

SYLWAN

MIESIĘCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA LEŚNEGO

Wydawany z pomocą finansową Polskiej Akademii Nauk

ROK CXXXIII

Warszawa, maj 1989 r.

Numer 5

ANDRZEJ KLOCEK

Szkody leśne i problemy regulacji użytkowania rębnych drzewostanów ¹⁾

Лесные потери и проблемы регуляции лесопользования насаждений

Forest damage and problems of regulation of final cutting
of stands

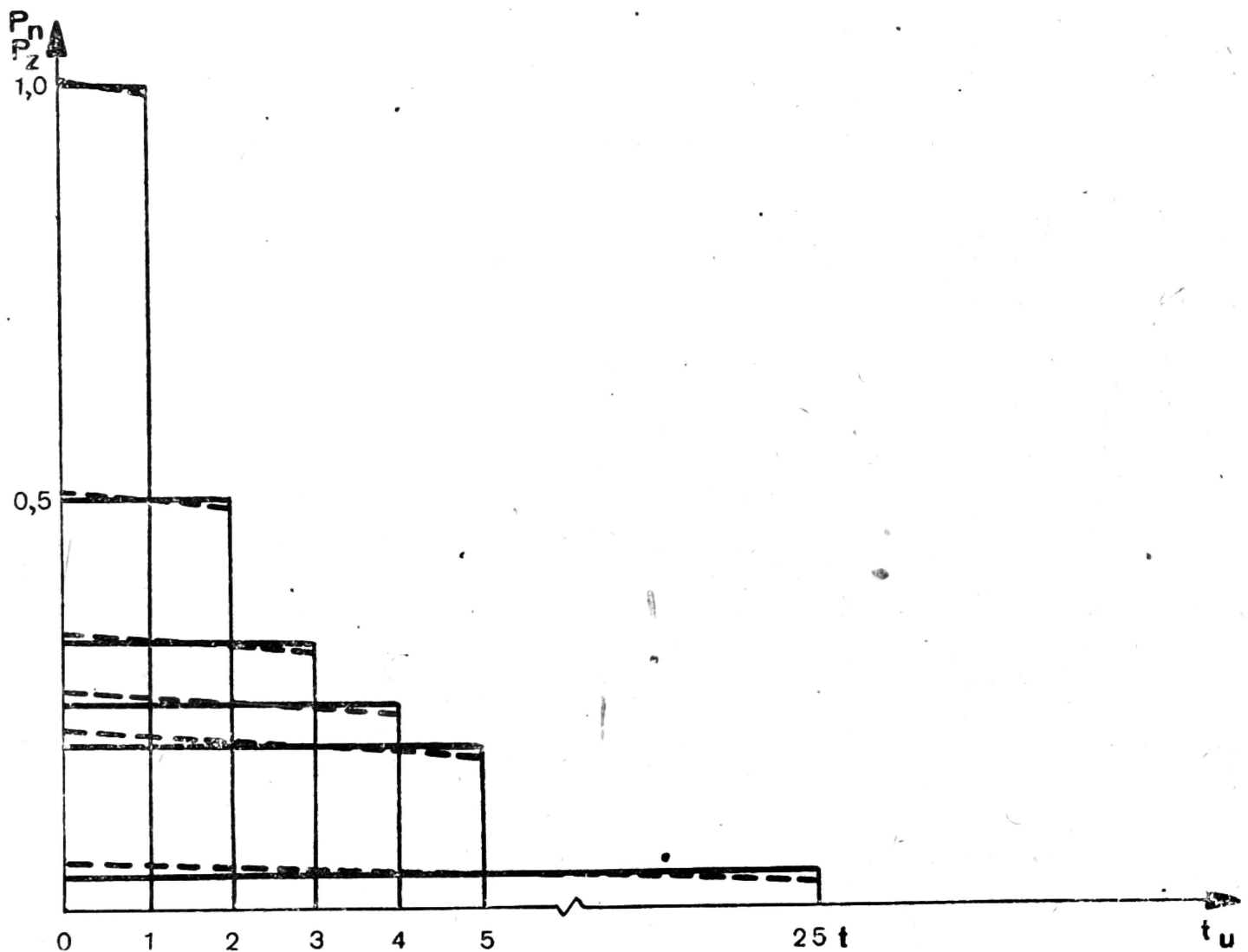
WSTĘP

Badania w zakresie szkód leśnych powodowanych przez przemysłowe zanieczyszczenia powietrza prowadzone są już od połowy ubiegłego wieku. Zmierzają one zarówno do lepszego wyjaśnienia istoty tego zjawiska jak i umożliwienia przewidywania wynikających stąd konsekwencji gospodarczych. Nadal jednak występuje tu niedobór rozwiązań metodycznych, zwłaszcza w zakresie podejmowania decyzji planistycznych, adekwatnych do nowej sytuacji leśnictwa (4). Do częściowego chociażby wypełnienia tej luki może przyczynić się przedstawiony niżej model optymalizacji wieku rębności drzewostanów w gospodarstwie celowym, oznaczony skrótem MOWR. Wcześniej jednak omówione zostaną ważniejsze założenia i rozwiązania regulacji w lesie normalnym.

¹⁾ Referat wygłoszony na Sympozjum IUFRO S 4.04—02, które odbyło się w dniach 13—17 września 1988 r. w Gmunden w Austrii nt. „Ekonomicznej wyceny szkód leśnych powodowanych przez zanieczyszczenie powietrza/zamieranie lasów”.

OPTYMALIZACJA WIEKU RĘBNOŚCI W LESIE NORMALNYM

W regulacji użytkowania rębego drzewostanów nadal dominują metody wywodzące się z teorii lasu normalnego. Z założeń tej teorii wynika, że w gospodarstwie obrębowym drzewostany niższych stopni wieku przechodzą do wyższych w sposób deterministyczny, zawsze z prawdopodobieństwem równym jeden. Stąd w lesie normalnym rozkłady wieku drzewostanów, wyrażanego dalej w jednorocznych stopniach, są prostokątne (ryc. 1). Każdy z rozkładów określa wielkość frakcji P_n dla dowolnego wieku t ($Q \leq t \leq t_u$) w ramach przyjętego wieku rębności t_u :



Ryc. 1. Frakcje jednorocznych stopni wieku w lesie normalnym i celowym

$$P_n(t) = \frac{1}{t_u} = \text{constans} \quad (1)$$

Tak więc w lesie normalnym między wielkością frakcji a wiekiem rębności występuje ścisła zależność funkcyjna. Na tej podstawie problem optymalizacji wieku rębności sprowadza się do optymalizacji frakcji. Rozwiązaniem będzie taki wiek (taka frakcja), który zapewni osiągnięcie

maksymalnej wielkości pożądanej kategorii produkcji, np. sumarycznej produkcji miąższości (powierzchnia gospodarstwa = 1 ha)²:

$$F_p(t) = \int_0^{t_u} F_b(t) dt \frac{1}{t_u} = \max \quad (2)$$

gdzie F_b jest funkcją przyrostu bieżącego rocznego danej kategorii produkcji z powierzchni 1 ha, zaś F_p — funkcją tej samej kategorii produkcji z powierzchni równej frakcji drzewostanów z wieku t_u , inaczej funkcją przyrostu przeciętnego rocznego w wieku rębności.

Rozwiązanie równania (2) prowadzi do powszechnie znanego warunku na optymalny wiek dojrzałości rębnej (dla $t = t_u$):

$$\frac{F_b(t)}{F(t)} = \frac{1}{t} \quad (3)$$

Równanie (3) wskazuje, że w optymalnym wieku dojrzałości rębnej prędkość względna, inaczej tempo wzrostu funkcji F , równa się frakcji drzewostanów z wieku t_u . Innymi słowy oznacza to zrównanie przyrostu bieżącego rocznego F_b z przyrostem przeciętnym rocznym F_p przyjętej funkcji produkcji F . Potwierdzają to przedstawione w tabeli wyniki obliczeń optymalnego wieku rębności dla lasu normalnego, złożonego z drzewostanów sosnowych II klasy bonitacji siedliska.

Przedstawiony sposób obliczania optymalnego wieku rębności jest bardzo prosty, właśnie z uwagi na założenia o jednakowym udziale drzewostanów wszystkich stopni wieku. Założenie to przyjmuje się także przy prowadzeniu innych rachunków do celów kalkulacyjnych i decyzyjnych w gospodarstwie leśnym (1).

OPTYMALIZACJA WIEKU RĘBNOŚCI W LESIE CELOWYM

Model lasu normalnego był już krytykowany w 1928 r. przez W a g n e r a, jako nieosiągalna maszyna o stu procentach sprawności, a więc sprzeczna z drugim prawem termodynamiki (8). Trzeba jednak zauważyć, że wynikający z tego prawa powszechny wzrost entropii sformułowany został dla fizycznego układu zamkniętego. Tymczasem w naszym świecie, traktowanym jako układ otwarty, występują oczywiście również systemy ograniczające swoją zmienność, a więc wykazujące wzrost entropii negatywnej, czyli negentropii. Wiąże się to z termodynamiczną koncepcją

²) Całka przyrostu bieżącego rocznego danej kategorii produkcji F_b w przedziale wieku od 0 do t_u lat określa wielkość sumarycznej produkcji F w wieku t_u . Natomiast pochodna funkcji F określa w przybliżeniu jej przyrost bieżący roczna F_b .

Wyniki optymalizacji wieku rębności w lesie normalnym i celowym (produkcja II klasy bonitacji dane tablicowe

Wiek	Las normalny				
	frakcje $\frac{1}{t_u}$	produkcja z 1 ha		produkcja z frakcji $F_p(t)$	$\frac{F_b(t)}{F(t)}$
		F(t)	$F_b(t)$		
1	2	3	4	5	6
1	1,0000	0,02	0,05	0,02	2,5000
5	0,2000	1,64	0,90	0,33	0,5488
10	0,1000	10,23	2,58	1,02	0,2522
.					
.					
60	0,0167	376,25	8,75	6,27	0,0233
65	0,0154	419,70	8,62	6,46	0,0205
70	0,0143	462,43	8,46	6,61	0,0183
75	0,0133	504,28	8,27	6,77	0,0164
.					
.					
95	0,0105	661,21	7,40	6,96	0,0112
100	0,0100	697,65	7,17	6,98	0,0103
105	0,0095	732,96	6,95	6,98	0,0095
110	0,0091	767,16	6,73	6,97	0,0088

struktury, która legła u podstaw teorii rozwoju struktur żywych laureata nagrody Nobla Prigogine'a (9). Niestety negentropijna zdolność lasu w wielu krajach została skutecznie zahamowana przez przemysłowe zanieczyszczenia powietrza. Wraz z czynnikami przyrodniczymi (klimat i in.) powodują one rozkład struktur lasu na coraz prostsze. Najbardziej odczuwalną i widoczną przyczyną tego zjawiska jest nadmierne wydzielanie się drzew (10). Już to wystarczy, aby w warunkach *ceteris paribus* nierealne stały się co najmniej dwie tezy dotyczące lasu normalnego. Chodzi tu o utrzymanie stałego stopnia zadrzewienia oraz jednakowej frakcji drzewostanów wszystkich stopni wieku. Obydwie te cechy na skutek zmniejszającej się wartości prawdopodobieństwa przejść drzewostanów maleją wraz ze wzrostem wieku. Równocześnie proces przejścia drzewostanów

sumaryczna wg tablic zasobności Szymkiewicza) dla drzewostanów sosnowych
wyrównano matematycznie

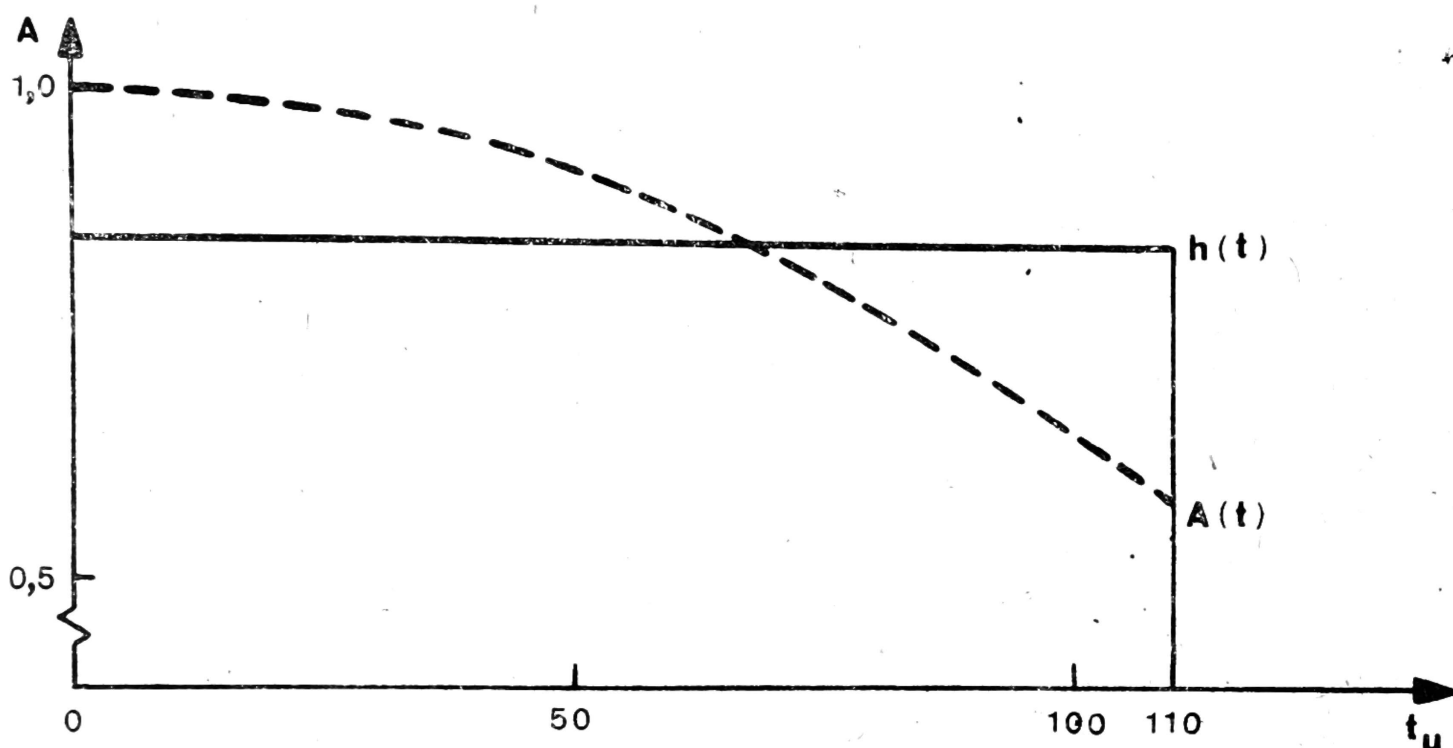
Las celowy					
funkcja przejścia $A(t)$	$\int_{t=1}^{t_u}$	frakcje $\frac{a(t)}{\Sigma A(t)}$	produkcja z frakcji $F_p(t)$	$A_b(t)$	$\frac{A_b(t)}{A(t)}$
7	8	9	10	11	12
1,0000	1,0000	1,0000	0,02	0,0000	0,0000
0,9994	4,9990	0,1999	0,33	-0,0003	-0,0003
0,9972	9,9902	0,0998	1,02	-0,0006	-0,0006
0,8795	57,5703	0,0153	5,76	-0,0041	-0,0047
0,8582	61,9048	0,0139	5,83	-0,0044	-0,0051
0,8352	66,1277	0,0126	5,83	-0,0048	-0,0057
0,8105	70,2303	0,0115	5,80	-0,0051	-0,0063
0,6942	85,2652	0,0081	5,36	-0,0065	-0,0094
0,6608	88,6368	0,0075	5,23	-0,0069	-0,0104
0,6257	91,8362	0,0068	4,98	-0,0072	-0,0115
0,5888	94,8547	0,0062	4,76	-0,0075	-0,0127

realizuje się w sposób stochastyczny, gdyż oddziaływanie zakłóceń na las nie jest w pełni kontrolowane.

Wymienione fakty legły u podstaw opracowania przez Koubę (2), Poznańskiego (6) i Suzuki (7) probabilistycznego modelu rozwoju struktury wiekowej drzewostanów. Na tej podstawie Kurth (3) sformułował paradygmat lasu celowego. Pod względem wszystkich istotnych cech struktury drzewostanów odbiega on istotnie od modelu lasu normalnego (idealnego wg Kurtha) oraz lasu rzeczywistego.

Elementem wyjściowym przy określaniu lasu celowego jest znajomość funkcji przejść (przeżywalności) drzewostanów od wieku $t=1$ (ew. $t=0$) do przyjętego wieku rębności t_u . Wykres takiej funkcji, dla uproszczenia analizowanej dalej w formie deterministycznej, przedstawia krzywa na

ryc. 2. Została ona sporządzona na podstawie danych zaczerpniętych z pracy Möhringa (5).



Ryc. 2. Funkcja przejścia stopni wieku (przeżywalności) drzewostanów

Z przebiegu analizowanej funkcji A wyraźnie widać, że w lesie celowym wielkości frakcji poszczególnych stopni wieku znacznie odbiegają od frakcji w lesie normalnym. Otóż w lesie celowym wielkość frakcji dla dowolnego wieku t ($0 \leq t \leq t_u$) wyniesie:

$$P_z(t) = \frac{A(t)}{\int_0^{t_u} A(t) \cdot dt} \quad (4)$$

Wykres frakcji P_z obliczonych przykładowo dla $t_u=1, 2, \dots, 5$ oraz 25 lat, na podstawie wartości funkcji A (tabela), przedstawia ryc. 1. Wskazuje on, że w lesie celowym udział młodszych drzewostanów jest większy, u starszych mniejszy od udziału drzewostanów w lesie normalnym. Jeszcze wyraźniej widoczne jest to na ryc. 2, na której powierzchnia lasu celowego i normalnego jest taka sama i wynosi:

$$\int_0^{t_u} A(t) dt = H$$

hektarów. Stąd w lesie normalnym powierzchnia każdego drzewostanu osiąga wielkość $h(t) = H/t_u$.

Dysponując funkcją frakcji $P_z(t)$ oraz funkcją przyrostu bieżącego rocznego danej kategorii z produkcji (F_b/t), można sformułować adekwatną dla lasu celowego funkcję kryterium optymalizacji wieku rębności:

$$F_p(t) = \frac{\int_0^{t_u} F_b(t) dt}{\int_0^{t_u} A(t) dt} \frac{A(t)}{t_u} = \max \quad (5)$$

W wyniku rozwiązania równania (5) uzyskuje się następującą zależność (dla $t = t_u$):

$$\frac{F_b(t)}{\int_0^{t_u} F_b(t) dt} + \frac{\frac{dA}{dt}}{A(t)} = \frac{A(t)}{\int_0^{t_u} A(t) dt} \quad (6)$$

Zastępując całkę przyrostu bieżącego rocznego F_b przez funkcję produkcji sumarycznej $F(t)$, zaś pochodną funkcji $A(t)$ przez jej przyrost bieżący roczny $A_b(t)$ oraz wykorzystując zależność (4), równanie (6) można zapisać następująco:

$$\frac{F_b(t)}{F(t)} + \frac{A_b(t)}{A(t)} = P_z(t) \quad (7)$$

Składniki sumy lewej strony równania (7) reprezentują odpowiednio tempo wzrostu funkcji produkcji sumarycznej $F(t)$ oraz tempo wzrostu funkcji przeżywalności drzewostanów $A(t)$, lewa strona natomiast wielkość frakcji drzewostanów P_z z wieku t_u . Warto zauważyć, że warunek (7) jest uogólnieniem warunku (3). Jeśli bowiem wielkość frakcji jest constans w ramach danego wieku rębności, wówczas $A_b(t) = 0$ i równocześnie $P_z = P_n$, co oznacza, że mamy do czynienia z lasem normalnym.

Wyniki obliczeń t_u dla lasu celowego zawiera tabela. Przy przyjętej na ryc. 2 funkcji przejścia $A(t)$, optymalny ilościowy wiek rębności wyniesie 70 lat. W wieku tym: $0,0183$ (kol. 6) — $0,0057$ (kol. 12) = $0,0126$ (kol. 9). Równocześnie F_p osiągnie $5,83 \text{ m}^3$, podczas gdy w lesie normalnym $6,98 \text{ m}^3$ w wieku 105 lat. Różnica między tymi wielkościami może być traktowana jako wielkość strat z tytułu odejścia od struktury lasu normalnego na skutek negatywnego oddziaływania przemysłu na lasy. Oczywiście funkcja $A(t)$ musi wówczas być wyłącznie rezultatem przemysłowych zanieczyszczeń środowiska.

Na zakończenie warto zauważyć, że struktura wiekowa drzewostanów w lesie celowym jest formułowana na podstawie łańcuchów Markowa, które są probabilistycznym odpowiednikiem procesów mechaniki klasycznej. Wynikają stąd określone konsekwencje dla modelu lasu celowego. Otóż model ten zakłada z góry, że wielkość frakcji drzewostanów w przyszłości zależy tylko od obecnego stanu drzewostanów, nie zależy zaś od ich dotychczasowego rozwoju. Jeśli zatem dwa drzewostany znajdują się w tym samym stanie, to prawdopodobieństwa dotyczące ich przyszłego rozwoju będą identyczne. W rzeczywistości jednak prawdopodobieństwo przejść raczej zmienia się z okresu na okres (5). Nie ma zresztą podobno dowodów rozstrzygających bezspornie, że świat roślinny pozbawiony jest elementów regulacji pamięciowej (9). Konieczne zatem może okazać się poszukiwanie innego jeszcze modelu lasu celowego.

Z Katedry Ekonomiki i Organizacji
Przedsiębiorstw Leśnych SGGW-AR w Warszawie

LITERATURA

1. Jöbstl H.A.: Grundlagen der Unternehmungsplanung in der Forstwirtschaft. Wien: Österreichischer Agrarverlag 1978.
2. Kouba J.: Analýza hospodářského procesu v lesním hospodářství pomocí matematických metod. Kostelec: VLÚ VŠZ 1969.
3. Kurth H.: Die Dynamik von Vorrat, Zuwachs und Nutzung in Bezug zur Nachhaltigkeit. Tagung der IUFRO S4. 04—02. Zvolen (ČSSR) 1987.
4. Ley C., Matthies F.: Zur Bewertungsmethodik für Waldschäden durch Luftverunreinigungen. Forst- u. Holzwirt. 1985 Jg. 40 Nr. 5.
5. Möhring B.: Dynamische Betriebsklassensimulation. Ein Hilfsmittel für Waldschadensbewertung und Entscheidungsfindung im Forstbetrieb. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben der Universität Göttingen. 1986 Bd. 20.
6. Poznański R.: Las jako układ i macierz prawdopodobieństwa przejść. Sylwan 1973 R. 117 nr 3.
7. Suzuki T.: Ertragsbestimmung mit Hilfe von Übergangswahrscheinlichkeitsmatrizen. Referat wygłoszony na spotkaniu Japońskiego Towarzystwa Leśnego w Kanto 1959.
8. Suzuki T.: Gentan-Wahrscheinlichkeit. Vorhersagemodelle für die Entwicklung des Normalwaldes und für die Planung des Holzaufkommens. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 1983 Bd. 76.
9. Szymański J.M.: Cybernetyka przeformułowana. Wrocław: Ossolineum 1988.
10. Weimann H.J.: Schäden durch immisionsbedingte Fichtentrocknis-Ein computergestütztes Berechnungsmodell. Allg. Forst. u. Jagdztg. 1984 Jg. 155 H. 1

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 12 października 1988 r.

Краткое содержание

В регуляции главного пользования леса преобладают методы исходящие из теории нормального леса. Исходит она из того, что развитие насаждений происходит детерминистическим образом. Это находит своё выражение в прямоугольной схеме возраста насаждений. Вытекающая из такой схемы величина фракции насаждений зависит только от принятого возраста спелости (t_u). Представленное в статье доказательство показывает, что в оптимальном возрасте спелости относительная скорость функции продукции (F) равняется фракции насаждений.

На практике, однако, в результате загрязнений воздуха, переход насаждений из низших в высшие степени возраста происходит стохастическим образом, с вероятностью меньшей, чем единица. Отражает это функция переходов насаждений (A), детерминирующая величину фракции в целевом лесе (формула 4). Изучение этой функции, а также текущего прироста принятой категории продукции (F_b) даёт возможность определения нового критерия оптимизации возраста спелости (формула 5). В оптимальном возрасте спелости целевого леса, как показывает формула (7), сумма скорости относительной функции продукции, а также функции переходов равняется величине фракции насаждений.

Summary

In the regulation of final cutting, there are predominant methods derived from the theory of normal forest. This theory assumes that the development of stands proceeds in a determined way. This is expressed in rectangular distribution of the age of stands. Resulting from such a distribution size of stand fractions depends only on adopted cutting age (t_u). Presented in the paper proof shows that in optimum cutting age the relative speed of the function of production (F) is equal with the fractions of stands.

In the practice, however, among other things because of air pollution, the transition of stands from lower to higher age classes proceeds in stochastic way, with probability lower than one. This is reflected by the function of transition of stands (A), determining the size of fractions in the intentional forest (formula 4). The knowledge of this function and the current increment of adopted category of production (F_b) renders possible to determine a new criterion of optimization of the cutting age (formula 5). In the optimum cutting age of intentional forest, as it is shown by formula (7), the sum of relative speed of function of production and of function of transition is equal with the size of fractions of stands.