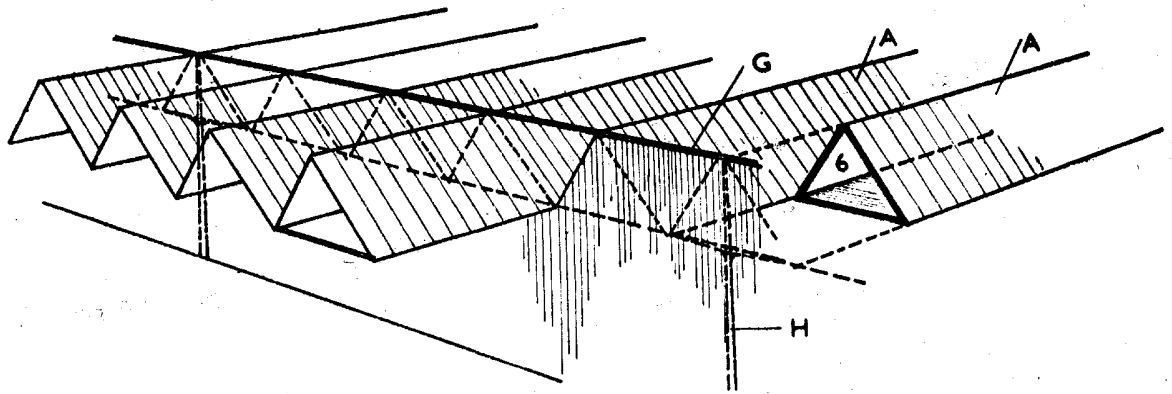
Obr. 5



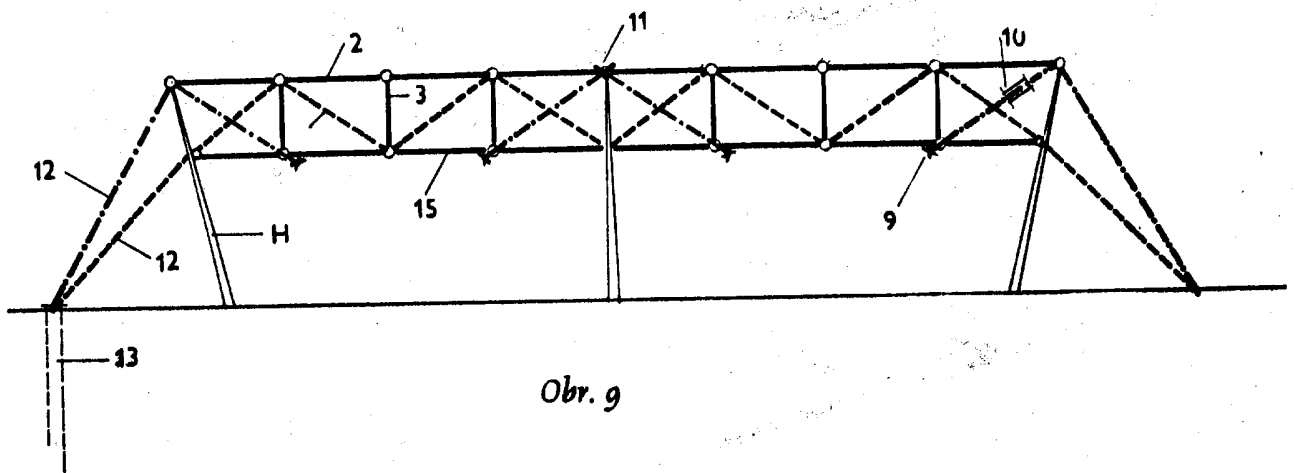
Obr. 6



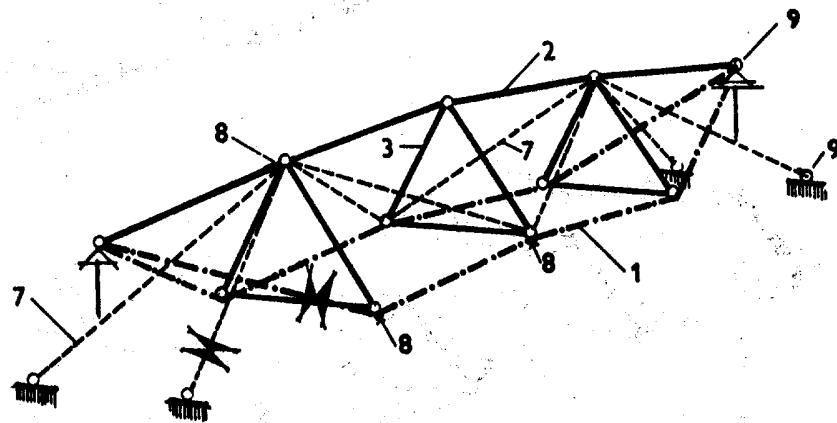
Obr. 7



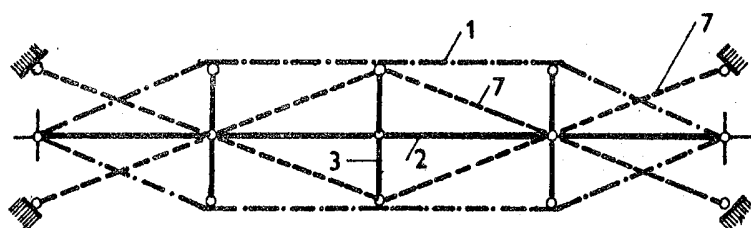
Obr. 8



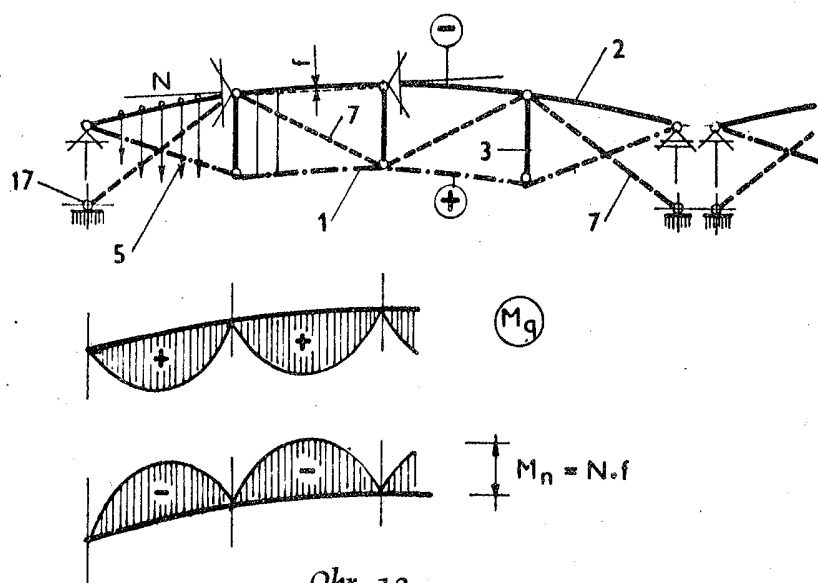
Obr. 9



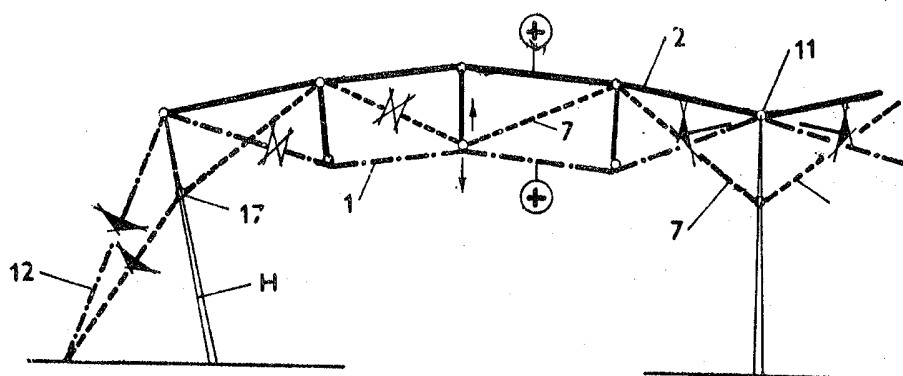
Obr. 10



*Obr. 11*



Obr. 12



Obr. 13