

УДК 621.3:537.311:910.4

Н. В. ВЕСЕЛОВА, аспірант НТУ “ХПІ”

ДЕЯКІ ВИСОКОВОЛЬТНІ УСТАНОВКИ ННЦ “ХФТІ” У КОНТЕКСТІ ІСТОРИЧНОГО РОЗВИТКУ ПРИСКОРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

У статті в контексті історико-наукового розвитку високовольтної техніки висвітлено досягнення, що мали великий вплив на хід розробок та вдосконалення прискорювальної техніки у Національному науковому центрі «Харківський фізико-технічний інститут», визначені та описані видатні установки та імена їх авторів.

Ключові слова: ННЦ “ХФТІ”, прискорювач заряджених частинок, енергія, протони, електрони.

Вступ. Розвиток фізичної науки нерозривно пов’язаний зі створенням і вдосконаленням прискорювачів заряджених частинок. Досягнення в галузі ядерної фізики базуються на прискорювальній техніці. Історично склалось таким чином, що розвиток прискорювачів починався з отримання високої напруги та використання її для безпосереднього прискорення заряджених частинок [1]. В Україні питаннями прискорювальної техніки успішно займався і до нинішнього часу лідирує в цих питаннях галузі фізичної науки Національний науковий центр “Харківський фізико-технічний інститут” (ННЦ “ХФТІ”) [2]. У статті розглянуто декілька найбільш цікавих з науково-історичної точки зору установок, які зумовили хід подальшого напрямку розвитку наукових досліджень у ННЦ “ХФТІ”.

Мета і завдання. На меті цієї статі стоїть виокремлення основних досягнення у створенні високовольтної прискорювальної техніки вченими

© Н. В. Веселова, 2014

ННЦ “ХФТГ”, висвітлення характеристик цих установок, їх особливості, а подекуди унікальність. У завдання також ввійшло освітлення внеску вчених та працівників інституту у науково-технічний доробок ННЦ “ХФТГ”.

Історіографічний огляд. За роки існування Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» було написано достатню кількість праць. Проте, довгий час наукові дослідження інституту носили закритий характер. Та й сьогодні існує таємниця закритих архівів та фондів. Не зважаючи на ці перепони, досягнення такого рівня не залишились без уваги. Написано багато праць про життя та наукові доробки вчених інституту [6,8,15]. Окрему увагу приділено аналізу доробків та установок ННЦ “ХФТГ” у книгах вченого, українського фізика – експериментатора, історика науки та краєзнавця Юрія Миколайовича Ранюка, що сам був очевидцем та учасником творення історії інституту [5, 12, 13]. У результаті аналізу наукових доробків з питання розвитку прискорювальної техніки у ННЦ “ХФТГ” встановлено, що на сучасному етапі відсутні історичні дослідження, що присвячені комплексному висвітленню усього доробку вчених та працівників інституту. Однак, слід відмітити статті та ювілейні журнали, завдяки яким викристалізовується історично–наукова картина розвитку досягнень Харківського фізико – технічного інституту [3, 6, 9, 17]. Особливу увагу слід приділити ювілейному журналу до 70- річчя розщеплення ядра у ННЦ “ХФТГ”, що був створений під загальною редакцією директора ІФВЕЯФ ННЦ “ХФТГ” доктора фізико-математичних наук, професора Довбня Анатолій Миколайович.

Національний науковий центр “Харківський фізико-технічний інститут” було створено при Вищій раді народного господарства 30 жовтня 1928 року з ініціативи академіка, видатного фізика та віце-президента АН СРСР Абрама Федоровича Іоффе (1880-1960 рр.) [3]. З протоколу № 17 Вищої ради народного господарства УРСР від 19.05.1928 р. видно, що необхідність створення фізичного інституту високого рівня на теренах Української республіки була зумовлена багатьма чинниками: необхідністю залучення науково-технічних сил України до співпраці з науково-дослідними установами ВРНГ, з провідним фізико – технічним інститутом Ленінграду, та з заводськими лабораторіями [4]. В той час ННЦ “ХФТГ” мав назву “Український фізико-технічний інститут” (УФТІ) та був осередком фізичної науки взагалі, ядерної фізики та фізики твердого тіла. Майже одразу після створення, у 1930 році була відкрита високовольтна лабораторія УФТІ, яку очолили Кирило Дмитрович Синельников (1901-1966 рр.) та Антон Карлович Вальтер (1905-1965рр.) [5]. Метою створення високовольтної лабораторії було конструювання та втілення в життя установок на високу напругу для вирішення актуальних задач у галузі ядерної фізики [6]. Перед вченими було складне завдання створити установку на високу напругу, щоб зробити можливим вивчення структури ядра. Бригада високовольтної лабораторії

поставила перед собою високу ціль створити складну апаратуру, що змогла б працювати в заданих умовах. Необхідно було створити такі розрядні трубки, що змогли б витримувати високі напруги порядку сотень кіловольт, та розробити способи отримання в цих трубках протонів. Підготовкою до дослідів такого рівня займалися декілька видатних лабораторій в Америці, Англії, Німеччині, а також цими дослідями зайнялись вчені УФТІ [7]. 10 жовтня 1932 року вперше в СРСР вченими УФТІ, майбутніми академіками АН СРСР А. К. Вальтером, К. Д. Синельниковим, Георгієм Дмитровичем Латишевим (1907-1973 рр.) та Олександром Іллічем Лейпунським (1903-1972 рр.) була проведена реакція з ядерного розщеплення прискореними протонами атома літію на унікальному високовольтному прискорювачі з вихідною напругою 250 кВ постійного струму. Про таку видатну подію було зазначено в газеті «Правда» № 293 (5458) від 22 жовтня 1932 року у статті під назвою «Разрушено ядро атома лития» [8].

Окрилені такими успіхами, вчені УФТІ у 1934 році приступили до створення на той час найбільшого у світі прискорювача за схемою Роберта Ван де Граафа (1901-1967 рр.) на енергію протонів від 3,5 до 7 МеВ (рис. 1). Для спорудження цього величезного генератора високої напруги, було виділено спеціальний зал розміром 25 на 25 метрів. Упродовж трьох місяців було підготовлено пристосування для кондуктора генератора, споруди по підйому цього величезного кондуктора виготовлялись на протязі листопада та грудня 1934 року. У березні 1935 року усі кріплення, що використовувались для монтажу величезної установки були вже демонтовані, а у 1936 році прискорювач повністю спорудили [9]. Мало кому відомо, але до створення величезного генератора такого типу, було створено декілька генераторів на напругу до 1000 кВ, кондуктори таких генераторів були зовсім маленькими у порівнянні зі спорудженим у 1936 році велетнем: діаметр цих генераторів не перевищував 0,8 м, а висота складала не більше 2 м [10].

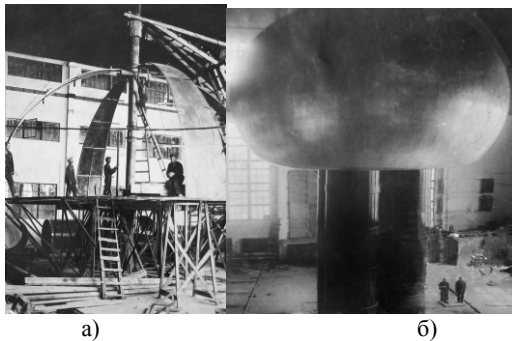


Рис. 1 – Електростатичний прискорювач протонів на енергію 3,5 – 7 МеВ (УФТІ, 1936 р.): а) початок збирання кулеподібного кондуктора діаметром 10 м [11]; б) зовнішній вигляд створеного прискорювача Ван де Граафа [9].

Значущим етапом створення прискорювальної техніки у Фізико-технічному інституті академії наук Української Радянської Соціалістичної Республіки (назва ННЦ “ХФТІ” з 1939 року), стало створення у 1952 році лінійного прискорювача протонів на енергію до 20 МеВ. Цей прискорювач на той час був найбільшим прискорювачем важких часточок у СРСР і являв собою модуль прискорювача на 1 ГеВ [11]. У процесі створення цього модуля, було створено та споруджено як інжектор для цього прискорювача, окремий електростатичний прискорювач під тиском [12]. Згодом було розроблено цілу серію таких прискорювачів та налагоджено їх виробництво у Ленінграді [9].

Наступним етапом розвитку прискорювачів стало створення упродовж 1952–1954 років першого в СРСР лінійного прискорювача легких часточок (електронів) на енергію до 0,7 МеВ [13]. Після цього прискорювача було створено ряд унікальних установок такого типу: у 1954 році на енергію до 3,5 МеВ, у 1954 році на енергію 30 МеВ, у 1958 році на енергію до 90 МеВ. На останньому з перелічених прискорювачів вперше в СРСР були вивчені особливості роботи багатосекційних прискорювачів, які живляться від окремих підсилювачів потужності. Ці дослідження стали основою для створення у 1963 році лінійного прискорювача електронів спільно з НДІЕФА (м. Ленінград), що складається з 10 секцій та працює на вихідну енергію від 3 до 300 МеВ (рис. 2) [14]. За 20 років прискорювач відпрацював більше 100 000 годин. З даною установкою була пов’язана робота більше 100 організацій Радянського Союзу.

Створювали та працювала з прискорювачем такі науковці: Айзацький Микола Іванович, доктор фізико-математичних наук, професор, заступник директора з наукової роботи НДК “Прискорювач” при ННЦ “ХФТІ”, співробітники Балагура В. С., Пасечник А. П., Гончар В. П. та інші.

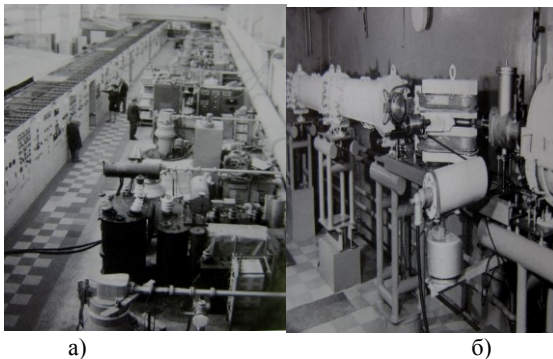


Рис. 2 – Лінійний прискорювач електронів на енергію 3–300 МеВ (ФТІ АН УРСР, 1963 р.) [9]:

а) зал високочастотних посилювачів потужності установки;

б) універсальний інжекторний комплекс прискорювача.

Найбільшим прискорювачем лінійного типу в Європі був прискорювач електронів на енергію до 2 ГеВ, створений у 1965 році в ФТІ АН УРСР. Ця унікальна установка складається з 50 секцій, кожна з яких являє собою лінійний прискорювач електронів на енергію до 40 МеВ. Кожна така установка складається з прискорюючої секції довжиною 4,8 м; підсилюючого клістру з вихідною потужністю до 20 МВт в імпульсі, системи живлення, управління та синхронізації [15]. На сьогоднішній час прискорювач існує, однак працюють лише окремі секції установки. Досягнення харківських вчених не залишились не помітними, 28 жовтня 1967 року за великі успіхи в розвитку фізичної науки і підготовку висококваліфікованих наукових кадрів фізико-технічний інститут Академії наук УРСР було нагороджено орденом Леніна [16].

Упродовж 1970–1990 років у Харківському фізико-технічному інституті Міністерства середнього машинобудування (назва інституту з 1973 по 1993 роки) було розроблено та створено велику кількість оригінальних з наукової точки зору установок. У 1983 році було розроблено та спроектовано установку “Сокол”, що призначена для ядерно-фізичного аналізу на пучках заряджених часток. Установка складається з трьох конструктивних елементів, одним з яких є прискорювач горизонтального типу на енергію до 2 МеВ. У розробці установки та ядерно-фізичних методів аналізу приймали участь вчені: В. Е. Сторожко, Ю. З. Левченко, В. В. Кузьменко, В. М. Міщенко, В. В. Левенець та інші співробітники.

Значущою з наукової точки зору став прискорювач ЛПЕ – 10, що був втілений у металі співробітниками інституту в 1987 році. Прискорювач здатен працювати у діапазоні енергій від 8 до 18 МеВ, цей прискорювач було модернізовано у 1993 році для виконання сучасних наукових досліджень.

Окремої уваги заслуговує споруджений у 1993 році прискорювач КУТ (рис. 3). Цей прискорювач був першим технологічним комплексом, котрий від самого початку до повного завершення конструкції було виготовлено у науково-дослідному комплексі “Прискорювач” (створений у 1991 році) ННЦ “ХФТІ” (фізико-технічний інститут у 1993 році отримав статус національного). КУТ–1 являє собою складну систему, що складається з лінійного електронного прискорювача, системи сканування та виведення пучка часточок з енергією 8-10 МеВ, системи охолодження та управління [17]. Особливістю прискорювача є використання спеціально розробленого ВЧ джерела електронів, що забезпечує значення їх енергії на вході у прискорюючу секцію до 300 кеВ.

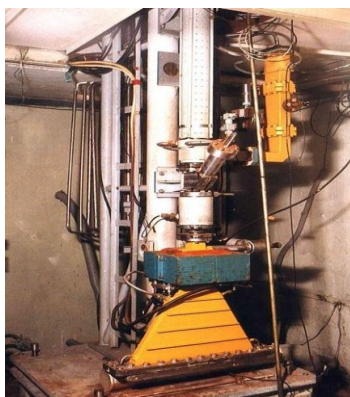


Рис. 3 – Лінійний прискорювач електронів КУТ–1 на енергію до 10 МеВ (ННЦ “ХФТІ”, 1993 р.) [9].

У науково-дослідному комплексі “Прискорювач” за більше ніж 20 років існування було розроблено, створено та удосконалено 8 прискорювачів. Лінійний прискорювач електронів на енергію до 60 МеВ було створено у 1991 році, у 1993 році було зроблено лазерний інжекторний комплекс на енергію 13-18 МеВ. Слід відмітити створення у 1999 році науковцями ННЦ “ХФТІ” 2-секційного прискорювача «ЕПОС» [18] (на базі існуючого в інституті устаткування, наприклад використовувались дві перші секції створеного у 1965 році прискорювача на 2 ГеВ). Ця установка має ще одну назву ЛПЕ-20 та працює з енергією часточок від 10 до 30 МеВ.

В рамках реорганізації науки України Указом Президента від 15 січня 1996 року ННЦ ХФТІ переданий в сферу управління Державного комітету з питань науки, техніки і промислової політики. У 1998 році Центр був нагороджений Почесною грамотою Кабінету Міністрів України, в 2001 – орденом "За трудові досягнення" IV міри Міжнародного відкритого рейтингу "Золота Фортуна". У XXI сторіччі інститут активно працює з удосконалення існуючих установок та створення нових, так установка КУТ–30 на енергію 25-45 МеВ була модернізована у 2007 році з існуючого прискорювача КУТ–20. КУТ-30 включає прискорюючу систему і систему, що забезпечує працездатність і управління установкою. Прискорююча система складається з інжектора, трьох прискорюючих секцій і системи транспортування пучка. Система високовольтного живлення складається з модулятора джерела електронів (25 кВ) і трьох високовольтних імпульсних модуляторів клістронних підсилювачів. На даній установці науковцями інституту ведуться дослідження у сфері радіаційного матеріалознавства та у галузі застосування фотоядерних реакцій [19].

Удосконалення лінійного прискорювача електронів ЛПЕ–40 на енергію від 30 до 100 Мев відбулось у 2004 році [20]. На сьогоднішній час на основі цього прискорювача працює цілий ядерно – фізичний комплекс для

проведення експериментів з ядерної фізики. У 2008 році співробітниками науково-дослідного комплексу “Прискорювач” ННЦ “ХФГГ” була проведена суттєва модернізація лінійного прискорювача електронів, створеного у 1991 році ЛПЕ-60-М (рис.4): в установці збільшили кількість секцій, довжина кожної секції була збільшена на 1,44 метри, збільшили кількість та потужність клістронів, ці та інші параметри дали змогу на 2/3 збільшити енергію установки від 60 до 100 MeV [21].

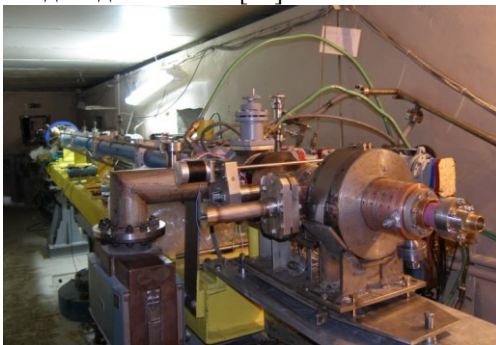


Рис. 4 – Лінійний прискорювач електронів ЛПЕ-60-М на енергію до 100 MeV (ННЦ “ХФГГ”, 2008 р.) [9].

Створення таких прискорювачів та розробки у галузі прискорювальної техніки вчених ННЦ “ХФГГ” є запорукою успішної діяльності з створення нових лінійних резонансних прискорювачів електронів для забезпечення потреб інституту у наукових дослідженнях, та інших установ промислового використання (наприклад, прискорювач КУТ-1 використовується у галузі медичної науки для отримання радіаційних технологій та стерилізації медичних виробів). Також у рамках світового співробітництва, вчені ННЦ “ХФГГ” приймали участь у створенні Великого адронного колайдера.

Висновки. Як показано у статті, досягнення харківських вчених, що причетні до розробок та створення прискорювальних установок важко переоцінити. Той рівень, що був заданий зі створенням перших високовольтних прискорювачів дав видатний початок для подальшого вивчення, удосконалення, проектування і впровадження нових технічних рішень у життя. Розглянуті установки є унікальними і показують великі можливості вітчизняної фізичної науки в галузі високовольтної та прискорювальної техніки. Співробітники ННЦ “ХФГГ” з честю продовжують справу з вивчення та прикладного застосування різних аспектів фізичної науки. На сьогоднішній день в інституті працює близько 300 кандидатів і 80 докторів наук, 10 членів Національної академії наук України, багато лауреатів Державних премій. За роки незалежності отримано 9 Державних премій у галузі науки і техніки – ці люди сьогодні творять історію видатного інституту та вітчизняної фізичної науки.

Список літератури: 1. *Толок В.Т.* Физика и Харьков / В. Т. Толок, В. С. Коган, В. В. Власов. – Харьков : 2009. – 407 с. 2. *Храмов Ю. А.* История физики / Ю. А. Храмов. – К. : Изд-во "Феникс", 2006. – 1176 с. 3. *Лагутин А. Е.* Ускорители заряженных частиц – средоточие исследовательских проблем и образовательных процессов / А. Е. Лагутин, Ж. П. Лагутина / Материалы V-ой Международной научно-методической конференции “Высшее техническое образование: проблемы и пути развития”. – Минск : 2010. – С.44–45. 4. *ЦДАВОВ України*, ф. 166, оп. 6, спр. 9121, 82 арк. 5. *Инопин Е. В.* Очерки по истории развития ядерной физики в СССР/ Е. В. Инопин, А. П. Ключарев, Ю. Н. Ранюк. – К. : Наук. Думка, 1982. – 332 с. 6. *Довбня А. Н.* Академик АН УССР Антон Карлович Вальтер. К 95-летию со дня рождения. Воспоминания близких и соратников / А. Н. Довбня, Р. П. Слабоспицкий, Н. И. Айзацкий. – Х. : издательство ННЦ “ХФТИ”, 2000. – 99 с. 7. *ЦДАВОВ України*, ф. 806, оп. 1. спр. 974, 42 арк. 8. *Неклюдов И. М.* К 125-летию со дня рождения А. Ф. Иоффе. Физико-технический институт шимени А. Ф. Иоффе и рожденный им Харьковский физико-технический институт / И. М. Неклюдов, А. В. Волобуев. // Вопросы атомной науки и техники 2005, №1 – С. 199 – 202. 9. *Айзацкий Н. И.* Харьковский физико-технический институт – колыбель ядерной физики и ускорителей заряженных частиц в СССР. К 70-летию расщепления атомного ядра (1932–2002 гг.) / Н. И. Айзацкий, Ю. М. Аркатов, В. А. Бомко. и др. Под общей ред. проф. Довбня А. Н. – Харьков: 2002. – 43 с. 10. *ЦДАВОВ України*, ф. 806, оп. 1, спр. 3117, 123 арк. 11. Архив ННЦ “ХФТИ” НАН Украины (по данным архивариуса Сафроний В.В., 2013 год). 12. *Ранюк Ю. Н.* Лаборатория № 1 и атомный проект СССР. Документы и материалы (1938–1956 гг.)/ Ю. Н. Ранюк, О. С. Шевченко. – Х. : ННЦ “ХФТИ”, 2011. – 370 с. 13. *Ранюк Ю.Н.* Лаборатория № 1. Ядерная физика в Украине./ Ю. Н. Ранюк. – Харьков: Изд-во “Акта”, 2001. – 589 с. 14. *Иванов В.Е.* Исследование металлического уранового топлива в ХФТИ АН УССР. / В. Е. Иванов, В. Ф. Зеленский, А. И. Стукалов. // Украинский физический журнал. 1978. – т. 23 № 11. – С. 1809–1816. 15. *Таньшина А. В.* Основатели Харьковских научных школ в физике. Учеб. пособие по истории физики. Ч. 1 / А. В. Таньшина. – Х. : Изд-во Харьков. Нац. ун-та им. В.Н.Каразина”, 2002. – 512 с. 16. *ЦДАВОВ України*, ф. 51117, оп. 1, спр. 582, 366 арк. 17. *Айзацкий Н. И.* КУТ-Industrial Technological Accelerator. / Н. И. Айзацкий, А. Н. Довбня, Ю. И. Акчурун, В. И. Белоглазов и др./ Труды 14 совещания по ускорителям заряженных частиц т. 4 – 1994. – С. 259–263. 18. *Латшин В. И.* Пионеры атомной эры // Журнал “Лидеры XXI столетия”. – 2003. – №12. – С. 3–20. 19. *Айзацкий Н.И.* Мощный линейный ускоритель электронов с энергией до 40 МеВ. / Н. И. Айзацкий, В. И. Белоглазов, А. Н. Довбня и др. //Вопросы атомной науки и техники 2008, № 3 – С. 25 – 29. 20. *Айзацкий Н.И.* Ядерно-физический комплекс на основе линейного ускорителя электронов с энергией до 100 МэВ/ Н. И. Айзацкий, В. П. Божко А. Н. Довбня и др.// Вопросы атомной науки и техники 2010. – № 2 – С. 18–22. 21. *Айзацкий Н.И.* Разработка ускоряющих секций для линейных ускорителей электронов / Н. И. Айзацкий, Е. З. Беллер, А. Н. Довбня и др. // Вопросы атомной науки и техники 1999. – №1 – С. 80 – 84.

Надійшла до редакції 23.05.2013 р.

УДК 621.3:537.311:910.4

Деякі високовольтні установки ННЦ “ХФТИ” у контексті історичного розвитку прискорювальної техніки/ Н.В. Веселова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Історія науки і техніки. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 30 (1073). – С. 37–45. – Бібліогр.: 21 назва.

В статті в контексті історико-научного розвитку високовольтної техніки отражені досягнення, имевшие большое влияние на ход разработок и совершенствования ускорительной техніки в Национальном научном центре “Харьковский физико-технический институт”, определены и описаны выдающиеся установки и имена их авторов.

Ключевые слова: ННЦ “ХФТИ”, ускоритель заряженных частиц, энергия, протоны, електрони.

In the article in the context of historical and scientific development of high-technology shows the achievements that had a great influence on the development and improvement of accelerator technology at the National Science Center "Kharkov Institute of Physics and Technology" identified and described in the outstanding setting and the names of their authors.

Key words: NSC "KhIPT", particle accelerator, energy, protons, electrons.