

Вовед

Инверзната постапка наоѓа се поширока примена во голем број различни подрачја на машинството: кондуктивен пренос на топлина, механика на флуиди, конвективен пренос на топлина, определување на својствата на материјалите, детекција на дефекти во материјалите, определување на облици, оптимизација на процеси итн. Во последните неколку години инверзната постапка се применува и во изучувањето на процесите на сушењето. Додека во класичниот, директен проблем е дадена причината и се определува ефектот, во инверзната постапка се определува причината преку познавање на ефектот.

За примена на инверзната постапка неопходно е познавање и математичко дефинирање на директниот проблем, односно познавање на процесот кој се истражува. Во таа смисла, примената на инверзната постапка во изучувањето на процесите на сушењето подразбира познавање на математичкиот модел на сушењето.

Постојат неколку различни теориски пристапи за изучување на процесите на пренос на топлина и маса во материјалот што се суши.

Математичкиот модел кој што се користи во овој труд се базира на пристапот, најнапред предложен од *Philp* и *De Vries*, (1957), а подоцна развиен и од *Luikov*, (1972), каде што полињата на температурата и влажноста во телото што се суши се опишани со систем од две парцијални диференцијални равенки. Системот на равенки на пренос на топлина и маса *Ликов*, во понатамошната постапка, го сведува на линеарен облик што доведува до негова ограничена примена и во голем број на случаи до погрешни резултати. Во системот на парцијални диференцијални равенки се вклучени термофизичките карактеристики на материјалот кои во основа се функции од температурата и влажноста.

Каневче, (1981) докажува дека пристапот на *Ликов* може да се искористи за опишување на процесите на пренос на топлина и маса до колку се користи нелинеарен систем на парцијални диференцијални равенки.

Kanevce, (1998) покажува дека точноста на пресметката на полињата на температурата и влажноста во материјалот што се суши, во голема мерка зависи од точното познавање на зависностите на термофизичките карактеристики на материјалот од температурата и влажноста, а при тоа, особено значење има зависноста на дифузивноста од температурата и влажноста.

Бројот на доверливи податоци за термофизичките карактеристики на прехранбените материјали во литературата е мал. Од предложените модели за пресметка на термофизичките карактеристики на прехранбените материјали, само мал дел ја вклучуваат истовремената зависност од температурата и влажноста. Причините за тоа се повеќестрани (*Каневче, 1981; Saravcos, 2001*):

- релативно малите димензии на сушениот материјал го отежнуваат мерењето на локалните вредности на температурата и влажноста
- процесот на сушење е пратен со структурни промени, физичко - хемиски процеси и ендо и егзо-термички реакции
- нехомогената структура и големите разлики во составот и микро-структурата на сушените прехранбени материјали.

Дифузивноста е една од најважните термофизички карактеристики во анализата, проектирањето и оптимизацијата на процесите на сушење на прехранбените материјали. Литературните податоци за дифузивноста на прехранбените материјали тешко се споредуваат заради различноста на материјалите користени како примероци во експериментите, методите на предтретмани, експерименталните методи и методите за анализа на податоците (*Kiranoudis u др., 1993b*).

Основен проблем во определувањето на дифузивноста со класични или инверзни методи е потешкотијата на мерењето на содржината на влага. Локалните мерења на содржината на влага се практично невозможни, особено за мали димензии на сушениот материјал, а мерењата на кривите на сушење се комплексни и со мала точност.

Kanevce u др., (2000) предложија нова метода за определување на дифузивноста која се базира на примената на инверзната постапка и го користи температурниот одговор на процесите на пренос на топлина и маса во телото што се суши. На тој начин, недоволно точните мерења на влажноста се заменуваат со точни и лесни за изведба мерења на температурата со еден термопар поставен во телото што се суши.

Kanevce u др., (2000; 2000a; 2000b; 2002; 2002a; 2002c; 2002d; 2003; 2003a) ја применија оваа метода за определување на дифузивноста и останатите термофизички карактеристики и коефициентите на пренос на топлина и маса на материјали кои не го менуваат својот волумен во текот на процесот на сушењето.

Во текот на изработката на дисертацијата користени се и искуствата од истражувањата на процесите на сушењето и придружните области на проф. д-р Благоје Андрејевски (*Andrejevski, 1979; Андрејевски, 1988; Андрејевски, 1989; Андрејевски, 1990; Andrejevski, 1991; Andrejevski, 1997;*) и

проф. д-р Димитрије Вороњец (*Voronjec, 1972; Voronjec, 1981; Voronjec, 1996; Antonijevic u Voronjec, 1998; Voronjec, 1998; Voronjec, 1998a; Voronjec, 2002*).

Предмет на дисертацијата е развој на нова метода за определување на дифузивноста и останатите термофизички карактеристики и коефициентите на пренос на топлина и маса кај определени реални материјали (компир и јаболко), со примена на инверзната постапка и развој на модел за пресметка и анализа на процесите на сушењето кај материјали кои го менуваат волуменот во текот на сушењето.

Целта на дисертацијата е теориско и експериментално истражување на процесите на пренос на топлина и маса при сушењето, со посебен осврт на примената на инверзната постапка во истражувањето на процесите на сушењето.

Од изработката на оваа дисертацијата произлегуваат следните придобивки:

- база на литературни податоци за термофизичките карактеристики на компир и јаболко
- експериментална апаратура за испитување на кинетиката на конвективно сушење
- база на податоци од реализираните експериментални истражувања
- определување на густината на компир и јаболко
- определување на зависноста на релативното намалување на волуменот на сушените материјали од режимот на сушењето
- математички модел на процесите на сушењето што ја зема предвид и промената на волуменот на материјалот
- база на податоци добиени од нумеричките пресметки
- определување на параметрите на дифузивноста (*Arrhenius*-овиот фактор и активационата енергија) и другите термофизички карактеристики и коефициентите на пренос на топлина и маса на прехрамбени материјали кои го менуваат својот волумен во текот на процесот на сушењето со примена на инверзната постапка
- поставување корелација помеѓу граничните, физичките услови и коефициентите и детерминантата на осетливост
- отворање на простор за понатамошни истражувања.

Дел од експерименталните истражувања и нумеричките пресметки од оваа дисертација се реализирани во рамките на научно-истражувачкиот проект "Оптимизација на процесите на сушењето", финансиран од Министерството за образование и наука на Република Македонија, раководен од проф. д-р Љубица Каневче.

Дисертацијата ја сочинуваат вкупно шест глави.

Во првата глава се разгледани досегашните сознанија во областа на сушењето од аспект на развој на теоријата на сушењето, примената на постојните методи и развој на нови методи на сушење за подобрување на

квалитетот и заштеда на енергијата при сушењето на прехранбените материјали.

Во втората глава се опишани инверзната постапка, нејзината примена во процесите на сушењето и методите на нелинеарна оптимизација за нејзина реализација.

Третата глава содржи литературни податоци и модели за пресметка на термофизичките карактеристики на прехранбените материјали кои се од интерес на проучувањето.

Во четвртата глава е опишана експерименталната апаратура, изложени се експерименталните истражувања на кинетиката на сушење на репрезентативно избрани материјали (компир и јаболко), експериментално е определена густината на компир и јаболко, извршена е анализа на влијанието на граничните услови врз намалувањето на волуменот на телото.

Во петтата глава се дадени математички модели за симулација на процесите на сушењето во кои не е и е земено во предвид намалувањето на димензиите на материјалот. Направени се нумерички пресметки при различни гранични услови и димензии на сушениот материјал.

Со примена на инверзната постапка во шестата глава се анализира можноста за истовремено определување на параметрите на дифузивноста и останатите термофизички карактеристики и коефициентите на пренос на топлина и маса на компир и јаболко кои го менуваат или не го менуваат својот волумен во текот на процесот на сушење. При тоа, со анализа на коефициентите и детерминантата на осетливост се испитува влијанието на температурата, релативната влажност и брзината на воздухот за сушење, како и дебелината на сушениот примерок. Со определените параметри извршени се нумерички пресметки со моделите и резултатите се споредени со експерименталните. Резултатите добиени со моделот кој го зема во предвид намалувањето на димензиите на материјалот, покажуваат висок степен на совпаѓање со експерименталните.

На крајот од дисертацијата, обединети се заклучоците од претходните поглавја и се изложени насоките за понатамошни истражувања.