УДК 674.047

Л.С. Атрощенко

Атрощенко Леонид Степанович родился в 1937 г., окончил в 1961 г. Днепропетровский государственный университет по специальности физик-теоретик. Область научных интересов – стекольное производство, глубокий и низкий холод, влияние силовых полей на технологические процессы, аэро- и гидромеханика, магнитная гидромеханика, теория и практика тепло- и массообмена, химическая кинетика и технология и др.



ЭКСПРЕСС-СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Отмечены различия в технологии конвективной сушки в воздушно-паровых средах и жидкостях; изложены физические основы и особенности процесса экспресс-сушки в жидкостях; дана экономическая и производственно-техническая сравнительная оценка этих процессов.

Ключевые слова: экспресс-сушка, пиломатериалы, экономика, сушильная камера.

Основным методом сушки пиломатериалов в настоящее время является конвективная сушка. Однако она имеет следующие недостатки: большая продолжительность, высокая энергоемкость, оснащение камеры вентиляторами, нагревателями, сложными системами контроля и управления и, как следствие, высокие требования к профессионализму обслуживающего персонала. Кроме того, дополнительное оборудование и системы значительно увеличивают амортизационные отчисления на их содержание и себестоимость конечного продукта.

Существующие методы утилизации отходов переработки древесины недостаточно рациональны, как и варварское использование невосполнимых запасов нефти и угля в качестве источника энергии. Так как древесина – это долгосрочно «восполнимый» продукт, то получение химических веществ было бы в несколько раз рациональней, чем сжигание отходов.

Необходимо отметить, что даже передовые фирмы не полностью используют все возможности конвективной сушки пиломатериалов. Ее техническое усовершенствование позволило бы улучшить качество высушиваемого материала и снизило энергозатраты без увеличения интенсивности сушки.

Отдельными технологическими процессами являются антисептирование, консервация и ликвидация возникающей в процессе атмосферной или конвективной сушек пятен синевы, побурения, пожелтения и т.д. До настоящего времени не удавалось получить качественную древесину, за исключением сушки и последующей пропитки в креозоте.

Нам удалось осуществить процесс сушки пиломатериалов в жидкости, в частности в парафине, получив при этом высокое качество конечного продукта. Ни одного из видов деформаций не наблюдалось, не обнаружено

трещинообразование, без дополнительных технологических приемов обеспечены влаго- и биозащита. Длина пиломатериалов не влияла на их качество.

Высокое качество сушки обеспечивалось тем, что разность температур по объему камеры не превышала 1 … 2 °С, в то время как в конвективных сушильных камерах она может достигать 20…30 °С и вызывать значительные градиенты напряжений как в объеме, так и на поверхности пиломатериала. Первые вызывают деформации формы, а вторые – трещинообразование пиломатериалов.

Сравним показатели разных методов сушки по данным техническим характеристик конвективных сушильных камер фирмы KATRES (Деревообработчик. – 1998. – № 8) и сушильных камер (нашей разработки) с применением парафина в качестве рабочей жидкости.

Данные технических характеристик камер фирмы KATRES приведены в табл. 1.

Типы камер выбраны по значениям удельной мощности. Отметим, что удельный расход теплоты находится в обратной зависимости от коэффициента заполнения. Вероятно, для оптимизации размеров приведенных типов камер необходимо произвести компьютерную оптимизацию по

Таблица 1

Тип камеры	$V_к$	$V_д$	W	$W/V_д$	$W/V_к$	$K_з$	q
KSMINI	32,40	6	30	5,00	0,26	0,185	5200
KSR2-6,5N	102,43	18	75	4,17	0,73	0,180	4517
KSR1-12,5N	287,50	60	320	5,33	1,11	0,210	5632

Примечание. $V_к$ – объем сушильной камеры, м^3; $V_д$ – объем сушимой древесины, м^3; W – затрачиваемая мощность, кВт; W/V – удельная мощность, затрачиваемая на сушку 1 м^3 древесины, кВт/м^3; $K_з$ – коэффициент заполнения сушильной камеры, $K_з = V_д / V_к$, м^3/м^3; q – теплота, затраченная на сушку 1 м^3 древесины от 60 до 8 % влажности, кДж/м^3.

затратам теплоты на 1 м^3 высушенной древесины q, так как отличие между ними составляет 25 % ((5632 – 4517)/5632). Такой резерв позволил бы значительно улучшить энергетические показатели сушильных камер фирмы KATRES.

Выполним расчет по определению необходимого количества теплоты для сушки древесины в камерах KATRES и камерах, предложенных автором.

Чтобы высушить 1 м^3 древесины от влажности 60 до 8 % необходимо нагреть ее до температуры сушки, затем испарить влагу (301 кг – из сосны, 328 кг – из дуба).

Теплоемкость $C_о$ сухой массы древесины любого типа выражается следующим соотношением:

$$C_o = 0{,}25 + 0{,}0006\,\Delta t,$$

где Δt – температура, °С.

При нагреве древесины от 20 до 120 °С (Δt = 100 °С) теплоемкость C_o = 2,772 кДж/(кг·°С).

Мокрая древесина будет иметь более высокую теплоемкость из-за содержащейся в ней влаги. Приняв удельную теплоемкость воды $C_в$ = = 4,19 кДж/(кг·°С), рассчитаем теплоемкость сырой древесина по формуле

$$C = (M + C_o)/(1 + M) + A,$$

где M – относительное влагосодержание древесины;

A – эмпирическая величина, зависящая от влагосодержания и температуры.

Рассчитаем расход теплоты на разогрев и сушку древесины сосны и дуба с начальной влажностью 60 и конечной 8 %. Примем: первоначальная температура загружаемого материала 20 °С, температура процесса сушки 120 °С (прогрев на 100 °С).

Теплоемкость при влажности 8 %: для сосны C_1 = 2,72 кДж/(кг·°С), для дуба C_2 = 2,39 кДж/(кг·°С). Пересчитаем эту теплоемкость на 1 м^3 древесины: C_1 = 1365,44 кДж/(кг·°С), C_2 = 1808,7 кДж/(кг·°С).

Таблица 2

5*

Тип камеры	Затраты на 1 м^3 древесины при кпд	
	50 %	75 %
KSMINI	0,405	0,250
KSR2-6,5N	0,470	0,290
KSR1-12,5N	0,374	0,340

Воспользуемся для расчета теплоемкости сырой древесины упрощенной формулой:

$$C = C_o(1 - M) + C_в M,$$

где $C_в$ – теплоемкость влаги.

Для прогрева древесины дуба и влаги, содержащейся в древесине, и испарения ее от 60 до 8 % необходимо затратить 386 кВт·ч электроэнергии, для сосны – 240 кВт·ч.

Используем данные табл. 1 и составим сравнительную таблицу относительных затрат на 1 м^3 древесины при сушке в парафине и в конвективных сушилках. Расчеты ведем при коэффициенте полезного действия (кпд) сушильной камеры 50 и 75 % (табл. 2).

Анализируя данные табл. 2, делаем вывод, что сушка в жидкостях позволит снизить энергоемкость процесса в 2,5–4 раза. При тех же показателях теплового сопротивления стенок сушилок потери теплоты для жидкостных сушилок могут достигать всего 5 … 10 %.

Практика строительства и эксплуатации жидкостных сушильных камер показала, что за счет слоя асбесто-гипсовой теплоизоляции толщиной

4 мм и слоя фольги на наружной поверхности достигается температура 36 °С. Ее можно снизить, применяя дополнительный слой фольги.

Продолжительность сушки в парафине досок дуба толщиной 55 мм составляет 6 ч, в то время как при конвективной сушке – 40 сут, т.е. скорость сушки увеличивается в 176 раз.

За базовую примем камеру KSR2-6,5N, площадь которой 6,70×4,47= = 30 м^2 и удельная производительность на единицу площади в единицу времени составляет 5,7 · 10^{-4} м^3/(м^2·ч). При сушке в жидкости удельная производительность – 630,0·10^{-4} м^3/(м^2·ч). Сравнивая выход высушенной древесины с единицы производственной площади в единицу времени, имеем для жидкостной сушки увеличение в 110 раз по сравнению с конвективной.

Сравним удельную производительность единицы объема сушильной камеры в единицу времени при производстве 1 м^3 древесины в камере KSR2-6,5N (объем 102,43 м^3) и жидкостной камере соответственно 1,7 · 10^{-4} и 580,0 · 10^{-4} м^3/(м^3·ч).

Таким образом, удельная нагрузка на единицу объема камеры увеличивается более чем в 300 раз. Отметим, что для жидкостной сушки коэффициент заполнения составляет от 0,4 до 0,6, что в 2–3 раза выше, чем для конвективной сушки.

Разработанная нами сушильная камера представляет собой прямоугольный параллелепипед, изготовленный из листовой стали Ст. 3 толщиной 3 мм, снабженный сменным кассетником для укладки древесины, теплоизоляцией, теплообменником, конструкция которого зависит от вида теплоносителя. Контроль процесса во времени ведут в соответствии с заданным температурным режимом в зависимости от породы древесины, толщины пиломатериала с помощью элементов управления автоматики и сигнализации (световая и звуковая, сообщающая об окончании процесса сушки). В настоящее время разрабатываются элементы, которые будут осуществлять также контроль влажности в процессе сушки с пересчетом ее значений при температуре 20 °С.

Реализованы сушильные камеры, в которых для процесса сушки использовали электронагревательные элементы, а также две камеры, работающие на опилках с обогревом уходящими газами. Использовать можно любой вид топлива. Следует отметить, что себестоимость энергоносителей (электроэнергия, жидкое или твердое топливо и газ) находится в соотношениях соответственно 1,0/0,6/0,4.

Поступила 17.06.04
г. Киев

L.S. Atroshchenko

Express-drying of Sawn Timber

Differences in convection drying technology in air-and-vapor media and liquids are marked. Physical bases and peculiarities of express-drying process in liquids are stated. Economic and production-and-technical assessment of these processes is provided.