

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТЕРМОДИНАМИЧНИТЕ ПЕРИОДИ НА САМОЗАПАЛВАНЕ НА БОРОВА И ДЪБОВА ДЪРВЕСИНА

А. Стоянов¹, Ал. Крилчев¹, М. Михайлов¹

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. Целта на настоящото изследване е да се осигури предварителна информация за периодите на samozапалване на дъбова и борова дървесина, при повишаване на температурата с постоянна скорост.

DETERMINATION OF THERMODYNAMIC PERIODS OF IGNITION OF PINE AND OAK WOOD

A. Stoyanov¹, Al. Krilchev¹, M. Mhailov¹

¹University of Mining and Geology "St. Iv. Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. Survey provides background information for the periods of spontaneous combustion of oak and pine wood with increase temperature at a constant speed.

Въведение

Целта на настоящото изследване е да се осигури предварителна информация за периодите на samozапалване на дъбова и борова дървесина, при повишаване на температурата с постоянна скорост.

Топлината която се отделя от дървесината при нейното екзотермично разлагане, в определени условия не се разсейва достатъчно бързо в околната среда. Описаният процес води до самонагреване, а след това и до samozапалване, при което последното настъпва, когато скоростта на топлопроизводство е по - висока от скоростта на топлоотделяне (NFT 20-036, Sept 1985).

Температура на самовъзпламеняване на дървесината е от 330 °C до 470 °C (NFT 20-036, Sept 1985). Изследването е насочено към намаляване (редуциране) на опасността в зависимост от стадия на развитие на samozапалването, при риск от разрастване на съществуващ пожар. То има отношение към помещения изградени с носещи дървени елементи, или такива със складиран дървен материал (мазета, тавански помещения или подпокривни пространства), в които няма индикация за възникнало пожарно огнище, но през които преминава нагорещена газовъздушна смес (флуид) от съществуващ пожар.

Методика на изследването

Изследването е проведено с тестовия прибор "пещ на Грюер" използван за определяне на температурата на начало на екзотермична реакция на склонни към samozапалване прахове фиг.1.



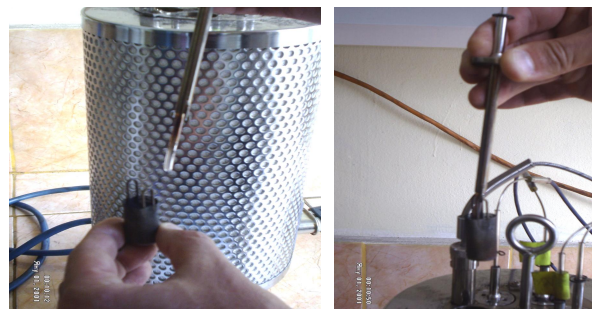
Фиг. 1. Пещ на Грюер

В пещта на Грюер (Grewer) се поставят 6 контейнера - цилиндрични мрежести кофички с проби с едрина под 250 μm (Крилчев, А., М. Михайлов, 2010). В един контейнер се поставя графитен брикет, служещ за управление на нагряването на въздуха и като еталон за сравнение – фиг. 2.



Фиг. 2. Контейнери, графитен еталон и проба от дървесина

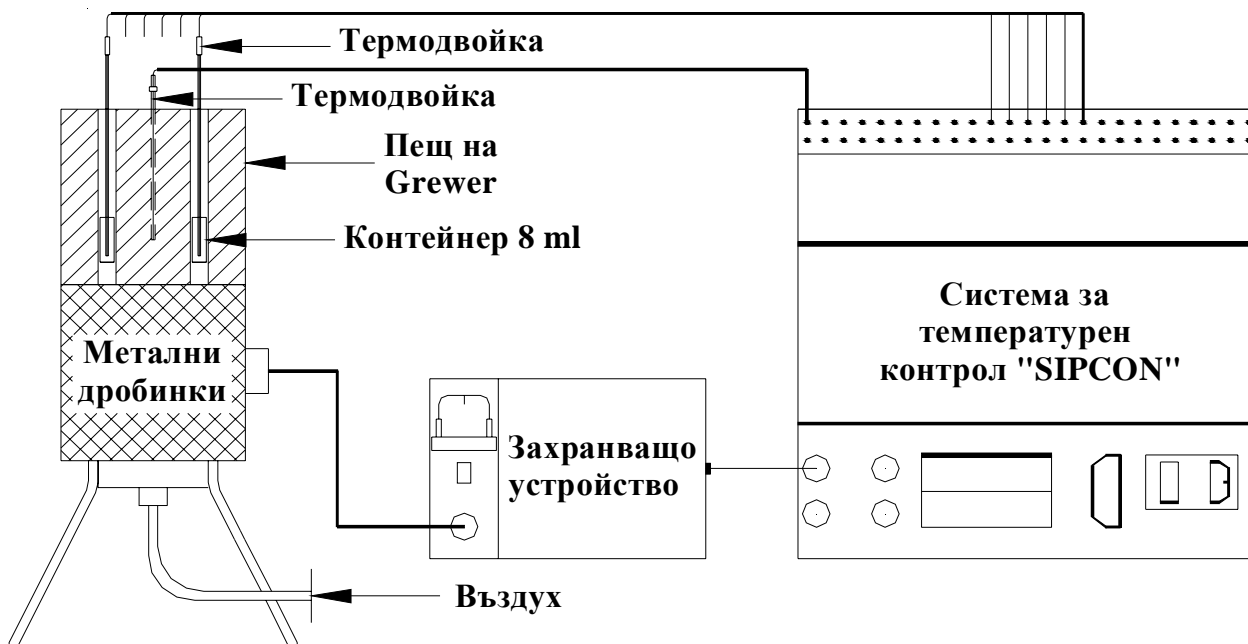
В средата на контейнера се поставя термодвойка намираща се в стъклена тръбичка, която на свой ред е поместена коаксиално в метален маншон. Последният, в долния си край има два носача (кукички), на които е окачен контейнера и благодарение на които се гарантира позиционирането на термодвойката фиг.3.



Фиг. 3. Термодвойка, обхваната от метален маншон, на който е прикачена пробата

От центрирания в дъното на пещта щуцер, се подава въздух с дебит от $2 \text{ dm}^3/\text{min}$, който се подгръва в среда от стоманени дробинки фиг.4. Загрятият въздух постъпва през цилиндрични отвори в шестте контейнера, като скоростта му на загряване е $1^\circ\text{C}/\text{min}$ [1].

Управлението и регистрацията на данните за теста се извършва посредством изпитвателен стенд фиг. 4.



Фиг. 4. Изпитвателен стенд

Температурата (точката) на пресичане на двете графики (изпитваната проба и графитния образец) се отчита като начало на екзотермичната реакция (Крилчев, А., М. Михайлов, 2010). След тази температура, топлоотделянето от изпитваната проба отдалечава нейната време-температурна крива от правата на нагряване на графитния еталон.

Тестът се прилага за изпитване на опасността от самонагряване при изсушаване на склонни към самозапалване материали (въглища, дървесина и др.) и се провежда до температури превишаващи с 50°C технологично приетата температура на сушене (Grewer Th.; 1994, Kühner, 1991).

Настоящото изследване бе проведено до достигане на максимална, а дори и по-висока температура на

изпитваната проба, с цел доказване на постигнат екстремум.

Два пъти в минута се отчитат температурите на изпитваните проби и на еталона. По време на опита се следи за нарастването на температурата на графита и накрая се определя средната скорост на линейно нарастване на температурата му (Крилчев, А., М. Михайлов, 2010).

Опитни образци

Средната влажност на образците беше предварително определена:

- ⇒ дъб №1 $\overline{W}_1 = 9.34 \pm 0.67\%$;
- ⇒ дъб №2 $\overline{W}_2 = 9.08 \pm 0.36\%$;
- ⇒ бор №3 $\overline{W}_3 = 6.24 \pm 0.28\%$.

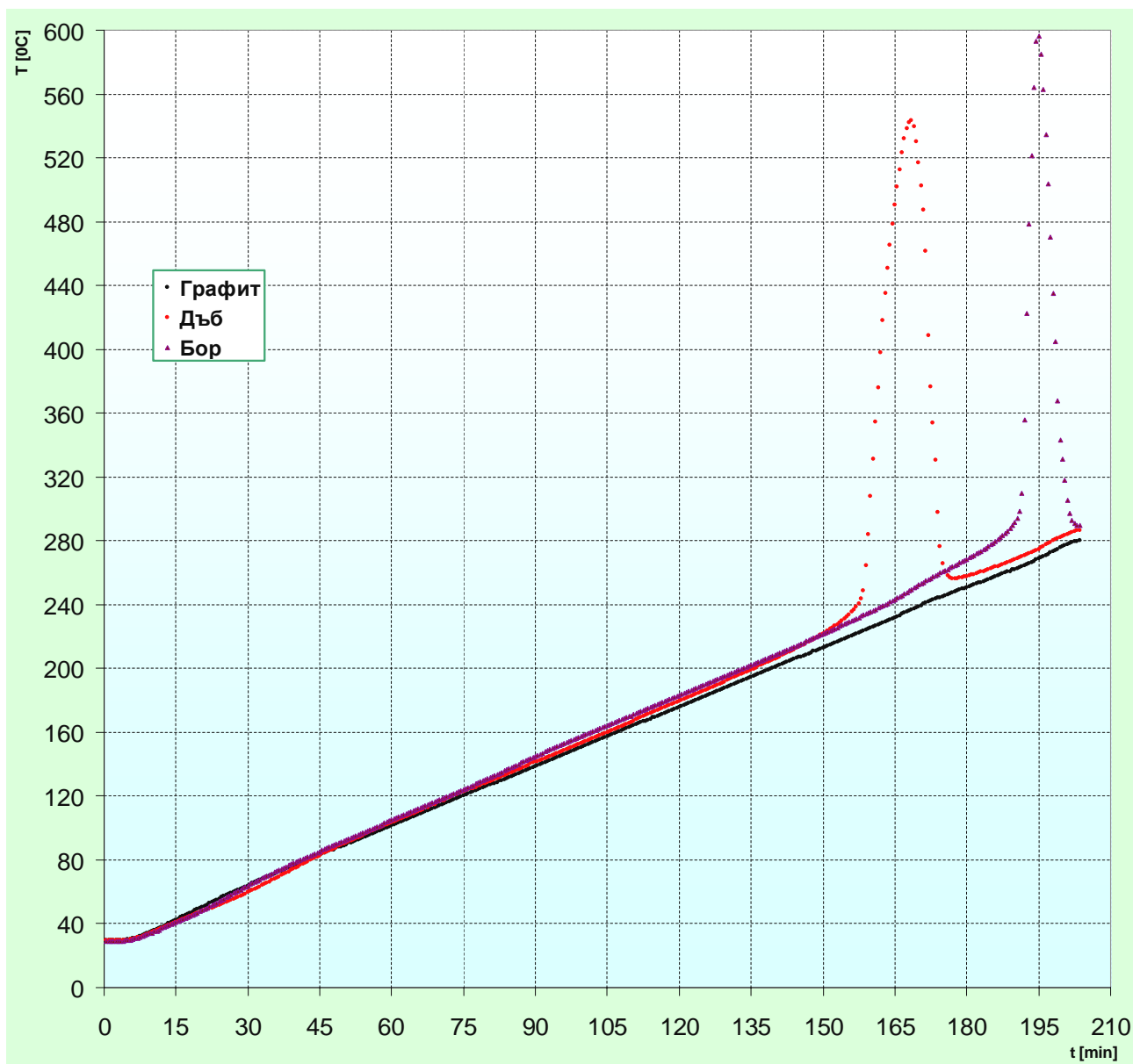
показани на фиг.5.

На графиките от фигури 5, 5 А и 5 Б се наблюдават обособяването на пет характерни периода от време, в зависимост от взаимовръзката между скоростите на изменение температурата на изследваната дървесина

$$\frac{dT_w}{dt} \text{ и на еталона } \frac{dT_G}{dt}.$$

Резултати от изследването

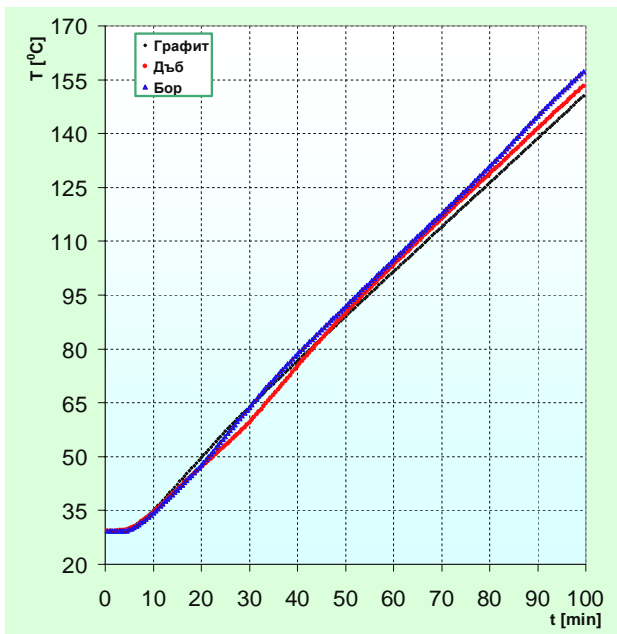
Получените данни от проведеното изследване са обработени математически и окончателните резултати са



Фиг. 5. Време – температурни криви на пробите и еталона

Период на темпериране при който се наблюдава $\frac{dT_w}{dt} \approx \frac{dT_G}{dt}$. Той завършва в 31-вата минута при температура 40 °C. Краят на този период съвпада с

момента от време, в който температурата на пробата е по-ниска от тази на еталона.

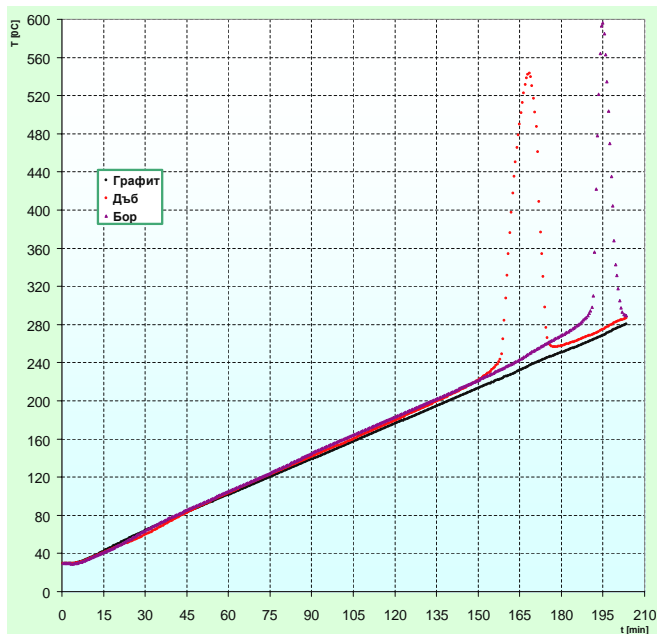


Фиг. 5 А

Период на изпарение на влагата от пробата, за който е в сила $\frac{dT_W}{dt} < \frac{dT_G}{dt}$. Голяма част от топлинната енергия (топлината), внесена чрез затопления въздух се изразходва за изпарение на капилярната, хигроскопичната и химически свързаната влага в дървесината. Поради тази причина наклона на време - температурната крива на образеца е отрицателен, за разлика от постоянния положителен наклон на еталона. Характерна температура за образеца е T_{W_0} - момента в който се постигне равенството $\frac{dT_{W_0}}{dt} = \frac{dT_G}{dt}$ (наклона на тангентата към кривата е еднакъв с този на графитната права).

Период на стационарно нарастване на температурата на пробата е този, през който скоростта на нарастване на T_W е по-голяма от скоростта на нарастване на T_G $\frac{dT_W}{dt} > \frac{dT_G}{dt}$. Характерна температура за периода е тази дефинирана от Грюер като "начало на екзотермичното разлагане" T_E . Тази температура се достига в момента когато графиките на еталона и пробата се пресичат ($T_W \equiv T_G = T_E$) на фиг. 5.

По-голямата скорост на нарастване на T_W от тази на T_G за периода, се обуславя от окисляването, което генерира достатъчно топлина акумулираща се в изпитваната дървесина, въпреки че преминаващия въздух отнема (охлажда) конвективно от топлината. Описаната тенденция за линейно нарастване на акумулираната топлина, се запазва до момента на достигане критичната температура за пробата T_{cr} . За разглеждания период е прието T_E да се нарича "относителна начална температура на самонагриване", това е така защото расте с намаляване съдържанието на кислород в подгриващия пробата въздух. В края на периода се достига критичната за



Фиг. 5 Б

самонагриването температура T_{cr} .

Периода на samozапалване започва от T_{cr} и завършва при достигане на локалния максимум на темпа на нарастване на температурата $(dT_W/dt)_m$. T_{cr} се дефинира като температура на пробата от дървесина, чиято моментна скорост на нарастване е три пъти по-висока от съответната при еталона т.е.

$$(dT_W/dt) = 3x(dT_G/dt), \quad (1)$$

което записано с крайни разлики, след съответно преобразуване води до извода:

$$\frac{\Delta T_{cr} - \Delta T_G}{\Delta t} = 2 \frac{\Delta T_G}{\Delta t} \quad (1a)$$

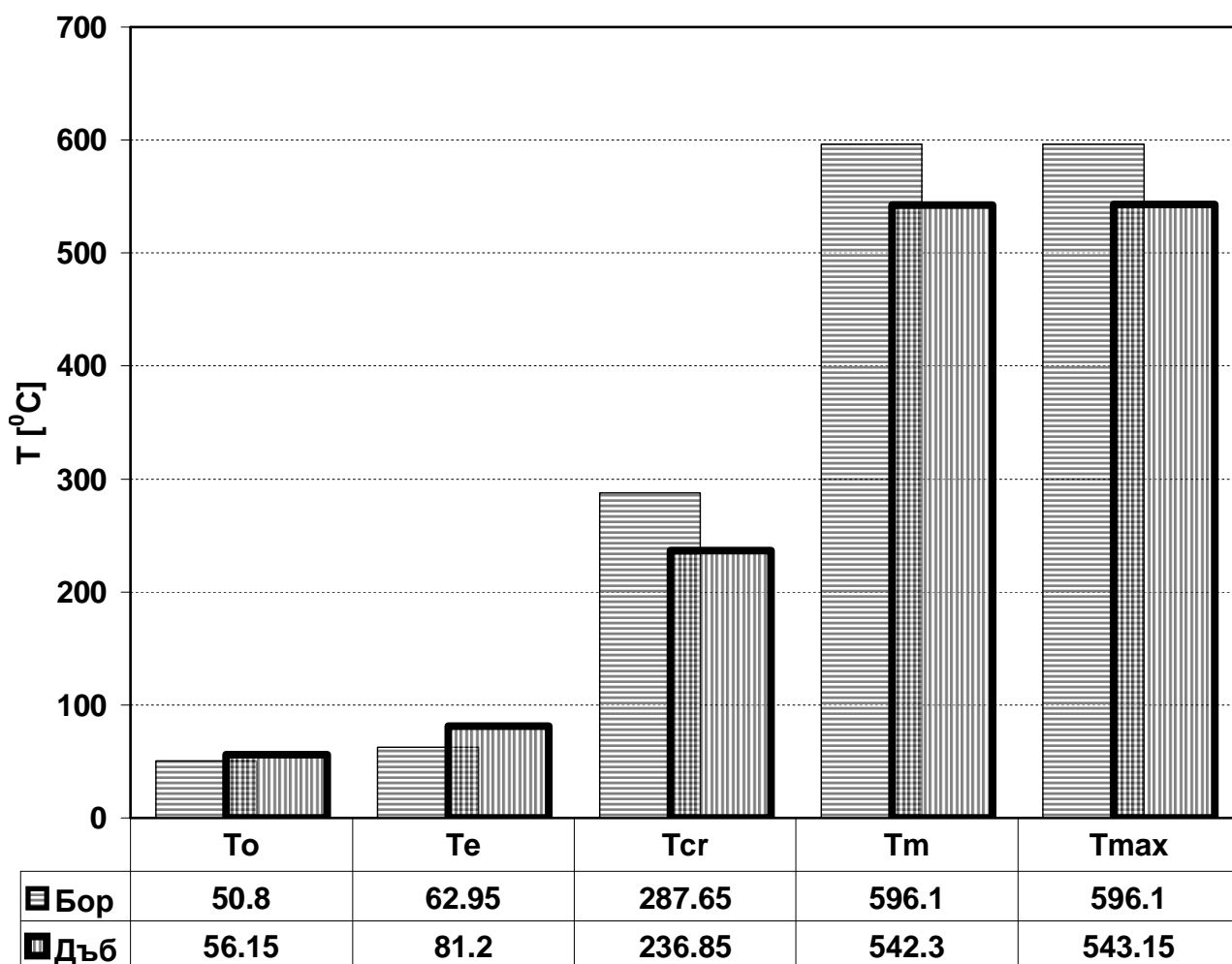
От израза (1a) е видно, че T_{cr} е моментна температура на образеца, при която разликата между скоростта на самонагриване на дървесината и тази на нагриване на графита е два пъти по-голяма от постоянната скорост на нагриване на графита, след която температура въпросната разлика непрекъснато се увеличава.

Локалния екстремум, дефиниран като максимална скорост на нарастване на температурата на пробата $(dT_W/dt)_m$ съответства на максималното топлоотделяне от окислението на дървесината за единица време и се достига при температура $T_W \equiv T_m$, стойностите за която са показани на фигура. 6.

Период на безплатъчно горене започва от момента на максимална скорост на нарастване на температурата на пробата T_m и завършва при достигане на максималната температура T_{max} , когато $(dT_{max}/dt) = 0$.

Период на забавено догаряне настъпва когато $dT_W/dt < 0$. През този период, температурата T_W , намалявайки, достига тази на графитния еталон.

Особените температури, които разделят тези периоди са показани на фиг. 6.



Фиг. 6. Реперни температури

Заклучение

Предложена е методика разделяща развитието на самонагриване до самозапалване на борова и дъбова дървесина, на етапи (стадии), базиращи се на характерни промени в динамиката на процеса – промяна на градиента на температурата.

Дефинирани са границите на етапите на развитие и положението на общоприети характерни показатели в тези граници.

Дефинираните и използвани показатели позволяват ефективно диагностиране и оценка на нарастване на опасността и предвиждане на адекватни по тежест технологични и технически решения за управление на риска.

Препоръчана за публикуване от Катедра
 “Руднична вентилация и техническа безопасност”, МТФ

Литература

- Крилчев, А., М. Михайлов, 2010. *Изследване на термодинамичните периоди на самозапалване на въглища* Сборник с доклади II-ра Национална научно-техническа конференция, гр. Девин
 NFT 20-036 [Sept 85]. *Chemical products for industrial use. Determination of the relative temperature of the spontaneous flammability of solids.*
 Grever Th., 1994, *Thermal Hazards of Chemical Reactions, Industrial Safety Series, 4* Amsterdam, Elsevier,.
 Kühner, 1991 “*Safety Test Equipment: Screening Tests and Procedures*”, Birsfelden, Switzerland: Adolf Kühner AG, June.