

BOLESŁAW WACHACKI

**Siły niezbędne do zerwania szyszek  
sosny, świerka i modrzewia  
oraz ich znaczenie dla mechanizacji zbioru**

Силы необходимые для срыва шишек сосны обыкновенной, ели европейской и лиственницы и их значение для механизации сбора

Strength required for tearing off cones of pine, spruce, and larch  
and its significance for mechanical collection

Według Rocznika Statystycznego (3), w naszym kraju pozyskuje się rocznie około 4000 ton szyszek sosny, świerka i modrzewia. Proces pozyskania szyszek nie jest zmechanizowany i odbywa się ręcznie lub tylko niekiedy przy pomocy prostych narzędzi pomocniczych.

Mechanizacja zbioru szyszek z drzew iglastych jest problemem bardzo złożonym i do dnia dzisiejszego, pomimo wielu prób i wysiłków, jeszcze nierozwiązanym.

Dla właściwego wyboru konstrukcji maszyny, a zwłaszcza elementu zrywającego szyszkę — chwytaka i jego napędu, obok wielu innych czynników duże znaczenie ma poznanie wielkości oporów, jakie występują przy zrywaniu szyszek z krótkopędów, oraz wymiarów szyszek i zakresu zróżnicowania ich wielkości u poszczególnych gatunków. Jak można sądzić z dostępnej literatury, badania w tym zakresie są nieliczne i raczej cząstkowe (1, 2).

W 1966 r. rozpoczęto w b. Zakładzie Maszynoznawstwa i Mechanizacji Prac Leśnych Akademii Rolniczej w Krakowie badania sił potrzebnych do oderwania szyszek z krótkopędów sosny, świerka i modrzewia. Pierwszy etap badań ukończono w 1972 r., a w niniejszej pracy przedstawiono ich wyniki.

Podstawowym celem tych badań było określenie wielkości sił, jakie należy przyłożyć do szyszki sosny, świerka i modrzewia, aby oderwać je z krótkopędu przy uwzględnieniu kierunku działania siły, punktu przyłożenia siły, równoczesnego działania dwóch sił oraz wielkości szyszek.

W szczególności rejestrowano wielkości sił maksymalnych zrywających szyszkę:

a) przy osiowym działaniu siły, tj. wzdłuż osi krótkopędu, na którym wyrasta szyszka,

b) przy prostopadłym działaniu siły w stosunku do osi krótkopędu,

c) przy jednoczesnym działaniu dwóch sił: siły działającej wzdłuż osi

podłużnej szyszki i skręcaniu krótkopędu o pewien z góry zadany kąt wokół osi podłużnej, z rejestracją przyłożonego momentu skręcającego,

d) ustaleniu kąta całkowitego skręcenia szyszek.

Równocześnie rejestrowano średnice zrywanych szyszek, ich długości oraz średnice krótkopędów, na których wyrastają.

Dla porównania zrywano również jednoroczne pędy główne i boczne wymienionych gatunków drzew, działając siłą wzdłuż ich osi podłużnej, a znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie zrywanych szyszek.

Szyszki zrywano w różnych porach roku, począwszy od października 1966 r. do początku marca 1972 r., z drzew w różnym wieku, w rozmaitych warunkach atmosferycznych. Szyszki zrywano bądź bezpośrednio na aktualnie prowadzonych zrębach, bądź też odcinano część gałęzi z szyszkami, które następnie zrywano i mierzono w laboratorium. Badania te prowadzono na terenie OZLP Kraków i Przemyśl, w nadleśnictwach: Węgierska Górka, Nowy Targ i Ujsoły (świerk), Miechów, Krzeszowice, Dąbrowa Tarnowska, Damienice i Kolbuszowa (sosny), Krzeszowice. Kolbuszowa, Damienice, oraz we wsi Grań (modrzew).

Pomiary wielkości sił zrywających wykonano dynamometrem maksymalnym sprężonym o zakresie pomiarowym od 0 do 20 kG, z dokładnością  $\pm 0,1$  kG. Do pomiaru momentu skręcającego użyto drugiego dynamometru sprężynowego o zakresie 0 do 1000 g z dokładnością odczytu  $\pm 5$  g. Dynamometr ten był przytwierdzony do pręta na odpowiednim ramieniu o stałej długości dla danych pomiarów. Sam pręt wbijano w szyszkę umocowaną w specjalnym uchwycie, dokonując jej skręcenia o pewien kąt rejestrowany kątomierzem kołowym. Po ustaleniu kąta skręcenia określanego daną serią doświadczeń szyszkę zrywano siłą osiową, do czego służył specjalny uchwyt.

Pomiary liniowe szyszek i krótkopędu wykonywano suwmiarką z dokładnością  $\pm 0,1$  mm. Średnice szyszki i krótkopędu uzyskiwano jako średnią z dwóch wzajemnie prostopadłych pomiarów.

Do analizy pobrano 2100 zerwanych szyszek świerka, 2100 szyszek modrzewia i 3000 szyszek sosny. Ponadto po 300 jednorocznych pędów głównych i bocznych świerka, modrzewia oraz po 400 pędów sosny.

Uzyskane w wyniku rejestracji dane liczbowe poszczególnych cech poddano analizie statystycznej. Poszczególne dane opracowywano cząstkowo, przy czym do analizy brano partie nie mniej niż 100, 200 lub 300 pomiarów jednostkowych w zależności od roku, pory roku, drzewostanu i wieku drzew, z których zrywano szyszki.

Dla danej partii rejestrowanego parametru wyniki pomiarów grupowano w klasy (nie mniej niż 9 klas) obliczając wielkości średnie, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności.

Na podstawie przeprowadzonych badań i ich analizy można przyjąć, że opór szyszek na zerwanie z krótkopędu w ramach gatunku zależy od wielu czynników, takich jak: dojrzałość, wielkość szyszki, pora roku, klasa rozwojowa, wiek drzewa, umiejscowienie szyszki w koronie, stan pogody, a także od charakteru działających sił.

Poszukiwanie poszczególnych wymienionych zależności między sobą jest z naukowego punktu widzenia interesujące, nie ma to jednak — zdaniem autora — istotnego znaczenia dla założonego celu niniejszej pracy, dlatego nie będzie omawiane.

Uzyskane w toku badań dane liczbowe zestawiono w tabeli. Pozwalają one na następujące stwierdzenia:

1) Najistotniejsze z punktu widzenia konstrukcji maszyny zrywającej jest poznanie sił maksymalnych oraz maksymalnych momentów, a także wymiarów liniowych szyszki.

2) Największej siły osiowej potrzeba do zerwania szyszki świerka (16,8 kG), mniejszej — modrzewia (8,0 kG) i najmniejszej — sosny (4,7 kG).

3) Maksymalna siła działająca prostopadle do krótkopędu jest znacznie większa od siły zrywającej działającej osiowo przy zrywaniu szyszek sosny (5,1 kG) i modrzewia (8,5 kG), natomiast u świerka mniejsza (14,8 kG).

4) Zakres wahań wielkości sił zrywających jest bardzo duży, zwłaszcza dla szyszek świerka i sosny, co być może jest związane ze średnicą krótkopędu, jednak takiej zależności nie udało się ustalić.

5) Przy równoczesnym działaniu siły osiowej i skręceniu krótkopędu o pewien zadany kąt obserwuje się, że siła potrzebna do oderwania szyszki w miarę zwiększania kąta skręcania maleje wyraźnie u wszystkich gatunków. Moment skręcający, w miarę zwiększania kąta skręcania wzrasta, wykazując jednak bardzo dużą zmienność. Wielkość momentu przy skręcaniu rośnie, a po przekroczeniu pewnej granicy wielkości spada prawie u każdego gatunku. Obliczony współczynnik zmienności osiąga nawet 45%. Maksymalny moment wydaje się być zależny od długości krótkopędu (takich pomiarów nie prowadzono), na którym szyszka wyrasta, a nie od kąta skręcania. Wydaje się, że im krótszy krótkopęd, tym szybciej, tj. przy mniejszym kącie obrotu, ulega skręceniu. Należy zaznaczyć, że znaczna ilość szyszek począwszy od kąta skręcania  $180^\circ$ , zwłaszcza powyżej tej wielkości, ulega całkowitemu skręceniu, szczególnie u modrzewia.

6) Dla całkowitego skręcenia krótkopędu szyszek sosny należy obrócić szyszkę o dwa do trzech, a wyjątkowo więcej obrotów. Najbardziej podatne na skręcenie są szyszki modrzewia. Należy jednak podkreślić, że skręcanie szyszki bez jej zamocowania w uchwycie może prowadzić do uszkodzenia krótkopędu gałązki, do której jest przyrośnięta.

7) Uzyskane wyniki z pomiarów liniowych szyszek, tj. długości i średnicy, pozwolą na właściwe zaprojektowanie samego chwytaka. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że wymiary liniowe szyszek wszystkich gatunków różnią się między sobą oraz że poszczególne wymiary szyszek w ramach gatunku między minimalnymi a maksymalnymi wartościami wykazują różnice ponad dwukrotne. Powyższe powinno być uwzględnione przy konstrukcji zrywaków, bądź uniwersalnego dla wymienionych gatunków, bądź specjalnych dla poszczególnych gatunków drzew, z których zrywamy szyszki.

8) Siła potrzebna do zerwania jednorocznych krótkopędów jest u świerka niższa, a u sosny i modrzewia wyższa niż siła potrzebna do zerwania szyszki. Różnice te zmuszają do głębszego zastanowienia się nad wyborem koncepcji konstrukcyjnej aparatu zrywającego szyszki. Wydaje się np., że zastosowanie aparatu typu wyczesującego może prowadzić do uszkodzenia organu asymilacyjnego rosnących drzew przez odrywanie pędów jednorocznych, zwłaszcza bocznych. Warunek ten nie będzie miał znaczenia przy zrywaniu szyszek z drzew ściętych. Rzecz jasna, że roz-

Tabela zbiorcza wyników pomiarów i badań

Lp.	Gatunek drzewa Wyszczególnienie	Sosna pospolita			Świerk europ.			Modrzew			
		Wart. licz. mierzonej cechy			Wart. licz. mierzonej cechy			Wart. licz. mierzonej cechy			
		mini- malna	śred- nia	maksy- malna	mini- malna	śred- nia	maksy- malna	mini- malna	śred- nia	maksy- malna	
1.	Srednica szyszki w mm	14,0	18,5	26,5	24,8	29,7	48,1	8,0	16,2	28,0	
2.	Długość szyszki w mm	27,2	38,5	55,3	76,2	126,4	179,3	17,0	26,2	37,1	
3.	Srednica krótkopędu szyszki w mm	1,4	2,8	4,4	2,7	3,6	4,6	—	—	—	
4.	Siła zrywająca szyszkę prosto- padła do osi krótkopędu szyszki w kG	0,3	2,3	5,1	0,6	6,8	14,8	1,6	4,3	8,5	
5.	Siła zrywająca szyszkę działająca wzdłuż osi szyszki, kąt skręcenia i moment skręcający										
	a) kąt skręcenia szyszki wokół osi $\alpha = 0^\circ$										
	1. Moment skręcający M = 0 gcm	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2. Siła zrywająca P'' w kG	0,2	2,2	4,7	0,8	8,0	16,8	1,2	3,4	8,0	
	b) kąt skręcenia $\alpha = 90^\circ$										
	1. Moment skręcający w gcm	3	18	45	88	260	420	12	83	162	
	2. Siła zrywająca P'' w kG	1,2	2,2	4,1	0,3	4,1	12,0	0,3	0,8	2,6	
	c) kąt skręcenia $\alpha = 180^\circ$										
	1. Moment skręcający w gcm	3	21	75	210	660	1050	18	187	570	
	2. Siła zrywająca P'' w kG	0,7	1,8	3,5	0,0	3,0	10,5	0,0	0,7	2,8	



d) kąt skręcenia  $\alpha = 270^\circ$ 

1. Moment skręcający w gcm	3	20	60	370	860	1220	10	185	570
2. Siła zrywająca P'' w kG	0,0	1,4	3,3	0,0	2,5	9,0	0,0	0,5	1,6

e) kąt skręcenia  $\alpha = 360^\circ$ 

1. Moment skręcający w gcm	3	15	55	420	872	1520	10	190	574
2. Siła zrywająca P'' w kG	0,0	0,5	1,8	0,0	1,3	7,0	0,0	0,4	1,2

## 6. Siła zrywająca krótkopęd przyrostu jednorocznego, działająca wzdłuż osi pędu:

## a) pęd główny

Siła w kG

0,8	3,7	5,8	1,1	3,9	8,2	0,8	3,3	9,5
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

## b) pęd boczny

Siła w kG

0,4	2,0	3,8	0,5	2,0	6,0	0,5	3,0	6,4
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

wiązanie takie mocno komplikuje fakt pozostawiania na drzewach szyszek starych, z których wysypały się już nasiona lub uszkodzonych przez owady. Można wysnuć wniosek, że najlepiej będzie spełniał zadanie aparat zrywający, który przy równoczesnym działaniu siły osiowej na szyszkę będzie ją również skręcał odpowiednim momentem obrotowym lub tylko skręcał. Moment obrotowy maksymalny skręcający krótkopęd, jak wynika z przeprowadzonych badań, jest stosunkowo niewielki u sosny (75 gcm), większy u modrzewia (860 gcm) i największy u świerka (1520 gcm). Konstrukcja aparatu chwytającego opartego na tej zasadzie będzie skomplikowana, gdyż każdorazowo będzie wymagała uchwycenia nim pojedynczej szyszki, co w znacznym stopniu utrudni manewrowanie aparatem. Ponadto będzie zachodziło niekiedy niebezpieczeństwo ukręcenia wraz z szyszką pędu, na którym jest ona zawieszona. Tak więc aparat zrywający z pewnością będzie wymagał zastosowania dodatkowych wsporników.

Z tego wynika także, że rozwiązanie konstrukcyjne chwytaka może być mało wydajne, a więc jego opłacalność zastosowania przy zrywaniu szyszek z drzew stojących wątpliwa. Duże nadzieje w zakresie mechanizacji pozyskania szyszek może rokować specjalne zagospodarowanie drzewostanów nasiennych lub przez zakładanie plantacji nasiennych. Osobne zagadnienie stanowi wybór rodzaju napędu maszyny zrywającej i inne problemy techniczne i organizacyjne.

W zakończeniu można stwierdzić, że poznanie wielkości sił potrzebnych do zrywania szyszek, obok wielu innych czynników, ma podstawowe znaczenie dla konstrukcji maszyny zrywającej szyszki.

Podstawowe wyniki badań wymagają kontynuowania, gdyż nie wyczerpują całkowicie zagadnienia, np. nie wiemy jaka siła będzie potrzebna do zerwania szyszki, gdy będzie ona zmienna, a zwłaszcza jaki będzie wpływ amplitudy i częstotliwości drgań siły. Poznanie tych zagadnień może być podstawą do konstrukcji zrywaków wibracyjnych. Ewentualnie mogą być wykorzystane inne zasady na których zostanie oparta konstrukcja aparatu zrywającego, tj. ścinanie, wyłamywanie itp.

Z Zespołu Maszynoznawstwa Leśnego  
Instytutu Użytkowania Lasu  
i Inżynierii Leśnej Akademii  
Rolniczej w Krakowie

#### LITERATURA

1. L a w r o w I. A. — Soprotiwlenije szyszek sosny jeli i listwiennicy srywu. „Naucznyje Trudy Lesotechniczeskoj Akademji” nr 125, 1970.
2. B u k s z t y n o w e A. D., K r a w c z e n k o W. I., S z i n j e w I. S. — Mechanizacja sбора лесных семян. Izdat Lesnaja Promyszelnost, Moskwa 1965.
3. Rocznik Statystyczny Polski „Leśnictwo 1972”. Zeszyt 133/255 t. Warszawa 1973.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 28 października 1974 r.

#### Краткое содержание

В ПНР ежегодно заготавливается около 4.000 тонн шишек сосны, ели и лиственницы. Сбор шишек проводится вручную или при помощи простых вспомогательных орудий. Механизация сбора шишек является довольно сложной задачей и требует быстрого решения.

Для правильного выбора конструктивного решения машины для сбора шишек необходимым является изучение величины сопротивления срыву шишек при разном направлении действия силы на шишку, а также двух сил действующих одновременно т.е. силы действующей на определённом плече и скручивающей её вокруг продольной оси (скручивающий момент) и силы действующей вдоль оси. Проводились линейные измерения срываемых шишек, а также регистрировались силы срывающие побеги однолетнего прироста, главные и боковые, растущие рядом со срываемыми шишками.

Исследования велись в ряде древостоев, в различных условиях и классах возраста деревьев в течение периодов с октября до начала марта с 1966 по 1972 год на территории Окружного управления государственных лесов в г. Краков.

Силы регистрировались динамометрами с функцией максимальных сопротивлений срыва и точностью  $\pm 0,1$  кг, а линейные размеры шишек — штангенциркулем с точностью  $\pm 0,1$  мм.

В результате статистической обработки полученных замеров (сорвано 3000 штук шишек сосны, 2100 ели и 2100 лиственницы и 1000 штук ветвей) составлено итоговую таблицу № 1. В таблице приводятся измеряемые величины и их средние и предельные значения.

На основе полученных данных автор делает ряд выводов, как по отношению конструктивного решения срывающего устройства, при учете ряда факторов влияющих на процесс механизации сбота шишек, а также указывает пути дальнейших исследований в этой области.

#### Summary

The paper presents results of the first stage of studies concerning the determination of the size of strength required for tearing off cone from a dwarf shoot of pine, spruce, and larch in an aspect of future mechanization.

Knowledge of maximum strength may provide basis for the selection of construction of cone plucking machine and its drive. Of great significance in this problem is the knowledge of not only value of strength, but also the direction of its action in relation to shoot, i.e. its action along the longitudinal axis of cone and simultaneous action of axial force and the moment twisting cone around its longitudinal axis.

Linear measurements of cones torn off were taken and forces tearing off current-year shoots (leading and lateral) growing besides cones, have been registered.

Altogether 3000 cones of pine, 2100 cones of spruce, and 2100 cones of larch were torn off from trees from various growth classes, at various location of cone in a crown, and at various weather conditions.

Following to the statistical development of data, results obtained were compiled in table 1.

On the basis of research results obtained author concluded about their use in the construction of mechanical plucking machine and about further studies under this line.