

УДК 614.84

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ЛИСТЬЕВ БАНАНОВОГО ДЕРЕВА, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КРОВЛИ ЖИЛЫХ СТРОЕНИЙ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ ВЬЕТНАМА

Фогилев Иван Сергеевич, Чан Дык Чунг
Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. На протяжении нескольких лет проводятся исследования пожарной опасности жилых строений повышенной пожарной опасности, расположенных в сельских поселениях Вьетнама. Исследования связаны с проблемой возникновения пожаров в сельских поселениях и их каскадного развития по территории застройки. Большая часть рассматриваемых строений выполнена из горючих строительных материалов, способных самостоятельно гореть после удаления источника зажигания. Основой жилых строений служит каркас из бревен древесины, в основном из сосны, и кровли, выполненной из природного материала — листьев бананового дерева — или шифера, реже из других материалов.

В настоящее время отсутствуют данные о пожарной опасности листьев бананового дерева, в этой связи не представляется возможным провести качественное моделирование пожаров и их детальное исследование, чтобы предложить меры повышения пожарной безопасности в сельских населенных пунктах провинций Вьетнама.

В публикации представлены основные результаты проведенных лабораторных исследований показателя пожарной опасности — теплоты сгорания исследуемого материала: листьев бананового дерева, применяемых населением повсеместно при возведении кровли жилых строений в сельской местности Вьетнама. Результаты, полученные при проведении лабораторных экспериментов, будут использованы при моделировании развития опасных факторов пожаров жилых строений повышенной пожарной опасности.

Ключевые слова: листья бананового дерева, теплота сгорания, пожар, лабораторные эксперименты, жилые строения повышенной пожарной опасности

Для цитирования: Фогилев И. С., Чан Д. Ч. Определение теплоты сгорания листьев бананового дерева, применяемых при возведении кровли жилых строений в сельской местности Вьетнама // Техносферная безопасность. 2026. № 1 (50). С. 3–9.

DETERMINATION OF THE CALORIFIC VALUE OF BANANA TREE LEAVES USED IN THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL ROOFS IN RURAL VIETNAM

Ivan S. Fogilev, Chang Duc Chung
SFA of EMERCOM of Russia, Moscow, Russian Federation

Abstract. For several years, research has been conducted on the fire hazard of residential buildings with a high fire hazard located in rural settlements in Vietnam. The research focuses on the issue of fires in rural settlements and their cascading effects on the built-up area. Most of the buildings under consideration are made of combustible construction materials that can ignite on their own once the ignition source is removed. The residential buildings are typically constructed using a frame made of wooden logs, primarily pine logs, and a roof made of natural materials such as banana tree leaves or slate, although other materials are also used.

Currently, there is no data on the fire hazard of banana tree leaves, which makes it impossible to conduct a qualitative simulation of fires and their detailed study in order to propose measures to improve fire safety in rural settlements in Vietnam's provinces.

The publication presents the main results of laboratory studies on the fire hazard indicator, which is the heat of combustion of the material being studied: banana tree leaves, which are widely used by the local population for roofing residential buildings in rural areas of Vietnam. The results obtained from the laboratory experiments will be used in the simulation of the development of hazardous factors in residential buildings with high fire hazards.

Keywords: banana tree leaves, heat of combustion, fire, laboratory experiments, residential buildings with high fire hazards

For citation: Fogilev I. S., Chang D. Ch. Determination of the calorific value of banana tree leaves used in the construction of residential roofs in rural Vietnam // Technospheric safety. 2026. No. 1 (50). Pp. 3–9.

Введение

В ранее проведенных исследованиях [1, 2] определялись особенности строительства жилых строений в сельских поселениях Вьетнама. Особо стоит отметить высокую пожарную опасность веществ и материалов, используемых при возведении жилых строений. Важно подчеркнуть, что в настоящее время не все строительные материалы изучены с точки зрения пожарной опасности. Так, ни в одном открытом источнике нет информации о пожарной опасности листьев бананового дерева, используемого местным сельским населением при возведении кровли жилых строений в качестве строительного материала (рис. 1).

Для проведения исследований параметров развития пожаров в вышеуказанных объектах защиты необходимо провести его моделирование с применением современных программно-аппаратных комплексов (FDS, FireCat, Fenix+3), позволяющих выполнить эту задачу. Для выполнения моделирования развития пожаров на объектах исследования необходимо лабораторным способом получить показатель пожарной опасности листьев бананового дерева — теплоту сгорания.

Анализируя процессы протекания пожаров в жилых сооружениях с кровлей из листьев бананового дерева (открытые данные из интернет-источников), отметим, что пожар быстро распространяется по покрытию

из листьев, уничтожая в первую очередь кровлю жилища и оставляя в завершающей

фазе пожара лишь обгоревшие остатки опор сооружения (рис. 2) [3].



Рис. 1. Жилые сооружения с кровлей, выполненной из листьев бананового дерева, Вьетнам

Fig. 1. Residential buildings with roofs made of banana leaves, Vietnam



Рис. 2. Горение кровли из листьев бананового дерева

Fig. 2. Banana leaf roofing fire

Определение теплоты сгорания листьев бананового дерева

Высшая теплотворная способность исследуемого материала представляет меру возможного выделения количества теплоты в течение развитой стадии пожара и определяется в соответствии с требованиями государственного стандарта [4].

Теплота сгорания материалов определяется лабораторным путем с помощью калориметра сгорания. На рис. 3 представлена схема лабораторной установки для проведения исследований.

Лабораторная установка состоит из следующих основных частей: оболочка калори-

метра 6, крышка оболочки 2, калориметрический сосуд 5, калориметрическая бомба 7, термопара 4.

В состав вспомогательного оборудования входят миксер (мешалка) 1, система заполнения бомбы кислородом, регистратор времени, плавкая проволока, блок поджига с электродами 3.

Процесс сгорания осуществляется в закрытом реакционном сосуде при электрическом зажигании навески предварительно измельченного образца массой до 1,5 г в присутствии избытка кислорода. Определение показателя теплоты сгорания исследуемого образца материала производится по следующему принципу: измеряются

преобразования температуры калориметрического вещества, в которое погружена кало-

риметрическая бомба, в зависимости от временного периода протекающей реакции.

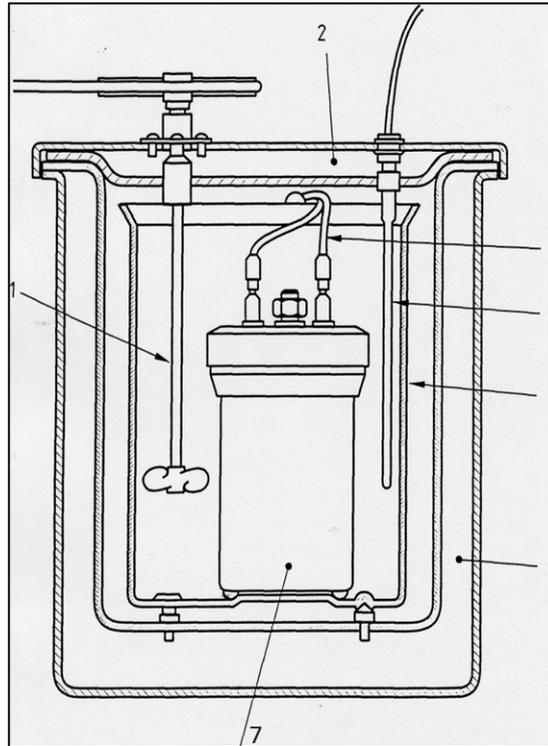


Рис. 3. Схематичное изображение установки-калориметра сгорания:
1 — мешалка; 2 — крышка оболочки; 3 — электроды; 4 — термопара; 5 — калориметрический сосуд;
6 — оболочка калориметра; 7 — калориметрическая бомба

Fig. 3. General view and diagram of the combustion calorimeter setup:
1 — stirrer; 2 — shell lid; 3 — electrodes; 4 — thermocouple; 5 — calorimeter vessel; 6 — calorimeter shell;
7 — calorimeter bomb

С учетом водного эквивалента калориметра, поправок на добавленное топливо и тепловые потери экспериментальным путем определяется значение высшей теплотворной способности PCS ли-

ствьев бананового дерева, исчисляемой в МДж/кг. На рис. 4 представлено изображение калориметра сгорания, используемого при проведении лабораторных испытаний.



Рис. 4. Промышленный калориметр сгорания, предназначенный для проведения лабораторных исследований

Fig. 4. Industrial combustion calorimeter for laboratory research

Процедура проведения лабораторных исследований

Первый этап — подготовка исследуемого материала. Для проведения лабораторных экспериментов заблаговременно были подготовлены образцы банановых листьев. Предварительно образцы листьев бананового дерева кондиционировались в помещении в течение 72 ч при температуре воздуха 20 °С и относительной влажности в 65 %.

Далее образцы помещались в калориметрическую бомбу, которая впоследствии заполнялась кислородом до заданного значения.

Второй этап. В лабораторную установку подавалось напряжение на электроды зажи-

гания и осуществлялось зажигание образца листьев бананового дерева. Затем объем (количество) тепла, высвободившегося в процессе горения образца исследуемого вещества (теплота сгорания материала или его теплотворная способность), был определен на основе результатов измерения температуры жидкости в калориметрическом сосуде после завершения протекания в калориметрической бомбе химической реакции.

За конечный результат экспериментальных исследований принималась среднеарифметическая величина теплоты сгорания образцов вещества (материала) в серии проведенных опытных исследований.

Результаты экспериментального определения теплоты сгорания представлены в таблице.

Таблица

Экспериментальное определение теплоты сгорания листьев бананового дерева, масса образца — 0,28 г

Table

Experimental determination of the heat of combustion of banana tree leaves, sample weight — 0,28 g

№ опыта, <i>i</i> Experience number, <i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_p , МДж/кг Q_p , MJ/kg	17,29	17,47	17,40	17,35	17,41	17,46	17,37	17,43	17,42	17,30

В результате проведенных лабораторных исследований по определению теплоты сгорания листьев бананового дерева получены значения от 17,29 до 17,47 МДж/кг.

Усредненное значение теплоты сгорания листьев бананового дерева по результатам серии проведенных экспериментальных исследований будет равно:

$$Q = \sum Q_i / i ,$$

$$Q = 17,39 \text{ МДж/кг.}$$

Выводы

В результате проведенных лабораторным путем экспериментальных исследований получен показатель теплоты сгорания листьев бананового дерева, равный 17,39 МДж/кг.

В сравнении с ранее полученными показателями для различных веществ и материалов значение теплоты сгорания бананового листа близко к показателям: ледерина (кожзаменитель, 17,7 МДж/кг), линолеума (поливинилхлоридный двух-

слойный, 17,91 МДж/кг), мипора (пенопласт, 17,6 МДж/кг) [5], хлопка в тюках (16,7 МДж/кг) [6], бумажно-слоистого пластика (18 МДж/кг) [7].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чан Д. Ч., Фогилев И. С., Андросенко С. Г. Классификации зданий и сооружений в области пожарной безопасности во Вьетнаме // Ройтмановские чтения : сборник материалов XII научно-практической конференции. М., 2024. С. 165–169.
2. Чан Д. Ч., Фогилев И. С. Влияние застройки сельских населенных пунктов Вьетнама на состояние пожарной безопасности поселений // Сборник трудов секции № 9 XXXIV Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». Химки, 2024. С. 183–189.
3. Обобщенный отчет по работе пожарной охраны провинции Хазянг 2016 г. Хазянг, 2016. 5 с. URL: <https://clck.ru/3Rm7bP> (дата обращения: 10.01.2026).
4. ГОСТ Р 56025–2014. Материалы строительные. Метод определения теплоты сгорания. М., 2019. 13 с.
5. Пособие по применению НПБ 105–95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывоопасной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации / Ю. Н. Шебеко [и др.]. М., 1998. 119 с.
6. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д. М. Гордиенко [и др.]. М., 2012. 242 с.
7. Теревнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. М., 2004. 248 с.

REFERENCES

1. Chang D. C., Fogilev I. S., Androsenko S. G. Classifications of Buildings and Structures in the Field of Fire Safety in Vietnam // Roitman Readings : Collection of Materials from the XII Scientific and Practical Conference. Moscow, 2024. Pp. 165–169.
2. Chang D. C., Fogilev I. S. The Influence of the Development of Rural Settlements in Vietnam on the Fire Safety of Settlements // Collection of Papers of Section No. 9 of the XXXIV International Scientific and Practical Conference. Khimki, 2024. Pp. 183–189.
3. Summary report on the work of the Hazyang Province Fire Department. 2016. Khazyang, 2016, 5 p. URL: <https://clck.ru/3Rm7bP> (accessed 10.01.2026).
4. GOST R 56025–2014. Construction Materials. Method for Determining the Heat of Combustion. Moscow, 2019. 13 p.
5. Guidelines for Applying NPB 105-95 'Determination of Categories of Rooms and Buildings for Explosive and Fire Hazards' When Reviewing Design and Estimation Documentation / Yu. N. Shebeko et al. Moscow, 1998. 119 p.

6. Guidelines for Determining Fire Risk Estimates for Industrial Facilities / D. M. Gordienko et al. Moscow, 2012. 242 p.

7. Terebnev V. V. Handbook of the Fire Fighting Manager. Tactical Capabilities of Fire Units. Moscow, 2004. 248 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Фогилев Иван Сергеевич, канд. техн. наук, профессор кафедры пожарной тактики и службы УНК пожаротушения Академии ГПС МЧС России (129366, Российская Федерация, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4); ORCID: 0000-0003-2058-5758; SPIN-код: 6792-0626; AuthorID: 972535; e-mail: galich_ivan@mail.ru

Чан Дык Чунг, выпускник адъюнктуры Института подготовки иностранных граждан Академии ГПС МЧС России (129366, Российская Федерация, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4); ORCID: 0000-0003-2375-9143; SPIN-код: 9011-9507; AuthorID: 1196018; e-mail: tranductrung56@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ivan S. Fogilev, Cand. Sci. (Eng.), Professor, Department of Fire Tactics and Service of the Fire Fighting Training and Research Complex of Fire Safety in Construction SFA of EMERCOM of Russia (4 Borisa Galushkina St., Moscow, 129366, Russian Federation); ORCID: 0000-0003-2058-5758; SPIN-code: 6792-0626; AuthorID: 972535; e-mail: galich_ivan@mail.ru

Chang Duc Chung, graduate of the Institute of Training of Foreign Citizens of Fire Safety in Construction SFA of EMERCOM of Russia (4 Borisa Galushkina St., Moscow, 129366, Russian Federation); ORCID: 0000-0003-2375-9143; SPIN-code: 9011-9507; AuthorID: 1196018; e-mail: tranductrung56@gmail.com