

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ ИСТОЧНИКА ВЫБРОСОВ ИЗ КАМЕРЫ ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ БУКА

доктор технических наук, доцент **А.Д. Платонов**<sup>1</sup>

кандидат технических наук **Ю.С. Михайлова**<sup>2</sup>

кандидат биологических наук, доцент **С.Н. Снегирева**<sup>1</sup>

кандидат технических наук, доцент **А.В. Киселева**<sup>1</sup>

доктор технических наук, профессор **Н.В. Мозговой**<sup>3</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ОАО «Газпром добыча Краснодар», г. Краснодар, Российская Федерация

3 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация

Процесс камерной сушки древесины сопровождается длительным воздействием на древесину тепла и влаги. В результате этого воздействия происходит разложение лигноуглеводного комплекса древесины с выделением различных вредных веществ, наиболее опасными являются фурфурол и формальдегид. Количество фурфурола и формальдегида в отработанном агенте сушки зависит от начальной влажности древесины, продолжительности и режима сушки. Степень воздействия вредных веществ на окружающую среду зависит от режима сушки, высоты выброса агента сушки из камеры и условий окружающей среды. Малая высота выбросов отработанного агента сушки с вредными веществами приводит к превышению предельно-допустимой концентрации вредных веществ в приземном слое. Поэтому целью исследований является снижение концентрации фурфурола и формальдегида в приземном слое. Исследования выполнены на древесине бука, произрастающего в Краснодарском крае. Установлено, что максимальное количество фурфурола и формальдегида выделяется из древесины бука при сушке мягкими режимами. Наибольшее количество вредных веществ выделяется из древесины бука на первой ступени, при удалении свободной влаги, независимо от режима сушки. Понизить величину приземной концентрации на границе санитарной зоны возможно за счет правильного выбора высоты источника рассеивания вредных веществ. В работе определена высота источника выбросов вредных веществ из сушильной камеры в зависимости от режима сушки древесины бука и климатических условий окружающей среды. В теплый период года и опасной скорости ветра (менее 1 м/с) высота источника выброса при сушке древесины бука должна быть наибольшей, в холодный - наименьшей. На основании выполненных исследований даны рекомендации по размещению вытяжных труб и их высоты для сушильных камер с учетом объема одновременно высушиваемой древесины.

**Ключевые слова:** фурфурол, формальдегид, режим сушки, предельно допустимая концентрация, древесина бука, концентрация вредных веществ, высота выбросов

## DETERMINING THE MINIMUM HEIGHT OF THE EMISSION SOURCE FROM CAMERA FOR DRYING BEECH WOOD

DSc (Engineering), Associate Professor **A.D. Platonov**<sup>1</sup>

PhD (Engineering) **Yu.S. Mikhailova**<sup>2</sup>

PhD (Biology), Associate Professor **S.N. Snegireva**<sup>1</sup>

PhD (Engineering), Associate Professor **A.V. Kiseleva**<sup>1</sup>

DSc (Engineering), Professor **N.V. Mozgovoy**<sup>3</sup>

1 – FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",  
Voronezh, Russian Federation

2 – OJSC "Gazprom dobycha Krasnodar", Krasnodar, Russian Federation

3 – FSBEI HE "Voronezh State Technical University", Voronezh, Russian Federation

### Abstract

The process of chamber drying of wood is accompanied by a prolonged exposure to wood of heat and moisture. As a result of this effect, the ligno-carbohydrate complex of wood decomposes with the release of various harmful substances, the most dangerous are furfural and formaldehyde. The amount of furfural and formaldehyde in the spent drying agent depends on the initial moisture content of the wood, duration and drying mode. The degree of environmental impact of harmful substances depends on the drying regime, the height of the release of the drying agent from the chamber, and environmental conditions. The low emission height of the spent drying agent with harmful substances leads to exceeding the maximum permissible concentration of harmful substances in the surface layer. Therefore, the aim of research is to reduce the concentration of furfural and formaldehyde in the surface layer. The studies were carried out on beech wood growing in the Krasnodar region. It was found that the maximum amount of furfural and formaldehyde is released from beech wood during drying by mild conditions. The largest amount of harmful substances is released from beech wood in the first stage, when free moisture is removed, regardless of the drying mode. It is possible to lower the value of near-ground concentration at the border of the sanitary zone by correctly choosing the height of the source of dispersion of harmful substances. The work determines the height of the source of emissions of harmful substances from the drying chamber, depending on the drying regime of beech wood and climatic environmental conditions. In the warm season and at dangerous wind speeds (less than 1 m / s), the height of the source of emission during drying of beech wood should be the greatest, in the cold - the smallest. Based on the studies performed, recommendations are given for the placement of exhaust pipes and their heights for drying chambers, taking into account the volume of simultaneously dried wood.

**Keywords:** furfural, formaldehyde, drying mode, maximum permissible concentration, beech wood, concentration of harmful substances, emission height

### Введение

Древесина является биологическим материалом, имеющим сложный химический состав, способным изменяться при гидро-термической обработке.

В результате длительного воздействия повышенной температуры и в присутствии свободной влаги в древесине происходят химические изменения, сопровождаемые распадом лигноуглеводного комплекса [1]. Из всех веществ,

экстрагируемых из древесины, наибольшую опасность для человека представляют фурфурол и формальдегид.

Количество фурфурола и формальдегида, в отработанном агенте сушки, удаляемом из сушильной камеры, зависит от начальной влажности древесины, продолжительности и условий протекания процесса гидро-термической обработки древесины (режима сушки). Снижение воздействия вредных веществ, выделяемых из

древесины, на человека и окружающую среду является актуальной задачей.

Средства защиты атмосферного воздуха должны существенно понижать количество вредных веществ до уровня предельно-допустимых концентраций [2]. Для этого могут быть использованы следующие технологии очистки загрязненного воздуха: химическая, сорбционная, биологическая, электростатическая, каталитическая, фотокаталитического окисления.

На практике могут быть использованы следующие способы нейтрализации вредных веществ в отработанном агенте сушки:

- очистка загрязненного воздуха с применением активных импрегнированных или активированных углей. Степень очистки углями соответствует требованиям ГОСТ 12.1.005-88.

- рассеивание в атмосфере.

Исходя из конструкции типовых сушильных камер и особенности технологии, с учетом параметров режима сушки, наиболее приемлемым является метод рассеивания веществ в атмосфере. Интенсивность рассеивания в приземном слое атмосферы зависит: от концентрации и количества вредных веществ, выбрасываемых из сушильной камеры и от условий окружающей среды – скорости ветра и изменения температуры воздуха по высоте. Повышение температуры атмосферного воздуха с высотой приводит к увеличению концентрации вредных веществ у поверхности земли. Понижение температуры атмосферного воздуха с высотой приводит к уменьшению концентрации вредных веществ в приземном слое.

Если с увеличением высоты температура атмосферного воздуха повышается, то основным фактором, определяющим интенсивность рассеивания и величину концентрации вредных веществ в приземном слое, будет высота расположения источника выброса (трубы). Расположение источника выбросов выше слоя приподнятой инверсии, обеспечит хорошее рассеивание вредных веществ и их концентрация в приземном слое будет малой. Расположение источника выбросов ниже слоя приподнятой инверсии, существенно ухудшит интенсивность рассеивания вредных веществ в

атмосфере и их концентрация у поверхности земли будет большой.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что высота источника выбросов оказывает наибольшее влияние на интенсивность рассеивания вредных веществ в атмосфере. Чем выше располагается источник выбросов, тем больше будет интенсивность рассеивания фурфурола и формальдегида в атмосфере. Поэтому одним из простых и эффективных решений снижения концентрации фурфурола и формальдегида в приземном слое является увеличение высоты источника их в атмосферу.

Процесс камерной сушки является одним из самых энергозатратных в технологии деревопереработки древесины. Поэтому снижение затрат тепла на процесс сушки является одной из приоритетных задач. Одним из решений данной проблемы является оснащение вновь проектируемых и находящихся в эксплуатации сушильных камер рекуперативными установками. Такие установки позволяют существенно снизить расход тепла на сушку. В этих установках отработанный агент сушки перед удалением из сушильной камеры охлаждается до температуры 30-35 °С. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению перепада между температурой отработанного агента сушки и температурой окружающей среды, снижению интенсивности рассеивания, и как следствие этого к повышению приземной концентрации вредных веществ.

На основании вышеизложенного была определена **цель исследований** – определение минимальной высоты источника выбросов из сушильной камеры, при которой с учетом климатических факторов и режима сушки не будет превышен ПДК для фурфурола и формальдегида на границе санитарной зоны.

### Методика проведения исследований

Экспериментальные исследования по определению концентрации и количества фурфурола и формальдегида, выделяющихся из древесины бука и высоты источника выбросов были проведены на стационарных сушильных камерах периодического действия емкостью

от 12 м<sup>3</sup> до 50 м<sup>3</sup>. Все сушильные камеры расположены на открытых площадках рядом с деревообрабатывающими цехами [3]. Удаление отработанного агента сушки с вредными веществами происходит через приточно-вытяжные каналы, расположенные на боковой стене камеры, выше уровня дверей. Организация технологического процесса предусматривает расположение мест формирования и расформирования сушильных пакетов, склады сырых материалов рядом с сушильными камерами под навесом.

Методика измерения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.016-79 «Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ», ГОСТ 8.010-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения», и ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Отбор проб отработанного агента сушки проводили с использованием высокотемпературного пробоотборника. Определение массовой концентрации формальдегида и фурфурола в отработанном агенте сушки проводили посредством индикаторных трубок «Gastec GV-100S Sampling Kit» и насоса-пробоотборника для индикаторных трубок модели «GASTEC GV-100» фирмы «GASTEC CORPORATION».

Предел измерения по фурфуролу от 2 до 30 *ppm*, а по формальдегиду – от 0,05 до 1,0 *ppm*. Границы допускаемой погрешности измерений концентрации фурфурола для модели 154 ± 25 % и формальдегида 91LL ± 25 %. при доверительной вероятности 0,95 ±. Страна-изготовитель Япония.

Количество вредных веществ, выделяемых из древесины бука определено при сушке мягкими, нормальными и форсированными режимами. Толщина пиломатериалов от 32 мм до 50 мм.

Влажность древесины была определена согласно ГОСТ 16483.7-71. Средняя начальная влажность древесины бука составила 55-60 %, конечная 8-10 %.

Минимальная высота  $H(m)$  одиночного источника выброса (трубы) сушильной камеры, при которой значение максимальной приземной концентрации вредных веществ  $C_{м.т}$  не превышает ПДК, может быть определена по формуле [4]

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot \eta}{ПДК \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}}, \quad (1)$$

где  $M$  – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу (г/с),

$V$  – объём отработанного агента сушки, выбрасываемого из сушильной камеры, м<sup>3</sup>/с;

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности,

$A$  – коэффициент, определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе, С<sup>2/3</sup>·мг·град<sup>1/3</sup>;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; для газообразных веществ – 1;

ПДК – максимальные предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.

### Результаты исследований

На рис. 1-2 представлены результаты экспериментальных исследований по определению количества фурфурола и формальдегида, выделяемых из 1 м<sup>3</sup> древесины бука при сушке мягкими, нормальными и форсированными режимами.

Установлено, что наибольшее количество фурфурола 0,125 кг/м<sup>3</sup> выделяется из 1 м<sup>3</sup> древесины бука при сушке мягкими режимами. При сушке нормальными режимами количество выделяемого фурфурола снижается в 2 раза, а форсированными – в 2,2 раза по сравнению с мягкими режимами.

Максимальное количество фурфурола выделяется из древесины бука на начальном этапе сушки (рис. 1): при сушке мягкими режимами 0,0755533 кг/м<sup>3</sup>, нормальными 0,0288 кг/м<sup>3</sup>, форсированными 0,020276 кг/м<sup>3</sup>.

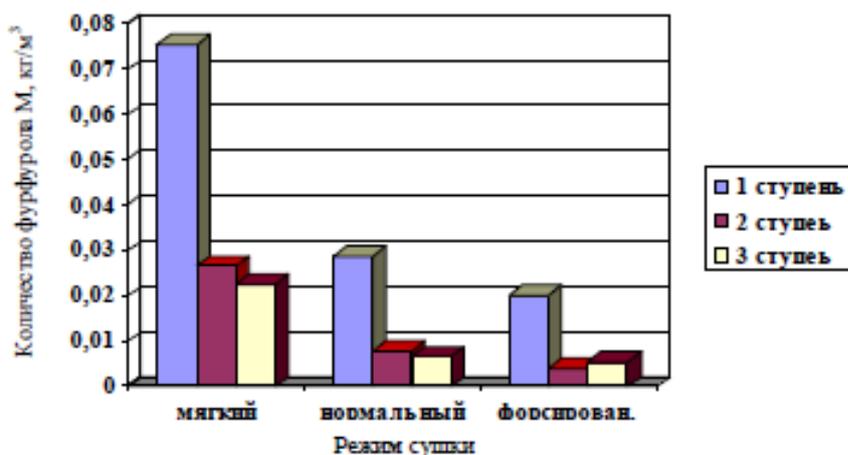


Рис. 1. Количество фурфурола ( $M$ ), выделяемого из  $1 \text{ м}^3$  древесины бука при сушке различными режимами

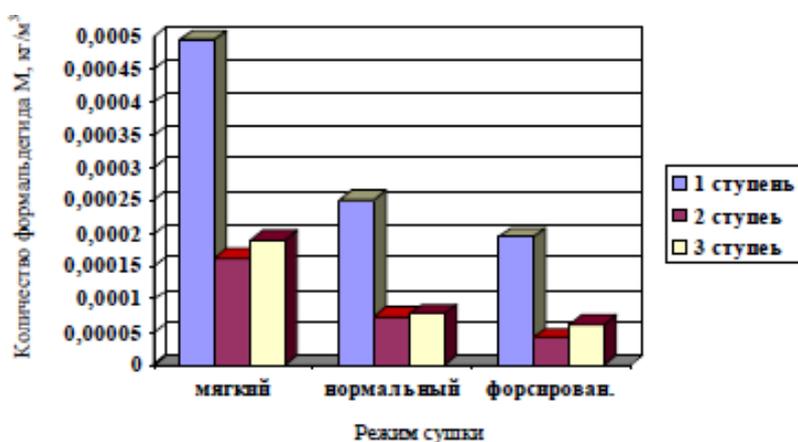
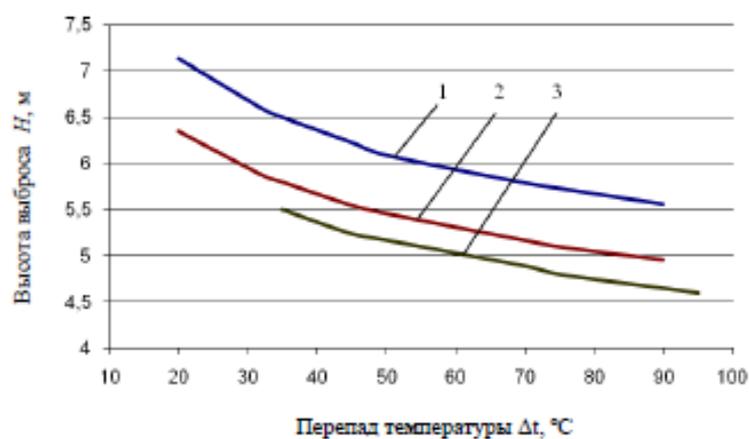


Рис. 2. Количество формальдегида ( $M$ ) выделяемого из  $1 \text{ м}^3$  древесины бука при сушке различными режимами



1, 2, 3 – мягкий, нормальный и форсированный режимы сушки

Рис. 3. Выбор минимальной высоты выброса ( $H$ ) при сушке древесины бука в камере ёмкостью  $50 \text{ м}^3$

Наличие свободной влаги способствует интенсивному протеканию процессов гидролиза древесины. На втором этапе сушки количество свободной влаги незначительно, а на третьей в древесине присутствует только связанная вода. Количество фурфурола, выделяемого из древесины на второй и третьей ступенях, резко снижается – при сушке мягкими режимами в среднем в 2,8-3,2 раза, нормальными режимами – в 3,5-4,0 раза и форсированными режимами – в 3,5-4,5 раз, по сравнению с начальным этапом сушки.

Экспериментально установлено, что наибольшее количество формальдегида около  $0,0009 \text{ кг/м}^3$  выделяется из  $1 \text{ м}^3$  древесины бука при сушке мягкими режимами. При сушке нормальными режимами количество формальдегида, выделяемого из  $1 \text{ м}^3$  древесины, снижается в 2,1, а форсированными в 2,6 раза по сравнению с мягкими режимами (рис. 2). Максимальное количество формальдегида, независимо от вида режима сушки, выделяется из древесины бука на начальном этапе (первая ступень): при сушке мягкими режимами  $0,000495 \text{ кг/м}^3$ , нормальными  $0,000251 \text{ кг/м}^3$ , форсированными  $0,000196 \text{ кг/м}^3$ .

Количество формальдегида, выделяемого из  $1 \text{ м}^3$  древесины бука на втором и третьем этапах резко снижается при сушке мягкими режимами в 2,5-3,0 раза, нормальными режимами – в 3,0-3,5 раза и форсированными режимами – в 3,5-4,5 раза, по сравнению с начальным этапом сушки.

Количество вредных веществ, выделяемых из древесины в процессе камерной сушки превышает ПДК рабочей зоны для фурфурола  $5 \text{ мг/м}^3$  и формальдегида  $0,5 \text{ мг/м}^3$ . При неблагоприятных климатических условиях рассеивание вредных веществ в атмосфере резко (теплый период года и опасная скорость ветра) снижается. Концентрация вредных веществ на границе санитарной зоны зачастую превышает максимально-разовую ПДК жилой зоны для фурфурола  $0,05 \text{ мг/м}^3$  и формальдегида  $0,035 \text{ мг/м}^3$ , при работе одной сушильной камеры на начальном этапе сушки [5].

Для локализации или уменьшения воздействия на окружающую среду веществ,

выделяемых из древесины в процессе камерной сушки, используют различные физические или химические способы. Одним из простых и эффективных является способ рассеивания вредных веществ в атмосфере. Однако эффективность данного способа зависит от правильно подобранной высоты трубы в конструкции сушильной камеры с учетом климатических условий окружающей среды.

Расчет высоты трубы выполнен для отработанного агента сушки, удаляемого из сушильной камеры содержащего фурфурол и формальдегид, без учета их суммационной концентрации. За расчетную величину принята ПДК по фурфуролу, как оказывающая наибольшее удельное воздействие на окружающую среду.

Расчет минимальной высоты выбросов выполнен по формуле (1), для наиболее неблагоприятных условий: среднего количества фурфурола и формальдегида удаляемых из камеры с отработанным агентом сушки в атмосферу на начальном этапе, при сушке древесины бука мягкими, нормальными и форсированными режимами, с учетом условий окружающей среды и для опасных значений скорости ветра. Результаты расчета минимальной высоты источника выброса для сушильной камеры емкостью  $50 \text{ м}^3$  представлены на рис. 3.

Анализ данных, представленных на рис. 3, показывает, что конструктивно труба сушильной камеры должна иметь наибольшую высоту выброса от уровня земли в пределах от 4,6 м до 7,2 м для сушильной камеры емкостью  $50 \text{ м}^3$ . Это обеспечит снижение приземной концентрации по фурфуролу на границе санитарной зоны (для деревообрабатывающих предприятий не менее 100 м) до величины, не превышающей ПДК жилой зоны. Максимальная высота трубы должна быть при сушке мягкими режимами в теплое время года. Минимальная высота трубы может быть рекомендована при сушке древесины бука форсированными режимами в холодный период года, при наибольшей величине перепада температуры среды и температуры отработанного агента сушки.

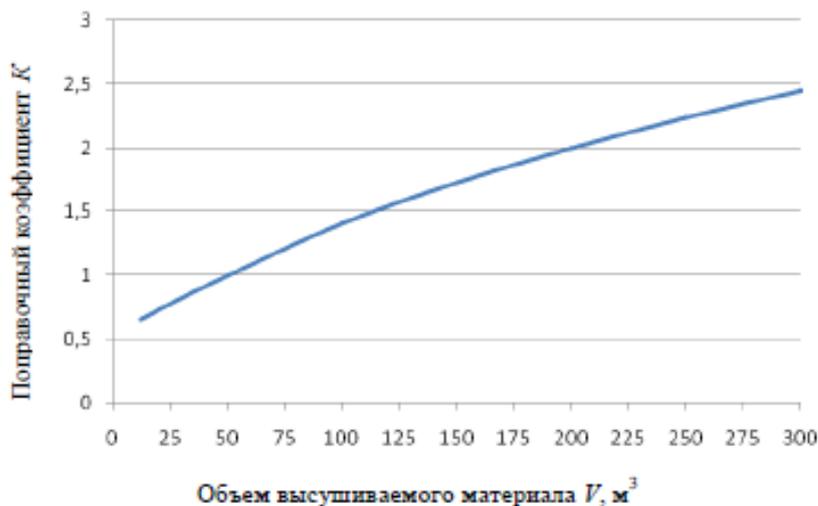


Рис. 4. Поправочный коэффициент ( $K$ ) для определения высоты выброса отработанного агента сушки

Во всех конструкциях сушильных камер каналы для удаления отработанного агента сушки расположены выше верхнего уровня дверей на высоте менее 4,0-4,2 м. Данная высота источника выброса (трубы) при сушке различными режимами, как в теплый, так и холодный периоды года не удовлетворяет условиям минимального негативного воздействия на окружающую среду на границе санитарной зоны (рис. 2) и концентрация вредных веществ превышает ПДК<sub>ж.з.</sub> для жилой зоны.

На основании принятого режима сушки и разницы температуры отработанного агента сушки и температуры атмосферного воздуха по диаграмме рис. 3 можно определить высоту источника выброса из камеры емкостью около 50 м<sup>3</sup>.

При единовременной загрузке камеры (блока камер) больше или меньше 50 м<sup>3</sup> высота источника выброса должна быть скорректирована с учетом поправочного коэффициента  $K$ , представленного на рис. 4. Это обеспечит на границе санитарной зоны значение приземной концентрации вредных веществ не превышающих ПДК.

### Выводы

Экспериментально установлено, что в процессе камерной сушки мягкими режимами древесины бука из 1 м<sup>3</sup> выделяется максимальное количество фурфурола 0,125 кг/м<sup>3</sup> и формальдегида 0,0009 кг/м<sup>3</sup>.

При сушке более жесткими нормальными и форсированными режимами суммарное количество выделяемых из древесины фурфурола и формальдегида снижается в среднем в 2,0-2,6 раза.

Максимальное количество фурфурола и формальдегида выделяется из древесины бука на начальном этапе сушки (первой ступени независимо от вида режима) при удалении из древесины свободной влаги и составляет соответственно: при сушке мягкими режимами 0,000495 кг/м<sup>3</sup> и 0,0755533 кг/м<sup>3</sup>, нормальными 0,000251 кг/м<sup>3</sup> и 0,0288 кг/м<sup>3</sup>, форсированными 0,000196 кг/м<sup>3</sup> и 0,020276 кг/м<sup>3</sup>. На второй и третьей ступенях режима сушки количество выделяемого фурфурола и формальдегида снижается в 2,5-3,5 раза.

Для выбора высоты источника выбросов (трубы) следует учитывать данные по концентрации и количеству фурфурола и формальдегида в отработанно агенте сушки для первой ступени сушки мягкими режимами.

Установлено, что правильно принятая высота трубы позволяет обеспечить минимальную приземную концентрацию вредных веществ на границе санитарной зоны.

При работе сушильного участка не рекомендуется одновременное проведение процесса сушки на начальном этапе в нескольких камерах одновременно.

При проектировании сушильных участков (блока камер) следует объединять удаляемые вещества от ряда сушильных камер в одну трубу, в связи с более эффективной рассеивающей способностью вредных веществ в атмосфере от

одного источника, по сравнению с близко расположенными двумя и более.

Минимальная высота трубы (удаления отработанного агента сушки) конструкции сушильной камеры емкостью 50 м<sup>3</sup> должна быть не менее 7,2 м от уровня земли.

### Библиографический список

1. Руденко, Б. Д. Характеристика выбросов сушильных камер при сушке древесины / Б. Д. Руденко // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития : сб. науч. тр. по итогам IV Междунар. науч.-техн. конференции / БГИТА. – Брянск, 2004. – С. 160–163.
2. Бельчинская, Л. И. Обезвреживание промышленных отходов и их рациональное использование / Л. И. Бельчинская, О.А. Ткачева // Высокие технологии в экологии : сб. тр. 8-й Междунар. науч.-практ. конференции, 18-20 мая 2005 г. / Воронеж. отделение Российской экологической академии. – Воронеж, 2005. – С. 229–233. – Библиогр.: с. 233.
3. Справочник по сушке / Е. И. Богданов, В. А. Козлов, В. Б. Кунтыш, В. И. Мелехов. – Москва : Лесная промышленность, 1990. – 304 с. – Библиогр.: с. 297-298. – ISBN 5-7120-0241-8.
4. Мазур, И. И. Инженерная экология. Общий курс. В 2-х т. Т. 2. Справочное пособие / И. И. Мазур, О. И. Молдованов, В. Н. Шишов ; под ред. И. И. Мазура. – Москва : Высш. шк., 1996. – 655 с. – ISBN 5-06-003407-0.
5. Платонов, А. Д. Оценка воздействия отработанного агента сушки на окружающую среду при сушке древесины бука и дуба / А. Д. Платонов, Ю. С. Михайлова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 133–134.

### References

1. Rudenko B.D. *Harakteristika vybrosov cushilnyh kamer pri sushke drevesiny. Lesnoy kompleks: sostoyanie i perspektivy razvitiya : Sbornik nauchnyh trudov po itogam IV Megdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferencii.* 2004. Bryansk. pp. 160-163. (In Russian).
2. Belchinskaya L.I., Tkacheva O.A. *Obezvrezhivanie promyshlennyh othodov i ix racionalnoe ispolzovanie. Vysokie tehnologii v ekologii : sb. tr. 8 Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii 18-20 maya 2005.* Voronezh, 2005 pp. 229-233. (In Russian).
3. Bogdanov E.I., Kozlov V.A., Kuntyshev V.B., Melekhov V.I. *Spravochnik po sushke.* Moscow: *Lesnaya promyshlennost'*, 1990. 304 p. (In Russian).
4. Mazur I.I., Moldovanov O.I., Shishov V.N., *Inzhenernaya ekologiya.* Obshiy kurs v 2 vol. vol. 2. *Spravochnoe posobie.* Moscow: Vyshaya shkola. 1996. 655 p. (In Russian).
5. Platonov A.D., Mihaylova Yu.S. *Ocenka vozdeystviya otrabotannogo agenta sushki na okruzhayushuyu sredu pri sushke drevesiny buka i duba. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik.* 2011. – Vol. 5, pp. 133-134. (In Russian).

### Сведения об авторах

Платонов Алексей Дмитриевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aleksey66@yandex.ru.

Михайлова Юлия Сергеевна – старший лаборант химического анализа Открытого акционерного общества «Газпром добыча Краснодар», г. Краснодар, Российская Федерация; e-mail: baysy81@mail.ru.

*Снегирева Светлана Николаевна* – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vgltaewood@yandex.ru.

*Киселева Александра Владимировна* – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: avk50@yandex.ru.

*Мозговой Николай Васильевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: nv\_moz@mail.ru.

### Information about authors

*Platonov Aleksei Dmitrievich* – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Chair of Wood Science FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: aleksey66@yandex.ru.

*Mikhaylova Yulya Sergeevna* – senior laboratory master of of chemical analysis, OJSC "Gazprom добыча Краснодар", Krasnodar, Russian Federation; e-mail: baysy81@mail.ru.

*Snegireva Svetlana Nikolaevna* – PhD (Biology), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Wood Science, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltaewood@yandex.ru.

*Kiseleva Aleksandra Vladimirovna* – PhD (Engineering), Associate Professor of the Chair of Wood Science, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltaewood@yandex.ru.

*Mozgovoy Nikolai Vasilievich* – DSc (Engineering), Professor, FSBEI HE "Voronezh State Technical University", Voronezh, Russian Federation; e-mail: nv\_moz@mail.ru.