

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

(19) **ВУ** (11) **5145**

(13) **С1**

(51)<sup>7</sup> **F 26B 5/04, 9/06**



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(54)

**СПОСОБ ВАКУУМНОЙ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ**

(21) Номер заявки: а 19990135

(22) 1999.02.15

(46) 2003.06.30

(71) Заявитель: Васильев Леонард Леонидович; Кулаков Андрей Геннадьевич (ВУ)

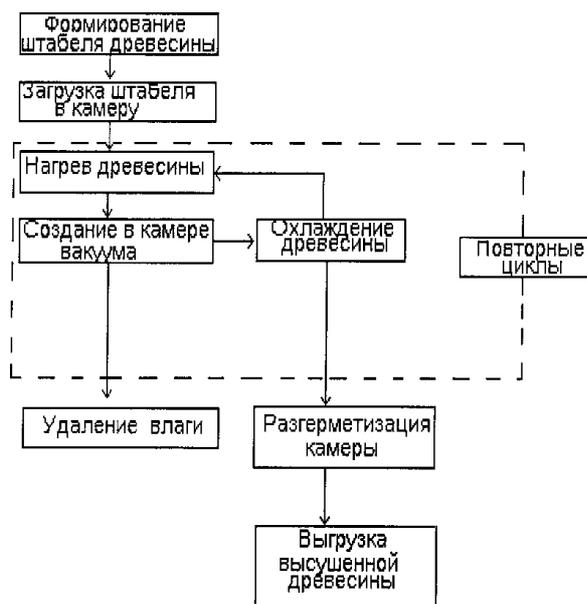
(72) Авторы: Васильев Леонард Леонидович; Кулаков Андрей Геннадьевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Васильев Леонард Леонидович; Кулаков Андрей Геннадьевич (ВУ)

(57)

1. Способ вакуумной сушки древесины, включающий формирование штабеля древесины с укладкой между слоями древесины тепловых панелей, загрузку высушиваемой древесины в камеру при атмосферном давлении, прогрев древесины, вакуумирование камеры, удаление из камеры образовавшегося конденсата, а также разгерметизацию камеры и выгрузку высушенной древесины, **отличающийся** тем, что после прогрева древесины производят ее охлаждение, а прогрев и охлаждение древесины осуществляют циклически проходящим через изотермическую поверхность контакта между слоями древесины и тепловыми панелями реверсивным тепловым потоком, генерируемым или поглощаемым тепловыми панелями.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что цикл "прогрев-охлаждение" древесины проводят более одного раза.



Фиг. 1

**ВУ 5145 С1**

(56)

RU 2096703 C1, 1997.

SU 1390497 A1, 1988.

SU 389372 A, 1974.

EP 0592752 A1, 1994.

---

Изобретение относится к способам вакуумной сушки древесины и может быть использовано для получения высококачественных равномерно просушенных пиломатериалов.

Известен способ вакуумной сушки пиломатериалов с подводом тепла к высушиваемому материалу от нагретых тепловых панелей. Загружаемый в вакуумную камеру штабель пиломатериалов формируют таким образом, что теплоподводящие панели, нагреваемые, например, горячей водой, расположены между слоями высушиваемого материала в штабеле. Нагрев и прогрев древесины происходит за счет контакта поверхности пиломатериалов с поверхностью разогретых тепловых панелей. Камеру периодически вакуумируют, а пиломатериалы непрерывно нагревают с повышением температуры после выдержки на каждой ступени нагрева. Подъем температуры на первой ступени нагрева ведут до значения, соответствующего температуре насыщенного пара, кипения воды. После достижения заданной температуры поддерживают ее до окончания процесса сушки, при этом нагрев древесины ведут в нескольких зонах по длине высушиваемого материала с промежутками между зонами нагрева. Периодически камеру разгерметизируют и производят слив конденсата из камеры [1].

Основные проблемы, с которыми сталкиваются при использовании данного способа сушки, это значительные внутренние напряжения в высушенном материале, высокая неравномерность конечной влажности по толщине материала и увеличение времени сушки за счет периодичности обработки пиломатериалов вакуумом.

Данный способ предусматривает осуществление нагрева древесины при постоянном подводе тепла, но не обеспечивает возможности проведения принудительных регулируемых разгрузочных охлаждений пиломатериалов для снятия возникающих в древесине высоких внутренних напряжений, не обеспечивает изотермичности и равномерности подвода энергии, соответствия плотности теплового потока локальной степени влажности пиломатериалов, возможности вести непрерывную обработку вакуумом.

Поскольку древесину прогревают до температуры точки кипения воды, то за счет теплоты, аккумулированной древесиной, в полостях ее клеток происходит кипение влаги и повышение давления. Образовавшийся в древесине пар удаляется из нее под действием избыточного, по сравнению с окружающей вакуумированной средой, давления. При этом в древесине, в направлении от сердцевины к поверхности, создаются значительные градиенты температуры и влажности, что приводит к возникновению высоких внутренних напряжений в высушиваемом материале и, как следствие, к его изгибу, кручению и расщеплению. Чтобы избежать ухудшения качества высушенной древесины приходится снижать максимальную температуру нагрева тепловых панелей, что существенно замедляет скорость сушки, а термостатированная выдержка высушиваемого материала сопряжена с высокими энергозатратами.

В основу изобретения поставлена задача создать способ сушки древесины, который, благодаря использованию саморегулирующегося по интенсивности и самораспределяющегося по пространству между участками древесины различной степени влажности, теплового потока, позволил бы обеспечить равномерное просушивание пиломатериалов и уменьшить время процесса сушки, для получения высококачественно высушенных материалов.

Поставленная задача решается тем, что в способе вакуумной сушки древесины, включающем формирование штабеля древесины с укладкой между слоями древесины тепло-

# ВУ 5145 С1

вых панелей, загрузку высушиваемой древесины в камеру при атмосферном давлении, прогрев древесины, вакуумирование камеры, удаление из камеры образовавшегося конденсата, а также разгерметизацию камеры и выгрузку высушенной древесины, согласно изобретению, прогрев и охлаждение древесины осуществляют проходящим через изотермическую поверхность контакта между древесиной и тепловыми панелями, реверсивным тепловым потоком, генерируемым или поглощаемым тепловыми панелями.

В практике сушки древесины часто имеют место случаи, когда высушиваемые пиломатериалы имеют начальную неоднородную по объему материала влажность. Поскольку температура поверхности высушиваемого объекта является функцией влажности, то использование для контактного нагрева древесины тепловых потоков от тепловых панелей, нагреваемых электротоком, горячей водой или другим теплоносителем, приводит к пересушиванию сухих участков древесины и недосушиванию влажных участков, и, как следствие, к еще большему увеличению внутренних напряжений, вплоть до растрескивания пиломатериалов.

Зависимость температуры поверхности контакта от влажности высушиваемого материала приводит к неравномерному распределению температуры по поверхности тепловых панелей и, как следствие к неравномерному распределению теплового потока от тепловых панелей. Использование тепловых панелей из материалов с высоким коэффициентом теплопроводности, например, панелей выполненных из тепловых труб, дает возможность поддерживать контактирующую с древесиной поверхность панелей практически изотермической по всей площади поверхности панелей при заданной температуре. Такое изо-термирование контактной поверхности между панелями и древесиной приводит к эффекту саморегулирования интенсивности теплового потока и его пространственного самораспределения между участками древесины с различной степенью влажности и с различной температурой. Тепловой поток через изотермическую поверхность контакта более интенсивен к участкам древесины с повышенной влажностью и менее интенсивен к сухим участкам древесины.

Такой саморегулирующийся тепловой поток через изотермическую поверхность контакта между древесиной и панелями наиболее эффективен для получения равномерно просушенных пиломатериалов.

Проводимые с помощью тепловых панелей разгрузочные охлаждения древесины нужны для снижения градиентов температуры и влажности в древесине и, тем самым дают возможность вновь прогреть высушиваемый материал до оптимальной температуры нагрева без растрескивания и коробления древесины.

Повторение циклов кондуктивного нагрева и кондуктивного охлаждения древесины позволяет уменьшить общее время сушки для получения пиломатериалов с равномерной по объему материала остаточной влажностью.

Установка для осуществления способа вакуумной сушки древесины содержит вакуумную камеру, в которой размещается штабель высушиваемой древесины, вакуумный насос, конденсатор сбора и удаления конденсата, источник энергии для прогрева древесины, пульт контроля и управления процессом сушки, тепловые панели, посредством которых тепло от источника энергии подводится к слоям древесины, причем тепловые панели выполнены из чередующихся и соединенных между собой нагревающих и охлаждающих древесину тепловых труб.

Тепловые панели, состоящие из набора тепловых труб, обладающие высоким коэффициентом теплопроводности могут работать как в режиме нагрева древесины, так и в режиме принудительного разгрузочного охлаждения древесины, когда точное изменение температуры двухфазного теплоносителя позволяет осуществлять тонкую регулировку температуры и влажности высушиваемого материала.

Поскольку температура двухфазного теплоносителя в тепловой трубе слабо зависит от величины как подводимого, так и отводимого от тепловой трубы теплового потока, а ма-

# BY 5145 C1

териал из которого изготовлены стенки тепловой трубы имеет высокий коэффициент теплопроводности, то температура нагрева тепловых панелей будет практически равна температуре нагрева двухфазного теплоносителя тепловой трубы и будет иметь одно и то же значение по всей поверхности тепловых панелей, в том числе и на поверхности контакта между тепловыми панелями и высушиваемой древесиной.

Изотермичность поверхности контакта задает по существу опорную температуру по всему объему штабеля высушиваемого материала, что приводит к автоматическому самораспределению тепловых потоков по объему древесины между участками древесины с различной степенью влажности.

Более того, высокие значения скрытой теплоты парообразования используемого в тепловых трубах теплоносителя позволяют быстро и эффективно проводить разгрузочное охлаждение древесины при принудительном охлаждении тепловых панелей, изготовленных из тепловых труб, за счет отбора тепла от древесины двухфазным теплоносителем тепловой трубы.

На фиг. 1 изображена схема последовательности операций вакуумной сушки древесины; на фиг. 2 - схема вакуумной установки для сушки древесины; на фиг. 3 - схема тепловой панели из тепловых труб; на фиг. 4 - разрез по А-А тепловой панели.

Способ вакуумной сушки древесины осуществляется следующим образом. Сосновые пиломатериалы, напильные в виде бруса размером  $0,2 \text{ м} \times 0,05 \text{ м} \times 6,0 \text{ м}$  и объемом  $9 \text{ м}^3$ , складывают в штабель на тележке послойно, располагая между шестнадцатью тепловыми панелями пятнадцать слоев древесины, в каждый из которых укладывают по шесть брусков. Тележку со штабелем закатывают в вакуумную камеру, устанавливают ее над конденсатором для сбора конденсата и подключают тепловые панели к магистралям подачи горячего водяного пара. После этого вакуумную камеру герметизируют и начинают прогрев тепловых панелей горячим водяным паром, нагревая их до температуры  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ . После прогрева древесины до  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  включают форвакуумный насос и понижают давление в вакуумной камере до  $2 \times 10^3 \text{ кПа}$ , удаляя при этом воздух и пары влаги из камеры. После выдержки всей системы в течение 4 ч, при указанных значениях температуры и давления, из вакуумной камеры удаляют образовавшийся конденсат.

Для снятия возникших в древесине напряжений, производят разгрузочное охлаждение, охлаждая тепловые панели до  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . После выдержки штабеля древесины при пониженной температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 2 ч, тепловые панели опять нагревают до температуры  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ , и прогревают штабель в течение 4 ч. Периодически, через 10 ч включают форвакуумный насос для поддержания давления в камере, равного  $2 \times 10^3 \text{ кПа}$ .

После проведения 6 циклов нагрева и охлаждения древесины камеру разгерметизируют и производят разгрузку штабеля древесины.

Как показали контрольные замеры, достижение сосновыми материалами равномерно распределенной по объему материала конечной влажности 6 % достигается за 1,5 суток, что в 3 раза меньше, чем в способе, взятом за прототип.

Установка для осуществления способа вакуумной сушки древесины содержит ряд устройств и конструктивных элементов, скомпонованных в следующей последовательности. Вакуумная камера 1 связана с пультом 2 контроля и управления процессом сушки, и с форвакуумным насосом 3. В вакуумной камере 1 размещена тележка 4 с сформированным на ней штабелем 5 пиломатериалов. Между слоями пиломатериалов размещены тепловые теплотрубные панели 6. Тележка 4 со штабелем 5 размещена над конденсатором 7, имеющим клапан 8 для удаления образующегося конденсата 9 из вакуумной камеры 1. К тепловым панелям 6 подведены напорная магистраль 10 для подачи горячего пара в режиме нагрева древесины и напорная магистраль 11 для подачи воды в режиме разгрузочного охлаждения древесины. К тепловым панелям 6 также присоединены отводящая горячий пар магистраль 12 и магистраль 13 для отвода охлаждающей воды. К напорной магистрали 10 присоединен источник энергии 14 для получения горячего пара и на ней же уста-

# ВУ 5145 С1

новлен клапан 15 для регулирования расхода горячего пара. На напорной магистрали 11 установлен клапан 16 для регулирования расхода охлаждающей воды. Напорные магистрали 10 и 11 присоединены к насосу 17, который запитывается водой из накопительного бака 18. Для исключения попадания пара в систему водоохлаждения на отводящих магистралях 12 и 13 установлены клапаны 19 и 20. На магистрали 13 установлен теплообменник 21 для охлаждения воды, охлаждающей тепловые трубы 22 тепловых панелей 6 в режиме принудительного разгрузочного охлаждения древесины, а отводящая горячий пар магистраль 12 присоединена к источнику энергии 14. Охлаждающие тепловые трубы 22 расположены в панелях 6 в чередующемся порядке между нагревающими древесину тепловыми трубами 23. Внутри тепловых труб 23 размещены трубки 24 для подачи горячего пара, а в охлаждающих тепловых трубах 22 размещены трубки 25 для подачи охлаждающей воды. В герметизированном пространстве тепловых труб 22 и 23 содержится теплоноситель 26. Вакуумная камера 1 соединена с вакуумным насосом 3 клапаном 27.

Вышеописанная установка работает следующим образом. Вода из накопительного бака 18 с помощью циркуляционного насоса 17 по магистрали 10 подается к источнику энергии 14, в качестве которого используется парогенератор. Горячий пар при температуре 70 °С подается по трубкам 24 нагревательных тепловых труб 23 и переводит теплоноситель 26, в качестве которого используется углеводород в двухфазное состояние при температуре 65 °С. При этом тепловые панели 6, изготовленные из имеющего высокий коэффициент теплопроводности алюмомагниевого сплава, равномерно прогреваются. Серия исследований, проведенных с различными теплоносителями, позволяет прийти к заключению, что при нагреве теплоносителя 26 до двухфазного состояния (пар-жидкость), температура поверхности контакта между панелями 6 и древесиной 5 имеет практически одно и то же значение по всей поверхности тепловых панелей 6. При такой изотермической поверхности тепловых панелей, тепловой поток через поверхность контакта автоматически саморегулируется и самораспределяется между участками древесины различной степени влажности, более интенсивно прогревая участки с повышенной степенью влажности. Отработанный пар по отводящей магистрали 12 направляется к источнику энергии 14. После прогрева древесины открывается клапан 27 и в вакуумной камере 1 создается вакуум с помощью форвакуумного насоса 3. После выдержки прогретой древесины 5 в вакуумированной камере 1, отключения источника энергии 14 и перекрытия клапаном 15 подводящей магистрали 10, клапаном 16 к насосу 17 подключается магистраль 11, по которой в тепловые панели 6 подается охлаждающая вода. Вода поступает по трубкам 25 охлаждающих тепловых труб 22 панелей 6, охлаждает теплоноситель 6 до температуры 20 °С и по отводящей магистрали 13 возвращается в накопительный бак 18. После разгрузочного охлаждения древесины 5, собранный в конденсаторе 7 конденсат 9 через клапан 8 удаляется из вакуумной камеры 1. Управление работой насоса 17, всех клапанов, источником энергии 14, теплообменником 21, а также контроль температуры и влажности древесины 5 и давления в камере 1, осуществляется с пульта 2. Датчики контроля температуры, влажности и давления на схеме установки не показаны.

После проведения разгрузочного охлаждения древесины 5, отключения клапаном 15 водоподводящей магистрали 11 и теплообменника 21, вновь включается источник энергии 14, а клапаном 15 пароподводящая магистраль 10 подключается к насосу 17, и цикл "нагрев-охлаждение" древесины 5 повторяется 6 раз.

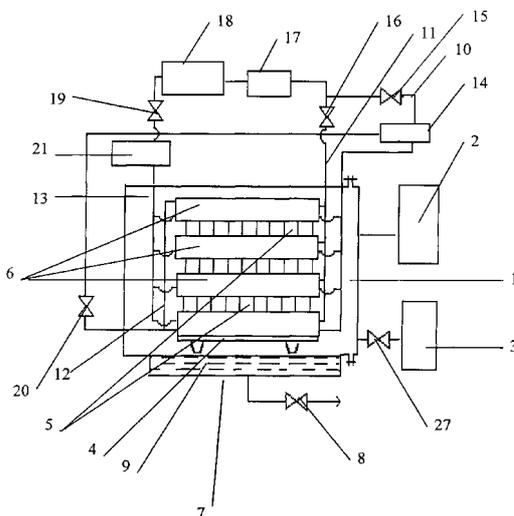
Таким образом, использование тепловых панелей, изготовленных из нагревающих и охлаждающих древесину тепловых труб, позволяет создать изотермическую поверхность контакта между древесиной и тепловыми панелями, и реверсивный тепловой поток через эту поверхность для принудительного кондуктивного нагрева и кондуктивного разгрузочного охлаждения древесины.

# BY 5145 C1

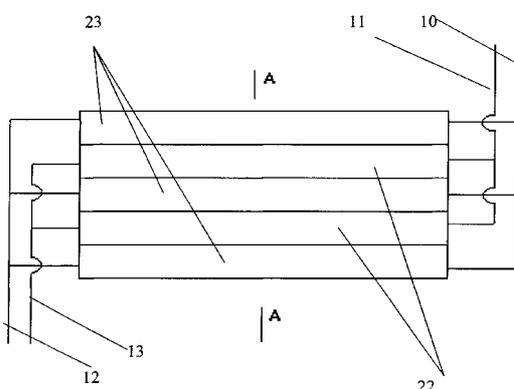
Внедрение предлагаемой установки может, на наш взгляд, явиться эффективным средством получения высококачественных равномерно просушенных пиломатериалов при сокращении времени общего процесса сушки в 3 раза по сравнению с известными устройствами.

Источники информации:

1. Патент РФ 2096703 C1. Способ сушки древесины и установка для его осуществления.

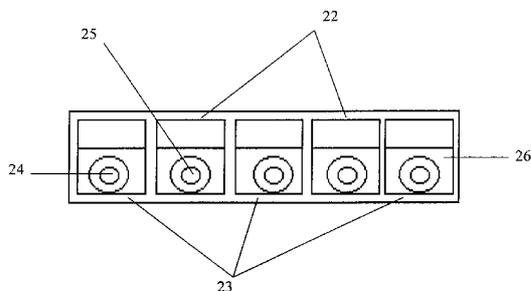


Фиг. 2



Фиг. 3

A-A



Фиг. 4