

Глава седьмая

СУШИЛКА ДЛЯ ПИЛОМАТЕРИАЛА

44. Развитие искусственной сушки

Уже давно было установлено, что естественная сушка дерева для изготовления мебели и других аналогичных производств недостаточна. Прототипом искусственной сушки является выдержка материала, после естественной его сушки, в течение некоторого времени в теплой мастерской. Первым шагом к применению искусственной сушки было устройство специальных помещений для выдержки материала.

Впервые настоящие сушилки были построены в Европе и состояли из помещения с решетчатым полом, под которым помещалось отопительное устройство. В этом сушилке нагретый воздух вместе с дымом попадал под штабель, и, проходя по зазорам штабеля, омывал материал и затем выходил через вытяжную трубу наружу; считалось, что лучшая сушка получалась при отоплении сушилки сучьями той же древесной породы, которая подвергалась сушке. У некоторых сушилок над отопительным устройством устанавливался открытый резервуар с водой. Подобные простые сушильные устройства постепенно превратились в современные сушилки.

Несколько десятков лет тому назад было оценено значение, которое имеет относительная влажность воздуха при сушке дерева, в связи с чем, сильно рекламировались « влажно-воздушные сушилки ». В основном, такие сушилки мало чем отличались от других применявшихся сушилок, но они имели уже некоторые простейшие приспособления для регулирования относительной влажности воздуха.

Применение наклонной штабелевки, различных искусственных побудителей циркуляции воздуха, конденсаторов, перегретого пара и пр. являются дальнейшими стадиями искусственной сушки. Сушилка с реверсивным движением воздуха с автоматическим регулированием процесса сушки – результат новейших усовершенствований.

Об окончательном развитии сушильных устройств, конечно, не приходится говорить, так как процесс технологии и конструкций сушильных камер постоянно совершенствуется.

45. Классификация сушилок

Существует много различных систем сушильных камер, различающихся между собой особенностями конструкций. В зависимости от характера работы, сушилки разделяются на камерные (периодического действия) и коридорные (непрерывного действия). Коридорные сушилки применяются, главным образом, на лесопильных заводах и на производствах, потребляющих большое количество однородного и легко высушиваемого материала. Камерные же - там, где требуется небольшое количество разнородного или же трудно поддающегося сушке материала (лиственные древесные породы, хвойный толстомер) и когда требуется особо высокое качество высушиваемого дерева.

При массовой переработке хвойных пиломатериалов на лесопильных заводах могут иметь применение обе системы сушильных камер.

По способу регулирования влажности воздуха, сушилка можно разделить на конденсационные и вентилируемые, а по способу циркуляции воздуха – на сушилка с естественной и искусственной циркуляцией.

46. Сушилка непрерывного действия

Сушилка непрерывного действия представляют собой помещение длиной от 18 до 100 м (обычно 30–45 м). Материал загружается с одного конца сушилка (сырого) и постепенно продвигаясь по тоннелю, выходит уже высушенным с другого конца сушилка. Состояние воздуха (температура и относительная влажность его) в каждом отдельном участке сушилка постоянно одно и то же, так что материал при продвижении по сушилку проходит все стадии режима сушки, от низкой температуры и высокой относительной влажности воздуха до высокой температуры воздуха с низкой относительной влажностью. Материал передвигается вдоль сушилка на тележках по рельсовому пути, имеющему для более легкого продвижения тележки с грузом некоторый уклон в сторону разгрузочного конца сушилка. На разгрузочном (сухом) конце сушилка воздух наиболее сухой и нагретый. Сушка ведется по специальным расписаниям – режимам.

47. Сушилка периодического действия

Длина сушилка периодического действия обычно от 6 до 15 м, но строятся также и длиной свыше 30м. В противоположность сушилку непрерывного действия, материал в камерном сушилке находится в течение всего процесса сушки в неподвижном состоянии, причем по всей камере состояние воздуха одинаково и изменяется оно через определенные промежутки времени. Камерное сушилка загружается и разгружается целиком, сушилка же непрерывного действия – постепенно, по мере выхода высушенного материала. Камерные сушилка имеют двери только с одной стороны. Рельсовые пути в камерном сушилке не обязательны, т.к. внутри такового не происходит передвижения тележек с материалом, который может выкладываться на простых лежнях. В более крупных камерах для облегчения работ по загрузке и разгрузке обязательно применяется укладка на специальные тележки.

48. Сопоставление сушилка непрерывного и периодического действия

Отдать безусловное предпочтение той или иной системе сушилка нельзя; при выявлении их преимуществ следует принимать во внимание количество предназначенного к сушке лесоматериала, древесную породу, подлежащую сушке, территориальное размещение сушилка и т.п.

Преимущества сушилок непрерывного действия следующие:

1. При одной и той же производительности стоимость постройки одной камеры непрерывного действия ниже стоимости нескольких камер сушилка периодического действия, т.к. в первом случае требуется меньше строительных работ, оборудования и подъездных путей.

Сравнивать сушилку непрерывного действия с одной камерой периодического действия равной емкости было бы неправильно, т.к. основное назначение второго типа сушилка это – одновременная сушка небольших количеств разнородного материала.

2. Упрощение обслуживания вследствие того, что состояние воздуха, оставаясь постоянным после отрегулирования режима сушки какого либо определенного материала, проходящего через все ступени установленного по длине тоннеля режима (расписания сушки), не требует частых изменений.

3. Постепенность поступления материала после сушки; через определенные промежутки времени из сушила выкатывается тележка с высушенным материалом и загружается одна тележка с влажным материалом. Обратное явление наблюдается при сушке в сушилах периодического действия, которые одновременно целиком загружаются и разгружаются; однако и здесь, при наличии большого количества сравнительно небольших камер и при тщательной организации дела, возможно, также наладить некоторую постепенность поступления высушенного материала.

При прочих равных условиях применение сушилок непрерывного действия имеет те преимущества, что они не требуют большой территории для складов сырого материала, а при правильной увязке работы сушилки с производством, отпадает необходимость постройки дополнительных складов для сухого материала.

4. Сушилка непрерывного действия с продольным движением воздуха более выгодна в смысле расхода тепла при сушке свежесрубленного материала. Если рабочий воздух, поступаая в сушилку с сухого конца, отводится в сыром его конце почти в насыщенном и охлажденном виде, то это значит, что рабочий воздух совершил всю возможную для него работу по испарению влаги. В сушилах периодического действия имеет место обратное явление, а именно, отработанный воздух уходит из сушила в ненасыщенном состоянии, причем, в конце процесса он имеет сравнительно высокую температуру, вследствие чего теряется большое количество тепла; аналогичное явление наблюдается и в сушилах непрерывного действия при досушке уже предварительно подсушенного материала.

Мнение относительно выпуска воздуха из камерных сушил в состоянии незначительного насыщения, и благодаря этому наличия в них больших потерь тепла с отходящим воздухом, принципиально неверно и не может распространяться, как правило, на все камерные сушилки. Это зависит в каждом отдельном случае от ряда причин, главным образом от конструкции камеры. Сушила периодического действия имеют следующие преимущества:

1. В противоположность сушилам непрерывного действия, требующим длинных построек и дверей с обоих концов здания, сушила периодического действия ограничиваются дверями с одной стороны и сравнительно коротким зданием. Таким образом, эти сушила не требуют так много места, как сушила непрерывного действия.

2. Сушить периодически можно и небольшие партии, в сушилах же непрерывного действия для получения хороших результатов необходимы полная загрузка и непрерывность работы.

3. Если необходимо сушить одновременно разный по сорту, толщине и степени влажности материала, то в сушилах непрерывного действия невозможно получить хорошие результаты. При камерной же сушке каждая камера загружается исключительно однородным материалом, вследствие чего возможен индивидуальный подход к сушке того или иного лесоматериала.

4. Процесс сушки ничем не нарушается, в сушилах же непрерывного действия при каждой загрузке и разгрузке вагонетки открываются двери, что, безусловно, мешает нормальному развитию процесса сушки.

5. Процесс сушки может быть тщательнейшим образом подобран к каждому сортименту и породе, вследствие чего получаются и значительно лучшие результаты.

6. Лесоматериал, если это вызывается необходимостью, может быть увлажнен или оставлен после сушки на некоторое время в сушале для остывания. В сушилах непрерывного действия напротив, какую-либо особую обработку части загруженного материала производить не представляется возможным.

49. Сушилки вентилируемые и конденсационные

Вентилируемые сушилами называются такие, у которых регулирование степени относительной влажности воздуха происходит путем выхлопа насыщенного и добавления части свежего воздуха.

В конденсационных сушилках циркулирует постоянное количество воздуха, относительная влажность которого регулируется специальным конденсационным устройством.

Сушила непрерывного и периодического действия устраиваются как конденсационные, так и вентилируемые.

50. Различные виды сушилок непрерывного действия

а) ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ СУШИЛКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Устройства сушил непрерывного действия различаются между собой расположением отверстий для впуска и выхлопа воздуха и соответственно с направлением движения его в сушиле. Различия в размещении нагревательных приборов имеют второстепенное значение. Направление движения рабочего воздуха в сушилах непрерывного действия почти всегда происходит вдоль тоннеля выше нижнего уровня тележки; через выходные отверстия воздух попадает в вытяжные трубы и выводится наружу. В отдельных сушилах непрерывного действия движение воздуха происходит в направлении движения материала, но такое движение воздуха, применяемое при сушке фруктов и овощей, совершенно не оправдывает себя при сушке лесоматериалов.

В сушилах непрерывного действия почти всегда применяется естественная циркуляция; иногда при входе воздуха циркуляция его усиливается пароструйными приборами. В США сушила непрерывного действия с искусственной циркуляцией применяются весьма редко, аналогичная ситуация и в России.

В Германии, наоборот, сушила непрерывного действия встречаются часто.

В некоторых сушилках непрерывного действия циркуляция воздуха осуществляется в поперечном направлении. В таких сушилах отверстия для выхода воздуха расположены вдоль тоннеля вблизи потолка или под самым потолком, некоторые отверстия расположены довольно низко над настилом и распределяются по всей длине сушила, за исключением небольшого участка в сыром конце.

Калориферные устройства устанавливаются под рельсовыми путями на протяжении $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ длины сушила. В сыром конце калорифер не устанавливается, а имеется лишь труба для подвода острого пара. Пар поступает в нагревательные приборы обычно в сухом конце сушила, кроме того, сухой конец для получения требуемого количества тепла и поддержания определенной высокой температуры снабжается большей поверхностью нагрева отопительных приборов.

б) КОНДЕНСАЦИОННЫЕ СУШИЛКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Конденсационные сушила непрерывного действия строятся редко. Для получения достаточной циркуляции воздуха в них кроме конденсатора и соответствующей поверхности нагрева отопительных приборов требуется установка побудителей, которые обычно располагаются в специальном помещении рядом с тоннелем. Воздух отсасывается с сырого конца, а затем через конденсатор и отопительные приборы подводится к сухому концу сушила.

51. Разные виды сушилок периодического действия

а) ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ СУШИЛКИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Сушилка этой конструкции имеют наибольшее распространение. При естественной циркуляции воздух подается через приточный канал, расположенный на полу сушила и имеющий отверстия на своей верхней части. Выход воздуха осуществляется в сушилах с естественной циркуляцией через вытяжные отверстия, расположенные почти всегда внизу боковых стен и сообщающиеся с вытяжными шахтами, посредством которых отработанный воздух выпускается наружу. Если клапан закрыт, то сушилка работает без добавочного воздуха. В некоторых конструкциях вытяжные отверстия располагаются ниже настила, в других же даже наверху боковых стен.

Естественный путь сухого, теплого воздуха – снизу вверх. Производя работу при сушке материала, воздух охлаждается, делается тяжелее и опускается; одновременно воздух, поглощая влагу материала, уменьшается в весе, но это, в конечном счете, перекрывается увеличением веса воздуха от охлаждения и он всегда стремится вниз. Циркуляция воздуха более разнообразна ниже.

В некоторых конструкциях для усиления движения воздуха в вытяжных шахтах устанавливаются нагревательные трубы.

Отопительные приборы почти всегда размещаются под штабелями, в редких случаях между ними.

В сушилах с искусственной циркуляцией воздуха особенно легко осуществляется приток свежего и выхлоп отработанного воздуха или смешение того и другого. Приборы для усиления циркуляции помещаются вне камеры.

Оригинальной конструкцией является сушило с винтовыми вентиляторами, установленными на общем валу, расположенном на полу вдоль сушила.

Вращение вентиляторов, а в связи с этим и направление циркуляции, может меняться в ту и другую сторону, т.е. возможно реверсивное движение воздуха. В сушилах такой конструкции достигается особая равномерность сушки, т.к. сухой воздух входит в штабель попеременно то с одной, то с другой стороны.

Относительно переменного направления воздуха, в сушилах можно сделать замечания, что в большей части конструкций сушил с искусственной циркуляцией перемена направления движения воздуха осуществляется посредством особого устройства воздухопроводов, снабженных клапанами или шиберами.

Сравнивая два способа получения в камерах реверсивного движения воздуха, следует признать, что осуществление реверсивности движения воздуха при помощи переключения воздухопроводов оправдывает себя только в том случае, когда в штабеле не

требуется больших скоростей воздуха. При больших скоростях возникают колоссальные сопротивления в этих воздуховодах и, вследствие этого, вентиляционную установку приходится делать большой мощности, что уже становится крайне нежелательным как по конструктивным, так и по экономическим соображениям.

Кроме описанных выше сушилок имеются еще сушилки, работающие «сухим воздухом», «горячим воздухом» и «перегретым паром».

б) КОНДЕНСАЦИОННЫЕ СУШИЛКИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Следует различать четыре конструкции конденсационных сушилок:

1. Сушилка с поверхностным конденсационным устройством, расположенным как вентиляторы и отопительные приборы, вне камеры.

2. Сушилка с поверхностным конденсационным устройством, расположенным в самой камере. Влажность воздуха в сушилке регулируется температурой воды в конденсационном устройстве, т.е. скоростью прохождения воды по конденсационным трубам. Получение достаточной циркуляции воздуха в таких сушилках часто затруднительно, в особенности в начале процесса, когда именно важно иметь интенсивную циркуляцию воздуха.

3. Сушилка с водоструйными конденсационными устройствами (патент Г.Д.Тимана), в которых водоструйные приборы располагаются рядами вдоль боковых стен, отопительные приборы устанавливаются под штабелями. По выходе из калорифера нагретый воздух поднимается, идет в горизонтальном направлении через зазоры штабеля к продольным стенам камеры, где находятся конденсационные устройства, проходит через них и уменьшает влагосодержание до требуемой степени влажности. Водяные фонтанчики способствуют продвижению воздуха вниз. Обезвоживатели удерживают частицы осажденной воды, затем воздух поступает к отопительным приборам, нагревается и снова поднимается. Установление той или иной влажности воздуха производится здесь так же, как и в предыдущем сушилке, регулированием температуры воды. Эта конструкция имеет большие преимущества, т.к. циркуляция воздуха, температура и влажность его не зависят друг от друга.

4. Сушилка с конденсацией на пористых тканях. Раньше эти сушилки устраивались сплошь (стены, потолок) из какой либо ткани; оборудование такого сушилка производилось внутри здания. Отопительные приборы помещались вдоль одной стены, а циркуляция осуществлялась искусственным путем. Нагретый влажный воздух при соприкосновении с более холодной тканью отдает часть влаги этой ткани, которая, в свою очередь, испаряет ее с обратной стороны в окружающую среду.

Более поздняя конструкция имеет жесткие стены; внутри, на расстоянии 30 см от боковых стен, устроены стенки из натянутой ткани. Между жесткими и матерчатými стенами прогоняется снизу вверх, при помощи вентиляторов, холодный воздух, который поглощает осаждающуюся внутри сушилка на матерчатых стенах влагу; этот воздух проходит только снаружи матерчатых стен сушилка и ни в коем случае не приходит в соприкосновение с сушимым материалом. Циркуляция воздуха в камере осуществляется находящимся снаружи вентилятором. Отопительные приборы располагаются, как обычно, внизу под штабелями

52. Сопоставление вентилируемых и конденсационных сушилок

Большая хозяйственная целесообразность применения той или иной конструкции зависит от целого ряда привходящих обстоятельств, вследствие чего какого-либо определенного суждения по этому вопросу быть не может. Стоимость постройки вентилируемого сушила ниже, чем конденсационного, т.к. отпадают расходы на дорогостоящее устройства последнего.

Понижение влажности воздуха в вентилируемых сушилах производится исключительно путем добавления того или иного количества наружного воздуха. Благодаря этому, создается некоторая зависимость от состояния этого наружного воздуха: конденсационные сушила совершенно не зависят от каких либо внешних факторов, а потому в них возможно более тщательное регулирование процесса сушки, необходимость которого тем большая, чем труднее лесоматериал поддается сушке.

Сказать что-либо определенное об эксплуатационных расходах, как на этих сушилах, так и на других трудно. Согласно многочисленным наблюдениям, качество материала, получаемое при сушке в конденсационных сушилах, почти полностью перекрывает высокую стоимость постройки последних и их дополнительные эксплуатационные расходы.

Конденсационные сушилки в России получили значительное распространение, имеющиеся же в большинстве случаев, страдают некоторыми конструктивными недостатками. Большое распространение этих сушил объясняется, главным образом, существующим до сих пор мнением об экономической нецелесообразности их постройки. Однако, как указывалось выше, все дополнительные, по сравнению с другими типами сушил, расходы покрываются за счет получения сухого материала в больших объемах.

53. Сушилка для фанеры

Тонкая фанера сушится совершенно иначе, чем доски и брусья, а также и толстая фанера, которая весьма часто сушится, как и прочий лесоматериал. Отопительные приборы расположены в сухом конце сушила. Циркуляция воздуха осуществляется посредством вентилятора, установленного у сырого конца сушила, отсасывающего отработанный воздух. Во всем остальном такое сушило вполне аналогично сушилам для досок.

Специальные сушила для фанеры разделяются на два основных типа:

1. Сушила непрерывного действия в виде вытянутого короба длиной 15-30м, высотой примерно 2,5 м и шириной 2-4 м. Стены и потолок делаются, главным образом, из железа и жести. Циркуляция воздуха происходит вдоль сушила; состояние воздуха устанавливается согласно принятому режиму сушки. Листы фанеры передвигаются в сушиле посредством попарно расположенных живых валиков или движущей ленты. Скорость движения материала может меняться по мере надобности.

2. Сушильные (дыхательные) presses состоят из некоторого количества полых плит (коробчатых калориферах), нагреваемых паром и устанавливаемых горизонтально или вертикально в металлической раме. При помощи соответствующего механизма каждая пара плит плотно сжимается на время от 5 секунд до 5 минут, затем снова открывается на короткое время, в течение которого происходит удаление испаренной влаги и усадка фанеры. Во время сжатия плит, листы фанер сильно нагреваются и в то

же время прессуются. Сушка продолжается, в зависимости от сорта и толщины фанеры, до 30 мин.

54. Различные современные способы сушки древесины

а) АТМОСФЕРНАЯ СУШКА

Атмосферная сушка является наиболее доступным способом обезвоживания древесины. Известно, что атмосферно высушенная древесина может эксплуатироваться многие столетия, если ее повторно не увлажнять.

Атмосферная сушка является наиболее дешевым способом, и раньше она была основной на лесопильных предприятиях. Она не требует таких капитальных затрат как камерная, но для нее нужны большие площади и большой запас материала.

Основным недостатком атмосферной сушки является то, что процесс неуправляем: в районах с повышенной влажностью воздуха повышается вероятность поражения пиломатериалов грибами, а на юге (от сильной жары) - растрескивания.

Разложение древесины грибами происходит при ее влажности выше 22 %, и это граничное значение (22 %) считается «пределом биостойкости».

Правила атмосферной сушки и хранения пиломатериалов регламентированы государственными стандартами: для пиломатериалов хвойных пород - ГОСТ 3808.1-80; для пиломатериалов лиственных пород - ГОСТ 7319-80.

По правилам, атмосферная сушка проводится в штабелях, укладываемых на специальных фундаментах (высотой 550 мм при грунтовом покрытии или 200 мм при бетонном или асфальтном покрытии подштабельной территории, если высота снежного покрова обычно не превышает 250 мм) Фундамент выполняется, как правило, из железобетонных опор площадью не менее 400 х 400 мм. Можно использовать деревянные опоры, предварительно пропитав их антисептическим составом. Расстояние между центрами опор должно быть 1,0-1,7 м по длине и 1,3-1,4 м по ширине штабеля.

Состояние сушильного агента (воздуха) - нестабильно, на него оказывают влияние климатические условия, время года и суток. В результате взаимодействия воздуха и высушающей древесины на складах создается своеобразный микроклимат: воздух имеет пониженную температуру, повышенную влажность и небольшую скорость циркуляции. Поэтому процесс атмосферной сушки длительный. Древесина высушивается до влажности 12- 20 % в зависимости от климата (температуры и влажности воздуха), породы и толщины материала.

Можно ускорить процесс путем применения более разреженной укладки, размещения штабелей в соответствии с господствующим направлением ветра, или принудительной циркуляцией воздуха с помощью вентиляторов. Ускорение сушки, с одной стороны, сильно снижает возможность появления химических и прокладочных окрасок, синевы и гнили, но с другой стороны, способствует снижению относительной влажности воздуха, что приводит к увеличению остаточных напряжений. Ускоренная атмосферная сушка позволяет довести материал до влажности 20-30 % за время, составляющее от 1/2 до 1/4 продолжительности обычной атмосферной сушки.

Для снижения вероятности заражения древесины грибами и плесенью в начальный период ее необходимо защищать антисептиками. Сам процесс осуществляется опрыскиванием, т. е. поверхностным нанесением или глубокой пропиткой, путем окунания досок и пакетов в автоклавах.



б) ВАКУУМНАЯ СУШКА – технология «Вакуум плюс».

Сушильная камера представляет собой цилиндрический корпус диаметром 2000 мм, длиной 7800 мм с рабочим тамбуром. Теплоизоляция корпуса — минеральная вата толщиной 200 мм. Длина штабеля, загружаемого в камеру, — $6000+300$ мм. Штабель формируют на тележке, перемещаемой при загрузке и выгрузке камеры по направляющим. Пиломатериалы укладывают на калиброванные по толщине прокладки толщиной 25 мм, шириной 30–40 мм со шпацией. Поперечное сечение штабеля благодаря установке криволинейных направляющих по длине тележки не прямоугольное, а повторяет форму поверхности цилиндра. За счет этого достигается наибольшая полезная емкость. На внутренней цилиндрической поверхности камеры в ее нижней части расположены трубы, предназначенные для нагрева штабеля, обогреваемые горячей водой. В верхней части камеры установлен желоб с трубопроводом холодной воды от водопроводной сети для конденсации пара. Конденсат отводится в приемные баки (два приемных бака по 70 литров каждый). Вода подается от электронагревателя, установленного в рабочем тамбуре, там же находятся циркуляционный насос, вакуум-насос, электрощит с измерительными приборами для контроля процесса сушки, группа защиты системы обогрева камеры, приемные баки для конденсата. В процессе сушки производят измерение температуры в камере и воды в системе теплоснабжения, влажности пиломатериалов, давления (вакуума) в камере. Технология сушки пиломатериалов в общих чертах включает следующие этапы.



1 этап. Стадия пропарки. Производится откачка воздуха, создание вакуума с давлением 0,04 МПа при температуре 45–50°C. Происходит прогрев материала паром, выделяемым из материала и нагретым трубами — калориферами. Теплообмен между паром и штабелем осуществляется за счет естественной конвекции (нагрев пара происходит главным образом в нижней части штабеля), ускоренной за счет интенсивной диффузии пара в вакууме. Прогрев проводят в течение 12–24 часов при отключении подачи холодной воды в конденсатор. Кипение влаги внутри древесины не происходит, так как ее температура ниже температуры кипения при данном давлении ($t < t_r = 76^\circ\text{C}$). За счет испарения части влаги из материала давление в камере растет, достигая при степени насыщения пара $\approx 0,05$ МПа, при этом изменение влагосодержания материала незначительно: так при загрузке 8 м^3 дубовых пиломатериалов с влажностью 60% изменение их влагосодержания не превышает 0,5%. В этом случае можно считать, что начальный прогрев и пропарка проходят практически при стабильной влажности пиломатериалов. Однако за счет более интенсивного испарения влаги при пониженном давлении возможно повышение давления пара внутри древесины — более 0,05 МПа. В этом случае выход пара в окружающую среду приведет к повышению его давления выше

давления насыщения $P_p > P_n$, частичной его конденсации и увлажнению поверхности пиломатериалов.

2 этап. Сушка. При температуре в камере 60°C и давлении $0,06$ МПа подают холодную воду в конденсатор, увеличивая интенсивность теплоотдачи материалу. Скорость сушки можно регулировать за счет изменения температуры и давления в камере и степени насыщенности пара, используя периодическое включение вакуум-насоса и охлаждающей воды. Скорость естественной конвекции составляет $0,6\text{--}1,0$ м/сек.

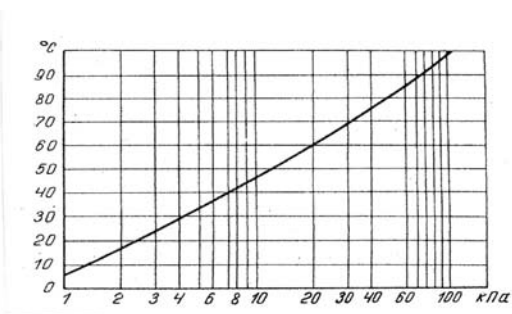


График зависимости температуры кипения воды от давления среды.

3 этап. Промежуточная влаготеплообработка. Проводится при температуре в камере 70°C и давлении $0,09$ МПа после достижения материалом влажности $25\text{--}30\%$.

4 этап. Окончание процесса сушки. Происходит снижение влажности материала до $5,0\text{--}6,0\%$, используются те же способы регулирования, которые применялись при сушке с влажностью выше $25\text{--}30\%$. По достижении конечной влажности выключают циркуляцию теплоносителя, циркуляцию холодной воды, останавливают вакуум-насос. Охлаждение материала производят в течение 24 часов. Режимы пропарки, сушки, влаготеплообработки и охлаждения получены эмпирическим путем в процессе экспериментальной отработки на промышленной установке. В результате получен универсальный график сушки для различных пород древесины от начальной влажности 100% до конечной $5,0\text{--}6,0\%$, в том числе дуба с толщинами 75 мм, 52 мм, 32 мм, ореха толщиной 90 мм и др. Сушка ведется по заданной программе. Разработчики отмечают простоту обслуживания установки, для которой не требуется постоянного присутствия оператора. При отключении электроэнергии после ее подачи установка автоматически выходит на заданный режим. Одним из достоинств данного способа сушки, как уже сказано выше, является высокое качество высушенных пиломатериалов. Так, при сушке дубовых пиломатериалов разброс влажности по штабелю составляет $1,5\%$, перепад по толщине пиломатериалов — $0,5\text{--}1,0\%$. Станным на первый взгляд представляется применение естественной циркуляции среды в камере, что, конечно, снижает интенсивность подвода тепла к штабелю. Однако при сушке трудносохнущих пород скорость протекания поверхностных явлений влаготеплообмена должна быть адекватна скорости внутреннего переноса тепла и влаги. Возможно, использование естественной конвекции является одной из причин высокого качества сушки дубовых и других сложных в сушке пиломатериалов.

Образцы высушенного пиломатериала на действующих вакуумных сушильных камерах, компании «Вакуум плюс».



МАКАСАР , плотность 1250 кг/куб.м



КАВКАЗКИЙ ОРЕХ толщиной 90 мм



БРЕВНО СОСНЫ диаметр 210 мм



ЗАГОТОВКИ МОРЕНОГО ДУБА



ПАЛИСАНДР



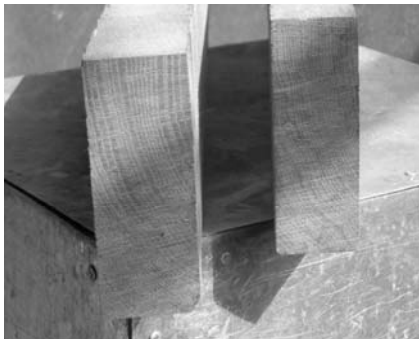
Различные корни и капы



ЭБЕН



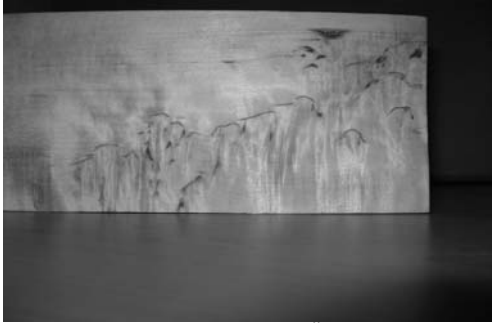
ЖЕЛЕЗНОЕ ДЕРЕВО



КАВКАЗКИЙ ДУБ толщиной 60 мм

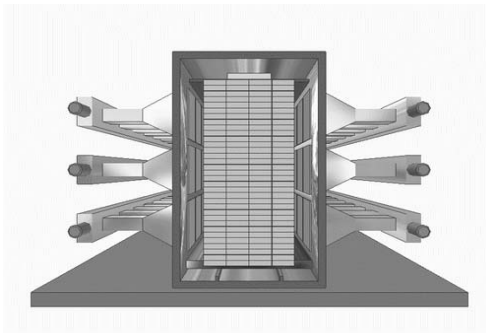


ПАРКЕТНАЯ ЗАГОТОВКА



ПАРКЕТНАЯ ЗАГОТОВКА ИЗ КАРЕЛЬСКОЙ БЕРЕЗЫ

в) СВЧ сушилка периодического действия



Установка состоит из традиционного технологического оборудования: сушильной камеры для размещения штабеля пиломатериалов, СВЧ-генератора, волноводных трактов, рупорных антенн с корректирующими линзами замедляющего типа, регулирующего оборудования, модульных агрегатов воздушного охлаждения. Однако в установке применен новый принцип действия основанный на формировании посредством антенной решетки плоского фронта СВЧ-излучения электромагнитного поля по синусоидальному закону с регулированием напряженности электрического поля в процессе сушки пиломатериалов по длине штабеля и/или по высоте по заданному закону. Основные технические данные:

Оптимальный объем загрузки камеры пиломатериалами при мощности СВЧ-генератора 50кВт составляет 5-8 м³.

Время сушки сосновых пиломатериалов длиной 6м от начальной влажности 80% до конечной влажности 8-10% независимо от их толщины составляет 18 часов. Расход сетевой энергии составляет около 300 кВт/м³.

г) КАМЕРНАЯ СУШКА

Процесс сушки происходит в конвективных камерах. Эти камеры классифицируются по следующим признакам: принципу действия, устройству ограждения, виду теплоносителя, циркуляции агента сушки.

По принципу действия различают камеры периодического действия и непрерывного. Камеры периодического действия представляют собой помещения, в которые загружается определенный объем материала, высушивается, а затем выгружается. Режимы сушки здесь изменяются с течением времени в зависимости от влажности древесины. На период загрузки и выгрузки камеры процесс сушки прекращается. Камеры непрерывного действия представляют собой помещения, туннели, в которых постоянно находится древесина, перемещаемая на вагонетках. Материал высушивается по мере прохождения им туннеля, от сырого конца к сухому. Режимы сушки изменяются по мере продвижения материала по длине камер.

Камеры непрерывного действия применяются обычно на крупных предприятиях при массовой сушке товарных пиломатериалов до транспортной влажности, а также для сушки хвойных пиломатериалов, березы и осины, идущих на столярно-строительные изделия, тару, сельхоз- и вагоностроение.

По устройству ограждения камеры подразделяются на стационарные и сборные. Стационарные камеры строятся на месте их эксплуатации из строительных материалов, а сборные, как правило, металлические, изготавливаются заводским способом и собираются на месте их эксплуатации.

По теплоносителю камеры различаются на паровые, электрические, водяные, газовые. В первых трех агентом служит влажный воздух или перегретый пар, а в последнем - смесь воздуха и топочных газов.

По циркуляции воздуха различают камеры с естественной и принудительной циркуляцией. Газовые и электрические бескалориферные камеры (аэродинамические) имеют только принудительную циркуляцию.

Естественная циркуляция создается за счет разности плотности нагретого и охлажденного воздуха: горячий, более легкий, воздух стремится вверх, а охлажденный, тяжелый, - вниз. Поскольку воздух, в силу этого, циркулирует вертикально по штабелю, пиломатериалы укладываются со шпациями. Камеры с естественной циркуляцией давно

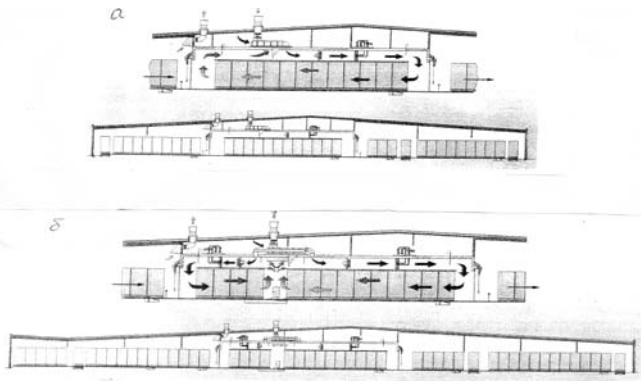
устарели, хотя продолжают эксплуатироваться на ряде предприятий. Продолжать эксплуатировать такие камеры нерационально, так как они малопроизводительны, качество сушки в них низкое из-за большой неравномерности распределения конечной влажности по штабелю.

Принудительная циркуляция воздуха или газа достигается при помощи вентиляторов. Побуждение циркуляции может быть прямое - когда перемещение воздуха осуществляется непосредственно вентилятором, или косвенное (эжекционное) - когда побудителем циркуляции служит энергия струй сушильного агента, вытекающих с большими скоростями из сопел эжекторов. Эжекционные камеры были распространены в 50-60-х гг., теперь же эта конструкция устарела. Но, несмотря на большие энергозатраты на циркуляцию, большую неравномерность сушки, эти камеры продолжают эксплуатироваться.

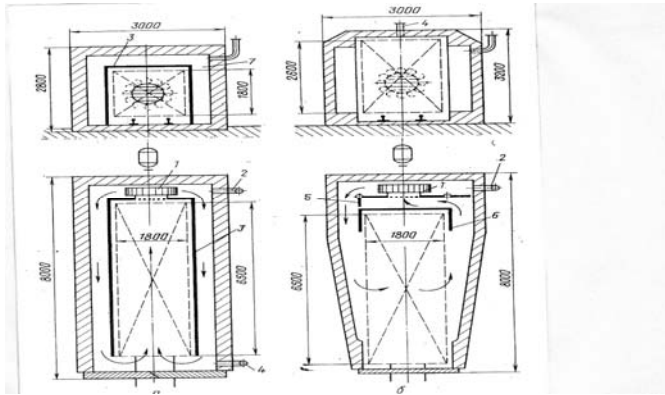
По кратности циркуляции сушильного агента камеры могут быть с однократной и многократной циркуляцией. При однократной циркуляции сушильный агент после прохождения через штабель полностью выбрасывается в атмосферу. При многократной - воздух постоянно циркулирует по штабелю в течение всего процесса сушки и только часть его выбрасывается. В современных лесосушильных камерах используется только многократная циркуляция воздуха.

Современные лесосушильные камеры имеют прямое побуждение воздуха, создаваемое осевыми или центробежными вентиляторами.

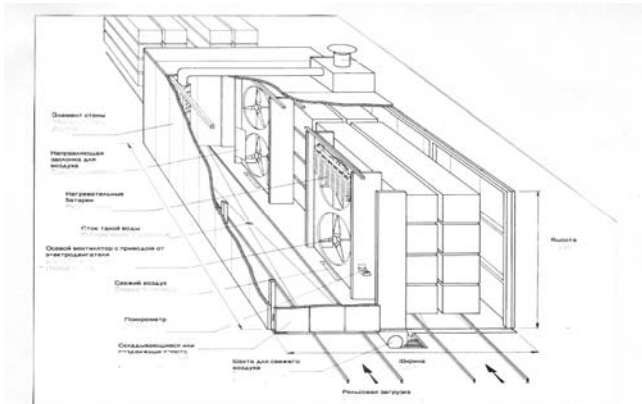
В зависимости от направления движения сушильного агента различают камеры с вертикальным или горизонтальным кольцом циркуляции. Вентиляторные установки в камерах с вертикальным кольцом циркуляции расположены в верхней части над штабелями, а с горизонтальным - за штабелем.



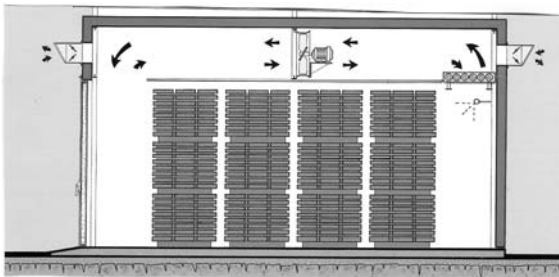
Сушильные камеры непрерывного действия



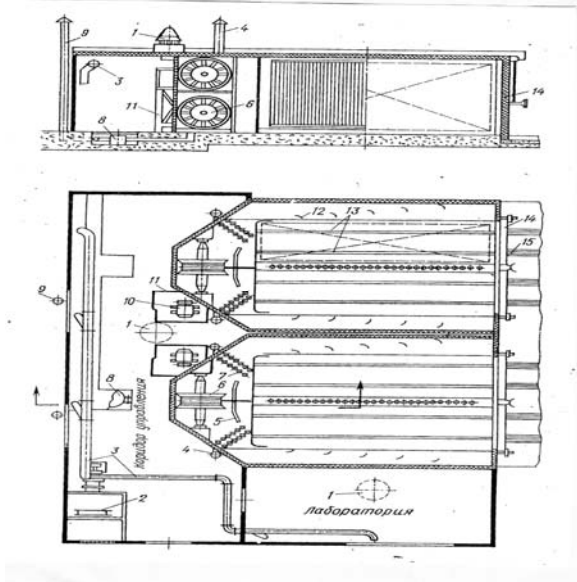
Камеры с аэродинамическим нагревом



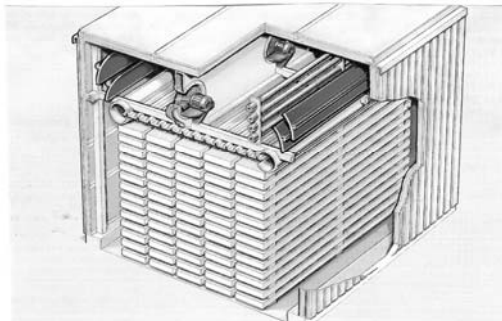
Сушильная установка системы Vanicek



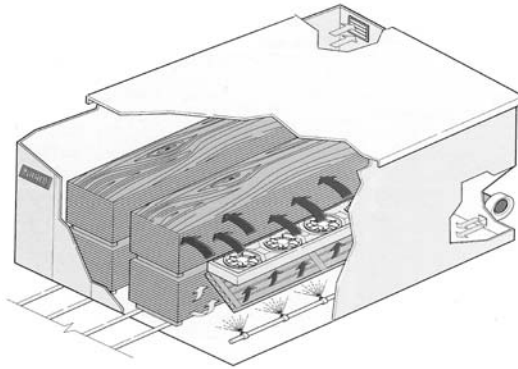
Сушильная камеры фирмы «Jncotas»



Сушильный блок СПМ-2К



Сушильная камера «Brunner»



Сушильная камеры фирмы «Nardi»

д) КОНДЕНСАЦИОННЫЙ СПОСОБ

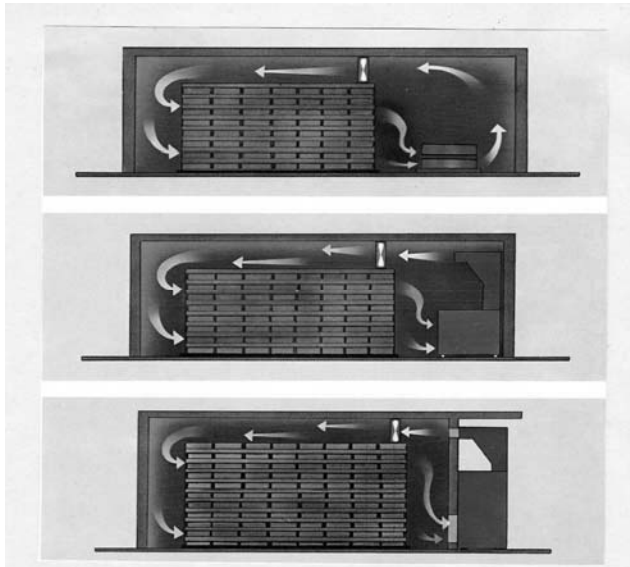
По принципу действия конденсационный способ относится к замкнутому циклу, т.е. сушильный агент совершает циркуляцию по камере без выброса в атмосферу и, соответственно, без подпитки свежим воздухом. Воздух, насыщенный влагой, отобранной из древесины, омывает холодную поверхность и охлаждается до температуры ниже точки росы. Часть влаги, содержащейся в воздухе, конденсируется, а теплота, выделенная при этом, используется для подогрева сушильного агента. В качестве охладителя используется фреон.

Теоретически конденсационный сушильный цикл с холодильником, играющим роль теплового насоса, характеризуется нулевым расходом тепла на испарение влаги. Затраты электроэнергии здесь идут на прогрев материала и теплопотери, а также на привод компрессора и вентиляторов. Для компенсации теп-лопотерь агрегат снабжается дополнительным калорифером с внешним электропитанием.

По данным зарубежных фирм Hildebrand, Brunner, Vanicek, энергопотребление конденсационных сушилок составляет 0,25- 0,5 кВт/ч на 1 л испаренной воды в зависимости от влажности материала, увеличиваясь при ее снижении. Это примерно в два раза меньше расхода энергии в обычных сборно-металлических камерах периодического действия.

Из-за свойств фреона, который используется в качестве хладагента, в конденсационных камерах применяются низкотемпературные режимы сушки с температурой не выше 45°C. При повышении температуры сушильного агента более 45°C КПД таких сушилок понижается. Поэтому производительность их малая, так как продолжительность процесса в 2-3 раза больше, чем в камерных сушилках. Эти сушилки следует использовать в тех случаях, когда электроэнергия является наиболее дешевой по сравнению со всеми другими теплоносителями.

Учитывая, что этот способ дает сокращение энергозатрат, перспективной является разработка новых конденсационных сушильных камер с холодильными установками на хладагенте, позволяющем применять нормальные режимы сушки.



Варианты компоновки сушильной камеры с конденсационной установкой