

S. W. BRYŁA



SYTEMY DACHÓW  
WIĘZAROWYCH

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



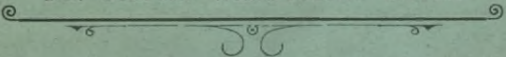
100000297790





97374 dublet

DR. STEFAN WŁADYSŁAW BRYŁA



SYSTEMY  
DACHÓW WIEŻAROWYCH

JAKO KRATOWNICE PRZESTRZENNE



WE LWOWIE.

I. ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO 4.

1911.



*Jaini Wielmożnemu Panu  
Prof. Dr. H. Ulanowskiemu  
podała sobie sprawozdanie*

*Włodyka*

DR. STEFAN WŁADYSŁAW BRYŁA

# SYSTEMY DACHÓW WIĘZAROWYCH

JAKO KRATOWNICE PRZESTRZENNE



WE LWOWIE

I. ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO 4.

1911.

D/44



L: 97367, II-

21.2.35

WYKŁADY  
DAGHÓW WIKAROWYCH

ODBITKA Z „CZASOPISMA TECHNICZNEGO“

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

II 31259

Akc. Nr. 2853 | 49



Dachy żelazne składają się w istotnej swej części zwykle z pojedynczych więzarów płaskich, które połączone są tak dla celów teoretycznych, jakoteż praktycznych, zapomocą części ustrojowych drugorzędnych. System takich więzarów tworzy zatem w swej całości kratownicę przestrzenną. — Zbadanie tej kratownicy pod względem statycznym jest celem niniejszej pracy.

Tematem tym zajmował się już Föppl<sup>1)</sup> w r. 1892 a od tego czasu nikt, pomimo, że wobec postępów budownictwa żelaznego należałoby poddać pewnej rewizji jego wywody.

Przedewszystkiem należy odpowiedzieć na pytanie, poco zastanawiamy się nad przestrzenną statyczną wyznaczalnością układów płaskich, dlaczego chodzi nam o to, aby z jednej strony nie uzyskać ustroju przestrzennego statycznie niewyznaczalnego, a z drugiej chwiejnego.

Na drugie pytanie odpowiedź jest łatwa. — Dach, — system dachowy wystawiony jest na wpływ sił, działających nietylko w płaszczyźnie więzara. Wiatr działać może ze wszystkich stron, a zatem może mieć — i ma — składową (choć zwykle niewielką) nie leżącą w tej płaszczyźnie; dach musi tę siłę znieść, nie może się jej pod-

---

<sup>1)</sup> Dr. August Föppl. *Das Fachwerk im Raume*. Lipsk 1892, str. 144 i n.

dać. — Uzyskujemy to przez wprowadzenie prętów łączących poszczególne więzary w kratownicę przestrzenną, czyli t. zw. tężniki.

Z drugiej strony staramy się o to, aby ustrój był w swej całości statycznie wyznaczalny. Nie dlatego, aby uniknąć żmudnego i z natury rzeczy niedokładnego obliczenia kratownic przestrzennych statycznie niewyznaczalnych, bo sił w dachach więzaryowych nigdy w ten sposób nie wyznaczamy. O statyczną wyznaczalność chodzi głównie ze względu na zmiany ciepłoty i jasność działania sił.

Jasność działania sił odgrywa tu tę rolę, że ustrój statycznie niewyznaczalny może posiadać natężenia w prętach nawet bez obciążenia zewnętrznego — natężenia, powstające np. wskutek niedokładności wykonania, gdy w zeskładzie statycznie wyznaczalnym siły wewnętrzne powstać mogą wyłącznie wskutek obciążenia zewnętrznego.

To samo dotyczy i zmian ciepłoty. Pręty ustroju statycznie wyznaczalnego, wydłużając i skracając się pod jej wpływem powodują przesunięcia węzłów i zmianę kształtu belki kratowej na podobny do pierwotnego<sup>1)</sup>, ale bez wywołania jakichkolwiek natężeń (oczywiście teoretycznie<sup>2)</sup>. — Inaczej kratownica statycznie jest niewyznaczalna. — Tu ciepłota, odkształcając belki, sprawia natężenia wewnętrzne, a w dalszej konsekwencji znowu niejasność i niepewność co do rozkładu sił wewnętrznych.

To są powody, dla których rozważyć należy i przestrzenną statyczną wyznaczalność systemów dachowych, pomimo, że ich nie liczymy, jako kratownice przestrzenne. Raz dlatego, że obliczenie kratownic przestrzennych, nawet statycznie wy-

<sup>1)</sup> O ile dach jest jednostajnie ogrzany.

<sup>2)</sup> Przy przyjęciu węzłów przegibnych.

znaczących, jest dość żmudne i dające wyniki stosunkowo dalekie od prawdy z powodu założeń niezgodnych z rzeczywistością, powtórze dlatego, że działają tu głównie ciężary, leżące w płaszczyźnie więzarów, a jako takie wywołują tylko w nich siły osiowe (w kratownicach statycznie wyznaczalnych). Innych zaś części dachu, tj. tężników pionowych, połaciowych i płatwi (na siły osiowe) zwykle nie obliczamy.

Jakże przedstawia się system, układ dachowy?

Poszczególne więzary płaskie, statycznie wyznaczalne, a więc posiadające przy  $n$  węzłach  $2n-3$  prętów istotnych i 3 pręty podporowe (razem  $2n$ ), połączone są z sobą zapomocą już konstrukcyjnie potrzebnych płatwi, umieszczonych w węzłach górnych, oraz zapomocą tężników (fig. 1).

Płatwie leżą oczywiście pomiędzy wszystkimi więzarami. Tężniki połaciowe łączą zwykle po parze więzarów z sobą w kocioł przestrzenny. Robimy je albo z kątovek, dając po jednej lub po dwie w polach, ograniczonych pasem górnym więzarów i płatwiami, albo, umieszczając w każdym polu po dwie przekątnie gibkie, zwykle z żelaza okrągłego <sup>1)</sup>. Wreszcie tężnik pionowy możemy wytworzyć jako krzyż ukośny między dwoma więzarami, albo też jako belkę kratową <sup>2)</sup>.

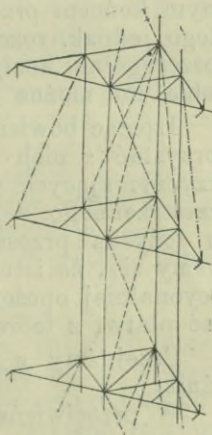


Fig. 1.

<sup>1)</sup> O najwłaściwszym ustroju tężników połaciowych pomówimy później.

<sup>2)</sup> Na fig. 1 płatwie i pasy tężników pionowych zro-

Otóż — podobnie jak w budowie mostów, tak i tutaj daje się odczuć mimowiednie dążenie inżynierów, dla uzyskania najprzejrzystszej formy kratownic przestrzennych, — do kratownicy plecionej. Dwa więzary, połączone tężnikami połączeniowymi, tworzą taką (choć niezupełną) kratownicę plecioną. Idąc konsekwentnie w tym kierunku dojszby można przy dachach, (a także przy mostach o większej liczbie belek głównych) do podziału całego układu na poszczególne kratownice plecione, połączone tylko płatwiami lub wogóle dźwigarami drugorzędnymi. Byłoby to jednak możliwe tylko wtedy, gdyby te dźwigary między plecionkami nie działały jako pręty kratownic, tj. nie przenosiły sił osiowych. Te płatwie zatem — w przeciwieństwie do płatwi, wchodzących w skład kratownic plecionych, musiałyby być jednym końcem przesuwalnie ułożone. Systemu takiego jednak, rozdzielającego układ więzarów na poszczególne koźły przestrzenne, niezależne od siebie, nie można wogóle polecać.

Łącząc bowiem płatwie stale z dźwigarami, korzystać z nich możemy także jako z prętów, przyczyniających się do sztywności całego układu przestrzennego, a korzyść tę utracilibyśmy, dając im łożyska przesuwowe. O ile więc przekonaliśmy się, że istnieją pręty nadliczbowe, byłoby racjonalniej opuścić zupełnie te pręty, a nie usuwać płatwi z teoretycznej całości.

Przejdźmy z kolei do roli, jaką odgrywają tężniki.

W przeciwieństwie do tężników mostowych, nie występują w nich prawie zupełnie siły skutek parcia wiatru. Parcie to — o ile działa w kie-

---

bione są liniami pełnymi, tężniki połączeniowe liniami „kreska-kropka“, — wreszcie krzyże ukośne liniami kreskowanymi.

runku prostopadłym do więzarów — przenosi się w zwykłych przypadkach na mury czołowe. I tylko, gdy są one za słabe, by działanie to przejąć, lub gdy ich niema zupełnie, — tylko wtedy wiatr działa na tętniki „wiatrowe“ a i w tym przypadku działanie to ogranicza się tylko na najbliższe sąsiedztwo skrajnego więzara.

Ale tętniki i płatwie mają jeszcze jedno zadanie. Utrzymują one węzły więzarowe w płaszczyźnie tegoż i to węzły pasu ciśnionego, a więc narażonego na wyboczenie. Siły, występujące z tego powodu są zresztą niewielkie i mogłyby zostać przejęte śmiało przez same płatwie, które i tak mają nadmiar materiału; tej korzyści, jaką dają płatwie, nie należy się pozbywać przez ruchome ich podparcie. Wynika stąd, że i podział na szeregi kratownic plecionych, obok siebie stojących, nie jest odpowiedni i lepiejby było wprowadzić inny, ekonomiczniejszy układ.

Zbadajmy zatem, ile prętów potrzeba, by do stałego więzara lub ciała sztywnego przytwierdzić pojedynczy więzar płaski statycznie wyznaczalny o  $n$  węzłach i  $2n-3$  prętach istotnych.

Do przytwierdzenia  $n$  węzłów w przestrzeni, potrzeba wogóle  $3n-a$  prętów, gdzie  $a$  oznacza liczbę prętów podporowych tegoż więzara. U nas  $a=5$ <sup>1)</sup>. Sam więzar ma  $2n-3$  prętów. Potrzeba zatem jeszcze:

$$3n-5-2(n-3)=n-2$$

prętów. Wystarczyłoby więc połączyć pojedynczymi prętami wszystkie wolne węzły więzara.

Połączenie będzie sztywne, jeśli dla każdego go obciążenia możemy uzyskać system równowagi

<sup>1)</sup> Wchodzą tu w grę: jedno łożysko stałe, drugie przesuwalne w jednym kierunku, zatem przy rozważaniu płaszczyznowej wyznaczalności dajemy pięć ( $=3+2$ ) prętów podporowych. W płaszczyźnie łożyska te zastąpić można trzema ( $=2+1$ ) prętami.

sił wewnętrznych. Przy takim układzie składową, leżącą w płaszczyźnie wieżara, przenoszą pręty tegoż. Składową prostopadłą doń przenieść mają owe pręty łączące.

Na fig. 2 wieżary I—II tworzą niezupełną kratownicę plecioną, jednak, ze względu na rodzaj podparcia stałą. W skład jej wchodzi bowiem  $2n$  węzłów, oraz  $2(2n-3)$  prętów wieżarowych,  $(2n-4)$  prętów łączących i 10 prętów podporowych, wogóle zatem:

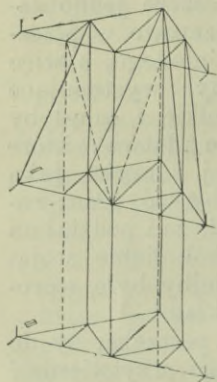


Fig. 2.

$$2(2n-3) + (2n-4) + 10 = 3n$$

prętów, ułożonych w ten sposób, że wyznacznik, służący do oceniania statycznej wyznaczalności układu, nie jest równy zeru. Trzeci wieżar przytwierdzony jest do tej kratownicy w sposób wyżej podany.

Tężniki połaciowe wystarczy zatem umieścić między jedną parą wieżarów. Pręty łączące następne w pasie górnym istnieją; — są nimi płatwie. Natomiast zwykle niema ich w węzłach dolnych <sup>1)</sup>. Pręty tężników połaciowych nie zastępują ich — choć liczbą co najmniej równe — gdyż pas dolny nie ma zupełnie prętów, przenoszących składowe siły zewnętrznych, prostopadle do wieżara. Jednakowoż sił tych albo niema wcale, albo są tak małe, że już sztywność węzłów wystarczy do ich zniesienia. Prócz tego niebezpieczeństwo wyboczenia w pasie dolnym ciągnionym, nie istnieje. Można więc śmiało wykonać

<sup>1)</sup> Z wyjątkiem pasu dolnego tężnika pionowego, wykształconego jako krzyż ukośny.

wieżary, połączone tylko górną płatwiami, a dołem nieusztywnione <sup>1)</sup>.

Przy większej liczbie wieżarów zatem płatwie wystarczają do stężenia poprzecznego. Dla lepszego usztywnienia też bardzo pożądanym jest tężnik pionowy. Tężniki pościowe na pasie górnym potrzebne są tylko w jednej parze wieżarów; — na pasie dolnym dawać ich nie potrzeba.

W jednym tylko przypadku występują tu większe siły nie w płaszczyźnie wieżara; — mianowicie, gdy w węzłach dolnych *A* zawieszony jest tor żurawia fabrycznego *P* (fig. 3). Wtedy

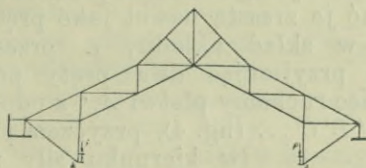


Fig. 3.

jednak w węzłach tych sam dźwigar podtorowy stanowi pręt działający w ten sam sposób, co płatwie w węzłach górnych.

Gdy mury szczytowe są dość silne, aby przejąć parcie wiatru, nie potrzebne są tężniki nawet w skrajnej parze wieżarów; wtedy można użyć wprost tych murów do ustalenia całości układu, umieszczając w nich stale płatwie, i to tylko po jednej stronie budowli. Po drugiej stronie wystarczy płatwie umieścić przesuwalnie jednym końcem. Wtedy końce płatwi skrajne, murewne uważane jako węzły, są przytwierdzone jednym

<sup>1)</sup> Na fig. 2 pełnemi liniami zrobione są pręty, w praktyce wykonywane (por. uwaga poprzednia); liniami kreskowanemi pręty, których zwykle niema.

prętem istotnym, a dwoma podporowymi; — całość jest zatem statycznie wyznaczalna.

W przeciwnym razie, tj. gdy mury szczytowe są zbyt słabe, aby przejąć mogły całkowite parcie wiatru, należałoby umieścić jeden układ tężników między dwoma więzarami przyczelnymi. Przy dachach dłuższych lepiej jest ze względów praktycznych utworzyć dwie takie kratownice przestrzenne — po jednej obok każdego muru szczytowego. Wtedy trzeba jednak gdziekolwiek w środku opuścić z całości dachowej w jednym polu płatwie, a więc wytworzyć je jako dźwigary drugorzędne, na jednym końcu przesuwalnie. Możemy uważać je zresztą nawet jako pręty istotne, wchodzące w skład układu, a przesuwalność uwzględnić, przyjmując dwa pręty podporowe, łączące koniec ruchomy płatwi  $A_1'$  z odpowiednim więzarem  $A' B' C' \dots$  (fig. 4), przyczem pręt  $A' A_1'$  (w kierunku siły zewnętrznej) ma długość równą odstępowi osi płatwi od osi pasa górnego.

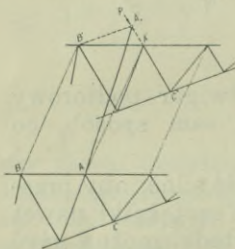


Fig. 4.

Zwykle jednak budują obecnie inżynierowie układy statycznie niewyznaczalne, łącząc wszystkie więzary po dwa, w koźły przestrzenne — i utwierdzając płatwie stale. Przy takim utwierdzeniu tężników należałoby raczej dla uniknięcia statycznej niewyznaczalności albo dać połączenie płatwi ruchome, albo też, co wypada ekonomiczniej ze względu na ilość materiału, zastosować płatwie przegubowe, przyczem ustrój wygląda, jak fig. 5. W tym razie i tężnik pionowy należy rozmieścić tylko w polach kratownic plecionych<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> W tym razie płatwie należy uważać nie za pręty, ale za tarcze sztywne, co zresztą na tok wywodów nie wpływa.



Wywody te są ważne nie tylko dla dachów, skonstruowanych jako belki proste. Dla dachów łukowych trójprzegubowych dochodzimy do tych samych rezultatów. Wieżar taki ma  $2n-4$  prętów istotnych i 6 (przestrzennych) podporowych. Do przytwierdzenia jego  $n$  węzłów potrzeba zatem

$$6n - (2n - 4) - 6 = n - 2$$

prętów.

Tę samą liczbę prętów łączących otrzymamy dla wszystkich wieżarów płaskich statycznie wyznaczalnych, np. dla wieżarów przegubowych na słupach pośrednich. Tutaj otrzymamy (fig. 6) też  $2n-4$  prętów istotnych i 6 podporowych<sup>1)</sup>.

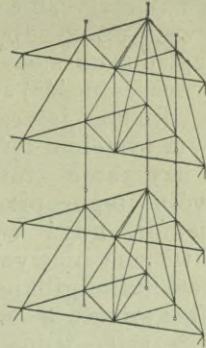


Fig. 5.

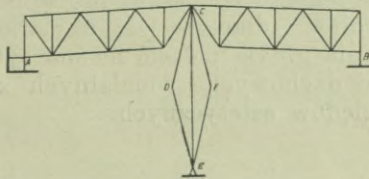


Fig. 6.

Do przytwierdzenia zatem potrzeba:

$$3n - (2n - 4) - 6 = n - 2.$$

Inaczej nieco rzecz się przedstawia przy ustrojach statycznie niewyznaczalnych, np. przy dachach łukowych dwuprzegubowych, o  $2n-3$  prętach istotnych i 6 podporowych. Tu otrzyma-

<sup>1)</sup> Tarczę sztywną  $CDEF$  uważamy za pręt podporowy. — Uczynić to przyjęcie można, o ile w węzłach  $D$  i  $F$  nie zaczepiają siły prostopadłe do płaszczyzny tej tarczy.

libyśmy  $n-3$  prętów łączących, dając jednak znowu tylko płatwie w węzłach górnych. Ustrój jednak statycznie wyznaczalny już być nie może — nawet przy odpowiedniej liczbie prętów — ze względu na statyczną niewyznaczalność („ponadwyznaczalność“) swoich części (więzarów płaskich).

Dodam jeszcze parę słów o najracjonalniejszym systemie tężników połączeniowych. Jeśli chodzi o uzyskanie statycznej wyznaczalności, to podwójne tęgie przekątne (kątowniki) nie są odpowiednie, gdyż wypełnione przez się pola robią statycznie niewyznaczalnymi. Również podwójne przekątne giбkie nie dają najlepszego ustroju. Wprawdzie w normalnych warunkach działać może tylko jedna z nich, jednakowoż przy ugięciu belki obie wyginają się nieco i przestają działać, dopóki składowa siła zewnętrznej, prostopadła do więzara, nie wywoła nateżeń w jednej z nich.

Obu wad tych nie ma ustrój z pojedynczemi przekątniami tęgiemi z kątownek lub wogóle sztywnych przekrojów i dlatego jest najodpowiedniejszy. Przekątne giбkie polecić można tylko w polach świetlni dachowych, widzialnych z dołu — a to ze względów estetycznych.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

II 31259

S. 61



1844.11.12 1810  
1844

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



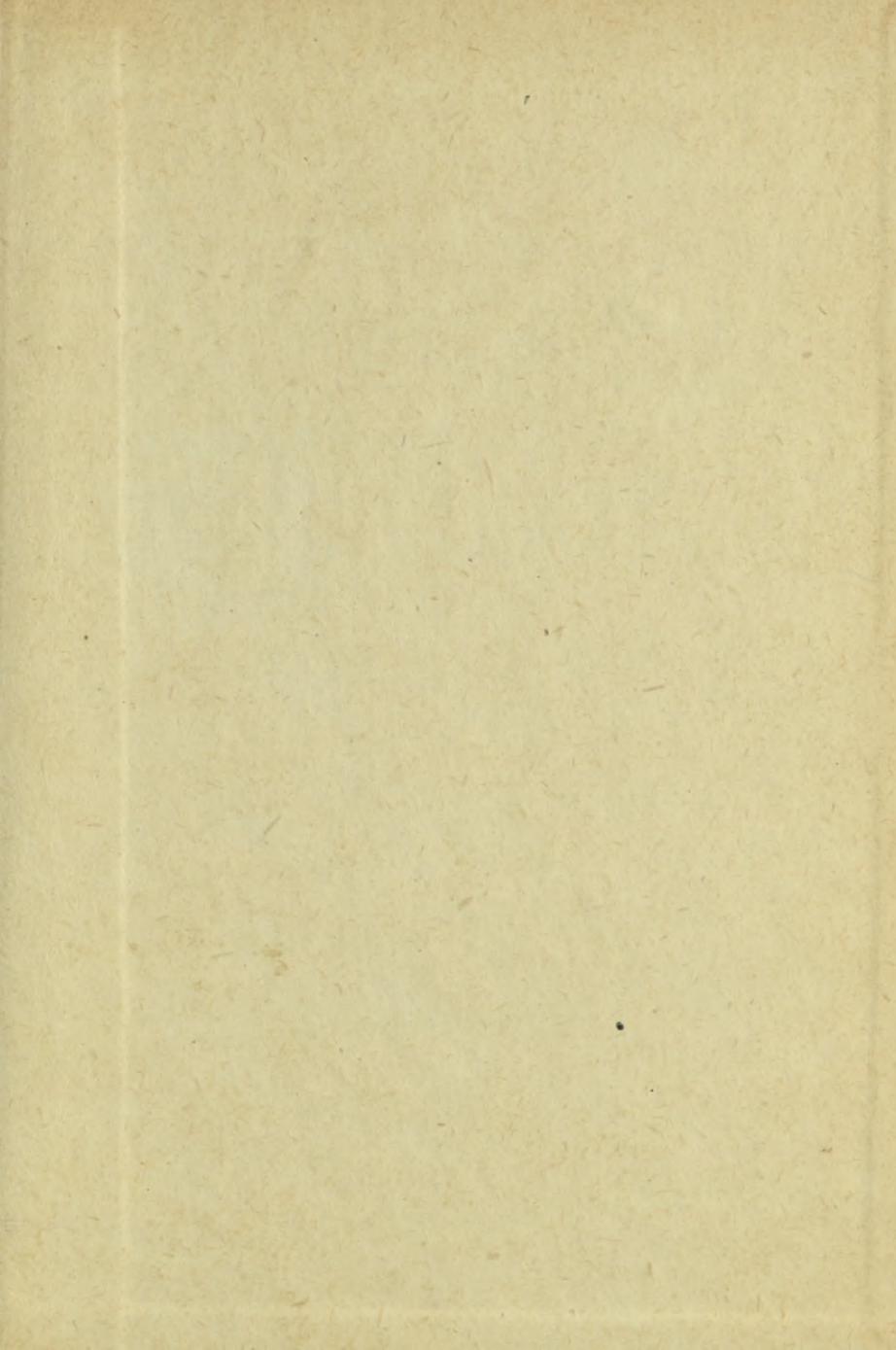
L. inw.

31259

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000









BIBLIOTEKA GŁÓWNA

31 259

PK 349/83 - 100 000 egz.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297790