

## 13.00.00 «Педагогические науки»

---

УДК 378.147.88

### Формирование исследовательской компетенции у обучающихся в рамках изучения дисциплины «Теория горения и взрыва»

### Formation of research competence among students in the study of the discipline «Theory of combustion and explosion»

---

*Долгушина Л.В.*  
канд. хим. наук

*Матерова С.И.*

*Слепов А.Н.*  
ФГБОУ ВО Сибирская  
пожарно-спасательная  
академия ГПС МЧС России

*ldolgushina@gmail.com*

*Dolgushina L.V.*  
Ph.D. of Chemical Sciences

*Materova. S.I.*

*Slepov A.N.*  
FSBEE HE Siberian Fire  
and Rescue Academy  
EMERCOM of Russia

**Рецензент:**

*Мельник О.Е.*  
канд. пед. наук

**Аннотация:**

В статье рассматривается лабораторная работа – как форма организации обучения, направленная на формирование исследовательской компетенции у обучающихся пожарно-технического профиля. Научно-исследовательская деятельность – одна из ведущих форм деятельности специалиста в области пожарной и техносферной безопасности, а также инженерно-технической экспертизы. Разработанная нами лабораторная работа может быть использована при изучении дисциплины «Теория горения и взрыва» при рассмотрении вопросов термического анализа.

**Ключевые слова:** лабораторная работа, научно-исследовательская деятельность, термический анализ, термогравиметрический анализ, теория горения и взрыва.

**Abstract:**

The article deals with laboratory work - as a form of training organization, aimed at the formation of research competence in the trained fire-technical profile. Scientific research activity is one of the leading forms of activity of a specialist in the field of fire and technospheric safety, as well as engineering and technical expertise. The laboratory work developed by us can be used in studying the discipline «Combustion and Explosion Theory» when considering the issues of thermal analysis.

**Key words:** laboratory work, scientific-research activity, thermal analysis, thermogravimetric analysis theory of combustion and explosion.

---

Одним из видов профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу высшего образования является научно-исследовательская деятельность. В связи с этим организация учебного процесса должна быть выстроена таким образом, чтобы в ходе обучения будущий специалист не просто получал знания, а еще и учился самостоятельно их «добывать», анализировать и производить.

Для достижения высоких результатов в обучении необходимо научить курсантов думать, находить и решать проблемы, используя для этого знания из различных областей, навыки общения и информационных технологий. Только в тесном взаимодействии эксперимента и теории в учебном процессе мы можем достичь высокого качества знаний студентов в области химических дисциплин.

Одним из основных видов деятельности, к которым готовится выпускник, освоивший ФГОС ВО по направлению подготовки 20.05.01 Пожарная безопасность, 40.05.03 Судебная экспертиза и 20.03.01 Техносферная безопасность, является научно-исследовательская деятельность. Данный вид деятельности, подразумевает владение универсальными компетенциями (наблюдение, измерение, эксперимент, системно-информационный анализ, моделирование, выявление причинно-следственных связей и т.д.), которые напрямую связаны с мыслительными, поисковыми, логическими, творческими процессами познания выпускников.

При изучении предметов химической направленности используются различные формы организации обучения, в частности лекции, практические занятия (семинары) и лабораторные работы [1]. Навыки, необходимые для исследования [2], формируются и обрабатываются на практических занятиях, например, способность задавать вопросы и давать определения понятиям; выделить отличительные признаки; анализировать, делать выводы, планировать работу; проводить эксперимент. Формирование этих навыков облегчается за счет работы студентов с учебником и дополнительной литературой, при подготовке к выполнению лабораторной и практической работы.

С целью формирования у обучающихся навыков исследовательской работы и поддержки учебного процесса в курсе «Теория горения и взрыва» для изучения основ термического анализа нами была разработана лабораторная работа «Термогравиметрическое исследование материалов».

Одним из наиболее известных и широко применяемых аналитических методов является термический анализ. Основной особенностью данного метода является быстрота получения с его помощью разнообразной и достоверной физико-химической информации, а также возможность изучения объектов различной природы, и кроме того появлением относительно доступного стандартного оборудования. При термическом анализе проводят исследование изменений массы образца, скорости потери массы образца, теплосодержания и других параметров в зависимости от температуры. Анализ этих

параметров дает возможность получить информацию о механизме и условиях термической деструкции материала и его поведение при пожаре.

Различные методы термического анализа позволяют идентифицировать материалы, вещества и средства огнезащиты при проведении сертификационных испытаний [3]. Применение данных методов при обучении курсантов позволит развить у будущих специалистов способность к научно-исследовательской деятельности.

Термический анализ – разновидность физико-химического анализа; он основан на регистрации тепловых эффектов превращений, протекающих в исследуемом образце при воздействии температуры. Термический анализ представляет собой группу аналитических методов (Рис. 1.), которые отличаются измеряемой характеристикой и аппаратным оформлением [4].

На лабораторной работе «Термогравиметрическое исследование материалов» обучающиеся подробно знакомятся с термогравиметрическим методом анализа.

Наиболее простым в использовании среди методов термического анализа является термогравиметрический метод, при проведении которого регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры. На рис. 2 представлены основные виды термогравиметрического анализа. Результатом анализа являются зависимости изменения массы образца от температуры во времени. Для интерпретации результатов необходима обработка полученных данных. Термогравиметрический анализ широко используется в исследовательской практике, он позволяет определить такие параметры как: температура дегградации полимеров, влажность материалов, доля органических и неорганических компонентов, входящих в состав исследуемого вещества, точки разложения взрывчатых веществ и сухого остатка растворенных веществ. Метод также пригоден для определения скорости коррозии при высоких температурах.



Рис. 1. Методы термического анализа

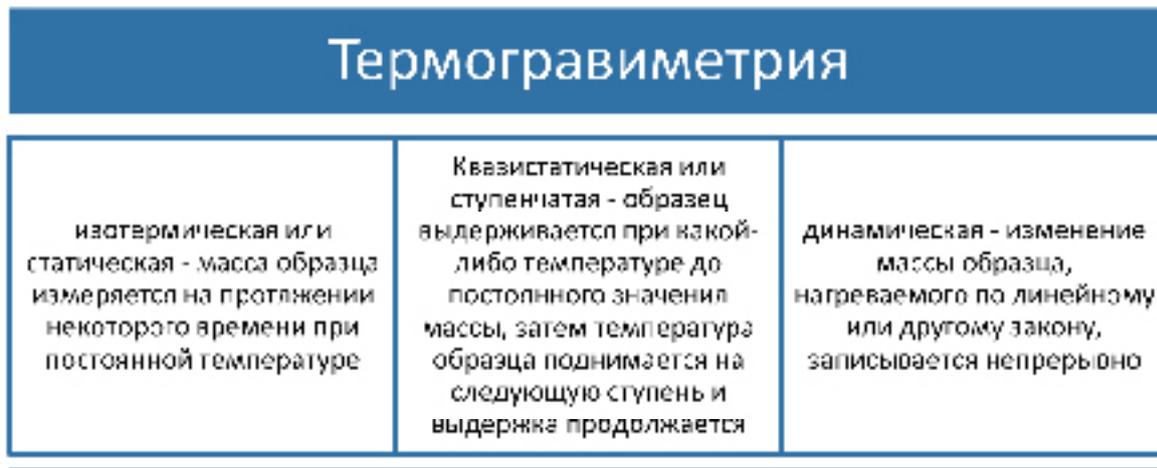


Рис. 2. Виды термогравиметрического анализа

В пожарно-технической экспертизе термогравиметрический анализ применяется для определения температуры и длительности нагрева органических материалов.

Количественным критерием оценки теплового воздействия на материал при этом может служить величина потери массы образца подвергнутого термическому воздействию, отнесенная к потере массы материала той же марки при одинаковых условиях проведения термогравиметрического анализа.  $(Dm/Dm_{исх})$  – показатель потери массы образца.

Целью лабораторной работы является формирование у курсантов навыков исследовательской

работы по применению термогравиметрического метода анализа для целей пожарно-технической экспертизы. Для этого студенты проводят изучение превращений, сопровождающихся изменением массы вещества при нагревании и определяют количественные характеристики этих изменений при различных условиях.

В настоящее время используются различные виды строительных материалов [5]. Среди них выделяются природные и искусственные материалы. Искусственные обжиговые материалы в процессе производства подвергаются действию высоких температур, поэтому термический анализ этих

материалов практических не применяется, так как изменение в их составе и строении при воздействии температур практических не происходит. Поэтому наибольший интерес представляют природные и безобжиговые строительные материалы.

В качестве объектов исследования для лабораторной были выбраны строительные материалы на основе дерева (древесноматериалы): два наиболее распространённых вида древесины для постройки зданий и сооружений, такие как сосна и лиственница и искусственный материал ламинат.

Древесина на 98,9 – 99,7 % состоит из органических веществ, большая часть которых представляет собой высокомолекулярные соединения, и небольшого количества минеральных компонентов (0,3 – 1,1 %), остающихся при сгорании в виде золы. При термическом воздействии органические вещества претерпевают различные изменения, в зависимости от скорости нагрева, температуры и длительности воздействия.

На свойства древесины значительное воздействие оказывает влажность. Влага, содержащаяся в стенках клеток, называется гигроскопической. Насыщение водой стенок клеток возможно как при погружении древесины в воду, так и из окружающего влажного воздуха, т.е. гигроскопическим путем. Влага, содержащаяся в полостях и межклеточном пространстве древесины, называется капиллярной. Насыщение межклеточного пространства и внутренних полостей клеток водой возможно только при погружении древесины в воду [6].

Особенностью строения древесины является неодинаковое изменение структуры и свойств по разным направлениям. Это сказывается на особенностях поведения древесины при нагреве и в частности при ее горении. Еще более разнообразно ведут себя при горении различные композиционные материалы из древесины и продуктов ее переработки с добавлением связующих.

Для целей пожарно-технической экспертизы очень важно уметь устанавливать в каком режиме осуществлялось горение. В процессе тления и в режиме пламенного горения происходят различные изменения состава материала, выделяются разнообразные продукты превращения. Температура воспламенения большинства сортов древесины находится в пределах 240-260 °С. Температура же, при которой могут начинаться процессы, способные привести к тлеющему горению при достаточной длительности теплового воздействия могут быть в пределах 120 °С.

В результате термического разложения и горения древесины в различных режимах формируются следы потемнения древесины, ее обугливания на разную глубину, сквозные прогары на отдельных участках деревянной конструкции или полное выгорание до образования зольного остатка.

Проведение испытаний в ходе лабораторной работы, оценка результатов и подготовка прибора и образцов для испытания осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.0044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» [7], ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа» [8].

При проведении лабораторной работы нами используются весы лабораторные DL-2000, лабораторный автотрансформатор тока (ЛАТР) Энергия TDGC2-1, шкаф сушильный серии LOIP LF-25/350-GG1 и вертикальная резистивная трубчатая печь (Рис. 3).

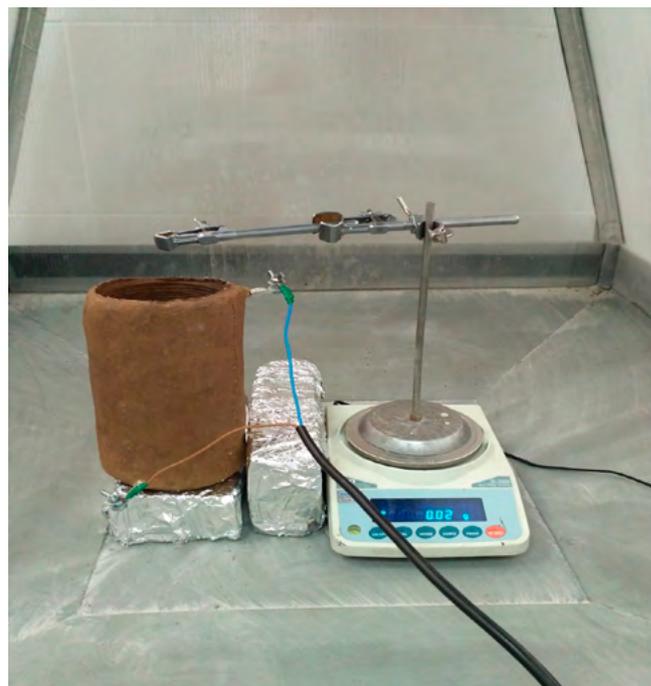


Рис. 3. Установка для проведения огневых испытаний.

Размещение прибора для испытаний должно предусматривать отсутствие воздействия тяги воздуха извне, прямого солнечного света или искусственного освещения, затрудняющих проведение испытания и наблюдение за пламенем внутри печи.

Перед проведением испытаний стабилизируют работу печи, предварительно вынув из нее держатель образца с устройством для его опускания.

Устанавливают термоэлектрический преобразователь для измерения температуры в печи. Регулируя величину подаваемого напряжения, нагревают постепенно печь, установившаяся температура в печи не должна изменяться более чем на 2°C в течение 10 мин.

Подготовленный к испытанию образец помещают в держатель, крепят к нему термоэлектрические преобразователи, после чего держатель с образцом без каких-либо толчков опускают в печь за время не более 5 с. Включают секундомер сразу же после введения испытуемого образца в печь. В течение всего испытания показания термоэлектрических преобразователей, измеряющих температуру печи и образца, должны регистрироваться самопишущим прибором. Для испытаний готовят 5 образцов исследуемого материала. Образцы изготавливают из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны с влажностью 8 - 15% и плотностью от 400 до 550 г/м<sup>3</sup> в виде прямоугольных брусков с поперечным сечением 30 x 20 мм и длиной вдоль волокон 150 мм, отклонение от размеров не должно превышать 1 мм.

После проведенных испытаний образец извлекают из печи и после его охлаждения до температуры окружающей среды взвешивают (с учетом отходов, которые отделились от образца и упали вниз в процессе испытания или после его окончания).

Термическая обработка образцов проводилась с применением трубчатой вертикальной резистивной печи. Принципиальная схема установки измерения представлена на рисунке 4. Образец помещался по центру печи. Температура печи перед каждым испытанием поддерживалась постоянной. Контроль начальной массы образца и последующей ее изменения с периодичностью 1,0 мин в течение 5,0 мин проводился с помощью лабораторных весов DL-2000. Для построения графической зависимости изменения массы от времени проводился расчет потери массы каждого образца в конкретном промежутке времени.

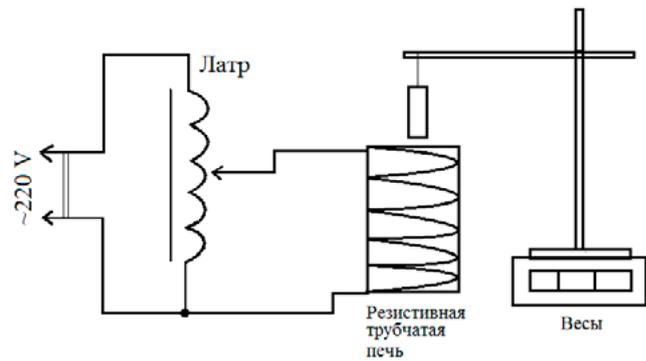


Рис. 4. Принципиальная схема установки

По результатам измерений для каждого исходного образца вычисляют константу скорости деструкции материала исходя из кинетического уравнения:

$$\ln (m/m_0) = -k\tau$$

константу скорости реакции горения находят построив графическую зависимость  $|\ln (m/m_0)| = f(\tau)$  (Рис. 5):

$$k = |\ln (m/m_0)|/\tau$$

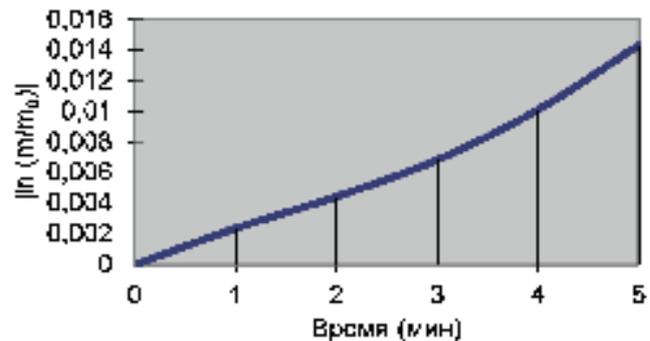


Рис. 5. Графическая зависимость  $|\ln (m/m_0)| = f(\tau)$ .

Находят среднюю скорость выгорания образца по формуле:

$$v_m = (m_0 (1 - e^{-k\tau}) / S\tau) \text{ [г/м}^2 \text{ мин]}$$

Где S – площадь поверхности образца, м<sup>2</sup>;

m<sub>0</sub> – начальная масса образца;

τ - общее время воздействия температуры на образец, мин.

Результаты лабораторных испытаний заносят в таблицу. Полученные данные обрабатывают и интерпретируют. Пример математической обработки и интерпретации приведен в таблице и на рисунках 6-7.

**Таблица. Результаты огневых испытаний образцов древесоматериалов**

t °С	Средняя потеря массы за 5 мин [г]		
	Сосна	Лиственница	Ламинат
200 °С	Испытания не проводились		1,158
250 °С	0,48	0,158	2,176
300 °С	3,018	1,562	6,072
350 °С	4,656	2,756	14,642

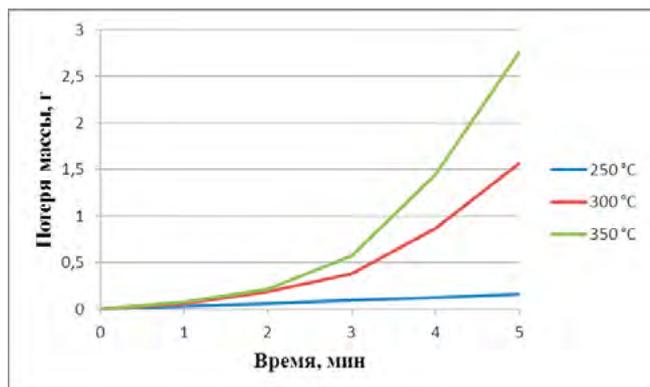


Рис. 6. Зависимость потери массы образцов древесины от длительности температурного воздействия

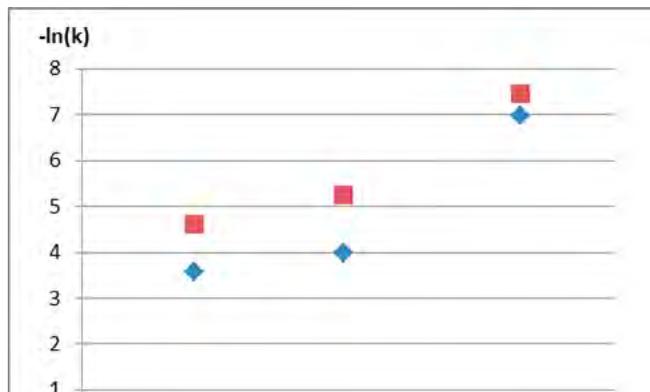


Рис. 7. Зависимость логарифма константы скорости реакции от обратной температуры древесины.

На основании полученных данных, обучающиеся анализируют константы скоростей деструкции различных материалов в диапазоне температур от 250 до 350 °С. Сравнивают скорости деструкции различных материалов, делают выводы.

На основании полученных данных, можно сделать следующие выводы:

В результате лабораторной работы обучающиеся получают зависимости потери массы испытуемых образцов от времени воздействия температуры, рассчитывают константы скорости деструкции древесоматериалов и проводят анализ полученных результатов.

Систематическое применение проектно-исследовательских лабораторной работы в обучении химическим дисциплинам дает реальные результаты в формировании исследовательской компетенции у обучающихся, а также их творческого потенциала. Навыки в области исследовательской компетенции необходимы выпускникам не только для грамотного осуществления своей профессиональной деятельности [9], но и для дальнейшего продолжения обучения в магистратуре и аспирантуре (адъюнктуре) [10].

### Литература:

1. Масаев, В.Н. Применение активных методов обучения при изучении технических дисциплин в образовательных учреждениях высшего образования МЧС России / Масаев В.Н. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2016, №3.- С.53-58.- Режим доступа: [http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v3/N3\\_9-12.pdf](http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v3/N3_9-12.pdf), свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
2. Злотникова, Е.А. Состояние проблемы формирования у курсантов МЧС России готовности к научно-исследовательской деятельности / Злотникова Е.А., Лагунов А.Н., Трояк Е.Ю. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2017, №1.- С.46-49.- Режим доступа: [http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v1/N4\\_9-12.pdf](http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v1/N4_9-12.pdf), свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
3. Андреева Е.Д., Принцева М.Ю., Кондратьев С.А., Чешко И.Д / под ред. Проф. И.Д. Чешко. М.: ВНИИПО, 2013. Применение термического анализа при исследовании и экспертизе пожаров: методические рекомендации.
4. Дудеров Н.Г. Применение термического анализа в расследовании причин возникновения пожаров. М.: ВНИИПО, 1990.
5. Долгушина Л.В. О возможности пожарно-технической экспертизы при анализе строительных материалов. / Долгушина Л.В., Лагунов А.Н., Ефремов И.Г., Гапоненко М.В. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2017, №2. - С. 9-13. - Режим доступа: [http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v2/N5\\_9-13.pdf](http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v2/N5_9-13.pdf), свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
6. Серков Б.Б., Асеева Р.М., Сивенков А.Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины. М.: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.

7. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
8. ГОСТ Р 53293-2009. Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа.
9. Мартинович, Н.В. Комплексный подход оценки профессиональной деятельности руководителя пожарно-спасательного подразделения / Мартинович Н.В., Татаркин И.Н., Антонов А.В., Мельник А.А. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2016, №3.-С.39-44.- Режим доступа: [http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v3/N3\\_9-12.pdf](http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v3/N3_9-12.pdf), свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
10. Мельник, А.А. Методика оценки кандидатов на поступление в магистратуру по результатам собеседования и рассмотрения представленных ими документов (направление подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность») / Мельник А.А. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2016, №2.-С.51-58.- Режим доступа: [http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v2/N2\\_1-7-10.pdf](http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v2/N2_1-7-10.pdf), свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.