

УДК 699.81; 536.4; 666.189

Т. В. Стукач, ассистент (БГТУ); С. В. Шетько, канд. техн. наук, доцент (БГТУ)

### ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ДВЕРЕЙ

В статье изложены результаты термического анализа древесных материалов, таких как древесина сосны, MDF и пробки. Результаты исследований показали, что скорость потери массы древесины сосны на 73% превышает скорость потери массы пробки. В статье показано, что группа горючести пробки выше, чем у других исследованных материалов.

In the article the results of the thermal analysis of wood materials such as pine, medium density fibreboard (MDF) and cork. The result of investigation show that speed loss of mass pine greater by 73% than speed loss of mass cork. In the article appear that group of fire resistance of cork higher than of other investigate materials.

**Введение.** Проектирование противопожарных преград предполагает выбор конструкционных, теплоизоляционных клеевых материалов, обеспечивающих требуемое значение огнестойкости конструкций.

Теплоизоляционными называют органические (древесина, древесно-стружечные, древесноволокнистые, цементно-стружечные плиты, войлок, плитные и листовые материалы из пробкового агломерата) и неорганические (минеральная и стеклянная вата и материалы на их основе, изделия из перлита и вермикулита, асбестосодержащие материалы) малотеплопроводные материалы, предназначенные для тепловой изоляции строительных конструкций и промышленного оборудования [1].

При выборе материалов для изготовления противопожарных дверей необходимо учитывать их группу горючести, теплофизические свойства, объемную массу. Они должны иметь малую объемную массу, высокую прочность и низкую теплопроводность. Помимо этого, материалы должны иметь низкую гигроскопичность и водопоглащаемость, быть вибростойким, биостойким, долговечными, нетоксичным, технологичным, не выделять взрывоопасных и токсичных газов при повышенных температурах и в процессе горения, не должны оказывать отрицательного воздействия на материалы, с которыми соприкасаются (например, коррозию металлов), не требовать специального ухода [2].

Древесина – наиболее широко используемый материал для изготовления дверей. Это материал достаточно легкий в обработке, имеющий низкий коэффициент теплопроводности и термического разложения, обладающий широким спектром эстетических и эксплуатационных свойств. Однако сама по себе древесина является сильногорючим (Г4) и легковоспламеняемым (В3) материалом и ее использование в незащищенном виде при создании противопожарных дверей ограничено. Но несмотря на хорошую огнестойкость деревянных конструкций, древесина при горении выделяет большое количество тепла (около 20 МДж/кг) и температура ее горе-

ния достигает порядка 1100°C. Однако следует отметить, что в отличие от металлических элементов, напряжения, возникающие в древесине при высоких температурах, невелики и не имеют критического значения для конструкции в целом. Потеря способности деревянных конструкций выполнять свои функции в условиях высоких температур пожара происходит из-за уменьшения их поперечного сечения вследствие обугливания, которое протекает достаточно медленно (порядка 0,6–1,0 мм/мин). Образующийся при этом кокс создает теплоизоляционный слой, а также препятствует прямому доступу кислорода в зону горения.

В качестве конструкционного материала для деревянных противопожарных дверей зачастую применяются плиты ДСтП сплошные или «трубчатые». В зависимости от типа плит, толщины полотна и вида облицовочного материала такие двери имеют предел огнестойкости от 30 до 60 мин. При этом плита ДСтП выполняет в основном теплоизоляционную функцию, а огнезащиту обеспечивает облицовочный материал (чаще древесноволокнистые плиты средней плотности (MDF) или тонколистовая сталь). Сами по себе плиты ДСтП относятся к сильногорючим (Г4) и легковоспламеняемым (В3) материалам, так же как и облицовочные материалы из ДВП или MDF, фанеры, горючесть которых в необработанном виде велика и находится на том же уровне, что и незащищенная древесина.

Проведенные испытания на горючесть в соответствии с ГОСТ 12.1.044–89 [3] позволили отнести пробку к нормальногорючим (Г3) и умеренновоспламеняемым (В2) материалам. При этом потеря массы составила около 16%, а температура дымовых газов не превысила 400°C.

**Методы оценки пожарной опасности веществ и материалов.** При оценке пожарной опасности веществ и материалов учитывают следующие характеристики.

1. Горючесть – способность материала к пламенному горению, распространению пламени или тлению. Для определения группы горючести материалов применяются методы и мето-

дики, изложенные в ГОСТ 30244–94 [4] и ГОСТ 12.1.044–89 [3]. Согласно им, материалы делятся на четыре группы горючести (Г1–Г4) в зависимости от температуры дымовых газов, выделяемых при их горении, степени их повреждения по длине и потере массы за время испытания, а также от продолжительности самостоятельного горения после удаления источника зажигания.

2. Воспламеняемость – способность веществ и материалов к воспламенению, т. е. возникновению пламенного горения под действием источника зажигания, определяется согласно ГОСТ 30402–96 [5]. Сущность метода состоит в определении параметров воспламеняемости материалов при заданных стандартом уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания. Параметрами воспламеняемости являются время воспламенения и критическая поверхностная плотность теплового потока (КППТП). Согласно ГОСТ, по значению последнего параметра материалы делятся на три группы воспламеняемости (В1–В3).

3. Распространение пламени – распространение пламенного горения по поверхности образца в результате воздействия теплового излучения и пламени. Сущность метода состоит в определении критической поверхностной плотности теплового потока, величину которого устанавливают исходя из длины распространения пламени по образцу в результате воздействия теплового потока на его поверхность. Согласно ГОСТ 30444–97 [6], горючие строительные материалы в зависимости от значения КППТП делятся на четыре группы (РП1–РП4).

4. Температура самовоспламенения и концентрационные пределы воспламенения, определяющие критические условия возникновения и развития процесса горения. Температура самовоспламенения определяется минимальной температурой вещества или материала, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, приводящих к возникновению пламенного горения.

Коэффициент теплопроводности и некоторые характеристики пожарной опасности в соотношении с объемной массой для основных конструкционных и облицовочных древесных материалов, применяемых при изготовлении противопожарных дверей, приведены в таблице.

Одними из наиболее важных параметров при определении пожарной опасности материалов являются такие параметры, как потеря массы и скорость потери массы. Достоверно установить значения этих параметров с увеличением температуры позволяют методы термогравиметрического анализа.

**Термогравиметрический анализ древесных материалов.** Методы термического анализа широко применяются как в научных исследованиях, так и в производственной практике вследствие их высокой чувствительности и объективности при оценке термических характеристик веществ. Эти методы позволяют получить достоверную информацию о строении, составе и свойствах различных материалов, о физических и химических процессах, протекающих в них при нагревании и охлаждении. Кроме того, методы термогравиметрии используют при сравнении относительной термической стабильности материалов, исследовании влияния вида и содержания различных добавок на термическую стабильность, изучении роли влаги и добавок в кинетике термической деструкции, исследовании устойчивости к окислению.

При динамической термогравиметрии регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры (кривая ТГ), причем температура среды, окружающей навеску материала, изменяется по заданному закону (как правило, с постоянной скоростью). Экспериментально получаемая кривая зависимости изменения массы от температуры позволяет судить о термостабильности и составе образца в исходном состоянии, о термостабильности и составе веществ, образующихся на промежуточных стадиях процесса, и о составе остатка при его наличии. Данный метод будет эффективным при условии, что образец выделяет летучие вещества в результате различных физических и химических процессов, таких как возгонка, испарение, абсорбция, реакции дегидратации и диссоциации.

Методы термогравиметрии применяются в различных областях научных и практических исследований, таких как:

- термическое разложение веществ с выделением газообразных продуктов;
- определение интервалов термической стабильности новых соединений

**Характеристики древесных материалов**

Характеристика	Сосна	МДФ	ДСтП	Пробка
Группа воспламеняемости	В3	В3	В3	В2
Группа горючести	Г4	Г4	Г4	Г3
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,16	0,20	0,20	0,19
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	420	750–780	750–780	

- определение влажности, содержания летучих и зольных компонентов;
- исследование гигроскопичности и дегидратации;
- исследование кинетики реакций;
- разработка методов гравиметрического анализа;
- определение состава сложных смесей;
- систематическое исследование свойств материалов в зависимости от методов их изготовления.

ДТГ – математическая дифференциальная кривая изменения массы, она является производной по температуре (времени) от функции изменения веса исследуемого вещества  $dP/dT = f(T)$ , т. е. производной от  $P = f(T)$ . По кривой ДТГ можно более точно определить температуры начала и конца реакции, а по пику ДТГ кривой – температуру максимальной скорости реакции.

Для определения термических характеристик древесных материалов, физических и химических процессов, протекающих в них при нагревании, выполнен термогравиметрический анализ на термоанализаторе.

Исследования проводились на образцах массой 30 мг в интервале температур 25–600°C при скорости нагревания 5°C/мин и при ограниченной подаче воздуха (термическая деструкция). Графически записывали изменение массы изучаемого вещества в зависимости от температуры и времени нагрева в виде харак-

терной термогравиметрической кривой (ТГ кривая) [7]. Изменение массы образца записывали непрерывно в функции температуры, которая составляла температуру камеры печи.

Термоаналитические кривые исследуемых образцов (древесины сосны, MDF и пробки) приведены на рис. 1–3. Термограммы, полученные при динамическом нагреве образцов при термической деструкции демонстрируют наличие на термограммах ряда тепловых эффектов, указывающих на высокую тепловую активность компонентов древесины и древесных материалов [8].

В интервале температур 25–200°C на термограммах всех образцов наблюдается незначительная потеря массы, обусловленная испарением физической и химической влаги. По достижении температурного интервала 200–360°C в образцах начинается стадия активного пиролиза целлюлозы с возрастающей скоростью потери их массы. Потеря массы к этому периоду для образцов древесины сосны составила 65%, для MDF – 62%, для пробки – 45%. При дальнейшем увеличении температуры до 450°C наблюдается еще один пик увеличения скорости потери массы, что можно объяснить пиролизом лигнина. Суммарная потеря массы по достижении температуры 600°C для древесины сосны составила 99%, такое же значение наблюдается и для MDF, общая потеря массы для пробки составила 97,4%.

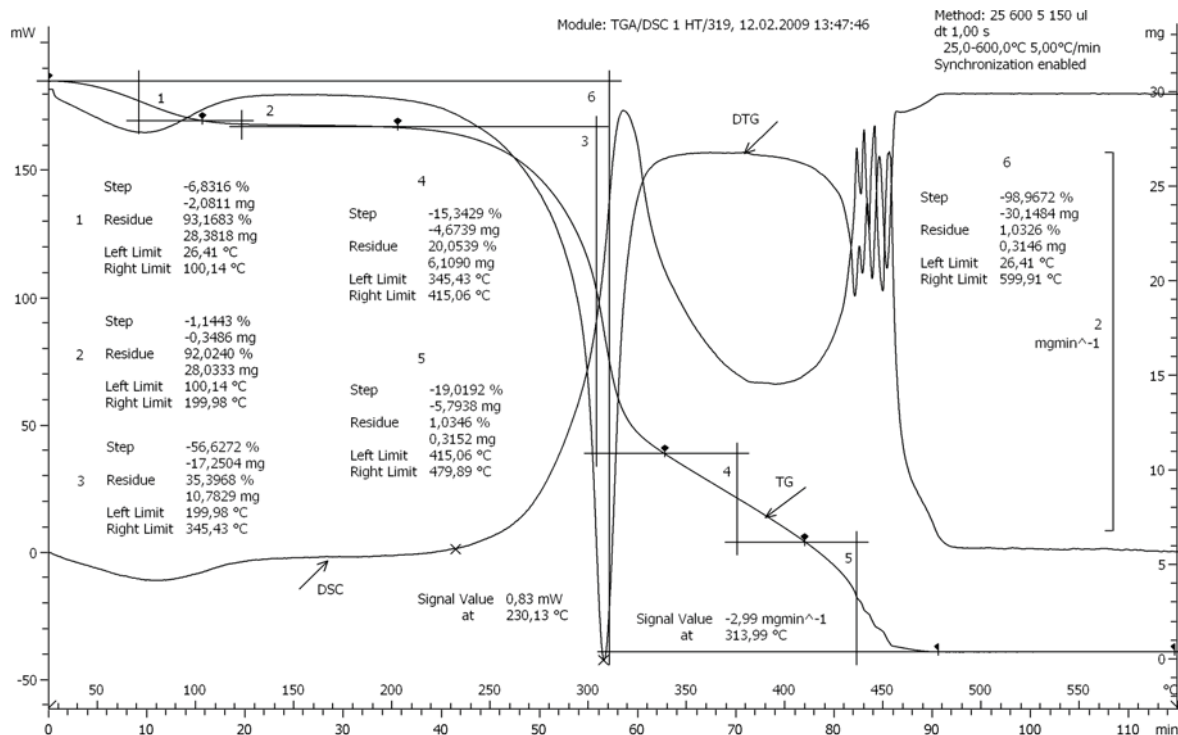


Рис. 1. Термоаналитические кривые древесины сосны, полученные при термической деструкции

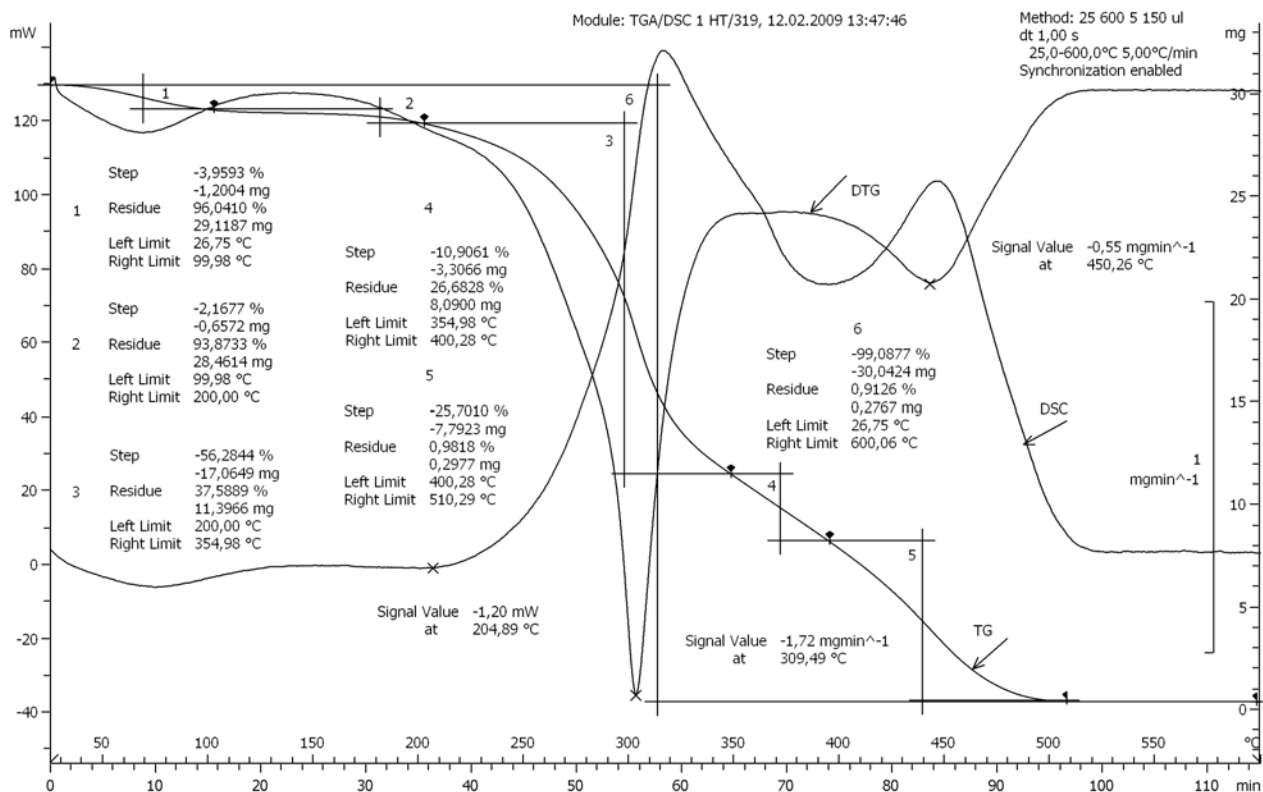


Рис. 2. Термоаналитические кривые MDF, полученные при термической деструкции

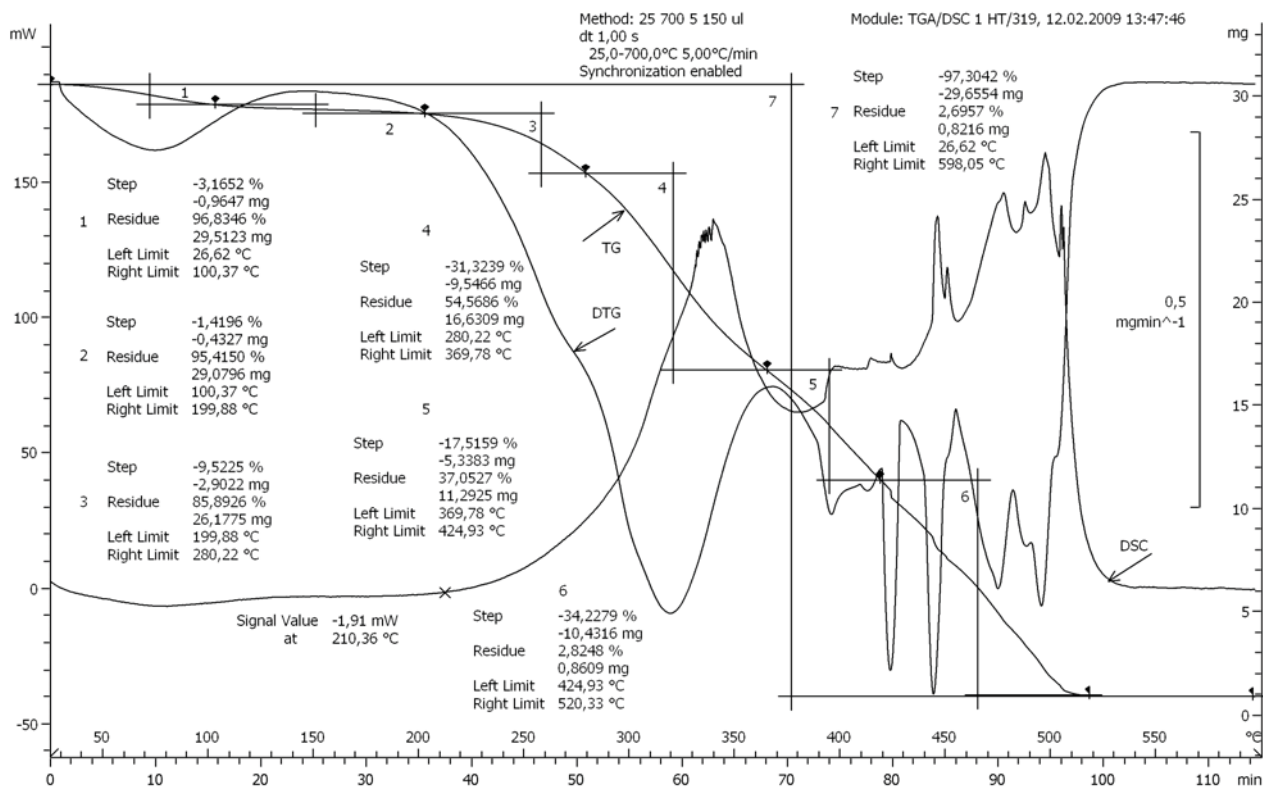


Рис. 3. Термоаналитические кривые пробки, полученные при термической деструкции

**Заключение.** Из приведенных зависимостей видно, что максимальные скорости потери массы образцов древесины сосны (2,99 мг/мин) и MDF (1,72 мг/мин) значительно превышают

аналогичный показатель для образцов пробки (0,8 мг/мин), что в совокупности с более низкой группой горючести и воспламеняемости данного материала дает возможность нам сделать

вывод об эффективности метода огнезащиты деревянных конструкций путем облицовывания их поверхности пробкой.

### Литература

1. Проектирование, испытание и оценка огнестойкости противопожарных дверей: рекомендации / ВНИИ противопожар. обороны; сост.: В. И. Щелкунов, Н. Ф. Гавриков. – М., 1990. – 90 с.
2. Стукач, Т. В. Определение огнезащитных свойств древесных облицовочных материалов / Т. В. Стукач // Архитектура и строительные науки. – 2009. – № 1(9). – С. 53–56.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044–89. – Введ. 1991–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 11 с.
4. Материалы строительные. Методы испытания на горючесть: ГОСТ 30244–94. – Введ. 1997–01–01. – Минск: ГП «Стройтехнорм», 1996. – 29 с.
5. Материалы строительные. Методы испытания на воспламеняемость: ГОСТ 30402–96. – Введ. 1997–03–30. – Минск: ГП «Стройтехнорм», 1997. – 27 с.
6. Материалы строительные. Методы испытания на распространение пламени: ГОСТ 30444–97. – Введ. 1997–03–30. – Минск: ГП «Стройтехнорм», 1997. – 27 с.
7. Бернштейн, В. А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров: учебник / В. А. Бернштейн, В. М. Егоров. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
8. Пилоян, О. Г. Введение в теорию термического анализа / О. Г. Пилоян. – М.: Наука, 1984. – 254 с.

*Поступила 01.04.2010*