B. KONORSKI (Łódź)

O WYTRZYMAŁOŚCI DREWNA SOSNOWEGO

1. W zeszycie 2 tomu I Zastosowań Matematyki podano[1]) nomogram wytrzymałości drewna sosnowego przedstawiający trzy zależności między pięcioma zmiennymi R_{15}, R_w, γ_{15}, γ_w, w:

$$R_{15} = 859\gamma_{15} - 42, \tag{1}$$

$$R_w = R_{15}/(0{,}25 + 0{,}05\mathrm{w}), \tag{2}$$

$$\gamma_w = \gamma_{15}/(1{,}075 - 0{,}005\mathrm{w}). \tag{3}$$

Konstrukcja tego nomogramu budzi zastrzeżenia z następujących powodów:

Celem właściwie skonstruowanego nomogramu jest nie tylko umożliwienie szybkiego otrzymania wyniku rachunkowego, ale także łatwe osiągnięcie tego wyniku; niezbędne jest również zapewnienie użytkującemu orientacji, jak się ten wynik zmienia przy zmianie jednej lub kilku zmiennych. Wreszcie bardzo pożądane jest takie zaprojektowanie nomogramu, żeby do minimum sprowadzić możność popełniania omyłek.

Oczywiście przy nomograficznym przedstawianiu skomplikowanych zależności jesteśmy zmuszeni zrezygnować z niektórych wysuniętych tutaj postulatów. Nie wolno jednak pomijać ich tam, gdzie mogą być one z łatwością zachowane.

Cytowany nomogram w wielu punktach odbiega od postawionych przez nas wymagań. Zawiera on siedem skal przy tylko pięciu niewiadomych. Ta anomalia tłumaczy się tym, że zarówno zmienna R_{15}, jak i zmienna w figurują na dwóch skalach. Przy tym dwie skale R_{15} są połączone siatką prostych, obie zaś skale w są niezależne od siebie: przy niektórych obliczeniach jest używana skala lewa, przy innych — prawa. Okoliczności te w znacznym stopniu utrudniają korzystanie z nomogramu; i rzeczywiście, było konieczne zamieszczenie całostronicowej tablicy w celu pokazania, jak należy postępować przy odszukiwaniu bądź jednej, bądź innej zmiennej; ponadto mamy jeszcze długi komentarz w tekście.

---

[1]) J. Oderfeld, *Nomogram wytrzymałości drewna sosnowego*, Zastosowania Matematyki 1 (1954), str. 138-148.

Ale takie komentarze i skomplikowane sposoby manipulacyjne mają, niestety, to do siebie, że się je łatwo zapomina. Wynika stąd, że przy sporadycznym korzystaniu z tablicy trzeba się jej za każdym razem od nowa uczyć, co jest przykre i z pewnością wywołuje uczucie niechęci; często spotykamy się w takich przypadkach ze zdaniem „to już wolę ołówek i suwak rachunkowy".

Same czynności manipulacyjne, które należy wykonywać przy użytkowaniu nomogramu, są również zawiłe. Należy tu prowadzić (niezaznaczalne przecież) linie łamane, baczyć na punkty przecięcia ich odcinków, uważać, żeby znajdowały się na właściwych skalach, przechodzić wzdłuż narysowanych kresek z jednej skali na drugą — wszystko to łatwo powoduje omyłki i odbiera nomogramowi jedną z jego najcenniejszych zalet — niezawodność otrzymanego rezultatu.

Wreszcie — sprawa orientacji. Jak zmienia się na przykład zmienna γ_w, jeżeli zmieniamy R_w, a wszystkie inne zmienne zachowują swoje wartości? Odpowiedź na to proste pytanie wymaga specjalnego studiowania — szczególnie, jeśli chodzi nie tylko o ustalenie rodzaju zmiany, lecz także o jej liczbowe wartości.

2. Z wyłuszczonych tutaj powodów należy się starać tak zaprojektować nomogram, żeby uniknąć postawionych poprzednio zarzutów. Daje się to w danym przypadku łatwo osiągnąć. Najbardziej pożądanym typem nomogramu jest taki, który miałby 5 skal dla istniejących 5 zmiennych, przy czym skale powinny być tak ze sobą powiązane, żeby przy jednorazowym ustawieniu liniału (nitki) móc odczytać od razu wartości wszystkich zmiennych (tzw. *nomogram jednoczesny*).

Nie chcę tu wchodzić w podstawy teorii, pokażę tylko, jak można dojść do nomogramu o takiej budowie.

Oznaczając wyrażenie 1,075—0,005 w przez x, możemy przedstawić równania (3) i (2) w postaci

$$\gamma_{15} = \gamma_w x, \tag{4}$$

$$859\gamma_{15} = 11R_w + 42 - 10R_w x. \tag{5}$$

Równanie (4) daje się przedstawić za pomocą wykresu kształtu N, typ zaś (5) prowadzi w nieco bardziej skomplikowanych przypadkach do nomogramu o dwóch drabinkach prostoliniowych i trzeciej drabince krzywoliniowej (w rozważanym przypadku trzecia drabinka jest również prostoliniowa). Musimy teraz zwrócić uwagę na to, żeby wspólne skale γ_{15}, x obu równań miały jednakowe moduły i te same punkty początkowe. Daje się to łatwo osiągnąć.

Pisząc równanie (5) w kanonicznej postaci rozważanego nomogramu

$$f_2(v) = \Phi_3(w) + f_1(u)\Psi_3(w) \tag{6}$$

znajdujemy równania pierwszej i trzeciej skali,

$$f_2(v)=\gamma_{15}, \qquad f_1(u)=x=1{,}075-0{,}005w,$$

oraz

$$\Phi_2=(11R_w+42)/859, \qquad \Psi_3=-10R_w/859.$$

Przyjmujemy dla modułów skal x i γ_{15} wartości $\mu(x)=1000$ i $\mu(\gamma_{15})=$ $=400$; zakładając, że początek $O(\gamma_{15})$ skali γ_{15} jest przesunięty o odcinek $1{,}75\cdot 400=700$ i że odległość skal w i γ_{15} wynosi 105 mm, znajdujemy następujące równania skali R_w:

$$x=\frac{90195}{859+4R_w}, \qquad y=\frac{618100+4400R_w}{859+4R_w}; \tag{7}$$

umożliwiają one łatwe jej wyznaczenie. Konstrukcyjnie otrzymać można skalę R_w przez rzutowanie skali R_{15} ze środka $w=15$. Dla γ_{15} otrzymujemy skalę rzutową o prostej nośnej przechodzącej przez punkty początkowe $O(x)$ i $O(\gamma_{15})$ skal x i γ_{15}. Odległości t_1 punktu γ_w tej skali od punktu $O(\gamma_{15})$ wynoszą

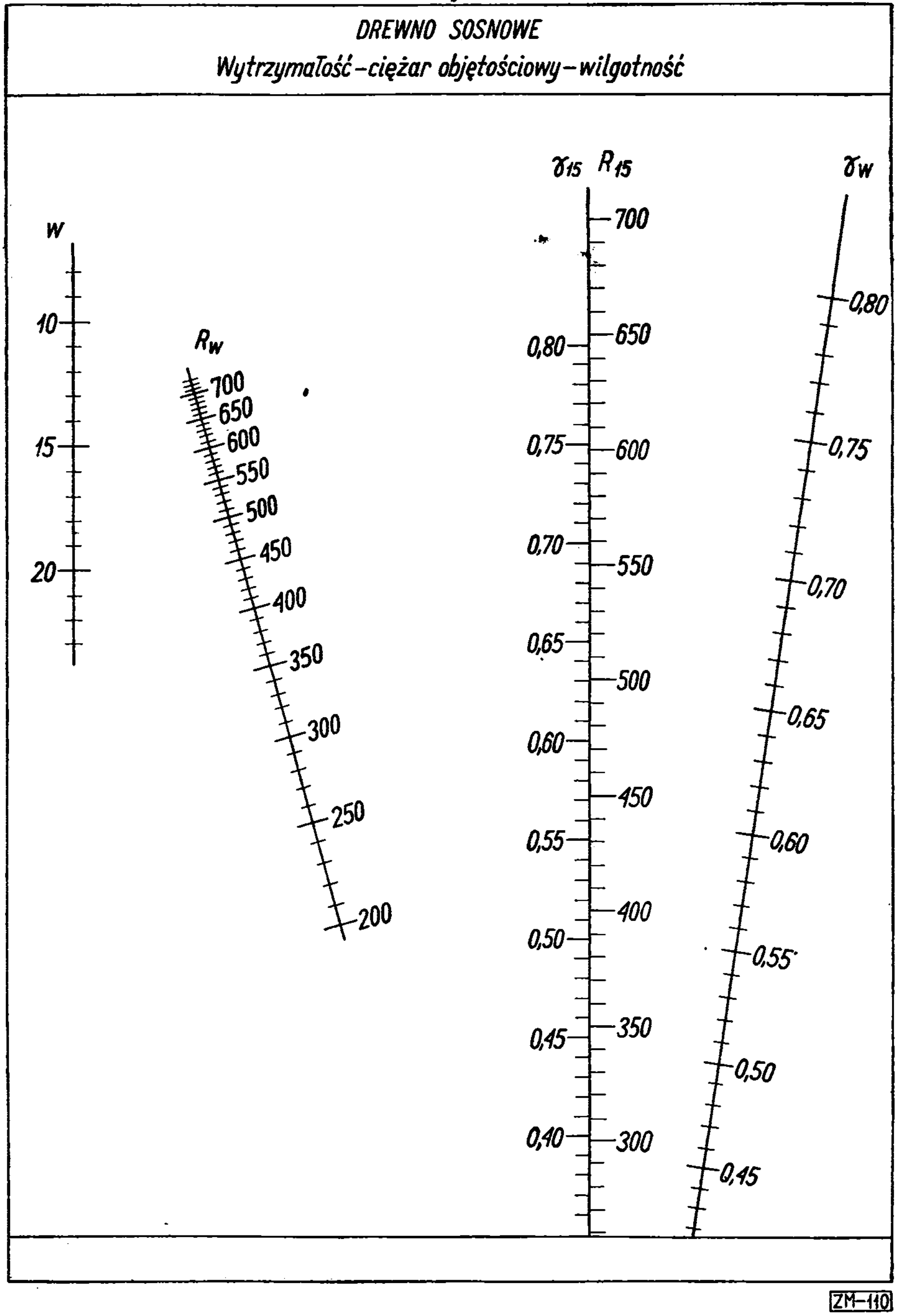
$$t_1=141{,}566\,\frac{6\gamma_w-2{,}5}{2{,}5-\gamma_w};$$

liczby stąd otrzymane mogą służyć do sprawdzania skali wyznaczonej konstrukcyjnie. Otrzymany nomogram (str. 308) właściwie nie wymaga żadnego komentarza, użytkowanie jego jest proste: jedno ustawienie liniału wyznacza od razu wartości wszystkich 5 zmiennych, możność omyłek jest minimalna, jest umożliwiona łatwa orientacja i dopasowanie rezultatów.

Tablica 1 przedstawia schematycznie sposób zastosowania nomogramu przy obliczaniu przykładów podanych w cytowanym artykule J. Oderfelda, przy czym część pierwsza a) dotyczy przykładów nr 1, 2, 3, 4, 6, 8 (jedno ustawienie liniału), a część druga b) — przykładów nr 5, 7, 9 (dwa ustawienia liniału).

Błąd względny przy korzystaniu z nomogramu przeważnie nie przekracza 0,7%; przy zwiększeniu rysunku o 25% i przy starannym wykonaniu można łatwo zniżyć górną granicę błędu do 0,5%. W specjalnych, szczególnie niedogodnych warunkach błąd jednak bywa większy; taki niedogodny przypadek przedstawia przykład nr 8, w którym punkt szukany leży zewnątrz odcinka łączącego dwa punkty dane; ze względu na ich bliskość, drobne zmiany w ustawieniu liniału powodują stosunkowo znaczne wahania odczytywanego rezultatu.

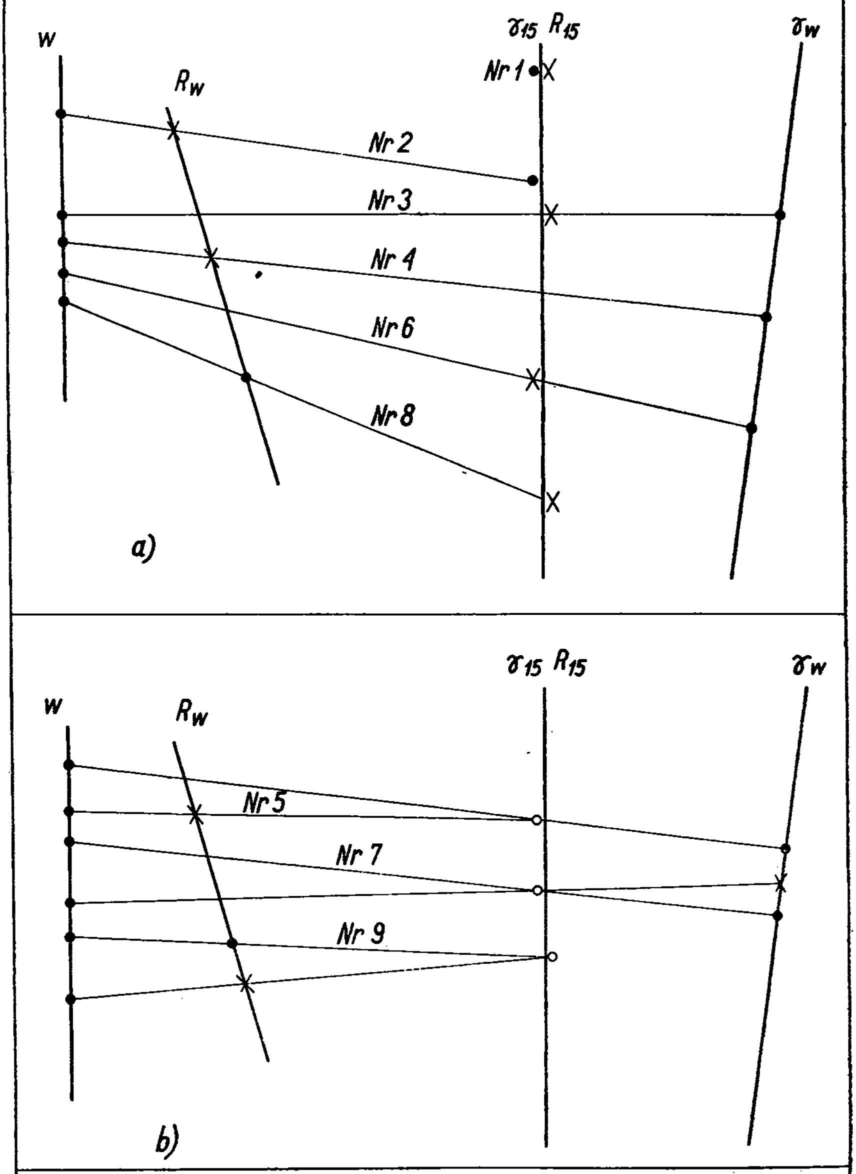
Nomogram


DREWNO SOSNOWE
Wytrzymałość-ciężar objętościowy-wilgotność
W
10
15
20
R_W
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
γ_{15} R_{15}
0,80
0,75
0,70
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
700
650
600
550
500
450
400
350
300
γ_W
0,80
0,75
0,70
0,65
0,60
0,55
0,50
0,45
ZM-110

Tablica 1

SCHEMATYCZNE PRZEDSTAWIENIE SPOSOBU KORZYSTANIA Z NOMOGRAMU

(• wielkość dana ○ wielkość pomocnicza × wynik)



ZM-111

3. Budowa nomogramu ze stronicy 308 jest uzależniona od wartości 4 parametrów, które oczywiście można przyjmować w rozmaity sposób, osiągając przez to przesunięcia wzajemnych położeń skal. Przyjęto wartości tych parametrów tak, żeby otrzymać możliwie najdogodniejsze rozwiązanie.

Ostre kąty przecięcia niektórych drabinek z ruchomym liniałem (w pewnych jego położeniach) są nieuniknionym zjawiskiem w nomogramach tego typu, w praktyce jednak rzecz ta nie ma większego znaczenia.

Przedstawiony przez nas wykres nie stanowi, oczywiście, jedynej możliwości budowy nomogramu jednoczesnego. Właściwie najbardziej rzucającą się w oczy możliwością jest wykorzystanie równania otrzymanego przez wyeliminowanie z równań (2) i (3) zmiennej w

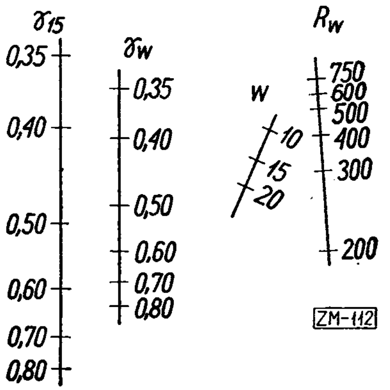
$$\gamma_w^{-1} = \gamma_{15}^{-1}(1{,}1 + 4{,}2/R_w) - 85{,}9/R_w, \tag{8}$$

co sprowadza się do (6), przy założeniu

$$f_2(v) = 1/\gamma_w, \quad f_1(u) = 1/\gamma_{15}, \quad \Psi_3(w) = 1{,}1 + 4{,}2/R_w, \quad \Phi_3(w) = -85{,}9/R_w.$$

Przyjmując dla modułów dwóch pierwszych skal wartości $\mu(f_1) = 100$, $\mu(f_2) = 70$ oraz zakładając, że punkt początkowy skali $1/\gamma_w$ ma współrzędne $x = 15$, $y = 70$, znajdujemy równania skali R_w:

$$x = \frac{1500 R_w}{23 R_w - 294}, \qquad y = \frac{7000 R_w - 601300}{23 R_w - 294}. \tag{9}$$



Rys. 1

W konstrukcji tej zmienną w otrzymuje się za pomocą skali rzutowej $(1505 - 7w)/(495 - 7w)$. Otrzymany w ten sposób nomogram (rys. 1) jest wyraźnie gorszy od poprzedniego: skala w jest bardzo skrócona, skale dla γ_w i γ_{15} przedstawiają odwrotności tych wartości, skal regularnych nie ma.

Podane tutaj dwa przykłady nie wyczerpują, oczywiście, wszystkich możliwych rozwiązań.

Praca wpłynęła dnia 7. 6. 1954 r.

Б. КОНОРСКИЙ (Лодзь)

О СОПРОТИВЛЕНИИ СОСНОВОГО ДЕРЕВА

РЕЗЮМЕ

В связи с номограммой, опубликованной в журнале: Zastosowania Matematyki 1(1954), стр. 141 — дается другое решение той-же задачи.

Особенностью новой номограммы является то, что при одной установке линейки получается сразу пять взаимно соответствующих (корреспондирующих) значений переменных.

B. KONORSKI (Łódź)

ON THE STRENGTH OF PINEWOOD

SUMMARY

Referring to the nomogram published in Zastosowania Matematyki 1 (1954), p. 141, the author gives another solution of the same problem. It is the characteristic feature of the new nomogram that with one setting of the ruler five corresponding values of the variables are at once obtained.
