**УДК 66.047.3-982:[674.074.047.3]-027.236**

**ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ВАКУУМНО-ДИЭЛЕКТИРИЧЕСКОГО СПОСОБА СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ**

**Качанов А.Н., Коренков Д.А.**

*Россия, г. Орел, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»*

В статье приведены результаты сравнительного анализа трех способов сушки древесины: конвективного; вауумно-диэлектрического и СВЧ. На примере сушки древесины породы сосна показано, что наиболее энергоэффективным способом сушки по параметрам эффективности сушки является вауумно-диэлектрический способ сушки в высокочастотном электрическом поле.

In this article convective, dielectric/vacuum and microwave methods of wood drying are compared. On the example of breed of wood a pine it is shown, that most effective methods of wood drying is dielectric/vacuum wood drying in high-frequency electric field.

Влажность древесины поступающей на обработку с лесозаготовительных предприятий достигает 80%. Для изготовления товарной продукции требуется проведение процесса сушки, обеспечивающего снижение влажности древесины до 8-13%. Механизм сушки достаточно сложен. При неравномерной концентрации влага способна перемещаться по всему объему древесины, причем, направление её движения зависит от следующих факторов: от перепада влажности – в более сухую часть; при перепаде температуры – из нагретых слоев в холодные; при перепаде давлений – в сторону пониженного давления. Максимальный эффект сушки древесины, а именно, непрерывное и интенсивное удаление влаги, может быть достигнут лишь в том случае, когда все вышеуказанные факторы будут действовать в одном направлении.

Сегодня на предприятиях деревообрабатывающей промышленности широко используются различные способы сушки древесины, которые обеспечивают требуемую категорию качества сушки древесины. При конвективном способе сушки тепло, необходимое для удаления влаги, передаётся высушиваемому материалу от воздуха, топочных газов или перегретого пара [1]. Данный способ характеризуется большой продолжительностью сушки (от нескольких суток до нескольких десятков суток) и относительно высоким процентом брака продукции.

Ранее проведенные исследования [2] показали, что к наиболее прогрессивным способам, обеспечивающим исполнение ФЗ № 261 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23 ноября 2009 г., следует отнести высокочастотную вакуумно-диэлектрическую сушку. Данный способ обеспечивает нагрев капиллярно-пористых материалов за счет диэлектрических потерь энергии внутри древесины.

Для определения параметров энергоэффективности сушки были проведены теплотехнические расчеты показателей энергозатратности при реализации следующих способов сушки древесины: вакуумно-диэлектрического, конвективного и сушки в поле СВЧ.

Энергия, подводимая к высушиваемому материалу, расходуется на нагрев древесины и влаги, испарение удаляемой части влаги, разрыв связи гигроскопичной влаги с древесиной.

Количество теплоты, затрачиваемой на нагрев древесины, рассчитано по формуле:

, (1)

где с − теплоёмкость вещества, ; m – масса вещества, кг; t1 и t2 – соответственно начальная и конечная температуры нагрева, 0С.

Таблица 1. Результаты теплового расчёта

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Способ сушки |
| Конвективный (базовый способ) | Вакуумно-диэлектрический | Сушка в СВЧ поле |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Исходные данные |
| Материал, начальная/конечная влажность, % | Сосна80/12 | Сосна80/12 | Сосна80/12 |
| Теплоёмкость древесины,  | 1,840 | 1,745 | 1,897 |
| Температура сушки, 0С | 80 | 45 | 100 |
| Начальная температура, 0С | 20 | 20 | 20 |
| Теплоёмкость воды,  | 4,196 | 4,181 | 4,216 |
| Удельная теплота парообразования,  | 2308 | 2400 | 4216 |
| Энергия связи гигроскопичной влаги с древесиной,  | 35 | 50 | 25 |
| Материальный баланс процесса сушки |
| Масса древесины, кг | 470 | 470 | 470 |
| Масса влаги 376 кг, в том числе: |
| Масса свободной влаги, кг | 235 | 235 | 235 |
| Масса удаляемой гигроскопичной влаги, кг | 84,6 | 84,6 | 84,6 |
| Масса остаточной влаги, кг | 56,4 | 56,4 | 56,4 |
| Затраты энергии на 1 м3 |
| нагрев древесины, кДж | 51888 | 20504 | 71327 |
| нагрев влаги, кДж | 94662 | 39301 | 126817 |
| испарение свободной влаги, кДж | 544380 | 561650 | 451435\* |
| испарение удаляемой гигроскопичной влаги, кДж | 195253 | 202194 | 191196 |
| разрыв связи гигроскопичной влаги с древесиной, кДж | 2961 | 4230 | 2115 |
| Итого |  | 889144 | 827879 | 842890 |
|  | 247 | 230 | 234 |

Количество теплоты, затрачиваемой на испарение влаги, определяем по формуле:

, (2)

где *r* – удельная теплота порообразования вещества, .

Количество теплоты, затрачиваемой на разрыв связи гигроскопичной влаги с древесиной, определяем по формуле:

, (3)

где *r* – удельная теплота порообразования вещества, .

В таблице 1 представлены результаты теплотехнического расчета, выполненного для 1 м3 высушиваемой древесины (сосна). Влажность сосны в свежесрубленном состоянии прията 80 %, в конце процесса сушки - 12 %, что соответствует II категории качества сушки. При проведении расчетов для варианта СВЧ сушки энергия, расходуемая на испарение свободной влаги, была уменьшена на 15 %, т.к. при небольшой длине пиломатериалов часть свободной влаги выдавливается в жидкой фазе, уменьшая энергию её испарения [3].

Анализ результатов, приведённых в таблице 1, подтверждает, что наиболее энергоэффективным способом сушки является вакуумно-диэлектрический способ. Температура в рабочей камере составляет 45-600С, что 30-400С ниже температуры сушки при использовании сушильных камер другого типа. Также применение ВДС позволяет снизить температуру кипения жидкости, а снижение давления в камере ускоряет процесс удаления влаги, т.к. внутри древесины создается избыточное давление за счет наличия внутренних источников тепла. Следовательно, два из трех вышеуказанных факторов, (перепад влажности, температуры и давления) действуют согласно, обеспечивая интенсивность удаления влаги из высушиваемой древесины. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления давлением, влажностью и скоростью сброса давления внутри камеры с использованием микропроцессорных устройств позволит не только регулировать динамику процесса сушки в ВДК, но и сократить время сушки капиллярно пористых материалов.

Литература

1. Лебедев П.Д. Расчёт и проектирование сушильных установок / М.−Л., Госэнергоиздат. 1962, с. 320.
2. Качанов А.Н., Чукумов М.Н. Повышение качества сушки на ПМО “Арай”/ Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. //Материалы международной научно-практической конференции. Часть 1. Алматы, КазгосИНТИ. 1996, с. 131 - 134
3. Гареев Ф.Х. Проблемы и перспективы СВЧ-сушки древесины/ ЛесПромИнформ, №1 (14). 2004 г, с. 50-52.

**Качанов Александр Николаевич** – академик АЭН РФ, д.т.н., профессор, зав. каф. «Электрооборудование и энергосбережение» «Госуниверситет-УНПК». E-mail: kan@ostu.ru

**Коренков Дмитрий Андреевич** – студент гр. 51-ЭО, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». E-mail: dimas.corenkov@yandex.ru