

УДК 674.047:551.588.74

UDC 674.047:551.588.74

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛА И ВЛАГИ НА ВЫДЕЛЕНИЕ ФУРФУРОЛА И ФОРМАЛЬДЕГИДА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БУКА И ДУБА

INFLUENCE OF HEAT AND MOISTURE ON THE ISOLATION OF FURFURAL FORMALDEHYDE FROM BEECH AND OAK WOOD

Михайлова Юлия Сергеевна
аспирант

Mikhaylova Yulia Sergeevna
post-graduate student

Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, Россия

Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia

В статье приводятся результаты исследования влияния тепла и влаги на экстрагирование фурфурола и формальдегида из древесины бука и дуба. Приводятся рекомендации по снижению воздействия вредных веществ на окружающую среду

The article presents the results of research of influence of heat and moisture on the extraction of furfural and formaldehyde from beech and oak wood. Recommendations for reduce of exposure to harmful substances in the environment are provided

Ключевые слова: ДРЕВЕСИНА, ТЕМПЕРАТУРА, ВЛАЖНОСТЬ, ОТРАБОТАННЫЙ АГЕНТ СУШКИ, КОНЦЕНТРАЦИЯ, ФУРФУРОЛ, ФОРМАЛЬДЕГИД

Keywords: WOOD, TEMPERATURE, HUMIDITY, EXHAUST DRYING AGENT, CONCENTRATION, FURFURAL, FORMALDEHYDE

Большинство современных технологий переработки древесины включают в себя процессы гидротермической обработки древесины. К этим процессам относится и сушка древесины. Проведение процесса сушки древесины сопряжено с длительным воздействием на древесину температуры и влажности. В результате такого воздействия древесина подвергается гидролизу, то есть в ней происходят химические изменения даже при температуре менее 70 °С. Скорость этих изменений резко возрастает при температуре свыше 100 °С. Известно, что чем выше температура и более продолжительное её воздействие на древесину, тем значительнее физико-химические изменения, происходящие в ней.

Известно, что в процессе сушки из древесины удаляется влага, а вместе с ней и вещества, растворенные в ней – смолы и смоляные кислоты, таннины (дубители), эфирные масла, красители, камеди, белки, щелочи, скипидар, метанол, фурфурол, формальдегид, ацетон, фенол и др. Многие из перечисленных веществ являются вредными для человека и окружающей среды.

Количественный и качественный состав экстрагируемых веществ из древесины во многом также определяются комплексным воздействием на

древесину температуры среды и формой удаляемой влаги. При кажущейся визуально незначительности выбросов даже из одной сушильной камеры, суммарная величина вредных выбросов в течение года достаточна для того, чтобы посвятить этой проблеме серьезные системные исследования.

Влага в древесине перемещается, как в виде жидкости, так и в виде пара. Пар перемещается по системе полостей клеток; жидкость – в стенках клеток по межфибриллярным капиллярам.

На начальном этапе сушки из древесины удаляется свободная влага. Процесс протекает достаточно интенсивно. В этот период преобладает движение влаги в виде жидкости. По мере уменьшения текущей влажности древесины интенсивность движения влаги в виде жидкости постепенно снижается, а в виде пара, наоборот, увеличивается [1]. Из этого следует, что интенсивность экстрагирования веществ во многом определяется величиной текущей влажности и коэффициента влагопроводности.

Одним из эффективных приемов, стимулирующих ток влаги к поверхности материала, откуда она легко переходит в окружающий воздух, заключается в дополнительном прогреве материала. С повышением температуры диффузия влаги в древесине ускоряется.

Чем выше температура и ниже влажность древесины, тем в большем количестве влага перемещается в виде пара. Так при температурах свыше 60 °С, при достижении древесиной влажности, соответствующей пределу гигроскопичности, отмечается резкое смещение доли движения влаги в общем потоке в сторону ее движения в виде пара. Подобное смещение в сторону перемещения влаги в виде пара будет способствовать и резкому снижению содержания количества водорастворимых экстрагируемых веществ, удаляемых из древесины с влагой, но увеличивать количество экстрагируемых веществ, удаляемых с паром [1].

Отсюда можно сделать вывод о том, что максимальное удаление водорастворимых веществ будет происходить на первом этапе сушки древе-

сины, когда в древесине присутствует свободная влага, а температура находится на минимальных значениях.

Наиболее благоприятными, по всей видимости, в этом плане будут мягкие режимы, отличающиеся повышенной длительностью процесса сушки и воздействием невысоких температур, способствующих увеличению степени экстрагирования водорастворимых веществ и доли движения влаги в виде жидкости до более низких значений влажности древесины.

Таким образом, количество удаляемых из древесины при высушивании органических веществ будет зависеть от температуры, продолжительности, начальной и конечной влажности. Точное количество и состав удаляемых летучих веществ из древесины в литературе не описаны. Можно предположить, что количественная картина будет повторять известные данные относительных потерь летучих веществ из древесины при сушке.

Как уже отмечалось ранее, из древесины удаляются вещества, относящиеся к различным классам опасности. Результаты разведывательных опытов показали, что из общего количества веществ, экстрагируемых из древесины дуба и бука, значительную долю составляют фурфурол и формальдегид, относящиеся к третьему и второму классам опасности. Отмеченные вещества обладают суммационным эффектом, то есть при одновременном присутствии совместно с ацетоном и фенолом, которые также выделяются из древесины с водным экстрактом, их воздействие на окружающую среду уже будет совместным, а концентрации должны суммироваться.

Таким образом, представляется целесообразным выполнить исследования по количественной оценке содержания вредных веществ в отработанном агенте сушки для фурфурола и формальдегида, как имеющих наибольшую количественную составляющую из всех удаляемых веществ.

Экспериментальные исследования были выполнены на древесине бука и дуба, произрастающих на территории Краснодарского края.

Начальную влажность древесины определяли весовым методом в соответствии с ГОСТ 16483.7-71. Затем из свежесрубленной древесины были выпилены пиломатериалы толщиной 32 мм и доведены до заданной влажности в соответствии с матрицей планирования эксперимента. Начальная влажность древесины дуба и бука составила 75 и 55 %, соответственно.

Затем пиломатериалы с заданной влажностью укладывали со шпациями на прокладках толщиной 10 мм в предварительно прогретую сушильную установку, соответствующую ГОСТ Р 51350-99, обеспечивающую автоматическое регулирование температуры с точностью ± 2 °С.

В соответствии с рекомендациями, данными в руководящих технических материалах по технологии камерной сушки древесины дуба и бука, был принят интервал изменения температуры от 40 до 90 °С [2].

Эксперименты проводились в соответствии с матрицей планирования. Порядок проведения опытов рандомизирован.

Отбор проб отработанного агента сушки проводили через высокотемпературный пробник. Определение концентрации формальдегида и фурфурола в отработанном агенте сушки проводили посредством набора индикаторных трубок «Gastec GV-100S Sampling Kit» и насоса-пробоотборника для индикаторных трубок модели «GASTEC GV-100» фирмы «GASTEC CORPORATION», предназначенные для измерения массовой концентрации вредных веществ в воздушных газовых средах.

Для данной партии индикаторных трубок была выполнена проверка отделом Государственных физико-химических измерений ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» и установлена точность измерения концентрации фурфурола для модели 154 ± 25 % и формальдегида $91LL \pm 25$ %.

После каждого эксперимента проводили стерилизацию камеры путем прокаливания внутреннего пространства сушильного шкафа в течение 3 часов при температуре 240 °С. Подобное прокаливание полностью удаля-

ет из сушильного шкафа остатки исследуемых веществ и исключает их влияние на точность замеров концентрации при проведении последующих экспериментов.

Результаты экспериментальных исследований сушки древесины бука и дуба представлены на рисунках 1–4. Анализ результатов показывает различное влияние температуры и влажности на концентрацию фурфурола и формальдегида в отработанном агенте.

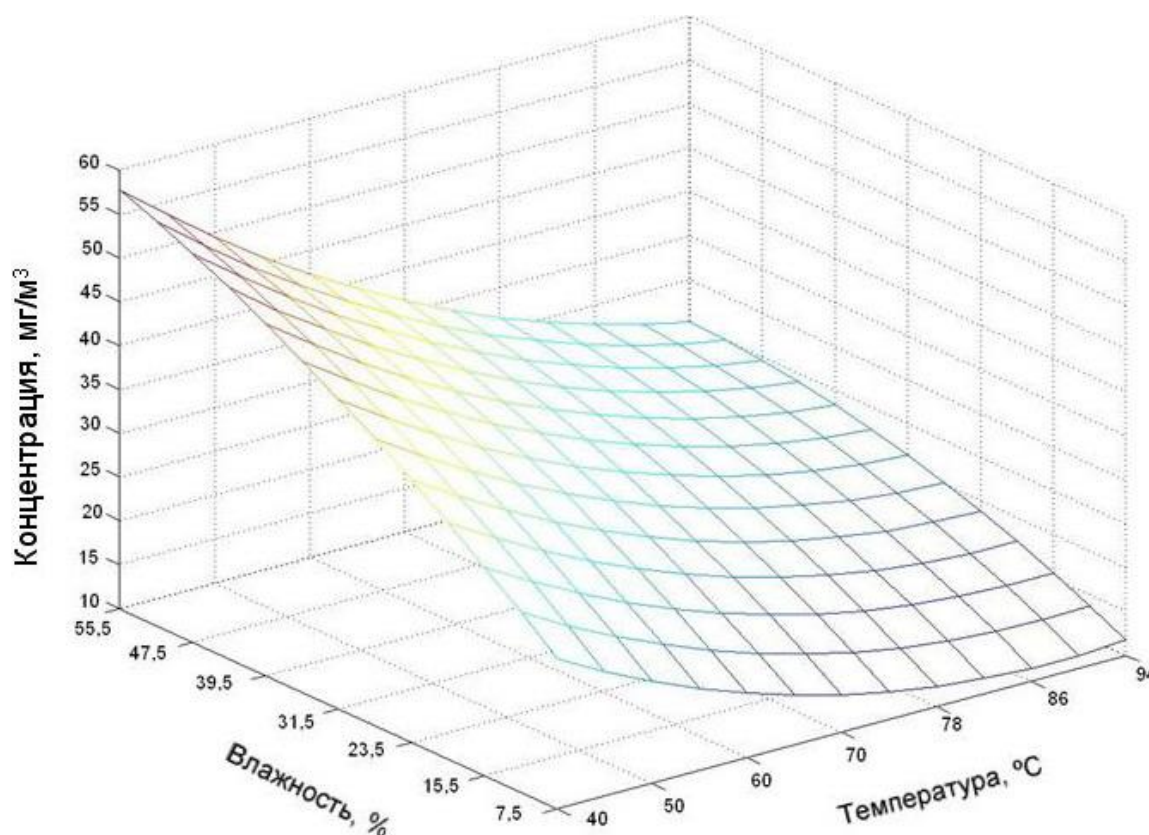


Рисунок 1. Влияние тепла и влаги на концентрацию фурфурола в отработанном агенте при сушке древесины бука

При сушке древесины бука (см. рис. 1) можно отметить, что максимальная концентрация фурфурола, около 55 мг/м³, в отработанном агенте сушке достигается при начальной влажности свыше 48 % и температуре в интервале 40–45 °С. При снижении влажности древесины до 7–8 % происходит снижение концентрации фурфурола до 25–30 мг/м³. Причем это снижение носит монотонно убывающий характер.

Противоположное действие на концентрацию фурфурола в отработанном агенте оказывает температура. Так при её повышении от 40 °С до 90 °С концентрация фурфурола понижается с 55 мг/м³ до 25–30 мг/м³.

Наибольшее снижение концентрации происходит при одновременном уменьшении влажности древесины и повышении температуры среды. Минимальные значения концентрации отмечены при влажности 7–8 % и температуре свыше 68–70 °С.

Анализ концентрации формальдегида (см. рис. 2) при сушке древесины бука показывает сходные закономерности влияния влажности и температуры, но степень их влияния несколько иная. Максимальные значения концентрации формальдегида (около 0,35 мг/м³) отмечены при влажности древесины, близкой к свежесрубленной, и температуре 40–45 °С. При уменьшении влажности древесины до 7–8 % происходит монотонное снижение и концентрации формальдегида менее 0,1 мг/м³.

Изменение температуры при влажности древесины свыше 30 % практически не оказывает влияния на концентрацию формальдегида в отработанном агенте сушки. Отмечено незначительное увеличение его концентрации при повышении температуры свыше 70 °С и влажности древесины более 45 %. При влажности менее 30 % воздействие температуры имеет более выраженное действие. Чем выше температура и меньше влажность древесины, тем меньше концентрация формальдегида в отработанном агенте сушки. Минимальное значение концентрации (около 0,1 мг/м³) отмечено при влажности древесины менее 7–8 % и температуре среды менее 50 °С.

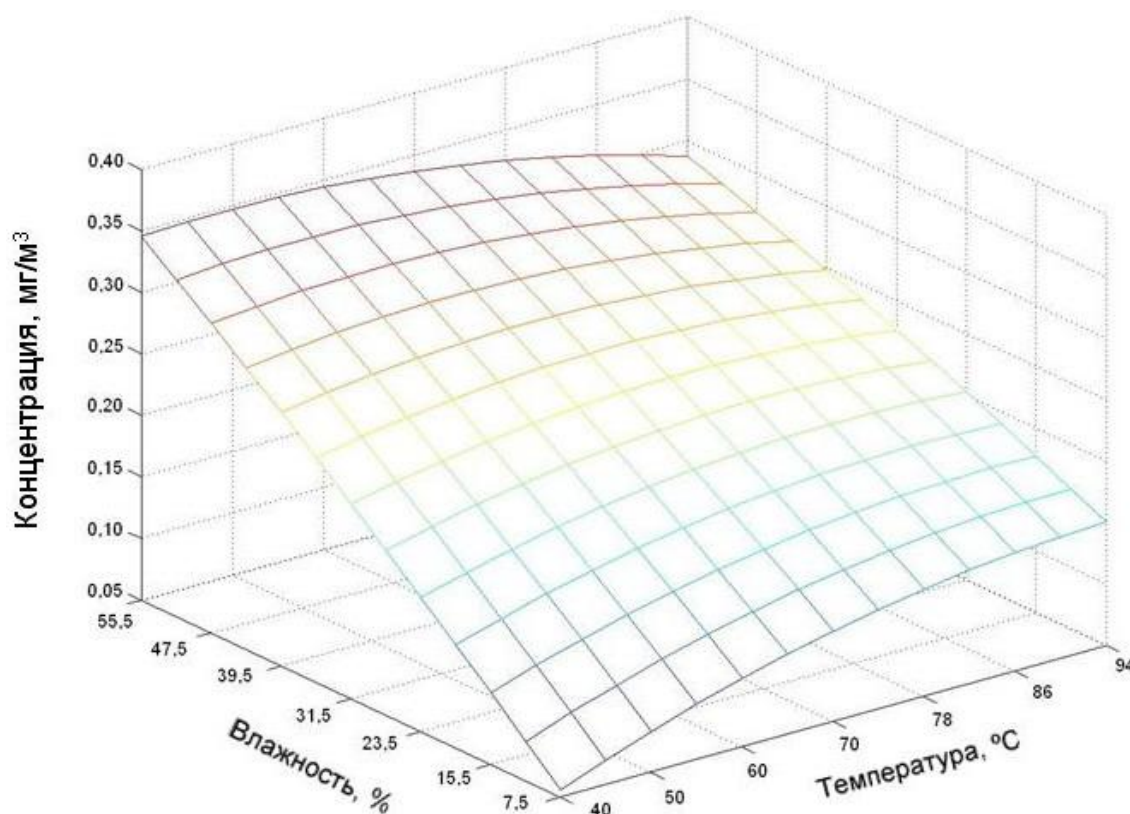


Рисунок 2. Влияние тепла и влаги на концентрацию формальдегида в отработанном агенте при сушке древесины бука

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает иную степень влияния температуры и влажности на концентрацию фурфурола и формальдегида в отработанном агенте при сушке древесины дуба, по сравнению с древесиной бука.

Уменьшение влажности древесины от 75 % до 7–8 % при температуре не более 65 °С понижает концентрацию фурфурола с 35 мг/м³ до 20 мг/м³. Повышение температуры свыше 70 °С, наоборот, приводит к повышению концентрации фурфурола. Максимальные значения концентрации фурфурола (0,75–0,80 мг/м³) отмечены при влажности древесины, близкой к свежесрубленной (около 75 %) и температуре около 90 °С. Снижение влажности древесины при температуре свыше 70 °С приводит к существенному снижению концентрации фурфурола до 10–15 мг/м³. При этом можно отметить примерно равнозначную степень воздействия температу-

ры и влажности на снижение концентрации фурфурола в отработанном агенте сушки.

Кривые концентрации фурфурола в отработанном агенте при сушке древесины дуба имеют характерный излом (рис. 3) при влажности древесины менее 45 % и в интервале температуры 60–70 °С. Повышение или понижение температуры при одновременном снижении влажности древесины практически не оказывает большого влияния на концентрацию фурфурола.

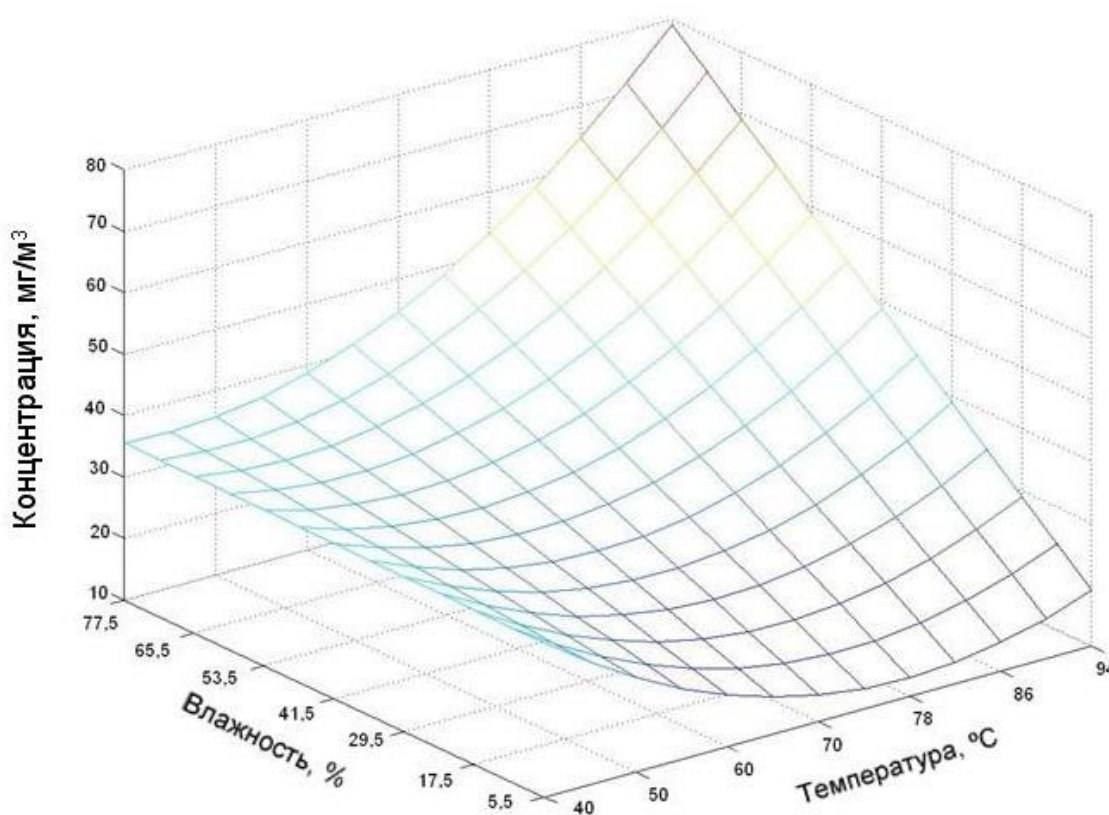


Рисунок 3. Влияние тепла и влаги на концентрацию фурфурола в отработанном агенте при сушке древесины дуба

Подобное протекание процесса экстрагирования обусловлено, по всей видимости, изменением доли перемещения влаги в виде пара в общем потоке влагопереноса при удалении связанной влаги из древесины дуба.

Анализ результатов исследования концентрации формальдегида при сушке древесины дуба выявил аналогичные закономерности влияния тем-

пературы и влажности, как и при выделении фурфурола (рис. 4). Стоит отметить участок, когда при температуре 40–45 °С и влажности свыше 30 % концентрация формальдегида остается неизменной – на уровне 0,5 мг/м³.

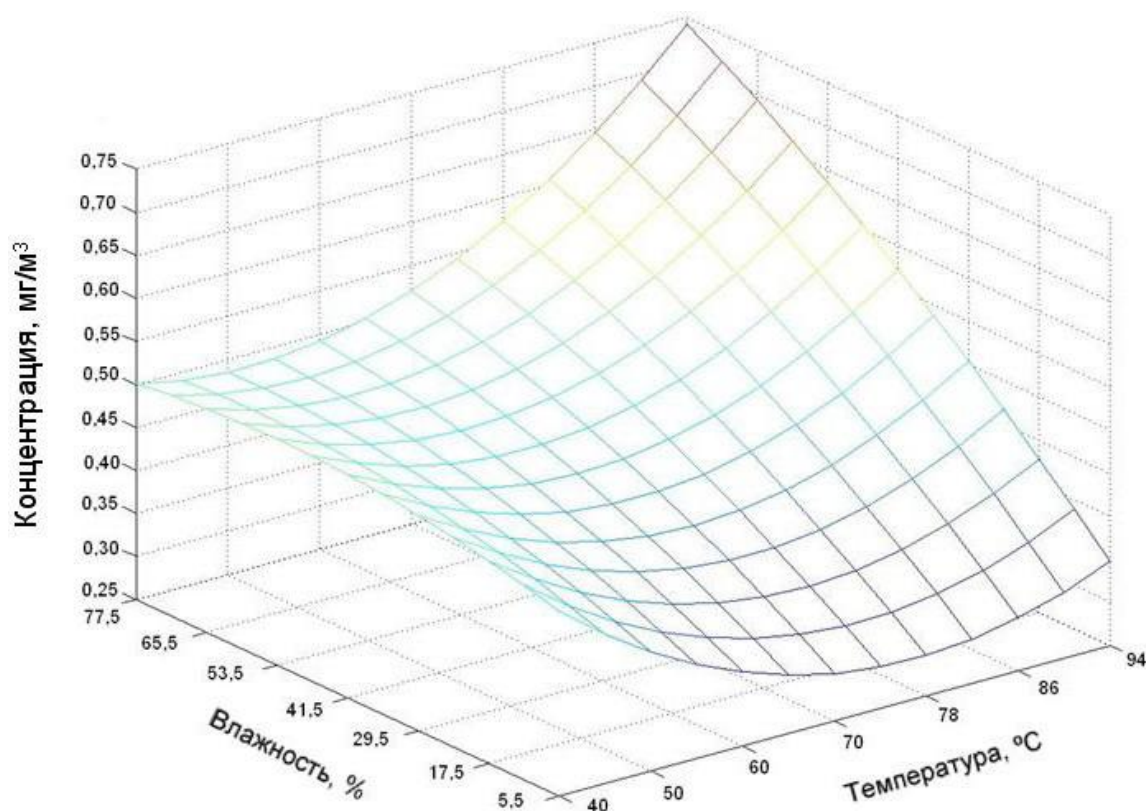


Рисунок 4. Влияние тепла и влаги на концентрацию формальдегида в отработанном агенте при сушке древесины дуба

Таким образом, анализ результатов экспериментальных исследований показал, что при сушке древесины бука и дуба в отработанном агенте сушки содержатся вредные для человека вещества – фурфурол и формальдегид. Концентрация этих веществ зависит от температуры среды и текущей влажности древесины. Наибольшие значения концентрации фурфурола и формальдегида достигаются у древесины при влажности, близкой к влажности свежесрубленной древесины. Действие температуры оказывает различное воздействие на концентрацию фурфурола и формальдегида у древесины бука и дуба. Наибольшее значение концентрации отмечено у древесины бука при малых значениях температуры, у древесины дуба –

при более высокой температуре. Подобный характер экстрагирования веществ из древесины бука и дуба обусловлен различными структурными изменениями водо- и влагопроводящей системы этих пород под воздействием тепла. Повышение водопроводящей способности древесины дуба произошло по причине частичного разрушения тил в крупных сосудах ранней зоны годичного слоя [3].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что с учетом структуры построения режимов при сушке древесины бука концентрация вредных веществ в отработанном агенте сушки на начальном этапе сушки будет выше, чем при сушке древесины дуба. На заключительном этапе различия в концентрации рассматриваемых веществ будут незначительны.

При проектировании сушильных участков или цехов и последующей эксплуатации сушильных камер необходимо стремиться к минимизации воздействия вредных веществ на окружающую среду. Наибольшая концентрация каждого вредного вещества (с учетом возможного суммационного эффекта) в приземном слое атмосферы не должна превышать максимальную разовую предельно допустимую концентрацию данного вредного вещества в атмосферном воздухе.

Уменьшить степень вредного воздействия отработанного агента сушки на окружающую среду возможно путем разработки конструктивных, технологических и организационных рекомендаций и мероприятий.

Одним из простых и эффективных конструктивных способов является правильный подбор высоты трубы приточно-вытяжных каналов конструкции сушильных камер. Чем выше будет располагаться источник выбросов, тем больше будет рассеиваться примесь в атмосфере.

При проектировании предприятий, зданий и сооружений следует так же предусматривать и минимальное число источников выброса вредных

веществ в атмосферу, объединяя удаляемые вещества от ряда источников на выделения в одну вытяжную трубу.

Существенное снижение вредного воздействия отработанного агента сушки на окружающую среду возможно и при грамотном планировании проведения процесса сушки древесины. При планировании работы сушильного участка необходимо исключать вероятность одновременного проведения в нескольких сушильных камерах процесса сушки режимами первой ступени.

Список литературы

1. Кришер О. Научные основы техники сушки. М., 1961. 536 с.
2. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. ЦНИИМОД. Архангельск, 2001. 132 с.
3. Курьянова Т.К., Платонов А.Д., Аралова О.В., Снегирёва Ю.С. Повышение водопроводящей способности древесины дуба после термохимической обработки // Лесной журнал. – 2009. – № 5. С. 79–83.