

Доля продукции лесопромышленного комплекса (ЛПК) в валовом национальном продукте РФ не превышает 5 %. Повышение эффективности и конкурентоспособности деревообрабатывающих предприятий в РФ является одной из приоритетных задач развития экономики. Одним из факторов, сдерживающих развитие предприятий ЛПК является низкий уровень их технической оснащенности, приводящий к образованию большого количества токсичных выбросов парогазовой смеси, ведущей к катастрофическому уровню техногенного воздействия на окружающую среду. В результате охрана окружающей среды в последние годы стала одной из важнейших проблем, т.к. объемы парогазовых выбросов на предприятиях глубокой переработки древесины составляют сотни тысяч тонн. Наиболее яркому представителю таких производств в целлюлозно-бумажной промышленности можно отнести периодический процесс сульфатной варки целлюлозы; в лесохимических предприятиях можно выделить процессы пиролизного производства, экстрагирование веществ из коры и зелени древесины; среди деревообрабатывающих предприятий имеются выбросы токсичных парогазовых смесей на производствах плитной продукции, экструзионных процессах, при энергетической переработке древесных отходов. Переход к непрерывным безотходным технологиям решает проблему выбросов токсичных парогазовых смесей в атмосферу, но на современном этапе человечество не имеет ресурсов для закрытия существующих производств и перехода только на безотходные технологии. Поэтому в настоящее время проблема охраны окружающей среды решается путем присоединения к действующему технологическому процессу дополнительного оборудования для улавливания парогазовой среды. Для снижения концентрации выделяющейся парогазовой среды на многих предприятиях идут по пути интенсификации работы газоочистного оборудования за счет разработки новых контактных устройств, интенсификации гидродинамических режимов контактирования и интенсификации процесса массопередачи путем подбора новых реагентов и сорбентов. В результате традиционный подход к решению проблем, связанный с усовершенствованием газоочистного оборудования является малоэффективным. Более эффективным является комплексный подход, заключающийся в создании новых технологий и аппаратных оформлений, включающих в себя систему газоочистки. Такой подход осложнен многообразием явлений, сопровождающих процессы переработки древесных материалов, отсутствием обобщенных методов расчета и схем эффективной реализации конкретных процессов. В [1] дан анализ современного состояния техники и технологии процессов термохимической переработки древесных материалов. При описании современного состояния процессов термохимической переработки древесины, сопровождаемых парогазовыми выбросами в атмосферу, представлены: характеристики технологических процессов по выбросам в атмосферу, специфические

особенности выбросов в целлюлозно-бумажной промышленности; специфические особенности термохимических методов переработки древесины. В соответствии с классификацией отраслей промышленности по экологической опасности для природной среды, предприятия ЛПК относятся к опасным производствам [3]. К наиболее опасным производствам относятся: процессы производства целлюлозы, термохимические методы переработки древесины, производства древесно-полимерных композитов материалов, процессы экстракции веществ из древесных материалов. В результате анализа способов и оборудования для газоочистки от токсичных выбросов отмечено, что в ЛПК для очистки отходящих парогазовых смесей применяются в основном методы конденсации и абсорбции. Математическое описание процесса конденсации сводится к определению коэффициента теплоотдачи. Конденсация паров наблюдается при наличии градиентов давления и температуры. При отсутствии неконденсирующихся газов коэффициент теплоотдачи процесса лимитируется только термическим сопротивлением пленки конденсата. В этой связи при модернизации технологических процессов следует идти в направлении исключения газовой фазы. При невозможности исключения газовой фазы применяется абсорбция. Явления, происходящие при абсорбции чаще описываются на основе двухпленочной теории. При абсорбционной очистке газов концентрации улавливаемых компонентов невелики, что позволяет рассматривать систему как слабоконцентрированную, а равновесные концентрации в газовой и конденсированных фазах достаточно точно определяются законом Генри. При термохимической переработке древесных отходов лимитирующими параметрами, кроме температуры, являются давление и среда протекания процессов. В зависимости от количества поданного в среду окислителя могут происходить горение, газификация или пиролиз. При этом массоперенос осложняется химической реакцией. В [2] проведена формализация свойств древесины, существенных для математического описания процессов термохимической переработки древесных материалов, сопровождающихся выделением парогазовой фазы. Рассмотрены основные теплофизические свойства, порода древесины, влияющие на количественной и качественный состав образующейся парогазовой смеси. Анализ теплофизических свойств древесных материалов, как объектов термохимического разложения показывает, что древесина – сложная многофазовая система с ярко выраженной анизотропией, состоящей из твердой фазы-скелета древесного вещества, жидкой фазы, находящейся в связанном и свободном состоянии, и паровоздушной смеси, заполняющей часть пор древесины, которая не занята жидкой фазой. Коэффициент теплопроводности в древесине представляет собой некоторую условную величину учитывающую теплопроводность скелета древесного вещества и жидкой фазы, а также передачу тепла конвекцией и излучением в порах. Из всех компонентов древесины влага имеет самую

высокую теплопроводность, поэтому скорость термохимического разложения древесины значительно зависит от ее влагосодержания. В процессе разложения теплофизические свойства древесины изменяются, поэтому эффективная теплопроводность рассчитывается в функциональной зависимости от влагосодержания. Термохимическое разложение древесных материалов является сложным процессом. Оно включает в себя множество физических и химических процессов, поэтому количественный и качественный состав выделяемой парогазовой смеси зависит не только от теплопереноса, но и последовательности экзотермических и эндотермических реакций, влияющих на давление в материале; изменяющихся свойств материала в зависимости от степени разложения и т.д. Анализ литературных данных показывает, что древесина достаточно хорошо изучена как объект термохимической переработки. В литературе довольно подробно рассмотрены структурно-собоционные, массопроводные, тепловые и химические характеристики древесины; имеются эмпирические аппроксимированные зависимости теплофизических, влажностных, термодинамических и химических характеристик; широко исследованы: числовые значения констант скоростей химических реакций, энергии активации; удельная теплота химических реакций в зависимости от породы древесины, условий разложения; механизм переноса выделяющей токсичной парогазовой среды в древесном материале и продуктах разложения. В справочной литературе содержатся сведения о свойствах древесины основных пород, освещается механизм химических преобразований, а также излагаются теоретические методы анализа параметров состояния древесины при термохимическом разложении. Для выбора эффективных методов газоочистки необходимо исследование теплопереноса, осложненного химическими превращениями, на всех стадиях термохимической переработки древесных материалов и совершенствования аппаратурно-технологического оформления конкретных процессов путем разработки аналитических методов прогноза количественного и качественного состава, образующейся парогазовой среды на разных этапах процесса переработки. В работе [2] приводится описание разработанных технологий и оборудования для организации процессов переработки древесных материалов, сопровождающихся выделением парогазовой фазы (см. рис. 1). Разработанные технологии и оборудования, защищенные патентом РФ, предназначены для гидротермической обработки древесных материалов (сушки, пропитки экстрагирования веществ из зелени и коры древесных материалов), для производства новых видов продукции (древесно-стружечных плит, метанола, термомодифицированной древесины, древесного угля) для производства целлюлозы, для термической переработки древесных отходов (сжигания, газификация, пиролиза). Рис. 1 - Классификация разработанных технологий и оборудования для переработки древесных материалов, сопровождающихся выделением парогазовой фазы, защищенных

патентами РФ Анализ разработок по гидротермической обработке древесных материалов показывает, что для улавливания выделяющейся парогазовой смеси применима объемная или поверхностная конденсация, поэтому для гидротермической обработки древесно-композиционных материалов целесообразно применение вакуумной техники. Такой подход позволяет не только улавливать ценные компоненты, но и интенсифицировать протекающие процессы сушки, пропитки, экстрагирования. В разработанной установке осциллирующей сушки древесины [3] отсутствует дорогостоящее компрессорное оборудование и вакуумный насос, а необходимая мощность парогенератора может быть достигнута использованием дешевого теплоносителя – отработанного пара или работой парогенератора на отходах деревообработки. Высокая концентрация вредных веществ в зоне обслуживания экструзионных прессов при производстве древесно-стружечных плит ликвидирована путем совмещения экструдера [4] с устройством улавливания пыли и летучих компонентов. Для очистки отходящей парогазовой смеси при производстве целлюлозы от метилмеркаптана, диметилсульфида и сероводорода использована многоступенчатая система конденсации [5], с использованием абсорбции неконденсирующихся паров. Сжигание древесных отходов, содержащих полимерные включения, сопровождается выделением копоти и токсичных веществ. В связи с этим разработана установка для термической переработки твердых отходов, позволяющая ликвидировать указанные недостатки [6]. Установка позволяет перерабатывать древесные отходы, содержащие полимерные включения, такие как резина, пластмассы, смолы, полиэтилен и др., а дожигание отходящих газов совместно с пиролизными газами способствует не только сокращению вредных выбросов в атмосферу, но и повышению КПД установки. Производство древесного угля в углевыжигательных установках сопровождается выделением в атмосферу большого количества токсичных газов. Применение известных способов газоочистки сопряжено дальнейшими капитальными затратами и характеризуется ненадежностью. В связи с этим были разработаны непрерывно-действующие установки для производства древесного угля [7,8]. При выделении с технологических процессов горючих газовых выбросов наиболее эффективным способом газоочистки является сжигание. В [9] представлена установка, разработанная для сжигания газовых выбросов, позволяющая производить полное их термическое окисление. При производстве метанола из отходов деревообработки [10] часть газовой фазы выделяющейся в сепараторе сжигается совместно с пиролизным газом в окислительной зоне газификаторов (см. рис. 2). Анализ представленных разработок технологий и аппаратного оформления процессов переработки древесных материалов, сопровождающихся выделением парогазовой фазы показывает, что система газоочистки в них осуществляется методом конденсации, абсорбции, сжигания или их конверсии.

Совершенствование технологий переработки древесных материалов заключается в том, что система газоочистки, выбранная в зависимости от физико – химических свойств улавливаемых компонентов, должна вписываться в технологический процесс, изолируя тем самым рассматриваемую технологию от окружающей среды. Рис. 2 - Установка по производству метанола из отходов деревообработки (патент № 2478604) Такой подход позволяет интенсифицировать тепло-массообменные процессы, протекающие внутри технологического процесса и сократить тем самым габаритные размеры системы газоочистки. При этом часть выделяющихся компонентов может рециркулировать внутри технологического процесса и снизить потребление исходного сырья. В работе [2] приведены результаты промышленной реализации процессов переработки древесных материалов, сопровождающихся выбросами парогазовой смеси. Для расчета технологических параметров и отдельных систем газоочистки технологических комплексов по переработке древесных материалов приведены методики расчета устройств конденсации паровой смеси, устройств сжигания горючих газов, а также аэродинамический расчет парогазового тракта разработанных технологических комплексов. Для ликвидации выбросов указанных дурнопахнущих веществ в атмосферу по результатам полупромышленных испытаний и на основе инженерной методики расчета была спроектирована усовершенствованная технологическая схема процесса разгрузки варочного котла после сульфатной варки целлюлозы [5]. В соответствии с усовершенствованной схемой, предлагается бак аккумулятор сообщать с атмосферой через два последовательно установленных поверхностных конденсатора 42,43 и абсорбционную систему, состоящую из эжекционного насоса 50 (первая ступень абсорбции), насадочного абсорбера 53 (вторая ступень абсорбции) и сепаратора 52. Поверхностные конденсаторы охлаждаются циркулирующим с помощью насоса 45 в режиме противотока рассолом (раствор хлористого калия). Рассол охлаждается с помощью холодильника 44. На выходе в первый конденсатор поддерживается температура 5-100С. Это позволяет сконденсировать диметилсульфид, имеющий температуру кипения 350С. На входе во второй конденсатор поддерживается температура рассола — 100С. Это позволяет сконденсировать метилмеркаптан, имеющий температуру кипения 50С. Отходящие из бака-аккумулятора газы с температурой 680С эжектируются через поверхностные конденсаторы 42,43 с помощью эжектора — 50. Эжектирующей жидкостью является щелочной раствор, который абсорбирует сероводород на первой ступени абсорбции. Вторая ступень абсорбции реализуется в насадочном абсорбере 53. Абсорбент в эжектор и на форсунки насадочной колоны подается с помощью центробежного насоса 55 из бака для раствора каустика. Разведенный каустик с концентрацией 90-100 г/л ед.Na₂O поступает из цеха регенерации. Отработанный абсорбент поступает в мерник белого щелока или в цех регенерации. Рукавный фильтр 52,

установленный над насадочным абсорбером 53 выполнен из полипропиленового полотна, толщиной 6-10 мм. Служит для сепарации отходящих газов от раствора каустика. Рис. 3 - Усовершенствованная технологическая схема процесса сульфатной варки целлюлозы

Внедрение усовершенствованной технологической схемы разгрузки варочного котла при сульфатной варке целлюлозы исключает выбросы диметилсульфида, метилмеркаптана, сероводорода в атмосферу и позволяет получить экономический эффект только от предотвращения экологического ущерба в размере более 2 млн. руб. Результаты приведенных исследований на пилотной установке показали возможность совершенствования аналогичных процессов в других отраслях промышленности (см. рис. 4).

Рис. 4 - Классификация разработанных технологий, рекомендованных к внедрению в других отраслях промышленности

На ОАО «Нэфис-косметик» внедрены: установка для извлечения жирных кислот из соапстоков [10] установка безреактивного расщипления жиров [11], на ГУП «Муромский приборостроительный завод» усовершенствована технологическая схема получения наполненных пластиков экструзией [12], на ОАО «Нижекамский шинный завод» внедрено вытяжное устройство на участке зарядки аккумуляторных батарей [13]. Внедрение установки для извлечения жирных кислот из соапсточного мыла позволило не только снизить выбросы токсичных веществ до ПДК, но и интенсифицировать процесс разложения за счет изменения избыточного давления; а соответственно и температуры варки соапсточного мыла. В заключении можно сделать вывод, что из анализа результатов математического моделирования технологических процессов переработки древесных материалов, сопровождающихся выбросами парогазовой смеси получены новые решения по усовершенствованию массообменных процессов в других отраслях промышленности внедрены новые перспективные технологии и аппаратное оформление для проведения процессов: извлечения жирных кислот из соапсточного мыла, безреактивного расщепления жиров, для организации зарядки аккумуляторных батарей.