بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

..

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته حفاظت و اصلاح چوب

عنوان:

تدوین برنامه چوب‌خشک‌کنی بر پایه تئوری انتشار برای گونه پالونیا
(*Paulownia fortunei*) به ضخامت ۵ سانتی‌متر

پژوهش و نگارش:

سید محمود میری تاری

استاد راهنما :

دکتر محراب مدهوشی

تابستان ۹۱

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

..

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته حفاظت و اصلاح چوب

عنوان:

تدوین برنامه چوب‌خشک‌کنی بر پایه تئوری انتشار برای گونه پالونیا (*Paulownia fortunei*) به ضخامت ۵ سانتی‌متر

پژوهش و نگارش:

سید محمود میری تاری

استاد راهنما :

دکتر محراب مدهوشی

استاد مشاور:

دکتر اصغر امیدوار

تابستان ۹۱

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی – پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلا به صورت کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشافات و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان نامه (رساله) باید با کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **سید محمود میری تاری** دانشجوی رشته **حفاظت و اصلاح چوب** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

سید محمود میری تاری

تقدیم به

همسر مهربانم به پاس تمامی همراهی هایش

تقدیر و تشکر

خداوند منان را شاکرم که به من توفیق عطا فرمود در راه اعتلای میهن عزیزم گامی هرچند ناچیز بردارم.

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر مدهوشی، به پاس راهنمایی های بی دریغ علمی، سجایای اخلاقی و کمک های ارزنده قدردانی می نمایم.

از مشاور محترم جناب آقای دکتر امیدوار که افتخار شاگردی ایشان نصیب بنده گردید به خاطر تمامی تلاش هایشان سپاسگزارم.

از عوامل کارگاه- آزمایشگاه و عزیزانی که در گروه صنایع چوب فعالیت می کنند و در مراحل مختلف انجام پایان نامه مساعدت نمودند همچنین از کلیه دوستانی که بنده را در انجام این تحقیق همراهی نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

به منظور تدوین یک برنامه بومی کوره بر پایه تئوری انتشار برای چوب پالونیا (*Paulownia fortunei*) با برش تجاری و با ضخامت اسمی ۵ سانتی‌متر، ۳ پایه به طور تصادفی از جنگل شصت‌کلا در حوالی گرگان قطع و تحت برنامه‌های تدوین شده بر پایه تئوری انتشار، برگرفته از روابط مالمکوئیست در کوره خشک شدند. همچنین برنامه‌هایی بر اساس توصیه موسسه FPL بر روی بارهای مجزا و به منظور مقایسه با نتایج تئوری انتشار برای خشک کردن استفاده شد. رطوبت نهایی در همه بارها ۲±۸ درصد در نظرگرفته شد. برای هر روش، سه بار کوره به‌طور مجزا و در مجموع شش بار کوره تدوین و اجرا شد. برنامه‌های تدوین شده بر اساس توصیه موسسه FPL شامل کدهای T_6E_3، T_6E_4 و T_7E_4 بودند. در برنامه‌های تدوین شده بر اساس تئوری انتشار، دمای تر در همه آنها یکسان (۵۹ درجه سانتی‌گراد) در نظر گرفته شد و دمای خشک با توجه به کاهش رطوبت به تدریج افزایش یافت. شدت معایب (کمانی، انحنا و تاب) و ترک‌ها (سطحی و انتهایی) در طول اجرای برنامه در همه بارها قبل و بعد از خشک‌شدن اندازه‌گیری شدند. از روش‌های کنترل کیفی و آنالیز آماری جهت تجزیه و تحلیل نتایج و انتخاب مناسب‌ترین برنامه استفاده گردید. نتایج نشان داد در تمامی برنامه‌ها، شدت تغییرات در حدود قابل قبول کمی و کیفی قرار دارند. در میان برنامه‌های تدوین شده بر اساس توصیه FPL کد T_7E_4 به علت وجود درصد رطوبت بالاتر و اعمال برنامه نسبتا شدیدتر، درصد شدت تغییرات معایب بیشتری را نشان داد که این نتایج مشابه بار اول کوره در برنامه تدوین شده بر اساس تئوری انتشار (Dif_1) می‌باشد. اما در برنامه‌هایی نظیر T_6E_3 با وجود درصد رطوبت بالاتر به علت خشک شدن ملایم‌تر و همچنین در بار سوم تئوری انتشار (Dif_3) با وجود برنامه شدیدتر به علت درصد رطوبت اولیه کمتر شدت تغییرات معایب از سایر برنامه‌ها کمتر بودند. به نظر می‌رسد در گونه‌های با دانسیته پایین نظیر پالونیا در صورت کم بودن رطوبت اولیه، اعمال برنامه شدیدتر بدون نگرانی از وقوع معایب چشمگیر مقدور می‌باشد. ولی درصورت وجود درصد رطوبت بالاتر، اعمال برنامه ملایم‌تر می‌تواند کیفیت بالاتری در پی داشته باشد.

واژگان کلیدی : پالونیا، تئوری انتشار، توصیه FPL، معایب خشک شدن.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۱ انواع جریان سیال در چوب ۳

۱- ۲ پدیده انتشار و خشک شدن چوب ۴

۱-۳ تدوین برنامه بر اساس توصیه آزمایشگاه محصولات جنگلی ایالات متحده ۵

۱-۴ مکانیسم تغییر فاز برنامه کوره ۵

۱-۵ مزایای خشک کردن چوب ۶

۱-۶ پارامترهای موثر در خشک کردن چوب ۷

۱-۶-۱ خصوصیات منحصربه فرد گونه چوبی ۷

۱-۶-۲ پارامترهای محیطی ۷

۱-۷ انواع روش‌های خشک کردن چوب ۷

۱-۷-۱ چوب خشک کنی در هوای آزاد ۷

۱-۷-۲ چوب خشک کنی در کوره ۸

۱-۸ معایب ناشی از خشک کردن چوب ۸

۱-۸-۱ گسیختگی ۹

۱-۸-۲ اعوجاج چوب ۱۰

۱-۸-۳ عدم یکنواختی چوب ۱۱

۱-۹ بارگذاری و دسته‌بندی الوار ۱۱

۱-۹-۱ نمونه کنترل ۱۲

۱-۹-۲ چوبدستک گذاری ۱۲

۱-۱۰ گونه مورد مطالعه ۱۲

۱-۱۰-۱ خواص عمومی ۱۳

۱-۱۰-۲ مصارف ۱۳

۱-۱۱ فرضیه‌ها ۱۴

۱-۱۲ اهداف ۱۴

۱-۱۳ ضرورت انجام تحقیق ۱۴

فصل دوم: سابقه تحقیق

۲- سابقه تحقیق ۱۶

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱ مشخصات کوره خشک کن ۳۱

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۲ تهیه و آماده‌سازی نمونه ۳۳
۳-۳ اندازه‌گیری مشخصات اولیه قبل از خشک شدن ۳۶
۳-۳-۱ تهیه نمونه کنترل ۳۶
۳-۳-۲ اندازه‌گیری رطوبت چوب‌های بار کوره ۳۶
۳-۳-۲-۱ محاسبه وزن خشک نمونه کنترل ۳۹
۳-۳-۲-۲ محاسبه رطوبت جاری نمونه کنترل ۳۹
۳-۳-۲-۳ محاسبه دانسیته پایه ۴۰
۳-۳-۳ توزین نمونه‌های تحت آزمایش ۴۱
۳-۳-۴ بررسی معایب ۴۱
۳-۳-۴-۱ اعوجاج ۴۱
۳-۳-۴-۲ ترک سطحی و انتهایی ۴۱
۳-۳-۵ قرار دادن نمونه کنترل ۴۱
۳-۳-۶ تهیه چوبدستک ۴۲
۳-۴ تدوین برنامه بر اساس توصیه FPL ۴۲
۳-۵ تدوین برنامه بر اساس تئوری انتشار ۴۴
۳-۵-۱ چگونگی حل معادلات ۴۶
۳-۵-۲ تعیین دانسیته ۴۷
۳-۶ پایان اجرای برنامه ۴۹
۳-۶-۱ آزمون نهایی ۴۹
۳-۶-۱-۱ آزمون میانگین رطوبت نهایی ۴۹
۳-۷ آزمون پوسته و مغزی ۵۰
۳-۸ آزمون ارزیابی تنش ۵۰
۳-۹ تحلیل داده‌ها ۵۱
۳-۹-۱ تحلیل نمودارها ۵۱
۳-۹-۲ تحلیل عیوب کمانی و انحنا ۵۲
۳-۹-۳ تحلیل عیب تاب ۵۲
۳-۹-۴ تحلیل عیب ترک سطحی و انتهایی ۵۳
۳-۱۰ مقدار کل معایب ۵۳

فصل چهارم: نتایج

۴-۱ تغییرات رطوبت جاری نمونه‌های کنترل ۵۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۲ منحنی تغییرات دما ۶۰
۴-۳ بررسی نرخ خشک شدن تخته‌ها در هر مرحله ۶۴
۴-۴ نتایج حاصل از تحلیل معایب ۶۸
۴-۴-۱ بررسی عیب کمانی ۶۸
۴-۴-۲ بررسی عیب انحنا ۷۴
۴-۴-۳ بررسی عیب تاب ۷۹
۴-۴-۴ آنالیز آماری معایب ۸۵
۴-۴-۵ عیب ترک ۸۷
۴-۵ نتایج حاصل برای رسم نمودار C (تحلیل کلی معایب) ۸۷
۴-۶ توزیع رطوبت پوسته و مغزی ۹۲
۴-۷ مقادیر برون سختی در هر برنامه ۹۶

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱ عیب کمانی ۱۰۴
۵-۲ عیب انحنا ۱۰۴
۵-۳ عیب تاب ۱۰۵
۵-۴ تحلیل تعداد معایب ۱۰۵
۵-۵ تغییرات برون سختی ۱۰۶
۵-۶ تغییرات رطوبت پوسته و مغزی ۱۰۷
۵-۷ تحلیل پراکنش رطوبتی ۱۰۷
۵-۸ مقایسه زمان اجرای برنامه ۱۰۷
۵-۹ تحلیل کلی ۱۰۸
۵-۱۰ پیشنهادات ۱۰۸

منابع

منابع ۱۱۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱ نمایش انواع اعوجاج در تخته ۹
شکل ۳-۱ نمای بیرونی کوره ۳۲
شکل ۳-۲ نمای داخلی کوره ۳۲
شکل ۳-۳ نمایی از تابلوی کوره ۳۳
شکل ۳-۴ قطع پایه‌های پالونیا ۳۴
شکل ۳-۵ حمل گرده‌بینه‌ها به کارخانه چوب‌بری ۳۴
شکل ۳-۶ برش گرده‌بینه با اره نواری افقی ۳۵
شکل ۳-۷ تبدیل نمونه‌ها به ابعاد نواری ۳۵
شکل۳-۸ نحوه تهیه نمونه‌های کنترل وآزمونه‌های تعیین رطوبت ۳۶
شکل۳-۹ تهیه دیسک از گرده‌بینه ۳۸
شکل ۳-۱۰ وزن کردن نمونه کنترل برای محاسبه رطوبت جاری ۴۰
شکل ۳-۱۱ نحوه قرار گرفتن چوبدستک در هر ردیف از چوبها ۴۲
شکل ۳-۱۲ نمونه‌های آزمون پوسته و مغزی ۵۰
شکل۳-۱۳نمونه‌های تعیین برون سختی ۵۱
شکل۴-۱ تغییرات رطوبت طی زمان در برنامه T_6E_3 ..... ۵۷
شکل۴-۲ تغییرات رطوبت طی زمان در برنامه T_6E_4 ..... ۵۷
شکل۴-۳ تغییرات رطوبت طی زمان در برنامه T_7E_4 ..... ۵۸
شکل۴-۴ تغییرات رطوبت طی زمان در برنامه Dif_1 ..... ۵۸
شکل۴-۵ تغییرات رطوبت طی زمان در برنامه Dif_2 ..... ۵۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۶ تغییرات رطوبت طی زمان در برنامهDif_3 ۵۹
شکل۴-۷ تغییرات دمای کوره بر حسب زمان در برنامهT_6E_3 ۶۱
شکل۴-۸ تغییرات دمای کوره بر حسب زمان در برنامهT_6E_4 ۶۱
شکل۴-۹ تغییرات دمای کوره بر حسب زمان در برنامهT_7E_4 ۶۲
شکل۴-۱۰ تغییرات دمای کوره بر حسب زمان در برنامهDif_1 ۶۲
شکل۴-۱۱ تغییرات دمای کوره بر حسب زمان در برنامهDif_2 ۶۳
شکل۴-۱۲ تغییرات دمای کوره بر حسب زمان در برنامهDif_3 ۶۳
شکل ۴-۱۳ نرخ خشک شدن در برنامهT_6E_3 ۶۵
شکل۴-۱۴ نرخ خشک شدن در برنامهT_6E_4 ۶۵
شکل۴-۱۵ نرخ خشک شدن در برنامهT_7E_4 ۶۶
شکل۴-۱۶ نرخ خشک شدن در برنامهDif_1 ۶۶
شکل۴-۱۷ نرخ خشک شدن در برنامهDif_2 ۶۷
شکل۴-۱۸ نرخ خشک شدن در برنامهDif_3 ۶۷
شکل ۴-۱۹میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامه T_6E_3 ۷۱
شکل ۴-۲۰ میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامهT_6E_4 ۷۱
شکل۴-۲۱ میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامهT_7E_4 ۷۲
شکل۴-۲۲ میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامهDif_1 ۷۲
شکل۴-۲۳ میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامهDif_2 ۷۳
شکل۴-۲۴ میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامهDif_3 ۷۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۲۵ میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه T_6E_3 ..... ۷۶
شکل ۴-۲۶ میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه T_6E_4 ..... ۷۷
شکل ۴-۲۷ میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه T_7E_4 ..... ۷۷
شکل ۴-۲۸ میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه Dif_1 ..... ۷۸
شکل ۴-۲۹ میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه Dif_2 ..... ۷۸
شکل ۴-۳۰ میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه Dif_3 ..... ۷۹
شکل ۴-۳۱ میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه T_6E_3 ..... ۸۲
شکل ۴-۳۲ میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه T_6E_4 ..... ۸۲
شکل ۴-۳۳ میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه T_7E_4 ..... ۸۳
شکل ۴-۳۴ میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه Dif_1 ..... ۸۳
شکل ۴-۳۵ میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه Dif_2 ..... ۸۴
شکل ۴-۳۶ میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه Dif_3 ..... ۸۴
شکل ۴-۳۷ مقایسه شدت عیب کمانی و سطح معناداری آنها در برنامه‌های مختلف..... ۸۶
شکل ۴-۳۸ مقایسه شدت عیب انحنا و سطح معناداری آنها در برنامه‌های مختلف..... ۸۶
شکل ۴-۳۹ مقایسه شدت عیب تاب و سطح معناداری آنها در برنامه‌های مختلف..... ۸۷
شکل ۴-۴۰ نمودار C برای برنامه T_6E_3..... ۸۹
شکل ۴-۴۱ نمودار C برای برنامه T_6E_4..... ۸۹
شکل ۴-۴۲ نمودار C برای برنامه T_7E_4..... ۹۰
شکل ۴-۴۳ نمودار C برای برنامه Dif_1..... ۹۰
شکل ۴-۴۴ نمودار C برای برنامه Dif_2..... ۹۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۴۵ نمودار C برای برنامه Dif_3.....۹۱
شکل ۴-۴۶ مقایسه آماری عیب کلی ایجاد شده در برنامه‌های مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد.....۹۲
شکل۴-۴۷ نمودار چگونگی توزیع رطوبت در ضخامت تخته در برنامه‌های بر اساس FPL.....۹۵
شکل۴-۴۸ نمودار چگونگی توزیع رطوبت در ضخامت تخته در برنامه‌های بر اساس تئوری انتشار.....۹۵
شکل ۴-۴۹ نمودار مقایسه میزان بروز برون سختی در برنامه‌های مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد.....۹۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ متوسط رطوبت اولیه چوبهای بار کوره در هر یک از مراحل (حسب درصد) در روش FPL..... ۳۸

جدول۳-۲ متوسط رطوبت اولیه چوبهای بار کوره در هر یک از مراحل (حسب درصد) در تئوری انتشار..... ۳۸

جدول ۳-۳ برنامه T_6E_3 جهت خشک نمودن پالونیا به ضخامت ۵ سانتی‌متر با رطوبت اولیه ۱۵۵٪..... ۴۳

جدول ۳-۴ برنامه T_6E_4 جهت خشک نمودن پالونیا به ضخامت ۵ سانتی‌متر با رطوبت اولیه ۱۴۰٪..... ۴۳

جدول ۳-۵ برنامه T_7E_4 جهت خشک نمودن پالونیا به ضخامت ۵ سانتی‌متر با رطوبت اولیه ۱۲۰٪..... ۴۴

جدول ۳-۶ تدوین برنامه بر اساس تئوری انتشار با میانگین رطوبت اولیه ۱۱۳٪..... ۴۷

جدول ۳-۷ تدوین برنامه بر اساس تئوری انتشار با میانگین رطوبت اولیه ۷۵/۵٪..... ۴۸

جدول ۳-۸ تدوین برنامه بر اساس تئوری انتشار با میانگین رطوبت اولیه ۵۳/۵٪..... ۴۹

جدول ۴-۱ مقدار رطوبت جاری نمونه‌های کنترل در برنامه T_6E_3..... ۵۴

جدول ۴-۲ مقدار رطوبت جاری نمونه‌های کنترل در برنامه T_6E_4..... ۵۵

جدول ۴-۳ مقدار رطوبت جاری نمونه‌های کنترل در برنامهT_7E_4..... ۵۵

جدول ۴-۴ مقدار رطوبت جاری نمونه‌های کنترل در برنامه اول تئوری انتشار (Dif_1)..... ۵۶

جدول ۴-۵ مقدار رطوبت جاری نمونه‌های کنترل در برنامه دوم تئوری انتشار (Dif_2)..... ۵۶

جدول ۴-۶ مقدار رطوبت جاری نمونه‌های کنترل در برنامه سوم تئوری انتشار (Dif_3)..... ۵۶

جدول ۴-۷ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامه T_6E_3..... ۶۸

جدول ۴-۸ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامه T_6E_4..... ۶۹

جدول ۴-۹ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامه T_7E_4..... ۶۹

جدول ۴-۱۰ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامه Dif_1..... ۶۹

جدول ۴-۱۱ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامه Dif_2..... ۷۰

جدول ۴-۱۲ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب کمانی در برنامه Dif_3..... ۷۰

جدول ۴-۱۳ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه T_6E_3..... ۷۴

جدول ۴-۱۴ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه T_6E_4..... ۷۴

جدول ۴-۱۵مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه T_7E_4..... ۷۵

جدول ۴-۱۶ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه Dif_1..... ۷۵

جدول ۴-۱۷ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه Dif_2..... ۷۵

جدول ۴-۱۸ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب انحنا در برنامه Dif_3..... ۷۶

جدول ۴-۱۹ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه T_6E_3..... ۷۹

جدول ۴-۲۰ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه T_6E_4..... ۸۰

جدول ۴- ۲۱مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه T_7E_4..... ۸۰

جدول ۴-۲۲ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه Dif_1..... ۸۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۲۳ مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه Dif_2 ..... ۸۱
جدول ۴-۲۴مقادیر لازم برای رسم نمودار میانگین شدت تغییرات عیب تاب در برنامه Dif_3 ..... ۸۱
جدول ۴-۲۵ آنالیز آماری معایب ایجاد شده و بررسی معناداری آنها در سطح اطمینان ۹۵ درصد ۸۵
جدول ۴-۲۶ مقادیر لازم برای رسم نمودار C برای کل معایب ایجاد شده در برنامه‌های بر اساس FPL ۸۸
جدول ۴-۲۷ مقادیر لازم برای رسم نمودار C برای کل معایب ایجاد شده در برنامه‌های بر اساس تئوری انتشار ۸۸
جدول ۴- ۲۸ مقادیر مربوط به تعداد کلی عیوب در برنامه‌های مختلف ۹۱
جدول ۴-۲۹ وزن اولیه، وزن خشک و درصد رطوبت پوسته و مغزی آزمونه‌ها در برنامه T_6E_3 ..... ۹۳
جدول ۴-۳۰ وزن اولیه، وزن خشک و درصد رطوبت پوسته و مغزی آزمونه‌ها در برنامه T_6E_4 ..... ۹۳
جدول ۴-۳۱ وزن اولیه، وزن خشک و درصد رطوبت پوسته و مغزی آزمونه‌ها در برنامه T_7E_4 ..... ۹۳
جدول ۴-۳۲ وزن اولیه، وزن خشک و درصد رطوبت پوسته و مغزی آزمونه‌ها در برنامه Dif_1 ..... ۹۴
جدول ۴-۳۳ وزن اولیه، وزن خشک و درصد رطوبت پوسته و مغزی آزمونه‌ها در برنامه Dif_2 ..... ۹۴
جدول ۴-۳۴ وزن اولیه، وزن خشک و درصد رطوبت پوسته و مغزی آزمونه‌ها در برنامه Dif_3 ..... ۹۴
جدول ۴-۳۵ آنالیز آماری مقادیر برون سختی و بررسی معناداری آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ۹۶
جدول ۴-۳۶ وزن نمونه‌ها (بر حسب کیلوگرم) قبل و بعد از خشک شدن در برنامه T_6E_3 با میانگین ۱۵۵٪ ۹۷
جدول ۴-۳۷ وزن نمونه‌ها (بر حسب کیلوگرم) قبل و بعد از خشک شدن در برنامه T_6E_4 با میانگین ۱۴۰٪ ۹۸
جدول ۴-۳۸ وزن نمونه‌ها (بر حسب کیلوگرم) قبل و بعد از خشک شدن در برنامه T_7E_4 با میانگین ۱۲۰٪ ۹۹
جدول ۴-۳۹ وزن نمونه‌ها (بر حسب کیلوگرم) قبل و بعد از خشک شدن در برنامه Dif_1 با میانگین ۱۱۳٪ ۱۰۰
جدول ۴-۴۰ وزن نمونه‌ها (بر حسب کیلوگرم) قبل و بعد از خشک شدن در برنامه Dif_2 با میانگین ۷۵/۵٪ ۱۰۱
جدول ۴-۴۱ وزن نمونه‌ها (بر حسب کیلوگرم) قبل و بعد از خشک شدن در برنامه Dif_3 با میانگین ۵۳/۵٪ ۱۰۲
جدول ۴- ۴۲ انحراف معیار و میانگین پراکنش رطوبت در برنامه‌های مختلف ۱۰۳
جدول ۴-۴۳ پراکنش رطوبتی کلی در ۶ بار کوره ۱۰۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- مقدمه

صنعت چوب نقش کلیدی در اقتصاد کشورهای مختلف ایفا می‌کند. در برخی از کشورها نظیر کانادا، این صنعت (صرف‌نظر از صنعت خمیر و کاغذ) ۱ درصد از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است (دینسر[1]، ۱۹۹۸). از سوی دیگر چوب‌خشک کنی یکی از مهمترین مراحل فرآوری چوب می‌باشد که تاثیر مهمی بر روی کیفیت محصول نهایی داراست (داسیلوا[2] و همکاران، ۲۰۱۰). از آنجا که چوب خشک کنی از مراحل زمان بر و پرهزینه می‌باشد بنابراین پس از این فرآیند بایستی نتیجه نهایی منجر به درآمدزایی و افزایش ارزش افزوده شود وگرنه بخش قابل توجهی از زمان، انرژی و سرمایه از دست می‌رود (ونگر[3]، ۲۰۰۶). درخت سرپا دارای مقادیر قابل توجهی آب می‌باشد. میزان رطوبت در درخت سرپا ممکن است از ۳۰ درصد تا بالای ۲۵۰ درصد متغییر باشد که بسته به نوع گونه چوبی و خصوصیات رویشی هر گونه متفاوت می‌باشد (باروناس و همکاران[4] ، ۲۰۰۱). وجود رطوبت در چوب به هنگام مصرف و کاربرد آن به صورت ماسیو یا فرآورده‌های لایه‌ای، مشکلات عدیده‌ای را می‌تواند به‌وجود آورد که در بعضی مواقع غیرقابل پیش‌بینی خواهد بود. از این‌رو خروج آب از چوب قبل از تولید فرآورده‌ها و مصرف نهایی آنها یک ضرورت می‌باشد. پس از گذشت نزدیک به یک قرن، هنوز تحقیقات گسترده‌ای در جهت یافتن روشهای بهینه خشک کردن چوب در کوره صورت می‌گیرد و این خود نشانه اهمیت این موضوع می باشد. نگاهی به تاریخچه صنعت خشک کردن چوب موید این مطلب است که تحولات شگرفی در این صنعت رخ داده است به‌طوری‌که از ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین روش خشک کردن که چوب خشک کنی در هوای آزاد می‌باشد تا روشهای پیشرفته‌ای نظیر میکروویو، رادیوفرکانس، خشک کردن تحت خلاء و کوره‌های خورشیدی را شامل می‌شود. با پیشرفت تکنولوژی امروزه از مدل‌های ریاضی و شبیه‌سازی رایانه‌ای نیز جهت پیش‌بینی فرایند خشک شدن چوب استفاده می‌نمایند.

چوب درهوای آزاد می‌تواند به صورت طبیعی خشک شود اما رطوبت نهایی قابل دستیابی در این شرایط، در اکثر مواقع بیشتر از رطوبت محیطی است که چوب به هنگام مصرف توسط آن احاطه می‌شود به همین جهت چوب را باید در کوره‌هایی مخصوص، به‌طور مصنوعی و تا رطوبتی که

1-Dincer
2- Dasilva
3-Wenger
4-Baronas

مطلوب ساخت مصنوع موردنظر است، خشک نمود. به علت پیچیدگی و ماهیت متفاوت گونه‌های مختلف در فرآیند خشک شدن چوب و نیز عوامل متعددی که در این امر دخالت دارند، تا کنون هیچ استاندارد معینی جهت تدوین برنامه کوره ارائه نشده است، اما در اکثر قریب به اتفاق آنها، توصیه‌های آزمایشگاه فرآورده‌های جنگلی ایالات متحده آمریکا در این باره مورد توجه قرار می‌گیرد (مدهوشی و ابراهیمی، ۱۳۷۶). مطالعه منابع نشان می‌دهد که جهت تدوین برنامه کوره و پیش‌بینی رفتار چوب هنگام خشک شدن از روش‌های مختلفی می‌توان بهره برد. برخی از تحقیقات بر اساس مطالعات تجربی استوار است (دینسر، ۱۹۹۸. جیان فنگ و همکاران[1]، ۲۰۰۷). برخی دیگر از مدل‌های ریاضی و شبیه سازی رایانه‌ای بهره می‌برند (باروناس و همکاران، ۲۰۰۱. داسیلوا و همکاران ۲۰۱۰. آیتکین و همکاران[2]، ۲۰۰۹) . برخی از محققان از قوانین دارسی (پن هیرو و همکاران[3]، ۱۹۹۸) و عده‌ای نیز از تئوری انتشار جهت تدوین برنامه و پیش‌بینی فرایند خشک شدن چوب استفاده نمودند (مالمکویست[4]، ۱۹۹۱. لیو و سیمپسون[5]، ۱۹۹۶ و ۱۹۹۹. دینسر، ۱۹۹۸. باروناس و همکاران، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱. لیو و همکاران، ۲۰۰۱. کولاسیرس و ووهد[6]، ۲۰۰۵. ریچاردز و همکاران[7]، ۲۰۰۵. اولک و ورس[8]، ۲۰۰۷). به‌طور کلی خشک کردن چوب شامل خروج رطوبت و انتقال آن از مغز به سطح چوب می‌باشد که این انتقال در شرایط کنترل شده‌ای صورت می‌پذیرد. به عبارتی دیگر خشک شدن چوب شامل حرکت مولکولهای آب در هر یک از حالتهای مایع یا بخار از میان یک ساختار بیولوژیک پیچیده با تغییراتی در فاز از قبیل بخار شدن یا مایع شدن می‌باشد (کی[9] و همکاران، ۲۰۰۰).

۱-۱ انواع جریان سیال در چوب

انتقال سیال در چوب به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود. بخش اول جریان توده‌ای سیال در فضاهای خالی مرتبط چوب در اثر گرادیان فشار موئین یا استاتیک می‌باشد. به این جریان گاه جابجایی جزئی نیز گفته می‌شود، چون آنرا می‌توان به گرادیان جابجایی غلظت مرتبط دانست. بخش دوم انتشار است

1- Jian-feng
2- Aytekin
3- Pinheiro
4- Malmaquist
5- Liu and Simpson
6- Kulasiris and Woohead
7- Richardez
8- Olek and Weres
9- Keey

که بر دو نوع می‌باشد: انتشار گازی که عبارت‌است از حرکت بخار آب از طریق هوای داخل حفرات سلول‌ها و انتشار آب آغشتگی که در داخل جدار سلول چوب صورت می‌گیرد. در یک نگاه کلی انواع جریان‌ها در چوب را به‌صورت زیر می‌توان دسته‌بندی نمود:

۱- جریان ویسکوز یا آرام[۱] ۲- جریان آشفته [۲] ۳- جریان غیرخطی[۳] ناشی از کاهش انرژی جنبشی در در هنگام ورود به یک موئین کوچک و کوتاه ۴- جریان لغزشی مولکولی که گاهی اوقات به‌نام انتشار نادسن[۴] خوانده می‌شود (ابراهیمی و ایزدیار، ۱۳۷۰).

۱-۲ پدیده انتشار و خشک شدن چوب

طبق قانون فیک[۵] سیال از جایی که غلظت بیشتری دارد به جایی که غلظت کمتری دارد انتشار پیدا می‌کند، بدون آنکه نیاز به گرادیان فشار استاتیکی باشد (سیو[۶]، ۱۹۷۱). در رابطه با خشک شدن چوب فرض بر این است که جابجایی رطوبت در چوب خاصیتی انتشاری دارد و رطوبت از منطقه‌ای که غلظت بالایی دارد به نقاطی که غلظت پایینی دارند، تمایل به انتشار دارد. در بسیاری از مطالعات، دانشمندان علم چوب توجه اصلی خود را در مورد پدیده انتشار و نقشی که در خشک کردن چوب دارد، معطوف ساختند (داسیلوا و همکاران، ۲۰۱۰). در یک بار خشک کردن چوب تحت این روش، فرض شده است که مقدار رطوبت تعادل سطح، به دما و نسبت رطوبت هوای احاطه شده مربوط می‌باشد و به خاطر تفاوت مقدار رطوبت بین سطح و داخل چوب، انتشار اتفاق می‌افتد (برامهال[۷]، ۱۹۹۵). میزان خشک شدن در چوب می‌تواند توسط دو فاکتور بیان شود:

۱- ضریب انتشار، به عنوان یک دلیل از نیروی درونی برای خروج رطوبت

۲- ضریب پخش (نشر) سطح، به عنوان یک دلیل از نیروی بیرونی برای خروج رطوبت (چن و همکاران[۸]، ۱۹۹۵).

1-Viscous or Laminar
2- Turbulent
3-Nonlinear
4-Knudsen
5- Fick's law
6- Sue
7- Bramhall
8- Chen