

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 dvopoložajni 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 mjerenog 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 građi.

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 vlaga 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 vlaga 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 vlaga 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

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 posljedice velike gubitke zbog zastoja u proizvodnji.

5. NAČINI RADA AUTOMATIZIRANIH UPRAVLJAČKIH SUSTAVA

5. Types of automatic control systems

Zadatak potpuno automatiziranog upravljačkog sustava je mjerenje 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:

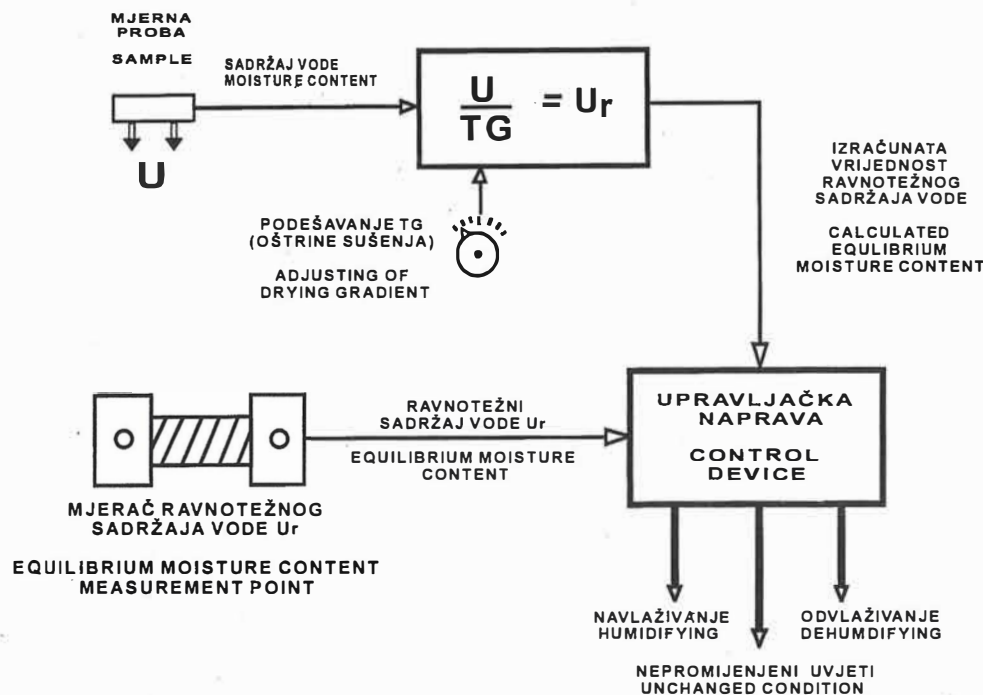
5.1. Upravljački sustav na osnovi mjerenja sadržaja vode u drvu

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

Sastavni dijelovi ovakvog upravljačkog sustava su:

- a) Termometar za mjerenje temperature sušenja
- b) Mjerač ravnotežnog sadržaja vode za mjerenje 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 promijenjenim uvjetima te postiže ravnotežni sadržaj vode $U_r(6, 12)$.



Slika 1. Shematski prikaz upravljačkog sustava na osnovi mjerenja sadržaja vode u drvu • Scheme of control system based on moisture content measurement

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

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

Oko točke zasićenosti vlaknanaca 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 = U_r u bilo koje vrijeme mjerenja.

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

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

Istovremeno kontrolni uređaj uspoređuje izmjereni ravnotežni sadržaj vode U_r (stvarna vrijednost) s potrebnim ravnotežnim sadržajem vode (tražena vrijednost) te regulira stanje zraka u sušionici. Tijekom cijelog procesa sušenja ispod točke zasićenosti vlaknanaca sadržaj vode u drvu i ravnotežni sadržaj vode U_r se stalno mjere. 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 prevelik 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 izmjerenog 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 građe.

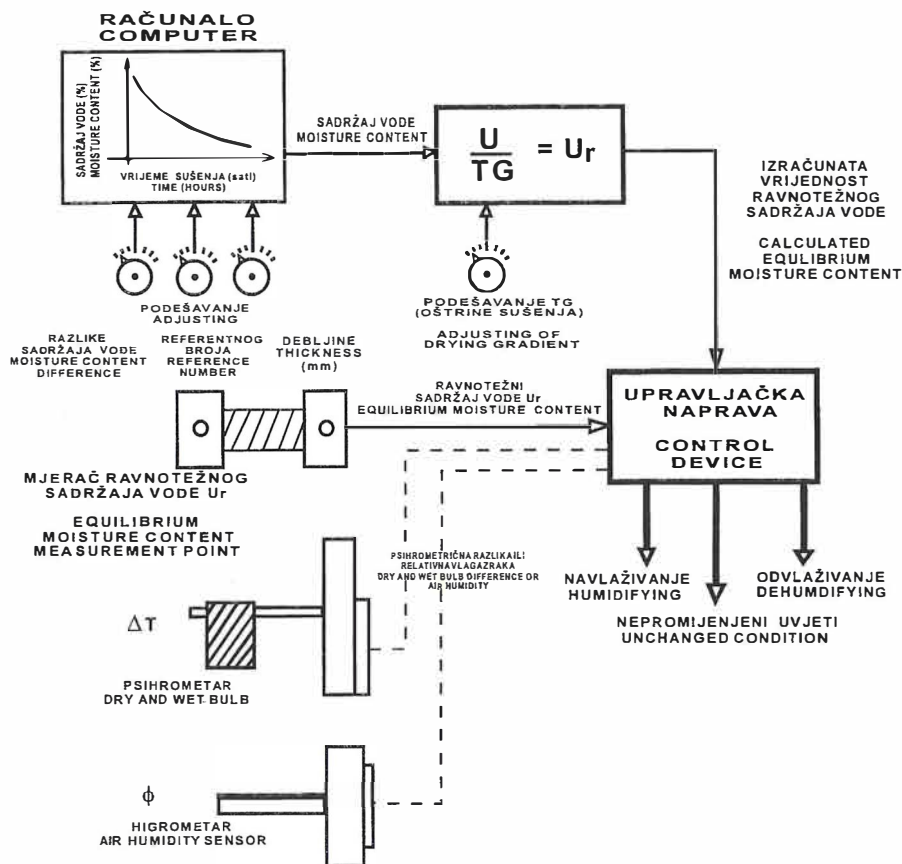
Ako je mjerna točka pogrešno smještena ili ako se sadržaj vode pogrešno mjeri posljedica će biti vrlo duga vremena sušenja i pogreške na drvu. Novije izvedbe ovakvih upravljačkih sustava mogu voditi takav proces bez direktnih mjerenja stanja zraka koristeći mjerače ravnotežnog sadržaja vode. Za ovu vrstu 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 mjerenja 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 vlaknaca 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 mjenom nego na izračunatom sadržaju vode.

Uređaji ove vrste imaju sljedeće sastavne dijelove:

- a) Mjerač temperature sušenja
- b) Mjerač relativne vlage zraka (psihrometar ili mjerac ravnotežnog sadržaja vode) koji najčešće daje vrijednosti u obliku izmjere ravnotežnog sadržaja vode U_r
- c) Mjerne točke za mjerenje 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:

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

gdje je

U_r - vlaga ravnoteže drva (%)

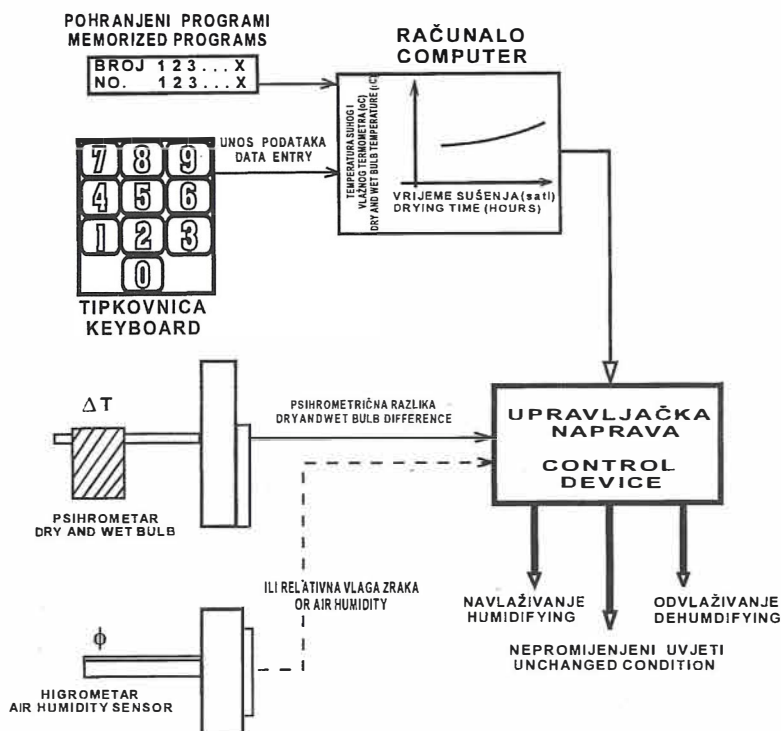
U - sadržaj vode u drvu (%)

TG - oštrina 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 počne 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 proizvođači sušioničke opreme (13) nude mogućnost vođenja procesa



Slika 3. Shematski prikaz kombiniranog upravljačkog sustava • Schem of combined control system

sušenja na oba načina: kao funkcije izmjerenog sadržaja vode ili na temelju proračunatog sadržaja vode. Proces sušenja se tada može voditi ili na jedan ili na drugi način, ali obično postoji mogućnost kombiniranog vođenja procesa: iznad točke zasićenosti vlakancaca prema programu sušenja, ispod točke zasićenosti vlakancaca 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

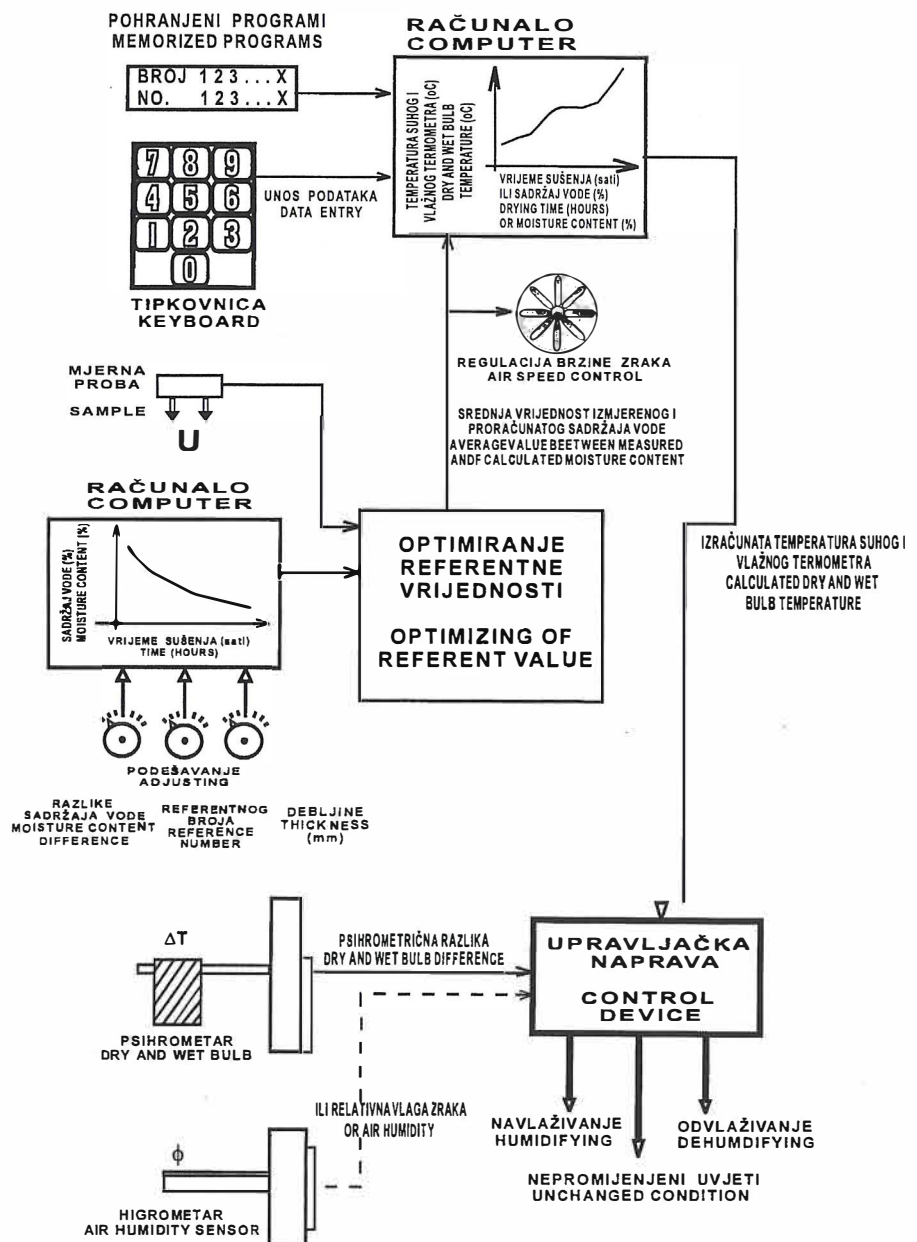
U prethodno opisanim upravljačkim sustavima, mijenjanje pojedinih vrijednosti parametara sušenja je bilo u neposrednoj vezi s vrijednošću sadržaja vode, a tražena je vrijednost relativne vlage zraka imala ista obilježja promjene kao i sadržaj vode.

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 vlaga 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 cjelokupno 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 temperatura 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 orijentacijske vrijednosti, izračunava se iz tih dviju vrijednosti srednja vrijednost. Srednja vrijednost sadržaja vode objedinjavanja prednosti proračunatog i izmjerenog 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 kompliciran, 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 mjerenja sadržaja vode u drvu, mogu se koristiti pojedinačne izmjere, srednja vrijednost, vrijednost najvećeg sadržaja vode ili kombinacija između unutarnjeg i vanjskog sadržaja vode. Mjerenja s prevelikim odstupanjima mogu se odbaciti kao nevjerodostojna.

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

Sigurnosni program

Ako je moderni računalom upravljani sustav kontrolni sustav opskrbljen sa sigurnosnim programom on stalno nadzire da li su zadane komande zaista izvršene (npr. zatvaranje dovoda topline) i da li mjerači 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 zabilješke 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. Čičel, 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 rechnergestützten 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 Messwerterfassung. 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 Kammertrocknung 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 Holz Trockner 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 Bollmann 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.