

TADEUSZ ZAORSKI

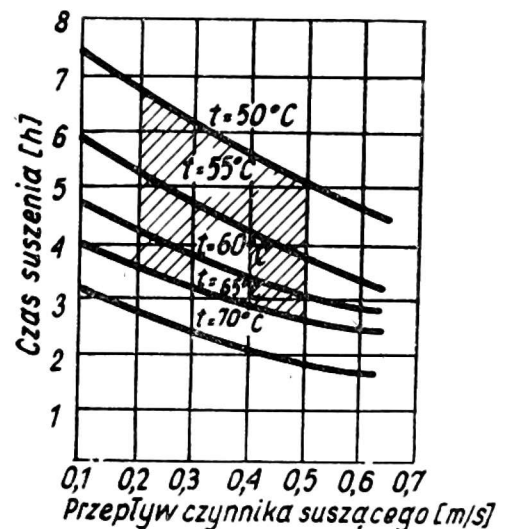
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

SPOSOBY SUSZENIA I SZTUCZNEGO NAWILŻANIA SUSZU CHMIELOWEGO W MAŁYCH GOSPODARSTWACH

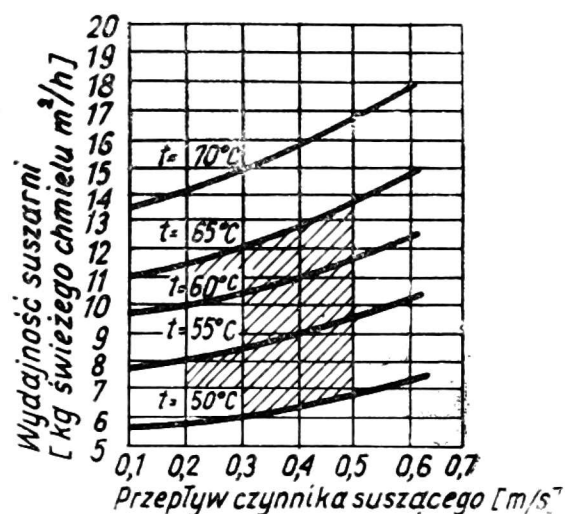
Znaczna część chmielu na świecie produkowana jest w gospodarstwach rodzinnych, w których powierzchnia plantacji nie przekracza 6 ha. Gospodarstwa takie korzystają na ogół z maszyn do zbioru chmielu o najmniejszej wydajności. Posiadają również stosunkowo niski stopień mechanizacji czynności pomocniczych.

Szyszki chmielu stanowią produkt rolny, który musi być suszony. Jeszcze przed kilkudziesięciu laty, na terenie Polski stosowano suszenie ich na stelazach i sitach umieszczanych na poddaszach, w stodołach, szopach itp. Były to jednak metody uzależnione od pogody, możliwe do stosowania tylko przy bardzo małych plantacjach. Nie zapewniały właściwej jakości chmielu.

Przełom w technice suszenia spowodowało wprowadzenie suszarni komorowych, w których czynnikiem suszącym jest powietrze, podgrzane do 45—60°C, przepływające przez warstwę (lub warstwy) chmielu w sposób naturalny lub wymuszony. Przeprowadzone w Polsce przez Lisa [6] oraz w RFN przez Zeissiga [10] badania wykazały że czas suszenia warstwy chmielu zależy głównie od wzajemnych proporcji temperatury i prędkości przepływu czynnika suszącego (rys. 1). Zależy on również od stanu dojrzałości szyszek i niektórych cech odmianowych chmielu. Np. czas suszenia uprawianych w Polsce odmian aromatycznych wynosi ok. 6 godz., a chmielu odmiany Northern Brewers ok. 7 godz.

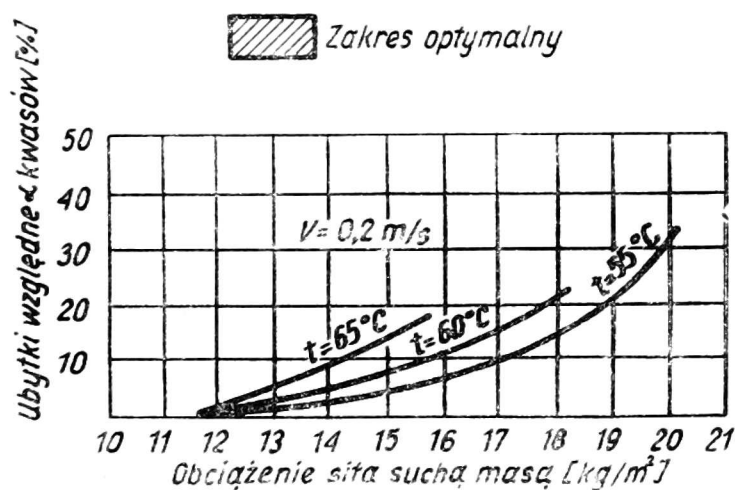


Rys. 1 Czas suszenia chmielu (6) w zależności od temperatury i prędkości przepływu powietrza



Rys. 2 Wydajność jednostkowa suszarni (6) w zależności od temperatury i prędkości przepływu powietrza

Od parametrów czynnika suszącego zależy również jednostkowa wydajność suszarni (rys. 2). Podczas wykonywanych w Polsce badań stwierdzono jednak istnienie granicznych wielkości tych czynników. Poza granicami określonymi na wykresie występowała niekorzystna zmiana koloru lupuliny. Zwiększanie przepustowości suszarni przy stałej prędkości przepływu powietrza wpływa na zmiany zawartości alfa-kwasów w sposób przedstawiony na rysunku 3. Ubytki te występują również, gdy prędkość przepływu czynnika suszącego jest niższa niż 0,1 m/s i wyższa



Rys. 3 Względne ubytki alfa kwasów (7) w zależności od temperatury przy różnych obciążeniach sita suchą masą chmielu

niż 0,5 m/s. Przy większych warstwach chmielu i prędkości przepływu ogrzanego powietrza poniżej 0,1 m/s obserwowano zaparzenie szyszek.

Przy suszeniu chmielu w Polsce okazało się, że optymalnymi parametrami są: temperatura powietrza 55—60°C, prędkość jego przepływu 0,2—0,25 m/s przy jednostkowym obciążeniu sita 12—13 kg świeżego chmielu/m² suszarni/h. Są to zresztą parametry stosowane obecnie w większości krajów prowadzących uprawę chmielu, w których suszarnie przystosowane są do wymuszonego przepływu czynnika suszącego.

W rejonach w których uprawia się chmiel typu aromatycznego w zasadzie stosuje się jako czynnik suszący powietrze ogrzane w wymien-

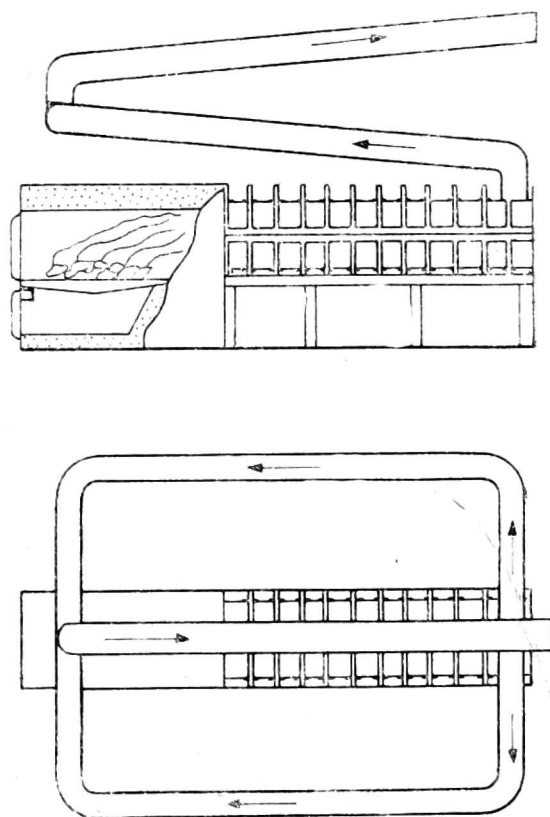
niku ciepła. W niektórych krajach specjalizujących się w produkcji chmieli goryczkowych (Anglia, Belgia, Francja) czynnikiem suszącym jest mieszanka spalinowo-powietrzna, uzyskiwana przy spalaniu oleju napędowego. Powoduje to znaczną różnicę w konstrukcji urządzeń grzewczych oraz w ich sprawności cieplnej.

Urządzenia grzewcze

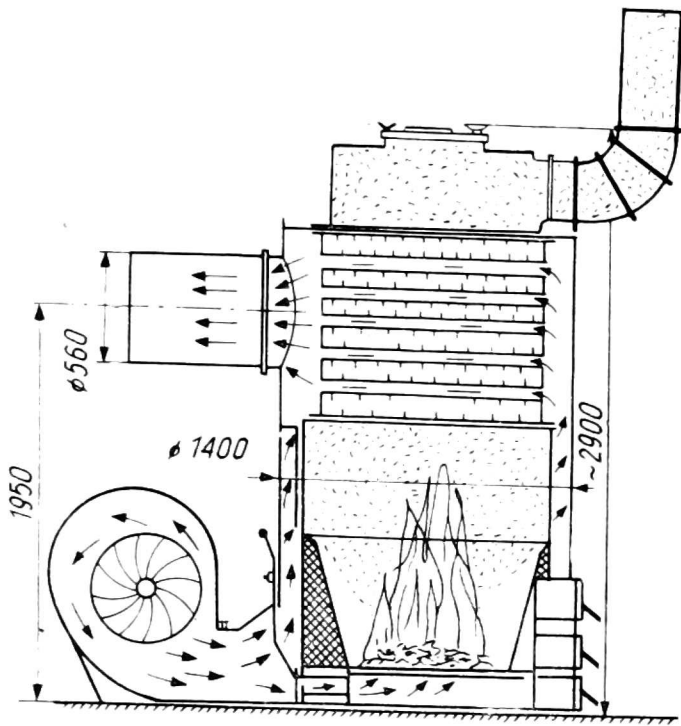
Urządzenia grzewcze w suszarniach chmielowych na świecie prawie wyłącznie opalane są paliwami płynnymi. Ułatwia to w znacznym stopniu obsługę suszarni, umożliwia automatyzację regulacji temperatury i zmniejsza nakłady pracy. W krajach posiadających ograniczone zasoby paliw płynnych (np. w Polsce) ogrzewanie suszarni chmielu w drobnych gospodarstwach następuje wyłącznie przy użyciu paliw stałych (węgiel, drewno opałowe).

W suszarniach wykonywanych w ubiegłych latach, stosowano proste piece grzewcze, które nie były dostosowane do wymuszonego przepływu powietrza. Schemat ich podano na rysunku 4.

Konieczność zwiększenia przepustowości suszarni do maksymalnych granic, spowodowała potrzebę budowy pieców, których wymiennik dostosowany jest do wymuszonego przepływu powietrza. Stosunkowo łatwo osiągnięto to przy wykonaniu ogrzewaczy opalanych paliwem płynnym. Znacznie trudniej rozwiązać ten problem w piecach opalanych paliwem stałym. Powstaje tu problem rodzaju i jednorodnej jakości paliwa, regu-



Rys. 4 Tradycyjny piec grzewczy w suszarni chmielu



Rys. 5 Piec grzewczy z wymuszonym przepływem powietrza

lacji procesu spalania. Te trudności w obsłudze pieców powodują, że są one stosowane tylko w suszarniach komorowych o powierzchni do 16 m². Przykład takiego pieca, stosowanego w suszarniach chmielu w Polsce i NRD przedstawiono na rysunku 5. Intensywność spalania, regulowana jest przez dopływ powietrza do paleniska. Piece te pracują przy stałym przepływie powietrza przez wymiennik ciepła.

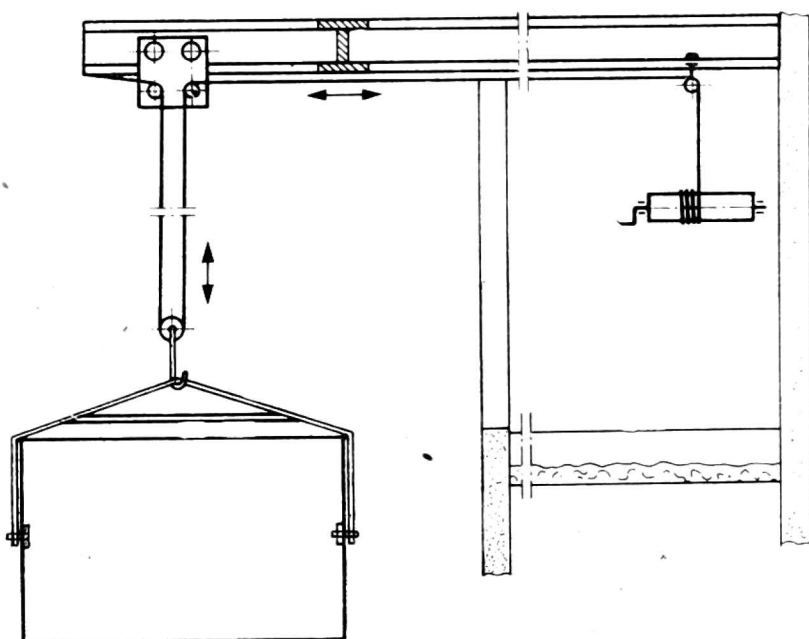
Wysokość większości suszarni komorowych w Polsce nie zapewnia możliwości ustawienia podgrzewacza pionowego. Dlatego też w nowych rozwiązaniach suszarni, stosuje się podgrzewacze poziome, które ustawiane mogą być poza jej szybem i wdmuchiwać powietrze w kierunku poziomym. W komorze wyrównawczej, pod sitami, następuje wówczas jego zawirowanie, a równomierny przepływ przez chmiel, może być wyregulowany odpowiednimi przesłonami. Boczny nadmuch ogrzanego powietrza umożliwi znaczne obniżenie wysokości suszarni. Wystarczy, jeśli odległość od dna komory do poziomu dolnego sita wyniesie 2,5 m.

Zestawy sitowe w suszarniach

Konstrukcja zestawów sitowych w suszarniach komorowych jest powszechnie znana. Większość polskich suszarni posiada dwie kondygnacje sit żaluzjowych (o otworach okrągłych średnicy 6—8 mm lub podłużnych 5×25 mm) oraz umieszczone pod nimi skrzynie rozładownicze, w których również suszona jest najniższa warstwa szyszek. W małych suszarniach nie ma potrzeby stosowania zmechanizowanych urządzeń poruszających sita żaluzjowe. Są one natomiast używane w dużych, zmechanizowanych obiektach w Czechosłowacji, Anglii i Belgii.

Załadunek i rozładunek suszarń

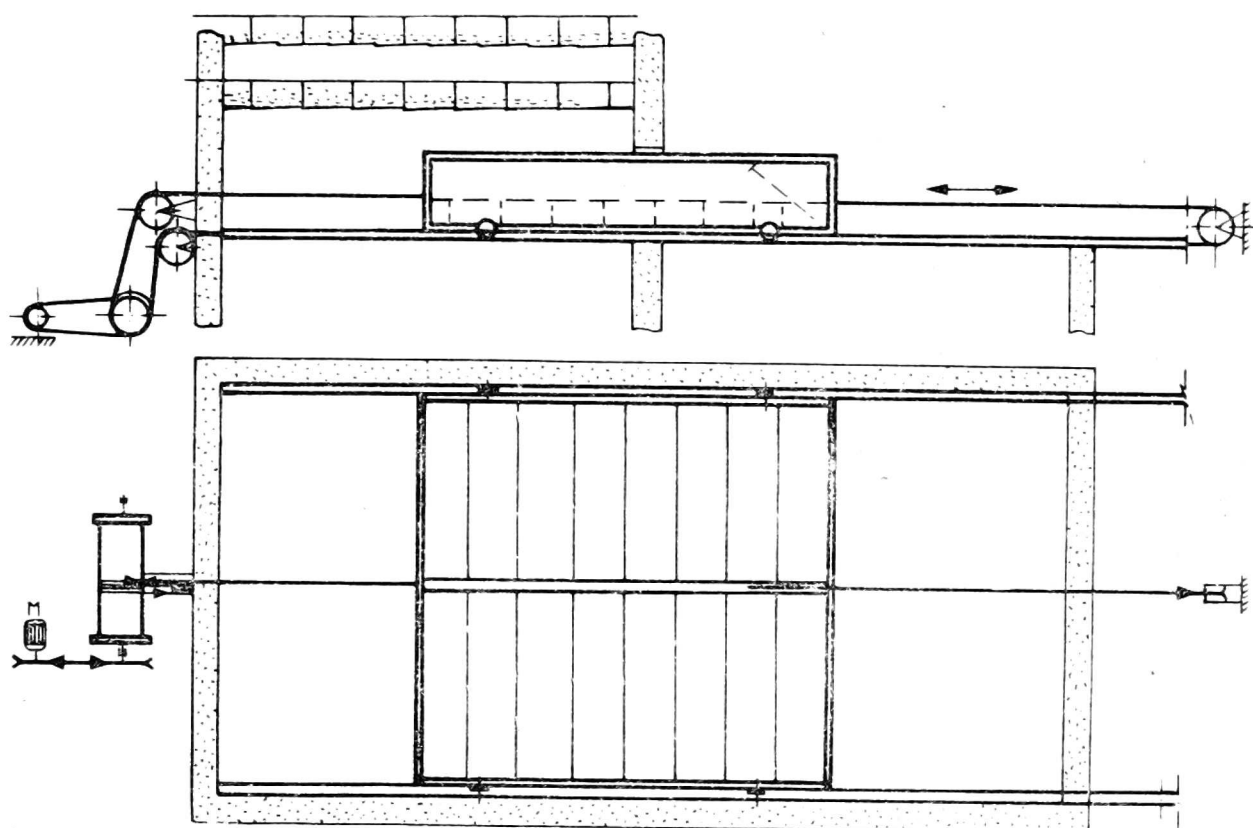
Powaznym problemem związanym z eksploatacją suszarń w małych gospodarstwach jest transport świeżego chmielu do załadunku komory oraz rozładunek suszu chmielowego. Najprostszym rozwiązaniem jest użycie elektrycznego wciągnika o poziomie kierunku jazdy. Umożliwia on wyniesienie pojemnika z chmielem na poziom załadowczy i dostarczenie go do wnętrza suszarni, gdzie pracownik wysypuje szyszki i wyrównuje ich warstwę na sicie. Wymaga to jednak pracy w trudnych warunkach, a ponadto koszt wciągnika wykorzystywanego w małych suszarniach jest zbyt wysoki. Zastępczo, w Polsce stosowany jest ręczny lub mechaniczny wyciąg pojemników uproszczonym urządzeniem (rys. 6).



Rys. 6 Wciągnik pojemnika z chmielem przy suszarni

Znacznie lepszym rozwiązaniem zastosowanym przez Matona w Belgii [4] oraz używanym w Anglii, są ruchome skrzynie załadowcze. Umieszczone są poza komorą suszarni i napełniane w sposób ciągły przy użyciu transportu pneumatycznego (Belgia) lub przenośnika taśmowego (Anglia) oraz wyposażone w urządzenie do samoczynnego wyrównywania warstwy chmielu. Podczas zasypu suszarni, skrzynia załadowcza wprowadzana jest mechanicznie do jej wnętrza. Po automatycznym otwarciu jej dna załuzowego, chmiel wysypywany jest równomiernie na całą powierzchnię górnego sita suszarni, a skrzynia wycofywana jest na poprzednie stanowisko. Urządzenie to, jest jednak zbyt kosztowne dla małych jednokomorowych suszarń.

Sposób rozładunku suszu chmielowego powinien zapewnić możliwie krótki czas tego zabiegu oraz uniknięcie rozkruszania szyszek. Dlatego też, nawet w małych suszarniach w Polsce wprowadza się skrzynie roz-



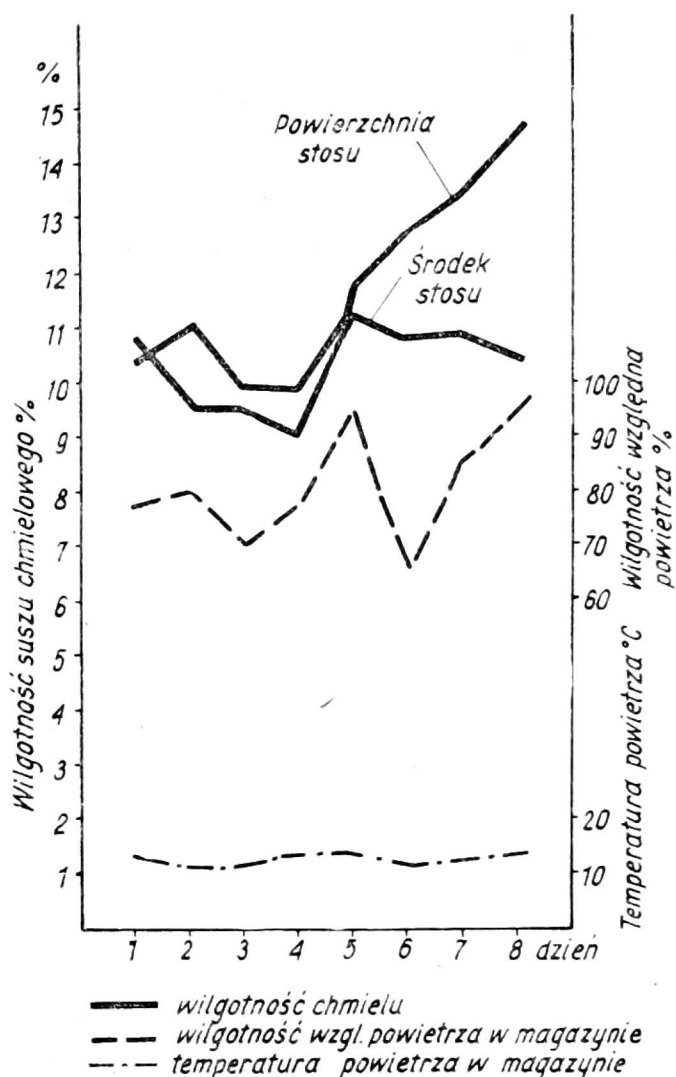
Rys. 7 Schemat skrzyni rozładowniczej w suszarni chmielu

ładownicze, z dnem wykonanym z sit żaluzjowych, obejmujące całą powierzchnię komory. Konstrukcja ich jest zbliżona do podanej na rysunku 7. Urządzenia takie są znane i stosowane w wielu krajach. Zalety ich zwiększają się znacznie przy stosowaniu połączonych z suszarniami urządzeń do sztucznego nawilżania suszu chmielowego.

Znane są również urządzenia rozładownicze w formie siatkowego przenośnika taśmowego umieszczonego pod całą powierzchnią sit suszarni. Są to jednak urządzenia droższe od skrzyń rozładowniczych i wymagają napędu mechanicznego.

Nawilżanie suszu chmielowego

Powiększanie areałów plantacji w małych gospodarstwach doprowadziło do znacznych trudności związanych z przechowywaniem chmielu. Tradycyjne metody, przewidywały przetrzymywanie suszu chmielowego w stosach, przesypywanych ręcznie, do czasu gdy w wyniku naturalnego przejmowania wilgoci z otaczającego powietrza stanie się on dostatecznie elastyczny by nie kruszyć się przy pakowaniu. Ograniczenie rozkruszania szyszek (mające w Polsce duże znaczenie przy klasyfikacji jakościowej chmielu), występuje dopiero wówczas, gdy ich wilgotność przekracza 11%. Chmiel wyjmowany z suszarni zawiera ok. 6% wody. Przebieg naturalnego nawilżania chmielu przedstawiono na rys. 8. Po początkowym wzroście wilgotności wewnątrz stosu szyszki przez dłuższy okres



Rys. 8 Wzrost wilgotności chmielu nawilżanego sposobem naturalnym

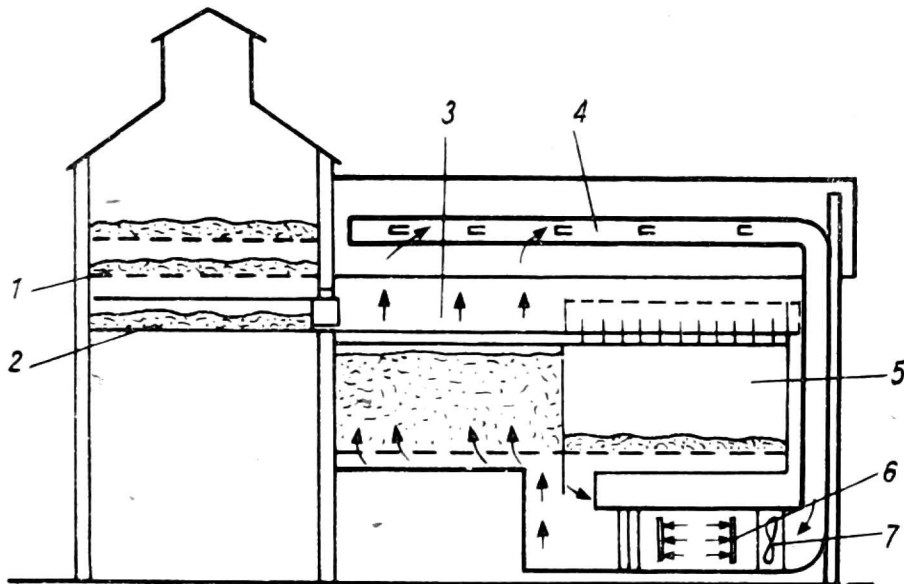
czasu nie osiągają wilgotności umożliwiającej ich pakowanie. Wymaga to ręcznego ich przesypywania powodującego niekorzystne rozkruszenia.

Powierzchnia magazynowa potrzebna na składowanie tak nawilżanego chmielu wynosi ok. 80 m²/ha. Budowa tak dużych składów, użytkowanych przez krótki okres czasu w ciągu roku, nadmiernie obciąża koszty produkcji.

Dlatego też, od kilku lat zaczęto wprowadzać urządzenia umożliwiające szybkie nawilżanie szyszek przez przedmuchiwanie suszu chmielowego powietrzem klimatyzowanym, tj. o ustalonych parametrach temperatury i wilgotności. Wykorzystując zależność izotermicznej sorpcji wody przez susz chmielowy w zależności od parametrów otaczającego go powietrza, rozpoczęto konstruowanie urządzeń umożliwiających bieżące uzyskiwanie podczas zbioru, suszu przygotowanego do workowania.

Problem sztucznego nawilżania chmielu, ma znaczenie jednak tylko w krajach, w których utrzymywane są wysokie wymagania jakościowe dla chmielu piwowarskiego, ograniczające jego rozkruszenie. Nie występuje on w obiektach produkujących chmiel dla dalszego przerobu na mączki, granulaty lub ekstrakty oraz w gospodarstwach, w których dokonuje się bezpośredniego zgniotu (Anglia). Nie ma również większego

znaczenia, gdy przy produkcji chmielu dla potrzeb miejscowych, nie stawiane są wymagania dotyczące dopuszczalnych rozkruszeń w lepszych klasach surowca (Belgia). Na ogół kraje przygotowujące część swego plonu na eksport, starają się zachować korzystny jego wygląd zewnętrzny. Sztuczne nawilżanie chmielu ułatwia również uzyskanie maksymalnej, dopuszczalnej jego wilgotności, co ma znaczenie dla plantatorów przy sprzedaży produktu.



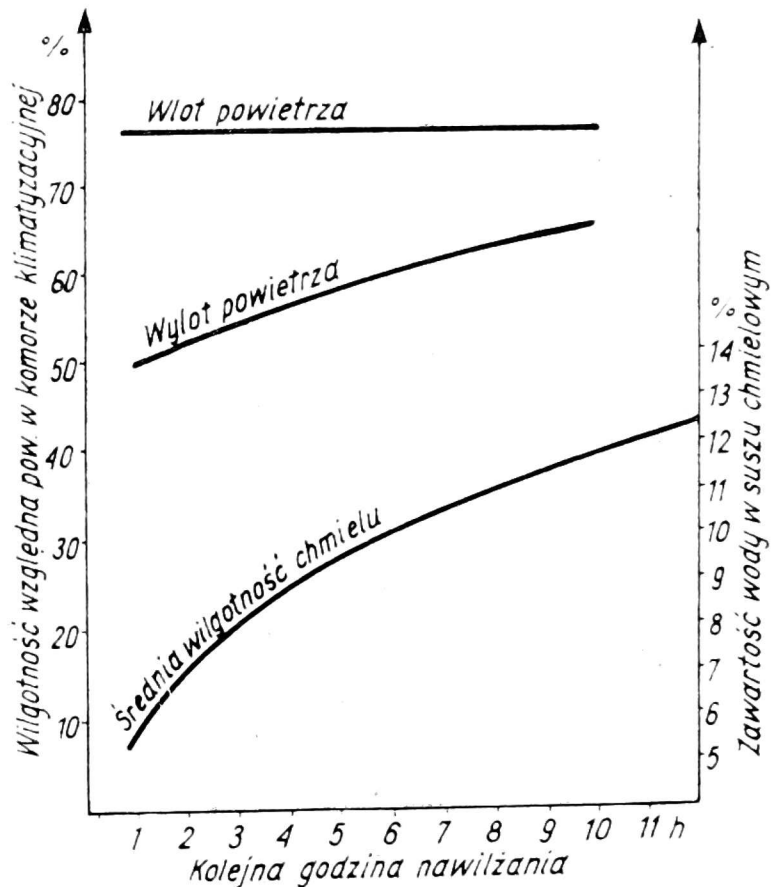
Rys. 9 Schemat urządzenia komorowego do nawilżania chmielu połączonego z suszarnią komorową; 1 — suszarnia, 2 — skrzynia rozładowcza, 3 — komora klimatyzacyjna napełniona chmielem, 4 — kanał przepływu powietrza, 5 — komora klimatyzacyjna napełniona chmielem, 6 — komora zraszania, 7 — wentylator

Metody te, rozpowszechniły się głównie w obiektach obsługujących duże plantacje (Czechosłowacja, Jugosławia). Zastosowano tam urządzenia taśmowe, stanowiące przedłużenie linii zbioru i suszenia w suszarniach taśmowych. Nawilżanie w dużych komorach zastosowane zostało również w RFN. W polskich małych gospodarstwach zastosowano do tego celu urządzenia podłogowe.

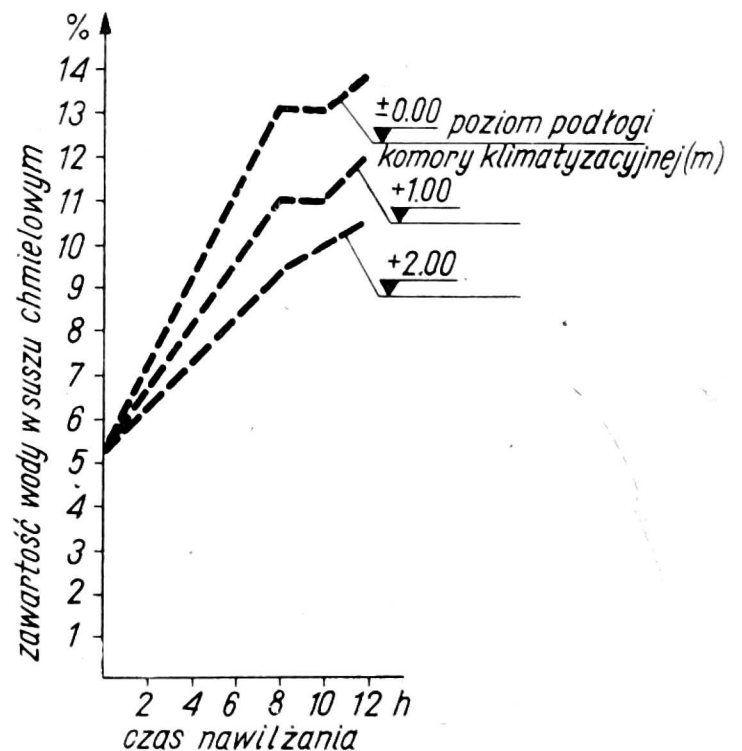
Sztuczne nawilżanie suszu chmielowego ma duże znaczenie dla gospodarstw specjalizujących się w uprawie chmielu, gdyż przy stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych pozwala na ograniczenie powierzchni składowania do ok. 1 m²/100 kg suchego chmielu, czyli do miejsca niezbędnego na ustawienie worków ze sprasowanym suszem.

Urządzenia nawilżające muszą być połączone z suszarniami. Rysunek 9 przedstawia schemat suszarni przy której umieszczono urządzenia do nawilżania w komorach. Susz chmielowy wynoszony z suszarni w skrzyni rozładowczej zsypywany jest warstwami do jednej z komór

klimatyzacyjnych. Po jej napełnieniu, przedmuchiwany jest powietrzem o ustalonych parametrach temperatury (ok. 27°C) i wilgotności wzgl. (ok. 78%). Po pewnym okresie czasu (rys. 10) zmniejsza się różnica między wilgotnością powietrza wdmuchiwanego do komory, a wilgotnością powietrza, które przeszło przez warstwę chmielu. Jednocześnie zmniejsza się intensywność nawilżania suszu. Dowodzi to o uzyskaniu przez

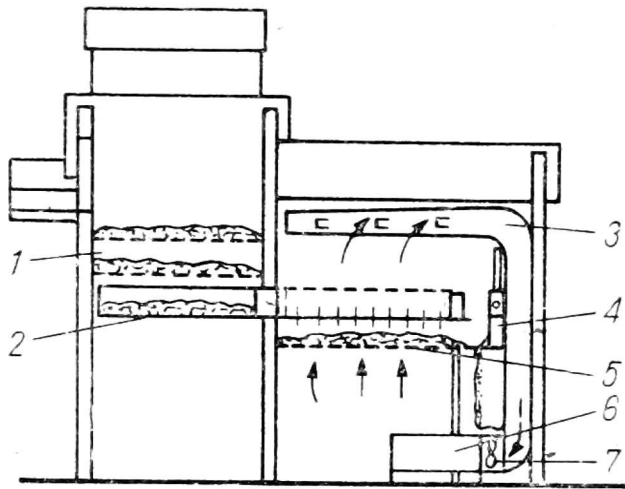


Rys. 10 Zmiany wilgotności chmielu przy nawilżaniu w komorach

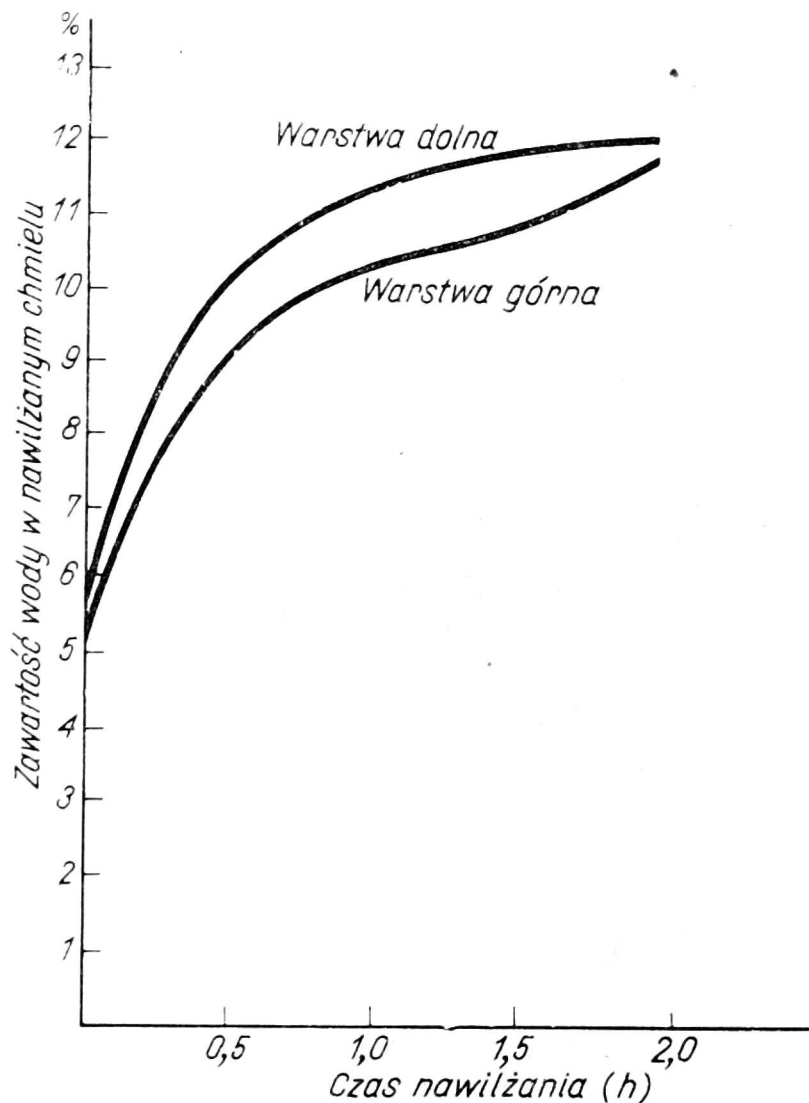


Rys. 11 Różnice wilgotności warstwy chmielu nawilżanego w komorach

chmiel wilgotności równowaznej dla danych warunków. Po około 8—10 h chmiel jest przygotowany do workowania. W okresie nawilżania jednej komory, susz wsypywany jest do sąsiedniej. Pojemność komory musi w związku z tym odpowiadać przepustowości suszarni w ciągu 9—10 h. Warstwa chmielu nie powinna jednak przekraczać 2 m. Wadą nawilżania komorowego jest nierównomierne wchłanianie wody przez chmiel w całym przekroju warstwy. Jak wynika z rysunku 11 chmiel bliżej dna jest bardziej intensywnie nawilżony niż na powierzchni. Wyrówna-



Rys. 12 Schemat urządzenia podłogowego do nawilżania chmielu, połączonego z suszarnią komorową; 1 — suszarnia, 2 — skrzynia rozładownicza, 3 — kanał przepływu powietrza, 4 — prasa mechaniczna, 5 — ażurowa podłoga klimatyzatora, 6 — komora zraszania, 7 — wentylator



Rys. 13 Przebieg sztucznego nawilżania chmielu w urządzeniu podłogowym

nie tej różnicy jest możliwe, wymaga jednak dużej wprawy obsługującego. Przy rozładunku komory, nie można również wyeliminować pewnego rozkruszania szyszek ze zsypanych się warstw.

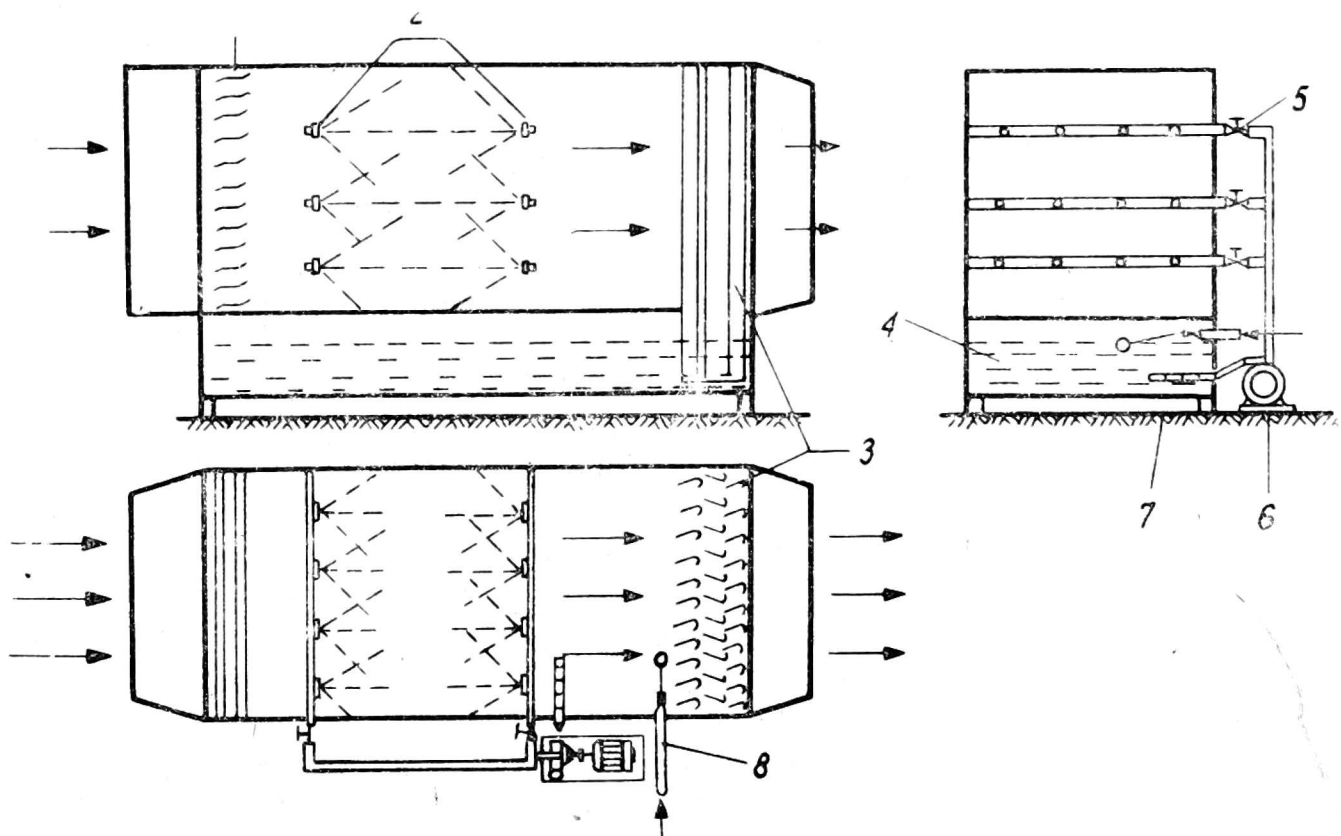
Bardziej proste są urządzenia podłogowe (rys. 12). Nawilżany jest w nich susz chmielowy w warstwach uzyskiwanych przy jednym rozładunku komory suszarni. Czas nawilżania trwa około 2 h tj. do okresu powtórnego rozładunku suszarni. Przebieg nawilżania przy przepływie powietrza z prędkością ok. 0,2 m/s przedstawiono na rysunku 13.

We wszystkich wykonywanych w Polsce urządzeniach nawilżające chmiel powietrze krąży w obiegu zamkniętym. Uniezależnia to jego parametry od wpływu czynników atmosferycznych.

Urządzenia do klimatyzacji powietrza

Ustalanie parametrów powietrza odbywać się może przez doprowadzenie do niego pary wodnej lub przez przepuszczenie go przez komorę zraszania.

Urządzenia parowe wykonywane są w RFN z przeznaczeniem dla urządzeń do nawilżania w komorach. Składają się niskociśnieniowej wytwornicy pary, zasilanej wodą przepływającą przez urządzenia do jej uzdatniania. Para wprowadzana jest do kanału, którym tłoczony jest



Rys. 14 Schemat komory zraszacza: 1 — kierownica powietrza, 2 — rozpylacz, 3 — odkraplacz, 4 — zbiornik wody, 5 — zawory regulujące, 6 — pompa wodna, 7 — filtr wody

powietrze do komory z suszem chmielowym. Urządzenie sterowane jest automatycznie. W Polsce, Jugosławii i Czechosłowacji uzyskanie żądanej wilgotności i temperatury powietrza używanego do nawilżania chmielu przeprowadzane jest w komorze zraszania (rys. 14). Powietrze, krążące w obiegu zamkniętym, po przejściu przez warstwę chmielu, przedmuchiwane jest przez rozpyloną w komorze zraszania wodę, a następnie po oddzieleniu kropeł w odkraplaczu — ponownie tłoczone jest przez chmiel. W wyniku ciepła parowania wody następuje ochłodzenie powietrza o ok. 5°C i wzrost jego wilgotności względnej. Przy starannej kontroli parametrów powietrza, można uzyskać nawilżenie suszu chmielowego z dokładnością do $\pm 0,5\%$ zawartości wody. Urządzenia takie są szczególnie przydatne w klimatyzatorach taśmowych lub podłogowych tj. przy nawilżaniu warstw chmielu o grubości 0,3—0,5 m w okresie ok. 2 h. Sterowanie ich wykonywane jest najczęściej ręcznie, choć można również wprowadzić automatyzację dozowania wody do zespołów rozpylających. Doświadczenia wykazały, że nie jest to jednak niezbędne, gdyż przy zastosowaniu zamkniętego obiegu powietrza, warunki pracy prawie nie ulegają zmianom.

Modernizacja suszarnictwa jest w dalszym ciągu jednym z najważniejszych zadań w technice produkcji chmielu w małych gospodarstwach.

LITERATURA

1. Drexler O., Makovec K., Vent L., Frič V.: Způsob a zařízení na upravu chmelu po sušení. Patentovy spis Nr 131480 CSRS Úřad pro patenty a vynálezy 1969.
2. Maton A., Priem R.: Het konditioneren van hop. Medelingen van Rijkstation voor Landbouwtechniek. Merelebeke (Belgie) 1973.
3. Maton A.: Technologie van het hopdrogen in een volautomatische hopdroogkast van eigen ontwerp en. Medelingen van het Rijkstation voor Landbouwtechniek Merelebeke (Belgie) Publ. 59/SBDL-22 1975.
4. Kohlmann H.: Hopfenkonditionierungsanlagen — eine technische Neuerung bei der Hopfenernte in Bayern. Hopfenrundschau nr 22 s. 424, 1970.
5. Lis T.: Określenie optymalnych parametrów suszenia chmielu cz. I. Instytut Uprawy Nawożenia i Glebozn. Prace Zakładu Uprawy i Hodowli Chmielu Zeszyt R(60) Puławy 1973.
6. Lis T.: Określenie optymalnych parametrów suszenia chmielu cz. II IUNG. Prace Zakładu Uprawy i Hodowli Chmielu Zeszyt R(90) Puławy 1974.
7. Pelikan Z.: Kontinuierliches Schnellkonditionieren des Hopfens. Mitteilungen der Technischen Kommission des XVII-en Kongresses des Europäischen Hopfenbüros. Madrid 1967 nr 25/SBDL-11.
8. Zaorski T., Opacki R.: Wyniki wstępnych badań nad sztucznym nawilżaniem chmielu. Wydawnictwa IUNG. Prace Zakładu Uprawy i Hodowli Chmielu Zeszyt nr R(114) Puławy 1976.
9. Zeissig H.D.: Die Trockung von Hopfen in den westeuropäischen Kleinbetrieben und Genossenschaften. Mitt. des XX-en Intern. Hopfenkongresses Brussel 1970.