

Stjepan Pervan, Ivica Grbac

Uredaji za sušenje drva podržani računalom

Computer supported kiln devices

Pregledni rad - Review paper

Prispjelo - received: 25. 02. 1997. • Prihvaćeno - accepted: 17. 04. 1997.

UDK 630.847

SAŽETAK • U ovom radu su izložena obilježja najčešće rabljenih uređaja u sušionicama piljene građe. Predstavljeni kontrolni uređaji su razvijeni posebno za tu svrhu, a osnovna im je zadaća postizanje automatskog, ekonomičnog i pouzdanog vođenja postupka sušenja bez stalnog nadzora kvalificiranog tehničkog osoblja. Tijekom razvoja kontrolnih uređaja korišteno je iskustvo dosadašnjih znanstvenih i praktičnih spoznaja iz područja sušenja drva, a naglije razvoj omogućen brzim razvojem opreme za nadzor i vođenje procesa nadzirane računalom.

Ključne riječi: sušenje drva, sušionički kontrolni uređaji, CAM

SUMMARY • This paper surveys the characteristics of drying kiln control devices presently used in practice. These control devices are specially developed for this purpose, in attempt to achieve the automatic, economic and precise control of the drying process, without the necessity for constant supervision by the highly qualified technical stuff. During the development of these control devices, previous experience was used which was based on scientific and practical knowledge about wood drying field and additionally supported by latest development / application of the computer technology.

Key words: wood drying, kiln control devices, computer aided manufacturing

1. UVOD

1. Introduction

Postupak sušenja se nadzire izmjerama fizikalnih odrednica (temperatura, relativna vлага zraka) u kontrolnim točkama prostora sušionice, te usporedbom izmjerjenih vrijednosti s unapred zadanim željenim vrijednostima.

Primijenjene kontrolne opreme se razlikuju uglavnom prema: načinu na koji se postižu parametri procesa sušenja, složenosti

i pouzdanosti opreme, jednostavnosti uporabe i u dodatnim funkcijama cjelokupnog kontrolnog sustava.

2. OBILJEŽJA UPRAVLJAČKIH SUSTAVA PROCESA SUŠENJA DRVA

2. Kiln drying control characteristics

U ovisnosti o načinu na koji rade sustavi za nadzor i upravljanje procesom sušenja razlikuju se kontrola uključivanjem odnosno isključivanjem i dvostupanjska prilagodba, a

Autori su asistent i izvanredni profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.
Authors are an assistant and an associate professor at the Faculty of Forestry of the Zagreb University.

pored čega je zanimljiva i prilagodljivost cjelokupnog sustava.

2.1. Nadzor uključivanjem

Kod ovog sustava regulacijski elementi (grijači ventili, pokretači zaklopki na otvorima zraka itd.) mogu biti samo potpuno zatvoreni ili potpuno otvoreni. Ne postoji srednji položaj. Kontrolni uređaj ima samo jedan dvopolozajni prekidač (za uključivanje i isključivanje).

Ovaj način nadzora je tehnički najjednostavniji, ali je posljedica njegove uporabe veći utrošak energije, nejednoliko strujanje medija kroz grijače (nejednolika temperatura) i dinamička promjena nadzirane veličine zbog čestog uključivanja i isključivanja upravljačkih sastavnica.

2.2. Prilagodba

Kontrolni element (npr. motorni ventil) se stalno prilagođava sa zadaćom da od mјerenog ustanovljenog stanja postigne željeno. Ovakvo upravljanje procesom sušenja jest tehnički mnogo složeniji, ali i djelotvornije. Ono omogućuje kontinuiranu promjenu kontrolne fizikalne veličine (temperature, vlage ravnoteže drva i brzine strujanja zraka), koja je osnov za pravilno sušenje uz racionalnu uporabu energije.

2.3. Samoreguliranje

Prilagodljivi, odnosno samoregulirajući sustavi imaju mogućnost prilagodbe kontrolnih parametara procesa sušenja automatski.

3. OSNOVNI DIJELOVI NADZORNOG I REGULACIJSKOG SUSTAVA

3. Primary parts of supervision and regulation system

Sustav za kontrolu stanja zraka sastoji se od dva međusobno povezana podsustava od kojih jedan upravlja temperaturom sušenja, a drugi upravlja relativnom vlagom zraka. Kontrolni krug se sastoji od mjernog pretvornika i kontrolne jedinice za nadzor stanja zraka.

3.1. Podsustav za upravljanje temperaturom sušenja

Trenutna vrijednost temperature zraka u sušionici u usporedbi s željenom temperaturom može biti:

a) Manja od tražene vrijednosti (temperatura sušenja je premalena), pa je prostor u kojem se suši potrebno jače zagrijavati.

b) Jednaka je zadanoj vrijednosti i nisu potrebni nikakvi regulacijski zahvati, i

c) Izmjerena temperatura je veća od tražene vrijednosti (temperatura zagrijavanja je prevelika) pa je potrebno smanjiti intenzitet dovoda topline u prostor sušenja.

U sušionicama nisu ugrađene rashladne površine, te se temperatura može sniziti samo izmjenom unutarnjeg zagrijanog zraka vanjskim hladnim zrakom. Stoga hlađenje ne može biti naglo već postupno.

3.2. Podsustav za nadzor relativne vlage zraka

- Kontrolni sustav ubrizgava vodu ili vodenu paru u zrak u sušionici u slučaju da je zrak presuh te postoji opasnost nastanka grešaka na piljenoj gradi.

Regulacijski podsustav kontrole vlažnosti zraka razlikuje četiri moguća stanja u sušionici:

a) Vlažnost zraka je manja od tražene. Stvarna manja vrijednost vlage zraka i ravnotežnog sadržaja vode od traženih vrijednosti odgovara većoj stvarnoj vrijednosti psihometrične razlike od zadane. U tom slučaju se obavlja povremeno navlaživanje zraka, a otvori za izmjenu zraka ostaju zatvoreni.

b) Relativna vлага zraka mnogo je manja od tražene vrijednosti. Stvarna vrijednost vlage zraka i ravnotežnog sadržaja vode mnogo je manja nego tražena vrijednost što odgovara psihometričnoj razlici mnogo većoj od tražene. Tada se obavlja stalno navlaživanje zraka, a otvori za izmjenu zraka ostaju zatvoreni.

c) Relativna vлага zraka jednaka je traženoj vrijednosti (stanje zraka u sušionici je odgovarajuće). Stvarne vrijednosti vlage zraka, ravnotežnog sadržaja vode i psihometrične razlike jednake su traženim vrijednostima. U tom je slučaju isključeno navlaživanje zraka, a otvori za izmjenu zraka ostaju zatvoreni i

d) Relativna vлага zraka veća je od tražene vrijednosti (stanje zraka u sušionici je prevlažno). Stvarna vrijednost vlage zraka i ravnotežnog sadržaja vode veća je od tražene vrijednosti što odgovara manjoj psihometričnoj razlici. Isključeno je navlaživanje zraka, otvori za izmjenu zraka ostaju otvoreni.

Gore navedeni uvjeti dani su samo kao prikaz mogućih stanja. U proizvodnim uvjetima ova dva kontrolna sustava nisu međusobno nezavisna. Navlaživanje zraka hladnom vodom istovremeno znači smanjivanje temperature sušenja, dok navlaživanje s vodenom parom može za razliku od navlaživanja s vodom izazvati porast temperature.

Kontrolni sustav je u nekim slučajevima podešen tako da radi prema

odabranom prioritetu. Ako je npr. relativna vлага zraka usprkos intenzivnom navlaživanju nedovoljna, smanjuje se zagrijavanje prostora sušenje bez obzira što nije dosegнутa temperatura sušenja. To znači da relativna vлага zraka ima prioritet pred temperaturom sušenja.

3.3. Podsustav za kontrolu brzine strujanja zraka

Strujanjem zraka određenom brzinom kroz složajeve ubrzava se odstranjivanje izlučene vode sa površine drva. U početku pri visokim početnim sadržajima vode, odstranjivanje vode teče vrlo brzo. Kasnije se taj proces usporava.

Značajna ušteda električne energije može se postići i upravljanjem brzinom strujanja zraka. Određena količina zraka se treba stalno kretati preko površine drva, radi postizanja jednolikosti sušenja. Smanjenje brzine strujanja je time ograničeno do neke tehnološki opravdane donje granice.

Promjena broja okretaja trofaznog izmjeničnog elektromotora kojim se obično pogoni ventilator može se postići na dva načina:

a) Korištenjem motora s mogućnošću izmjene broja polova. Takvi su motori napravljeni s dvije ili s tri moguće brzine. Optimalna brzina se odabire od strane računalnog kontrolnog sustava kao funkcija procesa sušenja.

b) Električnim frekventnim pretvaračem kojim se napaja trofazni izmjenični motor. On pretvara frekvenciju ulazne struje na bilo koju vrijednost unutar određenog frekvencijskog raspona i na taj način omogućuje promjenu broja okretaja motora.

Ovime se postiže velika prilagodljivost podsustava za regulaciju brzine strujanja zraka u procesu sušenja drva, ali su viša ukupna ulaganja, a u slučaju kvara zahtijevaju posebno obučeno osoblje.

Računalni kontrolni sistemi mogu raditi na oba prethodno prikazana načina redukcije vrtnje ventilatora te se time pomoći izbora optimalne brzine strujanja zraka postižu značajne uštede energije.

Vezano uz promjenu broja okretaja ventilatora, postoje i druge odrednice režima rada koje je potrebno razmotriti a nisu vezane izravno sa samim sušenjem. Kao primjeri mogu se navesti:

- smanjenje brzine tijekom noći zbog buke
- povećanje brzine u dijelu dana kada je jeftinija električna energija
- smanjenje brzine tijekom vršnog op-

terećenja električne mreže.

Svi navedeni čimbenici moraju se uzeti u obzir pri izboru optimalne brzine u cilju postizanja najveće ekonomičnosti i kvalitete procesa sušenja.

4. VRSTE UPRAVLJAČKIH SUSTAVA

4. Types of kiln control systems

Podjela prema stupnju automatiziranosti

Poluautomatski uređaji

Potrebne vrijednosti parametara sušenja se određuju izravno na uređaju prema utvrđenom režimu sušenja. Zbog nemogućnosti stalnog nadzora teško je potrebne vrijednosti parametara sušenja postaviti u najboljem trenutku te je stoga takav sistem upravljanja vrlo rijetko zadovoljavajući kako u pogledu trajanja tako i kvalitete sušenja. Ručno upravljanje takvim uređajem uzrokuje vrlo velike troškove za opsluživanje sušionice tijekom noći i neradnim danima. Ovakvi uređaji zahtijevaju veću angažiranost sušioničara. Utvrđivanje različitih parametara koje treba postaviti je skupo, pa je opravdanost takvog uređaja u odnosu na automatski uređaj upitna. Stoga su poluautomatski sistemi danas od mnogo manje važnosti nego drugi uređaji.

Automatski upravljački uređaji

Vrijednosti parametara sušenja se postavljaju na početku procesa sušenja te se i prema njima proces vodi do kraja. Razlikuju se sljedeće pojedinačne faze: zagrijavanje, sušenje (iznad i ispod točke zasićenosti vlakanaca drva) te izjednačavanje sadržaja vode u drvu. Faze se odvijaju međusobno odvojeno, a na temelju prije postavljenih zadatah veličina (npr. početne temperature, konačne temperature, gradijenta sušenja, debljine drva, vrste drva itd.). Prilagođavanje temperature i relativne vlage zraka tijekom procesa sušenja zahtjevanim razinama daje potreban uvid u snižavanje sadržaja vode određene vrste drva. U ovisnosti o načinu na koji se određuje promjena potrebnih vrijednosti parametara sušenja, razlikuju se dva tipa upravljanja:

VREMENSKI vođeni sustavi. Željena vrijednost smanjenja sadržaja vode se u bilo kojem trenutku sušenja određuje na temelju proteklog vremena sušenja.

Sustavi vođeni prema SADRŽAJU VODE. Tražena vrijednost se u bilo kojem trenutku sušenja određuje na temelju izmjer-enog sadržaja vode.

Podjela prema razini korištenja računarske opreme.

Konvencionalni sustavi

To su kontrolni sustavi koji rade i na analognom i na digitalnom načelu, no zbog svoje izvedbe (sastavni dijelovi i konstrukcija) su manjih mogućnosti, a svaka potreba za nadopunjavanjem bi značila zadiranje u osnovna načela rada i izvedbe samog uređaja.

Računalni sustavi

Kontrolne funkcije, primjerice računarska kontrola stanja zraka u sušionici, provode se unutarnjim nizom naredbi tj. programom sušenja te je stoga prilagodljivost i kvaliteta cjelokupnog sustava određena kvalitetom programa. S obzirom da se funkcije obavljaju putem programa, a ne mehaničkim načinom, takve sustave se može prema potrebi mijenjati ili prilagođavati određenim zahtjevima jednostavnom promjenom naredbi u programu. Računarski upravljački sustavi osiguravaju veće mogućnosti kontrole, jednostavnost, pouzdanost, prilagodljivost kao i dodatne mogućnosti proračuna.

Središnji upravljački računarski sustav

Nekoliko sušioničkih komora (obično do 12) (11,12) mogu se kontrolirati pomoću jednog središnjeg računala. Način rada jednak je prethodno opisanom. Korištenje jednog računala za upravljanje radom više sušionica značajno smanjuje sveukupne troškove. Kod ovakvog sustava kvar centralne jedinice stavlja izvan funkcije sve priključene uređaje. To ima za posljedicu velike gubitke zbog zastoja u proizvodnji.

5. NAČINI RADA AUTOMATIZIRANIH UPRAVLJAČKIH SUSTAVA

5. Types of automatic control systems

Zadatak potpuno automatiziranog upravljačkog sustava je mjerjenje temperature i relativne vlage zraka te podešavanje tih dviju vrijednosti tijekom postupka sušenja. Prema načinu na koji se ostvaruju zadane promjene stanja zraka, razlikuje se nekoliko mogućnosti:

5.1. Upravljački sustav na osnovi mjerjenja sadržaja vode u drvu

Promjene parametara sušenja u ovom sustavu kontrole su ovisne o sadržaju vode u drvu i zadane su režimom sušenja. Direktnim mjerjenjem otpora odgovarajućeg osjetljivača ravnotežnog sadržaja vode u drvu te usporedbom izmjerene vrijednosti sa sadržajem vode u drvu mjerrenom prema istom načelu, postoji mogućnost izvedbe takve kontrolne instalacije s najjednostavnijom opremom pomoću analognih uređaja.

Sastavni dijelovi ovakvog upravljačkog sustava su:

a) Termometar za mjerjenje temperature sušenja

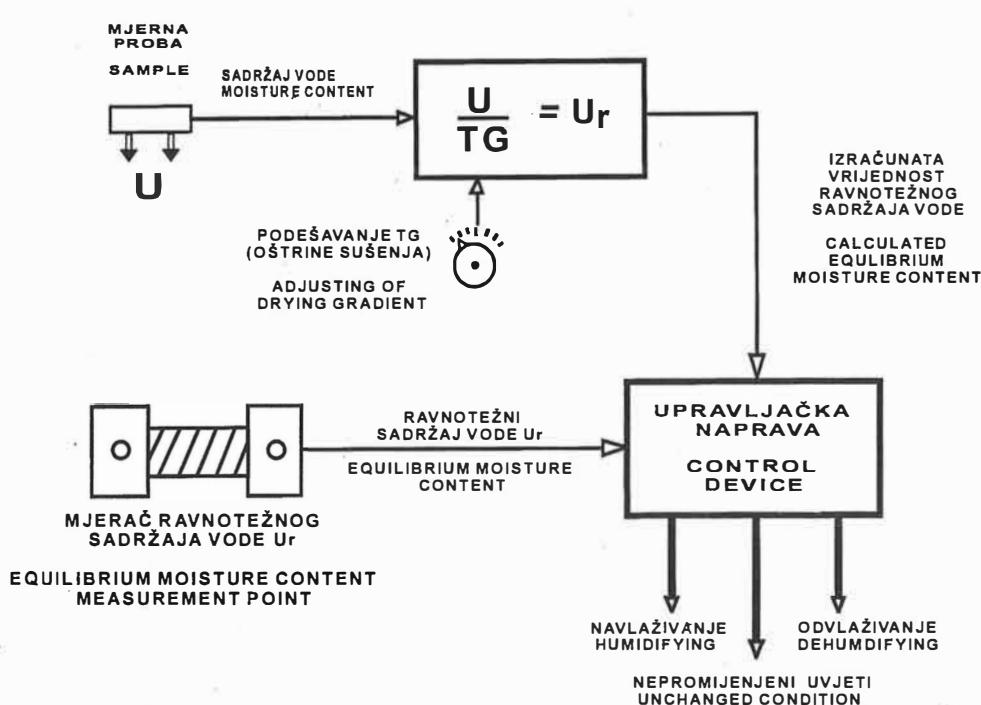
b) Mjerač ravnotežnog sadržaja vode za mjerjenje posredne veličine za dobivanje relativne vlage zraka

c) Mjerač sadržaja vode u drvu

Uporaba ove opreme se temelji na činjenici da se tanki listić (celuloze, drva i sl.) nakon promjene stanja zraka u sušionici, u vrlo kratkom vremenu prilagođava promjenjenim uvjetima te postiže ravnotežni sadržaj vode Ur(6, 12).

Slika 1.

Shematski prikaz upravljačkog sustava na osnovi mjerjenja sadržaja vode u drvu • Scheme of control system based on moisture content measurement



Stalno mjerjenje sadržaja vode u drvu te usporedba s traženim gradijentom sušenja omogućava utvrđivanje refrentne vrijednosti za kontrolu vlažnosti zraka i temperature tijekom procesa sušenja.

Zbog nepreciznosti mjerjenja sadržaja vode u području sušenja iznad točke zasićenosti vlakanaca, preporučuje se održavanje niske temperature sušenja i visoke relativne vlage.

Oko točke zasićenosti vlakanaca i ispod nje, rad upravljačkog sustava se zasniva na kvocijentu između trenutnog sadržaja vode u drvu U i oštine sušenja TG . To je zapravo RAVNOTEŽNI SADRŽAJ VODE=Ur u bilo koje vrijeme mjerena.

$$\frac{\text{sadržaj vode u drvu}}{\text{oština susenja}} = \text{ravnotežni sadržaj vode}$$

$$\frac{U}{TG} = Ur$$

Istovremeno kontrolni uređaj uspoređuje izmjereni ravnotežni sadržaj vode Ur (stvarna vrijednost) s potrebnim ravnotežnim sadržajem vode (tražena vrijednost) te regulira stanje zraka u sušionici. Tijekom cijelog procesa sušenja ispod točke zasićenosti vlakanaca sadržaj vode u drvu i ravnotežni sadržaj vode Ur se stalno mijere. Izmjerene vrijednosti kontrolni uređaj uspoređuje sa zahtjevanima te odgovarajuće reagira. Ako je izmjereni ravnotežni sadržaj

vode manji nego što je tražena vrijednost, uređaj uključuje navlaživanje, a ako je previelik otvara se dovod svježeg zraka, a dio zasićenog se odvodi van. Na taj način uvjeti zraka za sušenje su konstantno odgovarajući u odnosu na smanjenje sadržaja vode u drvu.

Kontrolni uređaj prikazan na sl. 1 može pokazivati sljedeće probleme pri radu:

Cijeli proces je upravljan na osnovi izmjerjenog sadržaja vode. Stoga ovisi direktno o pouzdanosti mjernog uređaja. Pravilno djelovanje u potpunosti ovisi o mjernim točkama u drvu. Mjerne točke moraju biti pravilno izabrane na uzorku iz složaja grada.

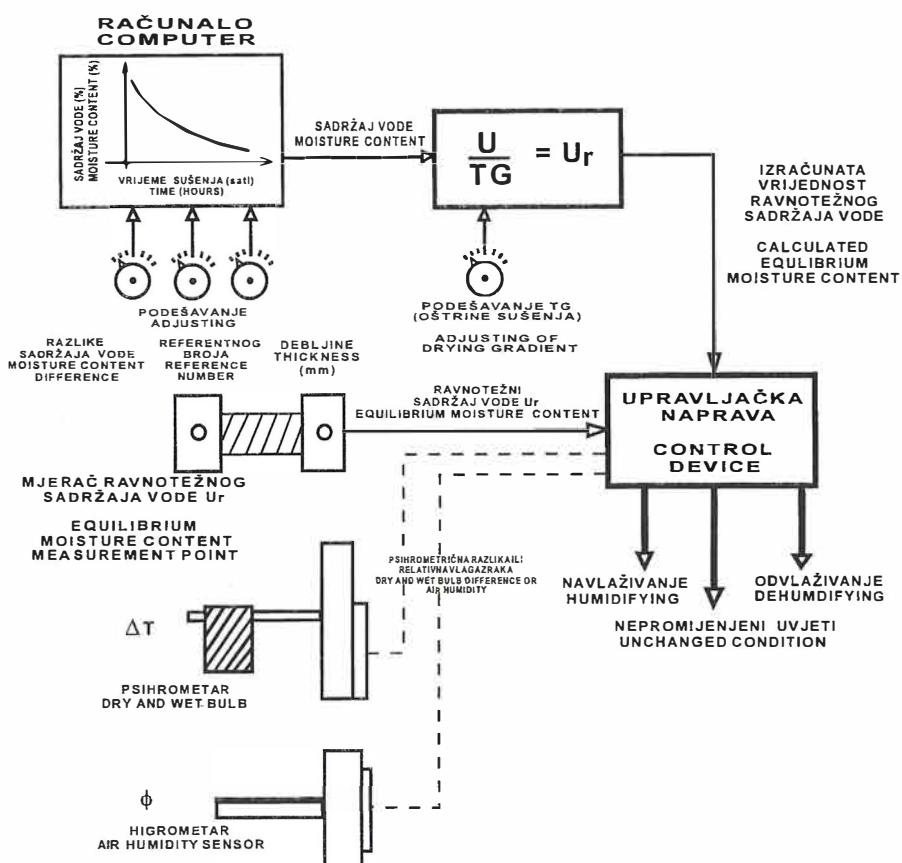
Ako je merna točka pogrešno smještena ili ako se sadržaj vode pogrešno mjeri posljedica će biti vrlo duga vremena sušenja i pogreške na drvu. Novije izvedbe ovakvih upravljačkih sustava mogu voditi takav proces bez direktnih mjerena stanja zraka koristeći mjerače ravnotežnog sadržaja vode. Za ovu vrstu upravljačkih sustava može se kazati da u pravilu ne vode sušenje u optimalnim vremenima, a rezultati koji se postižu ovise o izmjerama sadržaja vode.

5.2. Upravljački sustav zasnovan na proračunskim vrijednostima sadržaja vode

Upravljanje procesom sušenja se provodi na temelju izračunate vrijednosti sadržaja vode u drvu kao funkcije vremena sušenja. S obzirom da prije navedeni

Slika 2.

Shematski prikaz upravljačkog sustava zasnovanog na proračunatim vrijednostima sadržaja vode • Scheme of control system based on calculated moisture content



upravljački sustav može osigurati optimalan rezultat samo uz točna mjerena sadržaja vode u drvu, vrlo brzo se prišlo izradi upravljačkog sustava koji ne vodi proces prema stvarnom sadržaju vode. Time se u isto vrijeme izbjegao i problem izbora mjernih točaka. Načelno je ponašanje vrsta drva tijekom sušenja poznato, pa se srednja vrijednost sadržaja vode može izraziti kao funkcija proteklog vremena procesa sušenja. Pritom se uzimaju u obzir karakteristični podaci o drvu (početni sadržaj vode, volumna masa i debljina drva) i stanje zraka tokom sušenja. Ovako izračunata veličina je u području iznad točke zasićenosti vlakanaca mnogo preciznija od izmjerene vrijednosti, i može poslužiti kao dobra referentna vrijednost pa nije podložna iznenadnim promjenama - stoga je vrlo dobra kao referentna vrijednost.

Upravljanje stanjem zraka i postavljanje traženih parametara obavlja se na jednaki način kao i u sustavu - s tom razlikom da se stanje zraka ne temelji na mjerenu nego na izračunatom sadržaju vode.

Uređaji ove vrste imaju sljedeće sastavne dijelove:

- Mjerač temperature sušenja
- Mjerač relativne vlage zraka (psirometar ili mjerač ravnotežnog sadržaja vode) koji najčešće daje vrijednosti u obliku izmjere ravnotežnog sadržaja vode Ur
- Mjerne točke za mjerjenje sadržaja vode u drvu električnim načinom (samo radi nadzora) ima samo nadzornu funkciju.

U ovom upravljačkom sustavu postavljaju se sljedeće vrijednosti: početna i konačna temperatura, početni sadržaj vode i gradijent sušenja. Na temelju ovih vrijednosti sistem proračunava tražene vrijednosti koje odgovaraju u svakom trenutku proračunatom sadržaju vode u drvu. Ove veličine u vrlo su uskoj vezi sa sadržajem vode. Ravnotežni sadržaj vode je ponovno dan jednadžbom:

$$Ur = \frac{U}{TG} (\%)$$

gdje je

Ur - vлага ravnoteže drva (%)

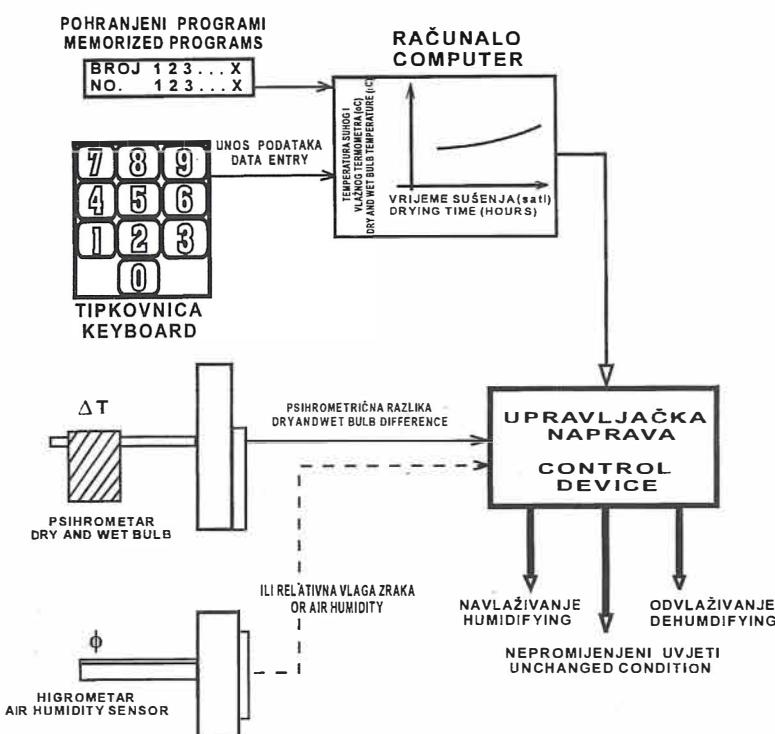
U - sadržaj vode u drvu (%)

TG - oština sušenja.

Sušionice koje rade na ovom načelu trebaju za početak rada sljedeće veličine: početni sadržaj vode, vrstu drva i debljinu. Ovaj se proces pokazao vrlo uspješnim u sušionicama u kojima se vrlo često ponavljaju isti procesi (jednaka vrsta drva i debljina) kao i onda i kada nije potreban vrlo precizan konačni sadržaj vode. Ako se pođe od pretpostavke da je u jednom slučaju (nepoznata vrsta drva, točan konačni sadržaj vode) sustav 1 mnogo bolji, a u drugom slučaju (poznata vrsta drva, konačni sadržaj vode ne treba biti vrlo točan) da je bolji sustav 2, moderni upravljački sustavi mogu voditi proces sušenja na oba načina.

5.3. Upravljački sustav koji može raditi na oba prethodno opisana načina

Neki prizvođači sušioničke opreme (13) nude mogućnost vođenja procesa



Slika 3.

Shematski prikaz kombiniranog upravljačkog sustava • Sheme od combined control system

sušenja na oba načina: kao funkcije izmjerena sadržaja vode ili na temelju proračunatog sadržaja vode. Proses sušenja se tada može voditi ili na jedan ili na drugi način, ali obično postoji mogućnost kombiniranog vođenja procesa: iznad točke zasićenosti vlakanaca prema programu sušenja, ispod točke zasićenosti vlakanaca prema izmjerama sadržaja vode u mjernim točkama. S obzirom da su sve vrijednosti potrebne za vođenje procesa stalno raspoložive (proračunani sadržaj vode, izmjereni sadržaj vode), u svakom se trenutku koristi najpogodniji način upravljanja procesom.

Ovakav način dvostrukog vođenja čini mogućim usporedbu stvarnog odvijanja procesa sušenja s teoretskim. Kao dodatnu funkciju, ovakav uređaj može izračunati predviđeno vrijeme sušenja unaprijed.

5.4. Upravljački sustav s mogućnošću programiranja

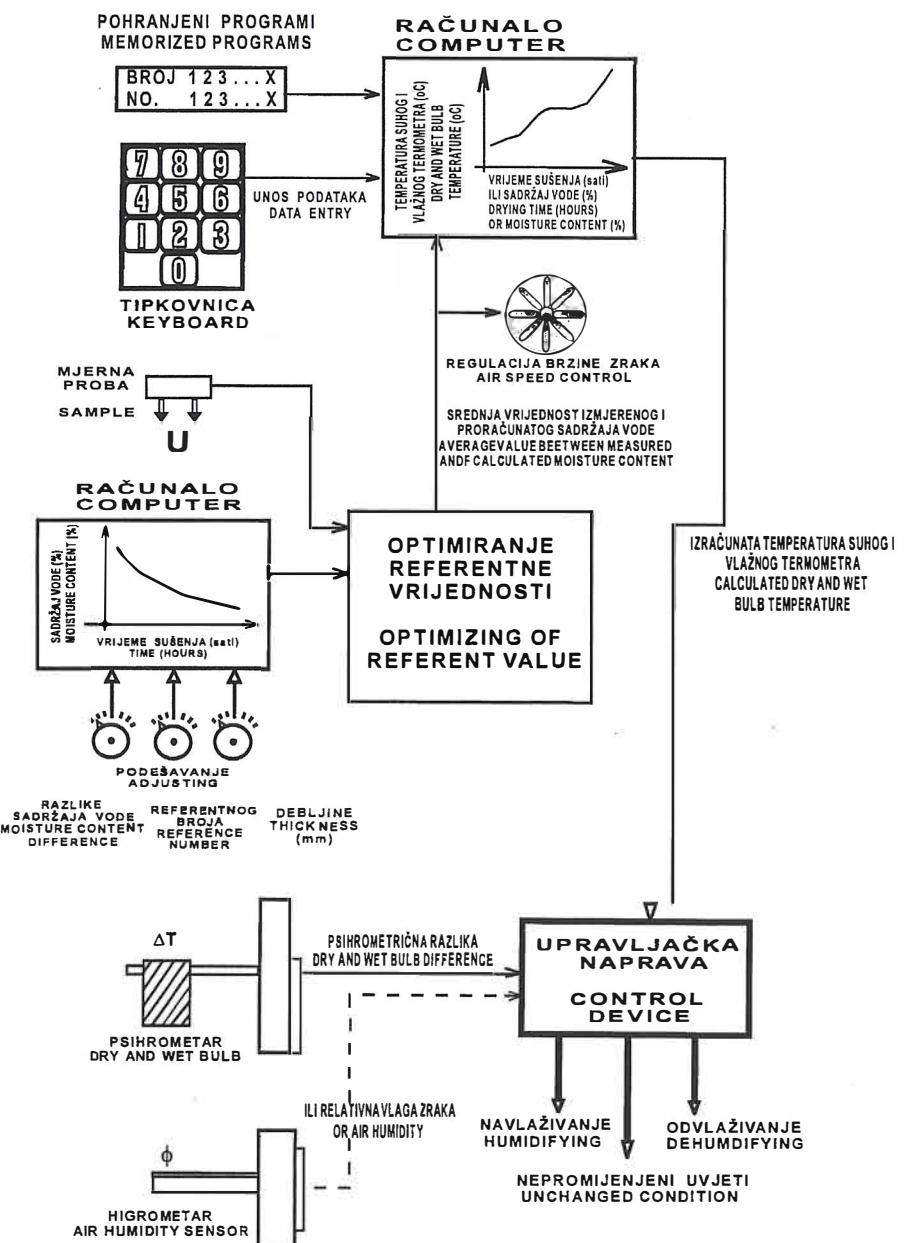
U prethodno opisanim upravljačkim sustavima, mijenjanje pojedinih vrijednosti parametara sušenja je bilo u neposrednoj vezi s vrijednošću sadržaja vode, a tražena je vrijednost relativne vlage zraka imala ista obilježja promjene kao i sadržaj vode.

Ova čvrsta veza između sadržaja vode i promjene potrebnih vrijednosti parametara sušenja ne postoji u ovom načinu vođenja procesa.

Pri postavljanju uvjeta sušenja na početku procesa, vremenski vođene promjene traženih sadržaja vode i temperature zraka mogu se u potpunosti slobodno zadavati. Načelo sušenja prema oštini sušenja ovdje je potpuno nevažno. Putem zadavanja vremena kao referentne veličine zadaje se krivulja po kojoj će se odvijati tem-

Slika 4.

Shematski prikaz upravljanja sušenjem na osnovi trajanja procesa
 • Scheme of control system based on duration of drying process



peratura i krivulja po kojoj će se mijenjati relativna vлага zraka tijekom sušenja. Na taj se način zadaje brzina porasta ili smanjenja temperature i relativne vlage zraka kao i točna vremena u kojima je pojedina vrijednost važeća. Ovakvo slobodno programiranje omogućava prilagodljive programe sušenja. S obzirom da se kao u sustavu 1 i sustavu 2 ne zadaje samo početno i konačno stanje zraka, nego svi podaci nužni za cijelokupno trajanje procesa, ovakvi uređaji nemaju prekidače nego tipkovnicu. S tim u vezi, oni su opskrbljeni s memorijom na kojoj se program - kada je jednom definiran - može pohraniti te prema potrebi ponovno startati. Ovi uređaji također mogu biti opskrbljeni mjeračima sadržaja vode u drvu koji služe samo kao nadzorni uređaji, s obzirom da je postupak sušenja vođen prema prethodno određenom programu zasnovanom na vremenu sušenja. Izmjere sadržaja vode mogu poslužiti za zaustavljanje procesa sušenja u trenutku dosizanja konačnog sadržaja vode. Ovi uređaji mogu raditi s poznatim mjeračima vlage zraka - psihrometrom i mjeračem ravnotežnog sadržaja vode te prikazivati vlagu zraka kao ravnotežni sadržaj vode u postocima, kao relativnu vlagu zraka u postocima ili kao razliku temperaturu u K. Ovi vremenski vođeni upravljački sustavi nude iskusnom sušioničaru mogućnost optimiranja sušenja. Upravljanje procesom sušenja na ovakav način može se ostvariti jedino upotrebom računalnih sustava, a korisniku omogućuju najveću prilagodljivost i točnost. Programi u kojima se zadaje stanje zraka (mijenjanje tražene vrijednosti vlage i temperature zraka) su prilagodljivi i mogu se potpuno slobodno programirati. Stoga je moguće načiniti mnogo različitih programa za upravljanje stanjem zraka. Ove promjene stanja zraka su napravljene na takav način da se sve odvija kontinuirano na temelju sadržaja vode u drvu kao referentnoj veličini.

S obzirom da izmjerena vrijednost sadržaja vode i proračunana vrijednost sadržaja vode orientacijske vrijednosti, izračunava se iz tih dviju vrijednosti srednja vrijednost. Srednja vrijednost sadržaja vode objedinjavanja prednosti proračunatog i izmјerenog sadržaja vode.

Moderni upravljački sustavi koji rade na gore opisanim načelima omogućavaju sušioničaru samostalan rad. Ulazne veličine se zadaju preko tipkovnice i prikazuju se na zaslonu računala. Djelovanje se obavlja interaktivno, tj. sušioničar odgovara na pitanja koja se pojavljuju na zaslonu. Nakon unosa podataka računalo upozorava ukoliko su po-

daci nedostatni ili pogrešni. S obzirom da potpuni unos podataka za sušenje može biti dugotrajan i komplikiran, u računalu postoji mogućnost pohrane kompletnih programa sušenja koji se mogu kasnije ponovno koristiti. Uređaj može raditi s mjernim pretvornicima temperature i relativne vlage zraka sa ili bez mjerača sadržaja vode u drvu. Pri korištenju podataka mjerjenja sadržaja vode u drvu, mogu se koristiti pojedinačne izmjere, srednja vrijednost, vrijednost najvećeg sadržaja vode ili kombinacija između unutarnjeg i vanjskog sadržaja vode. Mjerena s prevelikim odstupanjima mogu se odbaciti kao nevjerodostojna.

5.5. Ostale pogodnosti računalnog upravljanja procesom sušenja drva (14)

Sigurnosni program

Ako je moderni računalom upravljeni sustav kontrolni sustav opskrbljen sa sigurnosnim programom on stalno nadzire da li su zadane komande zaista izvršene (npr. zatvaranje dovoda topline) i da li mjeraci rade ispravno. Ako se u tom vremenu pojavi neobjašnjiva greška, vrijednosti parametara se ne provode iz razloga sigurnosti i aktivira se alarm; u slučaju da se greška ne otkloni u određenom vremenu proces se prekida. Ovakav postupak sprečava nastanak grešaka na drvu.

Pohrana podataka o proteklom procesu

Da bi se provjerilo postupke sušenja koji su završeni, preporučljivo je zadržati dnevnik sušenja koji će sadržavati tražene i stvarne vrijednosti relativnih vlaga zraka i temperatura za svaki pojedini slučaj, vrijeme trajanja određenog parametra i vrijednosti svih izmjera sadržaja vode. Ove se zabilježbe moraju uzimati u pravilnim vremenskim razmacima. One su dokaz o točnosti izvršavanja procesa sušenja, a također sadrže važne informacije o greškama koje se mogu pojaviti. Automatsko bilježenje veličina je moguće ili u obliku dijagrama promjena temperature, relativne vlage zraka i sadržaja vode u drvu na papirnoj traci, ili pomoću pisača. Pisač može istovremeno bilježiti podatke za nekoliko uređaja i pri tome može bilježiti više informacija o jednoj komori (stvarne i tražene vrijednosti, vrijeme ispisa, greške itd.).

Proračun vremena sušenja

Različiti računalni uređaji nude mogućnost izračunavanja približnog trajanja procesa sušenja na temelju poznavanja osobina vrsta drva. To omogućuje efikasnu upo-

rabu sušioničkog prostora i omogućuje proučavanje utjecaja stanja zraka i pojedinih vrsta na vrijeme sušenja.

7. ZAKLJUČAK

Moderni računalni sušionički sistemi posjeduju sljedeće prednosti (14):

1. Mogućnost slobodnog programiranja režima sušenja (fleksibilnost).
2. Olakšavaju rad.
3. Omogućuju optimizaciju procesa sušenja, visoku kvalitetu sušenja i ekonomičnost.
4. Imaju male dimenzije.
5. Mogu se postavljati direktno na svakoj sušionici neovisno o ostalim sušionicama.
6. Na centralnu kontrolnu jedinicu je moguće priključiti pisač za bilježenje podataka svih priključenih sušionica.

Pomoću uređaja navedenih obilježja uvelike se olakšava rad i omogućuje optimizacija procesa sušenja, kvalitete sušenja i ekonomičnosti.

8. LITERATURA

1. Breiner, T.A., Arganbright, D.G. i Pong, W.Y. (1987): Performance of in-line moisture meters. U.S.D.A., Forest Products Journal, 37, 4, 9-16.
2. Brunner, R. (1981): Regelungstechnik für die Schnittholztrocknung heute. Teil 3: Computer-Steuerungen. Holz als Roh- und Werkstoff, 39, 11-15.
3. Čiçel, M. (1985): System zur Steuerung der Trocknung von Schnittholz mit dem Mikrorechner SM 50/40-1. Holztechnologie, 26, 6, 291-191.
4. Herrmann, P. (1982): Einige Möglichkeiten der rechnergestützen Prozesskontrolle in der Holzindustrie. Holztechnologie, 23, 3, 166-168.
5. James, W.L. i Boone, R. (1984): In-line moisture monitoring systems. Forest Products Research Society, 91-94.
6. Klinkmüller, H. (1971): Automatisierung der Trocknungsteuerung für Schnittholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 29, 7, 246-248.
7. Kordes, W. (1980): Regelungstechnik für die Schnittholztrocknung, heute. Teil 1: Trocknungstechnik und Messwerteerfassung. Holz als Roh- und Werkstoff, 38, 419-422.
8. Kordes, W. (1980): Regelungstechnik für Schnittholztrocknung, heute. Teil 2: Konventionelle Regelanlagen. Holz als Roh- und Werkstoff, 38, 445-448.
9. Kubler, H. (1955): Die elektrische Temperaturmessung, unter besonderer Berücksichtigung der Kammeretrocknung von Schnittholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 13, 41-52.
10. Lohmann, U. (1993): Holzhandbuch, DRW - Verlag, Leinfelden, 127-133.
11. Pervan, S. (1996): Pouzdanost računalom podržanog sušenja bukovine u klasičnoj komornoj sušionici. Magistarski rad.
12. * * * (1980): Trocknungssteuerung mit Mikroprozessor oder Analog-, Digitalregler - Ein Wort zum Stand der Technik. Holz als Roh- und Werkstoff, 38, 404-406.
13. * * * (1983): Neue Holztrockner mit Computersteuerung. Holz- und Kunststoffverarbeitung, 12, 1090-1091.
14. * * * (1986): Drying softwood and hardwood lumber for quality and profit. Forest Products Research Society. Proceedings 47356, Charlotte, 103-113.
15. * * * (1986): Neue Computer - Automatik für die Schnittholztrocknung. Holz als Roh- und Werkstoff, 44, 2, 78-79.
16. * * * (1989): Technical drying of timber. Priručnik za sušenje drva. Ludwig Böllmann AG.
17. * * * (1991): Neue Computer - Automatik Hydromat TK-MP 4016. Möbel und wohnraum. Leipzig. 4, 3. str. 17-18.
18. * * * (1994): ASTM Hand-Held Moisture Meter Workshop. Forest Products Research Society, Madison, Wisconsin.