

ЛІТЕРАТУРА

1. Світ фізики. Науково-популярний журнал // Львів. „Євросвіт”. – 2008. - № 2(42). - С.48

2. Rosner Robert., *Chemie in Österreich 1740-1914 Lehre, Forschung, Industrie*, p.225, p.244

3. Rosner R. Scientists and mathematicians in Czernowits University / Proceedings of the 2nd International Conference of the European Society for the History of Science. Cracow, Poland, September 6-9, 2006, p.395.

4. Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. Імена славних сучасників / Під редакцією С.В. Мельничука (голова) та ін. – К.: „Світ успіху”. – 2005. – С.16

5. Prokopowitsch E., *Gründung, Entwicklung und Ende der Franz-Josephs Universität in Czernowitz*, Clausthal-Zellerfeld, 1955, p.13

6. Природознавство в Україні до початку ХХ ст. в історичному, культурному та освітньому контекстах / Ю. Павленко, С. Руда, С. Хорошева, Ю. Храмов. - Київ: Видавн. дім „Академперіодика”. - 2001. - С. 242-243

7. Становлення статистичної фізики в Україні (30-40 рр. ХХ ст.) / А.С. Литвинко.- К.: „Фенікс”.-2009.- С.96

8. Чернівецький університет. 1875-1995: сторінки історії / Під ред. С. С. Костишина (голова) та ін. – Чернівці: „Рута”,1995. - С.65.

9. 100 Years Seismological Service of Austria at the Central Institute for Meteorology and Geodynamics in Vienna/ by C. Hammerl and W. Lenhardt. ZAMG. Hohe Warte 38 A-1190 Vienna, Austria. -2004. -p.2-3

10. Ю. Головач. Фізичні дослідження вчених НТШ // Фізичний збірник НТШ.- Львів. - 1993. - том 1. - С.396

11. Чернівецький університет. 1875-1995: сторінки історії / Під ред. С. С. Костишина (голова) та ін. – Чернівці: „Рута”, 1995. - С.99

12. Термодинамика и статистическая физика. Издание второе / Самойлович А.Г. - М.: Гос. изд-тво технико-теорет. литер. - 1955.- С.368

13. Термоэлектрические и термомагнитные методы превращения энергии. Конспект лекций проф. А.Г.Самойловича / Редактор сост. Л. М. Вихор и д р. - Черновцы.: „Рута”. - 2006. - С.226

УДК 544.452.2(091) + 544.567(091)

СТАНОВЛЕННЯ В УКРАЇНІ АПАРАТУРНОЇ БАЗИ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ З ФІЗИКИ ГОРІННЯ ТА ВИБУХУ

Сюх А. В., аспірант

(Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)

В работе приводится пример того как при исследовании влияния электрического поля на процессы горения газовой смеси происходило усовершенствование экспериментальной аппаратуры с изменением методики исследования этого явления.

The article contains an example of the improvement of the experimental equipment while searching the influence of the electric field on the gas blend combustion as the method of the research of this effect changed.

Вивчаючи історію становлення фізики горіння та вибуху на теренах України неодмінно треба звернути увагу на розвиток апаратури в процесі до-

слідження явищ запалювання, горіння та вибуху газових сумішей. Саме технологічне удосконалення лабораторного устаткування дозволяло вченим в

процесі досліджень застосовувати нові методики, вносити зміни в хід експериментів, створювати умови для подальших ще ґрунтовніших спостережень.

На жаль, в сучасній літературі практично відсутні відомості про експериментальну апаратуру, що використовувалася українськими вченими. Лише в окремих монографіях минулого сторіччя можна зустріти деякі схеми обладнання, яким вони користувалися, вивчаючи складні природні явища. Зокрема, треба відмітити монографію Б. Є. Долгова та Д. Г. Ливицького (1933 р.), де наведена фотографія першої української експериментальної штольні під час її випробування. Вона була побудована у 1913 році в місті Макіївка [1]. Дуже корисною виявилася монографія Г. М. Теплякова (1971 р.), в ній докладно описані життя та наукова діяльність видатного вітчизняного вченого В. О. Міхельсона, а також приведена його експериментальна установка [2]. Але такі відомості настільки розрізнені, що основною джерельною базою для вивчення історичного розвитку вказаної апаратури в першій половині ХХ сторіччя мають стати оригінальні роботи дослідників. Тільки в них можна знайти детальний опис експериментальних установок, послідовність проведення експериментів, методичні новації тощо.

Оскільки такі дані відсутні в історико-науковій літературі, метою статті було з'ясування методик та вивчення апаратурної бази, що використовували в Україні при дослідженні горіння і вибухів газових сумішей. В процесі дослідження з'ясувалося також, яким чином зміна методів або удосконалення експериментального обладнання може вплинути на хід одного окремо взятого дослідження. При чому досягнення мети здійснювалося на прикладі вивчення явища впливу електричних полів на процеси горіння.

Першим на теренах України почав вивчати такі явища професор Андрій

Едуардович Малиновський [3, 4]. В 1923 він починає проводити дослідження, присвячене вивченню ролі заряджених частинок в процесах поширення вибухових хвиль в газових сумішах. А. Е. Малиновський ставить перед собою задачу: «експериментально встановити іонний характер передачі запалювання під час поширення вибухової хвилі» [5]. Для її розв'язання, користуючись устаткуванням фізичної лабораторії при Гірничому інституті, була зібрана порівняно нескладна установка (Рис.1). За допомоги цієї установки вчений сподівався виявити взаємовідношення між моментом виникнення іонізації у визначеній точці вибухової суміші і моментом зміни тиску під час проходження через цю точку вибухової хвилі.

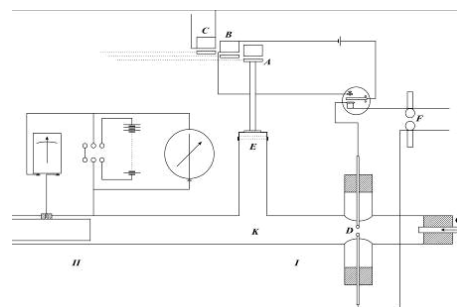


Рис. 1. Установка для реєстрації тиску та іонізації вибухових хвиль

Установка складалася з декількох залізних трубок, які були підібрані та розташовані таким чином, щоб вибухова хвиля одночасно проходила крізь іскровий проміжок *D* і створювала тиск на гумову плівку в точці *E*. Момент появи іонізації та крива тиску фіксувалися на стрічці хронографа реєструючими важелями *A* та *B*, важіль *C* відмічав час появи іонізації. Також до іскрового проміжку *D* приєднувався іскровимірювач *F* з мікрометричним гвинтом, він допомагав зареєструвати найменші іскри, що проскакували в *D*.

Отримані показання хронометру не дали якісних даних, на основі яких можна було б робити певні висновки. Розуміючи, що з таким обладнанням не можливо розв'язати поставлену задачу, А. Е. Малиновський вирішив змінити мету дослідження. Тепер він прагнув знайти доказ електричної природи поширення вибуху. На його думку таким доказом можна було вважати дію електричного поля на вибухову хвилю.

Для постановки наступного експерименту А. Е. Малиновський вдосконалив попередню установку. Так, до першої трубки, де відбувалася реєстрація тиску і іонізації, була приєднана ще одна трубка такого ж розміру, в її середині розміщувалася обклеєна станіолем закрита скляна трубка. Від станіолу назовні виводився ізольований дріт, приєднаний до електрометру; таким чином був створений циліндричний конденсатор, поле якого і повинно було діяти на вибухову хвилю. Щоб встановити електричну природу поширення вибуху в газовій суміші, ступінь іонізації вимірювалася за допомогою іскрового проміжку *D*, коли поле діяло на вибухову хвилю і не діяло.

Експериментальні дані чітко вказували на вплив електричного поля. Іонізація полум'я зменшувалася при проходженні вибухової хвилі крізь поле циліндричного конденсатора, отже відбувалося розрідження іонів. Крім цього, данні експериментів підтверджували гіпотезу Дж. Томсона, за якою поширення полум'я може бути викликано рухом електронів попереду фронту вибухової хвилі. Тому А. Е. Малиновський припускав, що перша стадія вибуху, коли вибухова хвиля рухається з постійною швидкістю, є процесом згущення іонів. У цьому випадку, кількість перенесених іонів повинна була б зростати із зростанням їх концентрації в попередніх шарах суміші.

А. Е. Малиновський вирішив перевірити, чи дійсно прискорення вибуху

супроводжується згущенням іонів. Для цього треба було визначити різницю сили іонізуючого струму у місцях уповільнення та прискорення полум'я. Такі рухи полум'я найліпше спостерігалися у тонкій, довгій скляній трубці (Рис. 2), в якій вибухова газова суміш запалювалася біля відкритого кінця *A*, пересувною іскрою. У кінці трубки *B* знаходилися дві також пересувні пластинки *C* підключені до гальванометру. Саме за допомоги цих пересувних засобів і можна було виміряти іонізуючий струм в потрібному місті полум'я.

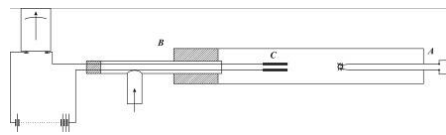


Рис. 2. Установка для реєстрації сили іонізаційного струму

Провівши декілька десятків спостережень, А. Е. Малиновський прийшов до висновку, що в полум'ї знаходиться велика кількість вільних електронів, саме вони, рухаючись попереду фронту вибухової хвилі, є посередниками при передачі вибуху. Іони переносяться з одного шару в інший і додаються до іонів, що утворилися від місцевого горіння. Відбувається згущення, яке і призводить до більш швидкого запалювання вибухової суміші, тобто прискорює вибух. З іншого боку дослідник припустив, якщо вилловити достатню кількість іонів, які рухаються попереду фронту вибухової хвилі, то не буде відбуватися їх згущення, горіння не прискориться і не перейде у вибух.

Для проведення такого експерименту А. Е. Малиновський вніс зміни в конструкцію експериментальної установки. Зміни торкнулися в першу чергу циліндричного конденсатора (Рис. 3), тепер він був розташований вертикально [6]. Замість скляної трубки, в середині металевому циліндру на ізоляторах розмістили металевий вкладиш, теж циліндричної форми. Гальванометр,

з'єднаний послідовно з батареєю акумуляторів дозволяв визначити силу іонізаційного струму. За допомоги вольтметра перевірялася напруга на обкладинках конденсатору.

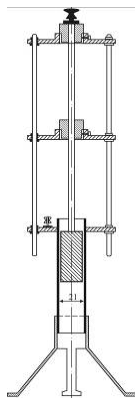


Рис. 3.
Циліндричний конденсатор
А. Е. Малиновського

Використовуючи таку експериментальну установку А. Е.

Малиновському вдалося спостерігати повну зупинку вибуху на самому початку його утворення. Це явище відбувалося, коли вибухова суміш парів бензину і повітря пропускала через циліндричний повітряний конденсатор, при на-

прузі поля в 900 V і відстані між його обкладинками 2,5 мм.

З появою докладної статті А. Е. Малиновського [5] в зарубіжному виданні починається новий етап розвитку досліджень з вивчення ролі заряджених частинок в процесах горіння та вибуху газових сумішей. Подібні експерименти були проведені багатьма науковцями, але серед них потрібно особливо відмітити роботи Габера та Льюїса; в свою чергу, саме їх роботи і вплинули на подальший розвиток наукової праці А. Е. Малиновського.

Вивчаючи роботу українського вченого, Габер висловив сумніви стосовно правильності пояснення ним явища зупинки процесу горіння. В першу чергу він відкинув припущення, що тільки за рахунок відведення вільних електронів з полум'я процес горіння зупиняється. На його думку, головна причина такого явища криється у відведенні позитивними іонами нейтральних молекул до холодного негативного електро-

ду, тобто відбувається передача теплоти від полум'я до холодних стінок трубки. При проведенні своїх експериментів він побачив, як під впливом змінного поля високої частоти швидкість поширення полум'я зменшувалася вдвічі, тому він і зробив висновок, що поряд з електронами на процеси горіння мають вплив і позитивні іони [7,8].

Розвиваючи свою теорію відносно ролі заряджених частинок в процесі горіння, Габер вказував ще і на можливість від'єднання електронів у проміжних продуктів горіння, а саме з радикалів CC та CH , їх наявність в полум'ї на той час була вже повністю доведена. Виділення цих радикалів з полум'я імовірно стало би також причиною гасіння, вважав дослідник [6,7].

Підтверджував роль заряджених іонів і Льюїс. В його експериментах з повздовжніми полями, полум'я, як єдине ціле, притягувалося до негативного електроду. Це явище слугувало доказом, що полум'я рухається в напрямку позитивних іонів. Крім того, при відповідному напрямку і силі поля Льюїсу вдалося гасити полум'я різноманітних сумішей вуглеводнів з повітрям [9].

Звісно, роботи Габера та Льюїса зацікавили А. Е. Малиновського: поперше, вони повністю підтверджували відкритий ним вплив електричних полів на швидкість горіння газових сумішей, по-друге, вносили деякі уточнення щодо ролі заряджених частинок в цьому процесі. Тому перед А. Е. Малиновським поставала нова – задача детально вивчити експерименти цих науковців та спробувати їх відтворити.

Аналізуючи роботу Габера, А. Е. Малиновський одразу відкинув теорію тепловіддачі, за його розрахунками в змінному полі, що використовував німецький вчений, позитивні іони практично залишалися на місці, а та їх частина, котра знаходилася біля стінок трубки, не могла вплинути на процес в

цілому. Крім того, в своїх експериментах А. Е. Малиновський не спостерігав ніякого відхилення полум'я, яке б вказувало на зближення «гарячих» частинок зі стінками трубки. На його думку, ефект впливу змінного поля все ж таки відбувається за рахунок відведення до стінок не позитивних, а негативних іонів, які у тисячу разів більш рухливі.

Для перевірки своєї гіпотези А. Е. Малиновський починає проводити дослідження з новою експериментальною установкою [10]. В ній в якості джерела електричного поля високої частоти було використано спеціальний ламповий генератор (Рис. 4). Робоча довжина хвилі λ генератора знаходилася в інтервалі $500 - 600$ м, тобто частота поля дорівнювала $f = 6 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5$ пер/сек.

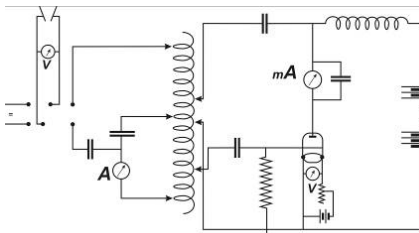


Рис. 4. Ламповий генератор

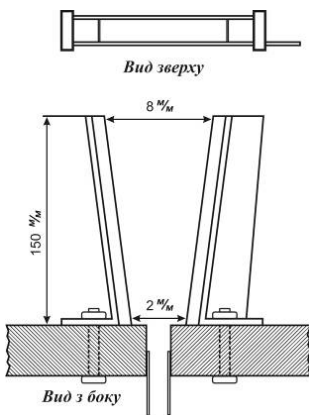


Рис. 5. Клиновидний конденсатор

Спостереження за впливом електричного поля проводилися в конденсаторі, на зразок того що використовував Габер. За конструкцією – це вертикальна, клиновидна, прямокутна трубка, яку

утворювали дві латунні та дві скляні пластини (Рис. 5). Така будова конденсатора з великою поверхнею скляних стінок і малою латунних зменшувала охолоджуючу дію металевих частин. Завдяки цьому швидкість горіння без електричного поля тепер в цілому залежала від концентрації суміші та від поверхні фронту полум'я. Отже за таких умов практично повністю виключалася тепловіддача.

Вплив змінного та постійного електричного полів на процеси горіння вивчався при використанні вибухових ацетилен-повітряних сумішей. Вони закачувалися під постійним тиском до конденсатору знизу по трубці і запалювалися у верхній його частині полум'ям спиртового пальника. Стала швидкість плинину суміші досягалася приєднанням так званої «газової» установки (Рис. 6), де *A* – балон, в якому виготовлялася газова суміш, *K* – кран, яким регулювали об'ємну швидкість плинину суміші.

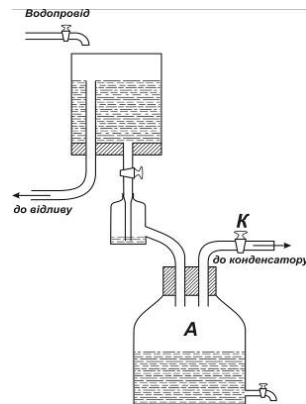


Рис. 6. «Газова» установка

За допомоги таких пристроїв, а також правильно підібраних швидкості плинину та концентрації ацетилену в суміші А. Е. Малиновському вдалося розділити ацетиленове полум'я на зовнішній та внутрішній конуси. При розділенні полум'я на ці два конуси, зовнішній залишався горіти біля верхнього краю конденсатору; внутрішній же ко-

нус опускався до низу, глибина його опускання залежала від концентрації ацетилену в суміші, швидкості її плинута поперечного перетину самого конденсатору. Дослідження проводилися саме над внутрішнім конусом, який мав в момент розділення полум'я надлишок негативних іонів.

В першій серії експериментів А. Е. Малиновський, спостерігаючи за поведінкою внутрішнього конуса, по черзі вмикав постійне й змінне електричні поля. Послідовність включення полів змінювалася для підвищення однорідності експериментів, адже внаслідок коливання концентрації ацетилену з часом швидкість поширення полум'я змінювалася, а це в свою чергу ускладнювало порівняння отриманих даних. На підставі цього А. Е. Малиновський вирішує змінити хід експерименту; тепер він спостерігав дію тільки одного з полів на протязі витікання із балону усїєї вибухової суміші.

Виконавши близько 1000 експериментів, український вчений підтвердив результати експериментів Габера. В нього також за даними експерименту виходило, що вплив постійного поля приблизно вдвічі більший ніж змінного. Але спостерігаючи за швидкістю поширення полум'я, коли внутрішній конус опускався до самого низу конденсатора, він не спостерігав зазначене Габером уповільнення горіння. Хоча в цьому разі напруженість поля і охолоджуюча дія стінок збільшувалися. З іншого боку використовуючи формулу для обчислення максимального відхилення іонів [11]

$$X_{\max} = \omega E / \pi d f,$$

де ω – рухливість іону, f – частота електричного поля, d – відстань між пластинами конденсатору, E – амплітудне значення напруження на пластинах конденсатору, А. Е. Малиновський підрахував, при значеннях $\omega = 1$, $f = 5 \cdot 10^5$ герц, $E = 1680$ В, $d = 0,7$ см, відхилення

позитивних іонів буде дорівнювати $1,5 \cdot 10^{-3}$ см. Відповідно, під час дії змінного електричного поля вони не досягали пластин конденсатору, отже не відбувалося їх усунення з полум'я, а значить, вони не могли впливати на швидкість горіння. Таким чином, А. Е. Малиновський спростував твердження Габера, що полум'я гасне в наслідок передачі тепла і що головну роль в поширення полум'я грають позитивні іони; навпаки, підтвердилася його гіпотеза щодо ролі негативних іонів.

Наступним кроком в дослідженні впливу змінних полів на горіння вибухових газових сумішей було проведення експериментів з більш високочастотними полями ($f = 10^5 - 0,8 \cdot 10^7$ герц). Вони проводилися з тією ж установкою, лише був замінений генератор (Рис. 7). Тепер його робоча довжина хвилі змінювалася в інтервалі від 35 м до 60 м, що відповідало необхідним частотам поля.

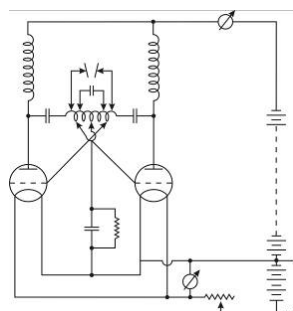


Рис. 7. Ламповий генератор високої частоти

Результати проведеного дослідження А. Е. Малиновський описує у звіті 1934 року [12]. Він пише: «Проделаны контрольные опыты влияния частоты переменного электрического поля на скорость горения смеси 25% C_2H_2 + воздух с 3000 – 35 м. Получены результаты. Наиболее заметная разница влияния частоты на скорость горения из всех нами взятых частот наблюдались для частоты 10^5 и $0,8 \cdot 10^7$. Процент уменьшения скорости горения газа при частоте в $0,8 \cdot 10^7$ около 1% и при частоте 10^5 – 6,7%. На основании этого можно

заключить, що з увеличением частоты эффект влияния на скорость горения уменьшается».

Отже з цього випливає, що із збільшенням частоти електричного поля його вплив поступово зникає і при значенні $f = 8 \cdot 10^7$ є практично непомітним. Зважаючи на такі дивні обставини, А. Е. Малиновський припускав, якщо і далі збільшувати частоту поля, то можливо для поля змінити свій знак, тобто відбудеться зворотне явище – прискорення горіння. Але подальші дослідження А. Е. Малиновський доручив своїм співробітникам В. С. Росихіну та В. П. Тимковському.

Для проведення такого дослідження ними були сконструйовані два нові генератори [14]. Перший генератор був дволамповий, коливальний контур якого представляв собою лехерову систему (Рис. 8). Цей генератор давав можливість дослідникам змінювати довжину

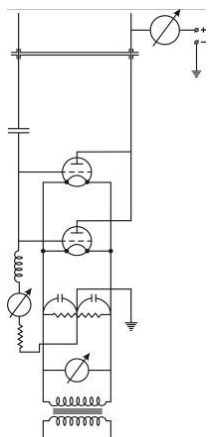


Рис. 8. Генератор за схемою Лехера

хвилі в інтервалі $\lambda = 8,7 \text{ м} - 33,5 \text{ м}$. Він підключався безпосередньо до конденсатору, який побудував ще А. Е. Малиновський (Рис. 5). Як і в попередніх дослідженнях, В. С. Росихін з В. П. Тимковським в ході проведення експериментів використовували 25% ацетилен-повітряну суміш і підібрали таку швидкість її таку швидкість її плинину, що полум'я роздвоювалося на зовнішній та внутрішній конуси. Зробивши низку експериментів і спостерігаючи за поведінкою внутрішнього конусу, вони виявили, що вплив електричного поля при частоті $f = 1,5 \cdot 10^7 - 1,6 \cdot 10^7$ герц практично зникає, починаючи з частоти $f = 1,9 \cdot 10^7$ герц спостерігається прискорення горіння, а вже в ультрависокочастотному полі $f = 3,4 \cdot 10^7$ герц прискорення горіння збільшується на 20 %.

Другий генератор дослідники використали для проведення досліджень з конусоподібною трубкою. Він був зібраний за видозміненою схемою Хольборна (Рис. 9) і мінімальна робоча довжина хвилі цього генератора дорівнювала 3,46 м. Його з'єднали з контурним конденсатором, між пластинами якого і була розташована трубка. В процесі такого експерименту В. С. Росихін також вдалося прискорити прискорення горіння під впливом ультрависокочастотного поля.

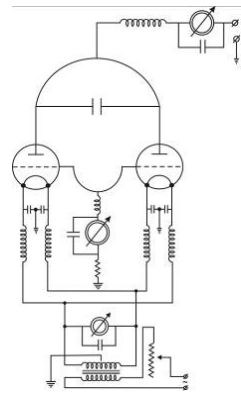


Рис. 9. Генератор за схемою Хольборна

Коментуючи дані експерименту, В. С. Росихін припускає, що ефект прискорення горіння газової суміші в ультрависокочастотному полі пов'язаний напевно з резонансним обміном енергії між електронами та молекулами реагуючої суміші.

Щоб перевірити свої здогади, він в 1940 році проводить спектральне дослідження ацетилен-повітряного полум'я. Метою такого дослідження було встановлення природи прискорювального ефекту ультрависокочастотного поля за допомогою спектрального методу [14].

Ще наприкінці 20-х років минулого сторіччя було відомо, що активно зоною горіння в полум'ї вуглеводнів є внутрішній конус, який найбільш інтенсивно випромінює різноманітну за довжиною хвилі радіацію. Спектральний аналіз проведений Бонгоффером, Габером та Лауером показав, що у внутрішньому конусі знаходяться вільні радикали: CC , CH , OH , CN та CN_3 . Характерною особливістю цих радикалів являється їх короткочасне існування, а також велика схильність до вступу в реакції, таким чином їм приписали роль активних центрів, завдяки яким продовжується горіння. В свою чер-

гу проводячи аналіз попередніх досліджень В. С. Росихін робить висновок, що в полум'ї, яке знаходиться в ультрависокочастотному полі, підвищується концентрація активних центрів, завдяки цьому і відбувається прискорення горіння.

При проведенні експериментів з внутрішнім конусом стаціонарного ацетилен-повітряного полум'я потрібно було добитися, щоб вплив на полум'я різних зовнішніх чинників був зведений до мінімуму. Таким вимогам відповідав сконструйований В. С. Росихіним, для розділення полум'я, конденсатор-пальник (Рис. 10). Він складався з кварцової трубки, всередині якої були розташовані латунні клиноподібні електроди і був з'єднаний послідовно із термоамперметром, а також кондуктивно зв'язувався з високочастотним ламповим генератором. Фотографування спектру відбувалося за допомоги спектрографа Хильгера.

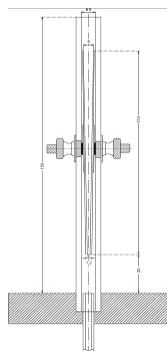


Рис. 10. Конденсатор-пальник А. Е. Малиновського

Як і в експериментах А. Е. Малиновського для подачі газової суміші до конденсатору В. С. Росихін використовував «газову» установку (Рис. 11). Ацетилен з балону через вентиль *P* потрапляв до ацетилен-повітряного пальника *Г*, в свою чергу повітря до цього пальника поступало із буферного балону *Б*, куди закачувалося повітряним нагнітачем *В*.

Для з'ясування ролі вільних радикалів в процесах прискорення горіння, при проведенні експерименту фотографувався спектр полум'я, як з ультрависокочастотним полем, так і без нього. Як і в попередніх дослідженнях, істотне прискорення горіння починалося тільки з частоти поля $f = 3,4 \cdot 10^7$ герц, коли ж частота поля знижувалася прискорення було ледве помітними, навіть у випадку

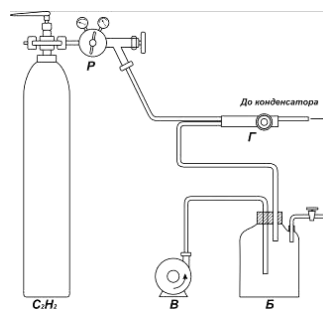


Рис. 11. Газова установка, зібрана В. С. Росихіним

видимого розряду іскри у внутрішньому конусі ($f = 2,5 \cdot 10^7$ герц).

Порівнявши фотографії спектрів полум'я для обох випадків, В. С. Росихін помітив, що крім групи смуг, які належать радикалам C_2 (5635 – 4364 Å) та СН (4314 Å), в ультрависокочастотному полі з'являються ще чотири смуги в інтервалі від 4060 до 3900 Å, а особливо помітне підвищення інтенсивності спостерігалось для смуги СН 3900 Å. Ці смуги у точності збігалися зі смугами спектру при ультрависокочастотному розряді в повітрі. Отже наступним етапом дослідження було порівняння спектру полум'я при високочастотному розряді, який відбувався у внутрішньому конусі, в спектру полум'я у ультрависокочастотному полі при прискоренні горіння. Виявилось, що в спектрі полум'я високочастотного розряду знаходиться ще декілька смуг, розташованих в інтервалі від 4811 до 4060 Å. Таким чином наявність вільних радикалів в полум'ї та їх поява при накладанні ультрависокочастотних електричних полів підтверджувала, що вони безумовно відіграють не останню роль в процесах поширення полум'я.

Взагалі в першій половині ХХ сторіччя дослідження процесів запалювання, горіння та вибуху набувають стрімкого розвитку. Основною їх метою було вивчення природи такого складного та одночасно цікавого явища, як горіння. Проводячи різноманітні експерименти, дослідники вносили нові, ще невідомі елементи в загальну картину цього явища. Остеронь таких досліджень не

стояли й українські вчені. Помітною фігурою вирізняється серед них професор Дніпропетровського Фізико-технічного інституту Андрій Едуардович Малиновський. Саме він один з перших на теренах України почав проводити експерименти, вивчаючи процеси горіння газових сумішей. Досліджуючи вплив електричного поля на швидкість горіння, йому вдалося експериментально довести електричну природу горіння. Неочікуване встановлення зупинки горіння в електричному полі викликало в світовій науковій спільноті неабиякий інтерес. Між ним і німецьким вченим Габером виникає так би мовити дискусія, яку детально описує А. Е. Малиновський. В процесі такого діалогу і починає змінюватися методика дослідження українського вченого, з нею ж відбувається і удосконалення експери-

ментального обладнання. З іншого боку, в ході проведення експериментів дослідник виявляв, що зібрані ним установки мають деякі технологічні недоліки, які в цілому впливають на спостережувані ним явища горіння. А це, в свою чергу, приводило до удосконалення обладнання, що використовувалося і зміни методів досліджень. Отже зміна методів дослідження або удосконалення експериментальної апаратури давали нові можливості для подальшого більш глибокого вивчення процесів, що відбуваються при горінні, вибуху та запалюванні. За допомогою таких змін науковці експериментально підтверджували чи спростовували теоретичні гіпотези і таким чином сприяли розвитку та поглибленню знань з фізики горіння та вибуху.

Бібліографічні посилання

1. Долгов Б. Е. Взрывчатость каменноугольной пыли / Б. Е. Долгов, Д. Г. Левитский // Харьков – Одесса: Вугілля і руда, 1933. – 368 с.
2. Тепляков Г. М. Владимир Александрович Михельсон / Г. М. Тепляков // – М. 1971. – 88 с.
3. Развитие физической химии на Украине. – К.: Наук. думка., 1989. – 261 с.
4. Савчук В. С. Нариси з історії фізичних досліджень на Дніпропетровщині (1917 - 1945) / В. С. Савчук // Дніпропетровськ ДДУ., 1997. – 68 с.
5. Малиновский А. Э. Ионизация во взрывной волне. / А. Э. Малиновский // Известия Екатеринославского горного института. 1924. – 14. – ч.2 – С. 567 – 578.
6. Малиновский А. Э. Роль заряженных частиц в процессах горения и взрыва / А. Э. Малиновский // «СОРЕНА», 1934. – вып.7 – С. 24 – 37.
7. Малиновский А. Э. О влиянии электрического поля на процессы горения в газах / А. Э. Малиновский, Ф. А. Лавров // Журнал физической химии, 1931. – т.2. – вып. 3 – 4. – С. 530 – 534.
8. Скалов Б. Роль заряженных частиц в распространении пламени / Б. Скалов, А.Соколик // Журнал физической химии, 1934. – т. 5. вып.5 – С. 619 – 624.

9. Лавров Ф. А. Влияние продольного поля на процесс горения газовых смесей / Ф.А. Лавров, А.Э. Малиновский // Журнал физической химии, 1933. – т.4. – вып. 1. – С.104 – 107.

10. Малиновский А. Э. Влияние переменного электрического поля высокой частоты на скорость горения газа / А. Э.Малиновский, В. С. Россыхин и В. П. Тимковский // Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1934. – Т. 4. – вып. 2. – С. 183 – 188.

11. Малиновский А. Э. Влияние частоты электрического поля на скорость горения газа / А. Э.Малиновский, В. С. Россыхин и В. П. Тимковский //Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1934. – вып. 7. – С. 744 – 746.

12. Центральний державний архів органів влади і управління (м.Київ). – ф. 806, оп. 1, спр. 2288. – 9 Арк.

13. Россыхин В. С. Влияние ультракоротких волн на скорость горения газовой смеси / В. С. Россыхин и В. П. Тимковский //Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1935 – вып. 8. – С. 767 – 769.

14. Россыхин В. С. Спектральное исследование ацетилено-воздушного пламени в ультравысокочастотном поле / В. С. Россыхин и В. П. Тимковский // Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1940. – Т. 10. – вып. 12. – С. 1446 – 1449.