

В связи с активным развитием деревянного домостроения и растущим спросом на термомодифицированную древесину в деревообрабатывающей промышленности используются разные способы термомодифицирования древесины с соответствующим аппаратным оформлением [2-7, 9-11]. Оборудование и технологии, предлагаемые производителями термомодифицированной древесины, могут быть различными, но их общей характеристикой является то, что предприятия нацелены на снижение энергозатрат производственного процесса, а значит разработку энергосберегающих технологий по термомодифицированию древесины [1, 8]. Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований показали, что технологии термомодифицирования древесных пиломатериалов в среде водяного пара обладают большим потенциалом по сравнению с другими агентами обработки: в частности, ведение процесса в условиях насыщенного пара позволяет избежать стадии предварительной сушки, что значительно сокращает не только продолжительность процесса, но и энергетические затраты на обработку древесины. На основе результатов экспериментальных исследований и математического моделирования было предложено усовершенствование технологии термомодифицирования древесины в среде перегретого пара, позволяющее улучшить конечные качества материала ввиду отсутствия характерного для термодревесины запаха, что достигается путем многократного пропаривания и вакуумирования термодревеса на стадии охлаждения. В представленной работе приведено описание разработанной технологии термомодифицирования высоковлажных оцилиндрованных бревен в среде насыщенного водяного пара с одновременной подсушкой. Обработке подвергается свежесрубленная древесина со средним влагосодержанием более 60%. Технологический процесс складывается из следующих основных этапов: повышение температуры в аппарате до 180 °С путем подачи насыщенного пара из парогенератора, выдержка древесины при высокой температуре и давлении насыщенного пара в течение 4-8 часов с целью термомодифицирования материала на глубину до 50 мм, вакуумирование для подсушки обработанной древесины. Недостатком данной технологии считается высокое давление в аппарате до 10 атм., что в промышленных условиях значительно повышает металлоемкость оборудования и, как следствие, себестоимость процесса. В связи с этим предлагается конструкция аппарата ВУСТД-2 для термомодифицирования и досушки оцилиндрованных бревен высокой влажности, в которой каждое бревно помещается в отдельную емкость небольшого диаметра (рис. 1), что позволяет значительно уменьшить толщину обечайки. Рис. 1 - Установка для термомодифицирования оцилиндрованных бревен Установка состоит из камер сушки 1, образованных трубами, и объединенных между собой одной общей теплоизолированной рубашкой 3, парогенератора 10, водокольцевого вакуум-насоса 5 - для откачки воздуха из

камеры в период создания вакуума и конденсатора б - для удаления пара. Процесс осуществляется следующим образом. Оцилиндрованные бревна загружаются в отдельные камеры 1, конструкция которых устроена таким образом, что они соединены патрубками между собой и с системой подачи агента обработки. Каждая камера герметично закрывается крышкой, после чего в них подается насыщенный пар из парогенератора. Воздух, находящийся внутри всей системы, стравливается во время заполнения ее насыщенным паром через открытый вентиль 4. После чего камеры герметизируются и начинается повышение давления среды путем подачи пара из парогенератора, что приводит к повышению влагосодержания древесины и значительной интенсификации прогрева материала. После достижения в камере температуры 140 - 180 °С, что соответствует давлению в рабочей полости аппарата 5 - 10 атм., начинается вторая стадия процесса - выдержка бревен в заданных условиях в течение 4 - 8 часов с целью термомодифицирования поверхностных слоев бревна. В результате выдержки в поверхностных слоях бревна происходят химические изменения на молекулярном уровне, придающие ей дополнительные технические и декоративные свойства, а именно потемнение цвета, уменьшение гигроскопичности и теплопроводности, повышение биологической стойкости и устойчивости к грибку. Далее начинается стадия охлаждения материала за счет вакуумирования. Для этого в работу включаются вакуумный насос 5 и конденсатор б, которые откачивают пар из рабочей полости камер до остаточного давления 10 кПа. При этом осуществляется подсушка материала за счет предварительно аккумулированной им тепловой энергии и охлаждение древесины за счет интенсивного испарения из неё влаги. Процесс одновременной подсушки и охлаждения заканчивается при достижении древесиной 40 °С. Влажность термомодифицированных бревен в результате подобной подсушки может быть снижена на 25 - 35 % в зависимости от породы, начальной влажности и диаметра бревна. В случае необходимости дальнейшей сушки оцилиндрованного бревна цикл «прогрев - вакуумирование» может быть повторен несколько раз. Однако в этом случае стадия нагрева материала осуществляется не за счет подачи пара во внутреннюю полость камер, а контактно-радиационным методом от стенок камер, обогреваемых внешней рубашкой, в которую подается пар из парогенератора. В этом случае нижняя часть бревна, контактирующая со стенкой камеры, получает тепловую энергию контактным способом, остальная часть бревна нагревается тепловым радиационным излучением от нагретых стенок камер и, частично, естественной конвекцией паровой среды, находящейся в камере (рис. 2). С целью предотвращения растрескивания материала во время процесса вакуумирования, которое может произойти в результате интенсивного испарения влаги с поверхностных зон бревна, необходимо тщательно контролировать темп понижения давления аппарате. Достоинствами данной технологии является

возможность одновременного проведения процесса термомодифицирования оцилиндрованных бревен высокой влажности на глубину до 50 мм., а также подсушки обработанной древесины с возможностью дальнейшей вакуумно-контактной сушки в случае необходимости. Представленная конструкция позволяет значительно сократить энергозатраты на проведение процесса термомодифицирования и досушки оцилиндрованных бревен в связи с отсутствием стадии предварительной сушки, и избежать образования трещин на поверхности материала.

конвективная составляющая Рис. 2 - Схема прогрева оцилиндрованного бревна в процессе сушки С целью апробации возможности использования предложенной конструкции аппарата для термомодифицирования и сушки бревна в среде насыщенного пара был создан пилотный элемент установки ВУСТД 2 в виде камеры для единичного бревна, испытания которого были проведены в условиях малого предприятия по производству домов из оцилиндрованного бревна ООО «Сириус» (г.Йошкар-Ола). Схема элемента представлена на рис. 3.

Рис. 3 - Схема элемента пилотной установки Пилотный элемент установки выполнен в виде герметичной цилиндрической обечайки 1 с крышкой 2. Передача теплоты от теплоносителя к сушильному агенту осуществляется с помощью масляной рубашки 3. Нагрев масла происходит в емкости 4 с помощью электронагревателей. Горячая органическая жидкость циркулирует между нагревательной емкостью 4 и теплоиспользующим аппаратом 1 с помощью циркуляционного насоса 5. Внутреннее пространство корпуса 1 сообщено с системой вакуумирования, включающей в себя конденсатор 6, сборник конденсата 7 и вакуумный насос 8 помощью патрубка через вентиль 9, с парогенератором 10 через вентили 11 и 12, а с атмосферой - через патрубок 13. В качестве экспериментальных материалов для исследований термомодифицирования и подсушки в среде насыщенного пара были взяты сосновые бревна, диаметром 180 мм. Процесс термомодифицирования проводился при температуре 180 0С, на стадии вакуумирования остаточное давление составляло 10 кПа. Установка работает следующим образом. После помещения в камеру 1 оцилиндрованного бревна 14, камеру герметизируют с помощью крышки 2. Включением вакуумного насоса 8 из камеры убирают инертный газ, после чего вакуумный насос выключают. При открытом вентиле 11 из предварительно нагретого до 250 0С парогенератора 10 подают насыщенный пар в камеру 1 до повышения температуры в аппарате до заданного значения. Нагретое масло с помощью насоса 5 циркулирует в масляной рубашке 3 и поддерживает насыщенный пар на заданном значении температуры, что вызывает процесс нагрева древесины в камере. После достижения в камере температуры 180 0С происходит выдержка бревен в заданных условиях, продолжительность которой определяется по результатам моделирования в зависимости от породы, размеров древесины и требуемой глубины термомодифицирования. Далее начинается стадия охлаждения за счет

вакуумирования. Для этого в работу включают конденсатор 6 и вакуумный насос 8, откачивающие пар из рабочей полости камеры до остаточного давления 10 кПа. Процесс подсушки и охлаждения заканчивается при достижении древесиной температуры порядка 300С. С целью дополнительной сушки бревна цикл «прогрев-вакуумирование» повторялся несколько раз, при этом температура на стадии нагрева составляла 140 0С и достигалась контактно-конвективным методом от стенок камеры, обогреваемых масляной рубашкой. Стадия вакуумирования производилась также до достижения материалом температуры 300С