

Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА

Центральна наукова бібліотека

**Ігор Олександрович
ГІРКА**

(до п'ятдесятиріччя від дня народження)

Бібліографічний покажчик

ХАРКІВ - 2012

Показчик включає автобіографічний нарис, список наукових статей, а також коротку інформацію про співавторів наукових праць, опонентів дисертацій доктора фізико-математичних наук, професора Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Ігоря Олександровича Гірки.

Науковий редактор: член-кореспондент НАН України
К.М. Степанов

Укладач: проф. В.О. Гірка

Рекомендовано Вченою радою фізико-технічного факультету ХНУ.

Протокол № 14 від 23 січня 2012 року.

ХАРКІВ - 2012

ЗМІСТ

Замість передмови.....	4
Автобіографічний нарис.....	5
Список наукових статей із фізики плазми та керованого термоядерного синтезу.....	64
Список наукових статей із плазмової електроніки.....	70
Іменний покажчик.....	79

ЗАМІСТЬ ПЕРЕДМОВИ

(з виступу К.М.Степанова на засіданні спеціалізованої вченої ради з захисту докторської дисертації І.О.Гірки – за стенограмою засідання спец. вченої ради Д 64.051.12 в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна від 20.02.2004 р.)

Мы заслушали диссертацию, которая посвящена задачам по распространению электромагнитных волн в неоднородно неоднородной плазме. Это задачи линейные. Это чрезвычайно сложный объект. И даже линейные задачи необычайно сложны. Диссертант рассмотрел очень интересные вопросы, в частности, когда решение имеет резонансное поведение. Волны имеют резонансные особенности в некотором приближении. И амплитуды их очень подрастают. Но для того, чтобы исследовать влияние неоднородной неоднородности, он использовал аналитические методы и использовал малый параметр при решении задачи. И это ему удалось. Он рассмотрел много различных случаев, когда удастся получить аналитические решения, о которых он говорил. Я бы хотел отметить, что во многих случаях, практически чрезвычайно важных, этот малый параметр не является малым. Например, в стеллараторе наличие даже малого винтового тока приводит к тому, что магнитные поверхности, и соответственно поверхности равного давления, и поверхности равной плотности и температуры (они тоже совпадают с магнитными поверхностями) являются существенно неоднородными. Эта неоднородность - большая, хотя сама винтовая неоднородность удерживающего магнитного поля слабая. Здесь возникают очень интересные явления, еще не полностью изученные, например, конверсии волн. В частности, наш альфвеновский резонанс: когда используются длинные волны в возбуждающей системе, то периодичность, задаваемая винтовой обмоткой, оказывается существенной для распространения волн, и учет двумерной и трехмерной неоднородности оказывается существенным, не малым. В целом, диссертация И. Гирки посвящена сложным задачам теории плазмы, полученные результаты удовлетворяют всем требованиям к докторским диссертациям.

АВТОБІОГРАФІЧНИЙ НАРИС

Я народився 29 квітня 1962 року в місті Харків. Мої батьки: Гірка Олександр Олексійович (1932-1978) та Гірка (Нечугуєнко) Галина Олексіївна (1933-1986), – народилися в селі Губарівка Богодухівського району Харківської області. Мої прадіди були козаками Охтирського гусарського полку.

Я народився, власне, в селищі П'ятихатки, де розташовано новий промисловий майданчик Українського фізико-технічного інституту (УФТІ) та корпус фізико-технічного факультету (ФТФ) Харківського державного університету. Мій батько працював в УФТІ, спочатку охоронцем, тоді – лаборантом. Мати до мого народження працювала муляром-штукатуром, а після мого народження мусила перейти на роботу до дитячих ясел УФТІ нянечкою.



Фото 1. Перший учитель Марія Михайлівна Дронь

1969 року я став учнем 1-А класу школи в П'ятихатках – школи № 62. Серед семи класів нашої паралелі два: 1-А і 1-Б, – були спеціалізованими, тобто, з поглибленим вивченням кількох предметів англійською мовою. Я з удачністю згадую нашого першого вчителя Марію Михайлівну Дронь (див. фото 1), яка навчила мене працювати, прищепила любов до навчання. Я вчився з задоволенням та інтересом завдяки їй: я не пригадую, які то були її методичні прийоми, але всі уроки здавались мені цікавими. Вдома я залюбки готував домашні завдання, щоби бути готовим

наступного дня відповісти в разі, коли мене викличуть, і заслужити похвалу вчительки.

	
Фото 2. Учитель математики Зінаїда Денисівна Луценко	Фото 3. Грамота переможця обласної олімпіади з математики 1977 року

У четвертому класі після початкової школи нашим класним керівником і вчителем математики стала Зінаїда Денисівна Луценко (фото 2). Мені здається, всі мої однокласники любили її. Її уроки математики були дуже цікавими. Не менш цікавими були її заняття в гуртку математики. Вона возила нас (мене і кількох моїх однокласників) на районні та обласні олімпіади з математики. Ми перемогали в районі, а часом і на обласних олімпіадах. Зокрема, 1977 року я став переможцем обласної олімпіади з математики (фото 3). Відтоді вдома в бібліотеці зберігається нагорода – книга Д. Пойа «Математичне відкриття». Я дуже вдячний Зінаїді Денисівні: мені здається, що любов до точних наук у ме-

не – від неї.

Мій батько помер, коли в мене щойно почалися заняття у випускному десятому класі. Мій брат Володя тоді був студентом ФТФ. І я почав був думати, що мені треба буде після школи йти десь працювати, але мама рішуче відкинула ці мої думки, повернувши мене до мрії про університет.

Університет – це було зрозуміло, але який факультет. Я навчався відмінно. Єдиний предмет, який у мене кульгав з п'ятірки на четвірку, була російська мова. Але, зрештою, я вдячний і своїй учительці російської мови Галині Дмитрівні Малинці: на мою думку, я таки знав російську граматику. Я був секретарем комсомольської організації школи – можна було думати вступати на історичний, я перемагав на обласних олімпіадах з англійської мови – можна було думати вступати на факультет іноземних мов. Але за порадою директора школи Ольги Михайлівни Коваль я вступив на фізико-технічний до університету, хоча на факультет з такою самою назвою в Харківському політехнічному того року золотих медалістів брали без вступних іспитів.

Я відмінно склав перший іспит – усна математика – і 1 вересня 1979 року став студентом ФТФ. Вступний іспит у мене приймала комісія, до складу якої входив, зокрема, доцент ФТФ Володимир Григорович Зима, який згодом читав нам лекції з аналітичної геометрії, а також був заступником декана з навчальної роботи.

Завдяки ґрунтовній шкільній підготовці, в університеті я вчився відмінно, хоча все одно вчитися було дуже важко. Завдяки відмінному навчанню та активній участі у громадському житті університету я був удостоєний Ленінської стипендії. На третьому курсі в нас традиційно відбувається спеціалізація по кафедрах. Я обрав собі кафедру теоретичної ядерної фізики (КТЯФ), бо там був найвищий конкурс, і мене було розподілено на неї. На четвертому курсі завідувач кафедри професор Юрій Анатолійович Бережний прикріпив кожного студента нашої кафедральної гру-

пи до наукового керівника, зокрема, мене – до Іллі Олександровича Ахієзера. З Іллею Олександровичем у ролі наукового керівника я так і не зустрівся, а свою курсову роботу «Сегрегація сплавів під опроміненням» я виконав під керівництвом його співробітника Леоніда Миколайовича Давидова.

На п'ятому курсі моїм науковим керівником став Костянтин Миколайович Степанов (фото 4). На той час він був начальником відділу високочастотного нагрівання та теорії плазми у відділенні фізики плазми УФТІ і за сумісництвом – професором КТЯФ. Зміну наукового керівника було пояснено тим, що я був молодим комуністом, якого планувалося залишити на роботі в університеті, а співпраця з Л.М. Давидовим передбачала працевлаштування до УФТІ.

* * *



Фото 4. Костянтин Миколайович Степанов

К.М. Степанов народився 24 березня 1930 року в Ленінграді. 1947 року після закінчення середньої школи був зарахований на 1 курс фізичного факультету Ленінградського державного університету, наприкінці 1951 року був переведений на ядерне відділення фізикоматематичного факультету Харківського державного університету імені А.М. Горького, яке закінчив по кафедрі теоретичної ядерної фізики 1952 року, одержавши спеціальність «фізика». Наукова діяльність

К.М. Степанова почалася в університеті, де під керівництвом О.І. Ахієзера та О.Г. Ситенка ним було досліджено втрати енер-

гії зарядженої частинки на випромінювання електромагнітних хвиль при проходженні крізь плазму уздовж магнітного поля.

Після закінчення університету К.М. Степанов одержав призначення до Харківського фізико-технічного інституту Академії наук Української РСР, де він працює з початку 1953 року в теоретичному відділі, керованому академіком АН УРСР О.І. Ахієзером, науковим співробітником, старшим науковим співробітником (з 1959 року) і начальником лабораторії теорії плазми (з 1967 року).

З 1976 року К.М. Степанов очолює створений тоді у Відділенні фізики плазми ХФТІ відділ високочастотного нагрівання та теорії плазми. 1958 року він захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук, а 1965 року - доктора фізико-математичних наук. 1961 року йому присвоєно звання старшого наукового співробітника, а 1969 року - звання професора за спеціальністю «теоретична та математична фізика».

Він є провідним ученим у галузі фізики плазми та керованого термоядерного синтезу (КТС) в Україні, одним із творців електродинаміки плазми, членом-кореспондентом НАН України, заслуженим діячем науки і техніки України, доктором фізико-математичних наук, почесним доктором нашого університету. Активна та надзвичайно продуктивна наукова діяльність К.М. Степанова призвела до створення цілої низки нових наукових напрямків у фізиці плазми та КТС, наукової школи, багатої як кількістю учнів, так і їхніми науковими досягненнями. Ним підготовлено 26 кандидатів наук, 14 докторів наук. Він є автором понад 600 статей, 5 монографій, які є широко відомими в усім світі. Роботу з підготовки наукових кадрів К.М. Степанов проводив на фізико-технічному факультеті ХНУ імені В.Н. Каразіна понад 45 років, починаючи з 1965 року. До 2011 року він читав лекції з фізики плазми, будучи одночасно завідувачем філією кафедри фізики плазми в ННЦ "ХФТІ".

1985 року я отримав диплом про закінчення університету з відзнакою за спеціальністю «теоретична ядерна фізика». Дипломну роботу «Возбуждение быстрых магнитозвуковых волн в токамаках больших размеров» я захистив під керівництвом К.М. Степанова.

За розподілом мене було направлено до аспірантури. Але щось трапилось у керівництві комітету комсомолу університету, і попри підтримку мене з боку декана ФТФ Володимира Івановича Муратова і особливо секретаря партійного бюро Володимира Ілліча Лапшина, партійний комітет перевів мене на роботу заступником секретаря комітету комсомолу. Завдяки тому, що в мене на той час уже була наукова праця (тези нашої з К.М. Степановим доповіді було опубліковано в матеріалах Всесоюзної конференції "Взаємодія електромагнітних випромінювань з плазмою", Ташкент) я у 1986-1988 роках склав кандидатські іспити.

З 1986 року за сприяння проректора з наукової роботи професора Миколи Івановича Сазонова я став працювати за сумісництвом (по суботах) асистентом кафедри загальної та прикладної фізики (КЗПФ) ФТФ, якою на той час завідував професор Анатолій Миколайович Кондратенко (фото 5). Обстановка на кафедрі була творчою. Щоразу, коли я приходив до кімнати, в якій працював мій брат, я спостерігав, як хтось із науковців чи аспірантів групи А.М. Кондратенка сперечався біля дошки з іншим; хтось друкував статтю чи доповідь на друкарській машинці; хтось готував відповідь до редакції на зауваження рецензента... Це спонукало ще активніше працювати над задачами, які ставив мені К.М. Степанов. І от 1988 року вийшла моя перша стаття за тематикою термоядерної плазми в журналі «Доповіді Академії наук УРСР». Але К.М. Степанов, хоча й присвячував мені чимало часу, коли був у П'ятихатках, усе ж таки був людиною дуже зайнятою: то звіти, то запити, то відрядження, то конференції... Тому часом я залишався в ситуації, коли в розв'язанні наукової

задачі від нього я заходив у глухий кут, а порадитися не було з ким. Тоді мене завантажував науковою роботою брат, аби я не простоював. Так сталося, що того ж 1988 року в мене вийшла й перша стаття за тематикою плазмової електроніки в журналі «Радиотехника и электроника», а наступного року – ще дві у тому ж таки журналі. І досі мої наукові інтереси розподілені між цими двома тематиками: з одного боку – фізика плазми та керованого термоядерного синтезу і з іншого боку – плазмова електроніка.

* * *



Фото 5. Анатолій
Миколайович Кондратенко

А.М. Кондратенко народився 6 грудня 1935 р. в м. Ленінграді. В червні 1941 р. переїхав до м. Богодухова Харківської області. Закінчив Богодухівську середню школу № 2 та в 1952 році вступив до ядерного відділення фізикоматематичного факультету Харківського державного університету. З відзнакою закінчивши університет у 1958 р., А.М. Кондратенко протягом 13 років працював в Українському фізико-технічному інституті. Свою наукову діяльність він почав у теоретичному відділі УФТІ, який очолював академік АН УРСР О.І.

Ахієзер.

1965 року А.М. Кондратенко захистив кандидатську дисертацію «Некоторые вопросы теории плазменных волноводов». 1971 року А.М. Кондратенко захистив докторську дисертацію на тему «Вопросы кинетической теории проникновения и распространения».

ния электромагнитных волн в ограниченной плазме». Після цього він перейшов на роботу до ФТФ Харківського державного університету, де широко розкрився його науковий талант та здібність помічати талановитих студентів і залучати їх до плідної співпраці. 1975 р. А.М. Кондратенку було присвоєно звання професора по кафедрі фізики плазми. З 1980 до 1990 рік А.М. Кондратенко був завідувачем КЗПФ ФТФ.

1976 року побачила світ перша монографія А.М. Кондратенко ”Плазменные волноводы”, де на той час було найбільш послідовно та детально викладено здобутки з теорії поверхневих хвиль. 1979 року А.М. Кондратенко завершує написання своєї другої монографії „Проникновение поля в плазму”, де узагальнено матеріал досліджень процесів проникнення, трансформації та розсіяння поля хвиль на межі плазми. 1985 року вийшла у світ його третя монографія „Поверхностные и объемные волны в ограниченной плазме”. Результати досліджень, виконаних А.М. Кондратенком та його учнями, увійшли до четвертої монографії А.М. Кондратенка “Основы плазменной электроники”, яку написано у співавторстві з Кукліним В.М. та видано в 1988 р. В ній викладено ряд принципових положень нелінійної теорії збудження хвиль електронними пучками, керування спектром частот та підвищення ефективності взаємодії пучка з плазмою.

В результаті активної та надзвичайно продуктивної наукової діяльності А.М. Кондратенко створив наукову школу, представники якої і зараз плідно працюють в різних напрямках фізики плазми в багатьох країнах світу. А.М. Кондратенко підготував та виховав понад 30 кандидатів та докторів наук семи національностей. Він є автором понад 250 наукових статей. Наукову діяльність А.М. Кондратенка відзначено премією Академії наук України з фізики ім. К.Д. Синельникова.

А.М. Кондратенко протягом кількох десятиріч років викладав загальну фізику та фізику плазми. Внаслідок наукової та викладацької діяльності 2000 року вийшов навчально-методичний посібник “Вступ до теоретичної плазмової електроніки”, який є ос-

новою підготовки студентів кафедри фізики плазми з відповідної дисципліни. На сьогоднішній день він працює на посаді професора університету. У дні святкування 200-річчя університету його багаторічну та плідну роботу було відзначено присвоєнням почесного звання “Заслужений професор Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна”.

* * *

1986 року я одружився. 1987 року в мене народився син Олексій.

1989 року я перейшов з посади секретаря комітету комсомолу університету на роботу за спеціальністю – асистентом на КЗПФ. Оскільки я був одружений і мав сина, то я не був певен, чи слід мені таки повертатися до написання кандидатської дисертації, бо стипендія в аспірантурі була нижчою, ніж зарплата асистента на кафедрі. Тут я маю з удачністю згадати мою тещу Ольгу Петрівну, яка, хоча сама й не мала вищої освіти, але твердо і непохитно підтримала мене в моєму прагненні до навчання. Восени 1989 року я вступив до аспірантури, хоча місце під мене не планувалося, тому своєю участю в конкурсі я створив певні проблеми іншому відмінному випускнику ФТФ Дмитру Степаненку. Він зрештою також став аспірантом, але по іншій спеціальності. Конкурс я не міг не виграти, бо мав уже складені кандидатські іспити. В аспірантурі я також був ленінським стипендіатом.

У грудні 1991 року я захистив кандидатську дисертацію «Распространение и возбуждение низкочастотных электромагнитных волн в плазменных волноводах» під науковим керівництвом К.М. Степанова. До неї увійшли матеріали, які було опубліковано у чотирьох статтях у співавторстві з К.М. Степановим і семи статтях з плазмової електроніки. Оponentами на захисті були доцент ФТФ Юрій Олексійович Кірючкін (фото 5) та старший науковий співробітник Радіоастрономічного інституту НАНУ, доктор фізико-математичних наук Анатолій Григорович Боев.

* * *

Кіро́чкін Ю.О. (1934 року народження) закінчив Харківський державний університет у грудні 1957 р. У січні 1958 р. був прийнятий на посаду асистента КТЯФ ФТФ. Після захисту кандидатської дисертації 1965 року під керівництвом О.Г. Ситенка працював на цій кафедрі доцентом. З 1973 по 1979 роки Юрій олексійович завідував кюафедро теоретичної я дерної фізики. На теперішній час він працює доцентом. Автор і співавтор понад 70 наукових праць, серед яких найбільш відомі присвячені розсіянню та трансформації хвиль на флуктуаціях у магнітоактивній плазмі (УФН 89, 227 (1966)), одержанню нових, більш компактних виразів для густин енергії, імпульсу, моментів імпульсу і їхніх потоків для хвиль, що слабо загасають, в анізотропних і гіротропних середовищах. Ця компактність дала можливість уперше довести для всіх власних хвиль рівність густини потоку енергії добутку групової швидкості на густину енергії, а також побудувати теорію ефекту Садовського при поширенні хвиль із круговою поляризацією в будь-якому прозорому середовищі (ЖЭТФ, 104. вып. 6 (12), 3955 (1993)). У співавторстві із групою вчених було отримано патент на новий метод електромагнітного поділу ізотопів, який вигідно відрізняється від існуючих. Було розроблено теорію цього методу, розраховано установку, а також попутно знайдено значення зовнішніх полів, при яких на цій самій установці можна одержувати замкнуті траєкторії зарядів. На основі розрахунків було сформульовано гіпотезу про виникнення кульової блискавки при розряді лінійної (ЖТФ, 2007, т. 77, № 10, с. 89-96). В одній із робіт (Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна, № 887, серія фізична, вип. 1 (45), с. 134 (2010)) здобутий вираз для зміни середнього механічного моменту системи зарядів у сталому електромагнітному



Фото 5. Юрій Олексійович
Кіро́чкін

полі, що відрізняється від наведеного (як виявилось, помилкового) у всіх виданнях книги Л.Д. Ландау, Є.М. Ліфшиця "Теория поля". Частину опублікованих результатів включено до відповідних курсів лекцій для студентів ФТФ.

* * *

На жаль, К.М. Степанов особисто не зміг бути присутнім на захисті, але усе пройшло успішно. До захисту було винесено наступні положення.

1. Здобуто дисперсійне рівняння для дрібномасштабних (коли по радіусу плазми укладається багато довжин хвиль) швидких магнітозвукових хвиль (ШМЗХ) у випадку невеликих значень аксіального хвильового числа та азимутального номера моди, яке має вигляд правила квантування.

На основі цього дисперсійного рівняння знайдені прості вирази для власних частот ШМЗХ, які визначають залежність цих частот від параметрів плазми, ширини вакуумного зазору, радіального та азимутального номерів моди, а також поздовжнього хвильового числа.

2. У межах теорії збурень знайдено поправки до власних частот магнітогідродинамічних (МГД) коливань неоднорідного тороїдного плазмового шнура, обумовлені тороїдною неоднорідністю утримуючого магнітного поля та тороїдним зсувом магнітних поверхонь, а також слабкою еліптичністю полоїдних перерізів магнітних поверхонь плазмового тора. Вплив слабкої тороїдності на спектри МГД хвиль є ефектом другого, а слабкої еліптичності – першого порядку малості.

3. Визначено поправку до власної частоти МГД коливань плазмового циліндра, обумовлену малим гофруванням стаціонарного магнітного поля. Ця поправка є величиною другого порядку за малим параметром гофрування.

4. На основі теорії збурень здобуто вираз для розщеплення частоти ШМЗХ малим азимутальним компонентом постійного магнітного поля. Якщо частота ШМЗХ не є близькою до частоти ві-

дсічення, це розщеплення є пропорційним до аксіального хвильового числа та азимутального магнітного поля $B_{0\phi}$. Поблизу частоти відсічення розщеплення власної частоти визначається з урахуванням членів другого порядку за малим $B_{0\phi}$.

5. Досліджено ефект конверсії довгохвильових ШМЗХ із частотою $\omega > \omega_{ci}$ в дрібномасштабні іонні циклотронні хвилі в області резонансу $\varepsilon_l = N_z^2 < 1$, розташованого поблизу межі плазмового циліндра. Визначено вирази для коефіцієнта поглинання таких ШМЗХ, застосовне також і у випадку, коли резонанс має місце для хвиль із частотою $\omega < \omega_{ci}$ та аксіальним показником заломлення $N_z^2 > 1$.

6. Здобуто вирази для імпедансів плазми з лінійним профілем густини та антени скінченних розмірів при збудженні ШМЗХ із частотою $\omega > \omega_{ci}$ та невеликими значеннями азимутального номера моди та аксіального хвильового числа в токамаку з великими розмірами. Розгляд проведено у наближенні плоскої моделі для довільного коефіцієнта відбиття ШМЗХ. Проаналізовано залежність здобутих виразів від параметрів токамака. Показано, що вираз для активного опору, внесеного плазмою з лінійним поблизу межі профілем густини, у режимах збудження окремих мод і випромінювання в півпростір є еквівалентним виразу для опору плазми з однорідним профілем густини при заміні в останньому альфвенівського хвильового числа певним ефективним значенням. Визначено співвідношення між параметрами токамака, при яких реалізуються режими перекриття тороїдних і азимутальних резонансів.

7. Визначено частотні діапазони існування незвичайних азимутальних поверхневих хвиль (НАПХ). Проведено аналіз залежності власних частот НАПХ від параметрів плазмового хвилеводу. Показано, що вираз для частоти НАПХ, що поширюються уздовж межі густого плазмового циліндра з лінійним поблизу межі профілем густини, є еквівалентним виразу, здобутому для випадку однорідного плазмового циліндра, при заміні величини глибини проникнення НАПХ до плазми певним ефективним зна-

ченням.

8. Визначено поправку до власної частоти низькочастотних НАПХ, обумовлену наявністю в зовнішнього сталого магнітного поля малого азимутального компонента $B_{0\varphi}$. Вираз для цієї поправки є квадратичним по $B_{0\varphi}$. Показано, що дисперсійні криві звичайних і незвичайних АПХ, що поширюються в плазмовому хвилеводі із широким вакуумним зазором, перетинаються за наявності зовнішнього аксіального магнітного поля.

9. Здобуто вирази для інкрементів пучкової ($Im\delta_b$) і дисипативної нестійкостей низькочастотних НАПХ на лінійній стадії збудження цих хвиль кільцевим пучком електронів. Проведено чисельний аналіз залежності $Im\delta_b$ і декремента загасання НЧ НАПХ, обумовленого їхнім випромінюванням з вузькощілинного хвилеводу, від параметрів плазмового хвилеводу. Зазначено параметри, при яких робота гіротрона на НАПХ могла б бути найбільш ефективною.

* * *

З січня 1992 року я працював науковим співробітником науково-дослідної частини ФТФ під науковим керівництвом декана ФТФ В.І. Лапшина. Влітку 1992 року мене було призначено заступником декана ФТФ з виховної роботи. Ці обов'язки я виконував до 2002 року.

1993 року мене обрали за конкурсом на посаду доцента КЗПФ. З того часу я читаю першокурсникам ФТФ, а з 2001 року і фізико-енергетичного факультету лекції з загальної фізики: механіку – у першому семестрі і молекулярну фізику – у другому. Цього ж року я здобув індивідуальний соросівський грант.

У 1994-1996 роках я брав участь у виконанні регулярного проекту Науково-технологічного центру в Україні (НТЦУ) № 235 “Дослідження механізмів нагрівання плазми електромагнітними полями та явищ плазмохімії”. Науковим керівником проекту був К.М. Степанов. План робіт за проектом був дуже напруженим, однак, ця діяльність дала можливість заробляти на життя влас-

ною професією, залишитися в науці, не кинути її заради необхідності годувати родину, як це змушені були зробити багато інших науковців.

1995 року я здобув наукове звання «старший науковий співробітник» за спеціальністю «фізика плазми».

Наприкінці 1996 року мене було обрано завідувачем КЗПФ. Попередній завідувач кафедри професор В.І. Лапшин перейшов на посаду генерального директора до Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ ХФТІ). Протягом цього ж року під його керівництвом я брав участь у виконанні проекту МАГАТЕ № 8931/RO “Об’ємні магнітогідродинамічні моди в неоднорідній плазмі термоядерних пасток”.

* * *



Фото 6. Олександр
Олександрович Шишкін

Шишкін Олександр Олександрович народився 3 січня 1944р у місті Куйбишев. Після війни його родина переїхала до Харкова, де Олександр Олександрович у 1961 році закінчив середню школу №36 із золотою медаллю, а у 1966 році став випускником ФТФ ХДУ ім. О.М.Горького. Починаючи з 1968 працював у ХФТІ в Інституті фізики плазми, обравши науковий напрям – фізика плазми та КТС. 1976 року захистив кандидатську дисертацію «К теории удержания плазмы в тороидальных ловушках с пространственной магнитной осью».

О.О. Шишкін запропонував новий різновид магнітної пастки для

плазми: торсатрон зі спеціальною модуляцією гвинтових провідників, яка забезпечує знижені втрати енергії та частинок плазми, а також підвищену стійкість відносно магнітних збурень від струмів у плазмі. Знайшов нові фізичні механізми, такі як: естафета дрейфових резонансів та блукання дрейфового острова, які використовуються для регулювання руху заряджених частинок у тороїдній магнітній пастці та виводу холодних альфа-частинок разом з іонами домішки із плазми термоядерного реактору. Теоретично обґрунтував фізичні експерименти зі спостереження частинок із перехідними траєкторіями як механізми впливу на формування електричного поля в плазмі та поліпшення утримання високотемпературної плазми у тороїдних термоядерних пристроях. 1986 року науковий доробок О.О. Шишкіна було відзначено премією імені К.Д. Синельникова АН УРСР з фізики.

1993 року він захистив докторську дисертацію «Влияние геометрии магнитного поля на неоклассический перенос и равновесие плазмы в торсатронах». 2000 року йому було присвоєно вчене звання професора зі спеціальності «фізика плазми», і того ж року за сумісництвом він стає професором кафедри фізики плазми ФТФ.

Професор О.О. Шишкін запровадив наукове співробітництво з теорії пристроїв керованого термоядерного синтезу з провідними світовими науковими центрами, а саме National Institute for Fusion Science (Toki, Japan), Max-Planck-Institut fur Plasmaphysik (Garching & Greifswald, Germany). Навколо професора згуртувався колектив молодих вчених, яким він прищепив свою наукову чесність, натхнення та пристрась до наукових досліджень. Він був науковим лідером декількох великих проектів, які виконувались на базі ФТФ та фінансувались іноземними інститутами.

Професор Шишкін є автором понад 90 наукових статей, які опубліковані в провідних вітчизняних та міжнародних виданнях, а також головним співавтором трьох монографій: «Стелларатор», Наукова Думка, Київ, 1983; «Plasma Physics in Pictures», Основа, Харків, 1993; та «На шляху до термоядерної енергетики», Осно-

ва, Харків, 1994. Він був уважним науковим керівником та блискуче захистив чотирьох кандидатів наук. Ці люди зараз працюють у провідних наукових центрах світу.

28 квітня 2008 року професор О.О. Шишкін помер у своєму приміському будинку. Його дружина Людмила Федорівна залишалась поруч із ним до останньої хвилини. Після себе професор Олександр Олександрович Шишкін залишив вагому наукову спадщину, яку з гордістю прийняли його учні та колеги.

* * *



Фото 7. Жан-Марі Нотердам

Жан-Марі Нотердам народився 25 лютого 1954 року в м. Бакванга (Бельгійське Конго). 1977 року закінчив із відзнакою Університет Гента Burgerlijk Werktuigkundig-Electrotechnisch Ingenieurю. За видатний магістерський диплом у галузі електромеханіки Національне Бельгійське товариство інженерів нагородило його своєю премією 1977 року. 1978 року захистив докторський диплом магістра "Зйомний резистивний спільний проект для надпровідників високого струму" у галузі ядерної енергетики в МІТ, Кембридж, США. 1983 року

захистив дисертацію PhD "Дизайн стелларатора із гвинтовою віссю" в МІТ.

Свою професійну діяльність Ж.-М.Нотердам розпочав 1978 року в лабораторії Culham, Abingdon, Великобританія, де займався дослідженням магнітних островів у TOSCA під керівництвом

доктора Д. Робінсона. У 1978-1979 був стажистом-викладачем у лабораторії фізики плазми MIT. У 1979-1981 роках займався розробкою та експлуатацією м'якої рентгенівської діагностики, а також дизайном ВЧ антени для TEXTORa в лабораторії фізики плазми, ERM-KMS, Брюссель. З 1983 року працював в MIPP, Гархінг, ФРН. У 1984-2004 р.р. був відповідальним за розробку ВЧ антени, експерименти із взаємодії ВЧ випромінювання із межею плазми на токамаку ASDEX. 1997 року був запрошеним професором Національного інституту ядерних досліджень, Університет Нагоя, Японія. У 2000-2002 роках був заступником керівника і у 2002-2004 р.р. – керівник Цільової групи TF нагрівання, JET, Abingdon, Великобританія. Із січня 2004 року - керівник групи ICRF, MIPP. Із березня 2004 - заступник в.о. начальника відділу технологій, MIPP. Ж.-М.Нотердам був керівником кандидатських дисертацій у Технічному університеті Мюнхена з боку MIPP, керівником докторської дисертації в LM університеті, Мюнхен, членом журі по докторських дисертаціях в Австралії (університет Канберри), Швеції (Королівський технологічний інститут, Стокгольм), Бельгії (Університет Гента), Франції (Університет Марселя, Університет Анрі Пуанкаре в Ненсі). З 2002 року він є професором (за сумісництвом) ядерної фізики в Університеті Гента. З 2004 року він представляє університет Гента в Асоціації Бельгійської мережі ядерної освіти (BNEN). У 2006-2008 роках він був Віце-президентом BNEN. У 2008-2010 роках він був Президентом BNEN. З 2010 року він - Повний професор (за сумісництвом) з ядерної енергетики та термоядерної науки і техніки в Університеті Гента. На теперішній час він є членом виконавчого комітету Асоціації Європейської мережі ядерної освіти (ENEN).

Ж.-М. Нотердам має близько 222 наукових робіт, з яких близько 80 статей у реферованих журналах і близько 45 як перший автор, два запрошені огляди.

Ж.-М.Нотредам був запрошений гостьовим редактором випуску журналу Fusion Engineering and Design 1990 року, а також жур-

налу Nuclear Fusion 2006 року. Він є членом редколегії Вісника Харківського університету, серія «ядра, частинки, поля».

Ж.-М. Нотердам був член програмних комітетів численних конференцій у США та ЄС, організатором і головою наукових комітетів і семінарів МАГАТЕ, ІЕА.

* * *

У жовтні 1996 року я відвідав Інститут фізики плазми імені Макса Планка (MPIPP), філію в місті Гархінг. Цей візит було ініційовано з українського боку професором Олександром Олександровичем Шишкіним (фото 6). З німецького боку візит організував співробітник технологічного відділу Доктор Жан-Марі Нотердам (Jean-Marie Noterdaeme, фото 7). У цьому інституті працює велика колонія випускників ФТФ. Наслідком цього візиту стало виконання протягом 1997-1999 років німецько-українського проекту WTZ UKR-010-97 “Напіваналітичні розв’язки квазілінійного рівняння Фокера-Планка”. Департамент міжнародного науково-технічного співробітництва Міністерства освіти і науки України завдяки протекції В.І. Лапшина навіть профінансував цей проект: ми змогли придбати сучасне обчислювальне устаткування, навіть отримували заробітну платню. Рушійною силою проекту були старший науковий співробітник ННЦ ХФТІ М.Б. Марущенко та старший науковий співробітник ФТФ Іван Вікторович Павленко (фото 8). Успішне виконання проекту дало можливість І.В. Павленку за рекомендацією німецьких колабораторів посісти позицію PostDoc у 2000-2003 роках в Брюссельському вільному університеті (ULB).

* * *

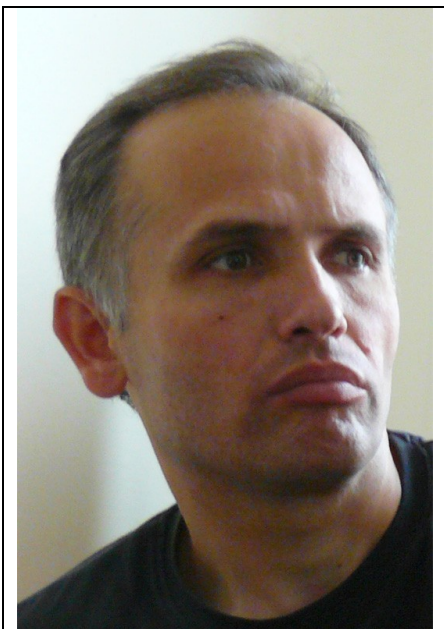


Фото 8. Іван Вікторович Павленко

Іван Вікторович Павленко народився 1971 року. У 1994 році закінчив з відзнакою кафедру фізики плазми ФТФ. 1998 року захистив кандидатську дисертацію «Поверхневі хвилі у магнітоактивних плазмово-металевих структурах». З 2004 року працює на посаді доцента КТЯФ.

* * *

У 1996-1999 роках я працював (тобто, керував курсовою і дипломною роботами) із талановитим студентом КТЯФ Павлом Костянтиновичем Ковтуном (фото 9). 1999 року він захистив під моїм керівництвом диплом-

ну роботу «Влияние винтовой неоднородности удерживающего магнитного поля на распространение и конверсию МГД волн в прямом стеллараторе». Він є моїм співавтором у двох наукових статях, які згодом увійшли до моєї докторської дисертації.

У вересні 1999 року я відвідав США за програмою «технології в освіті» Інформаційної Агенції США. Того ж року я на сім років перестав завідувати КЗПФ, оскільки на цю посаду було повернено В.І. Лапшина.

* * *



Фото 9. Павло
Костянтинович Ковтун

Ковтун Павло Костянтинович народився 16 листопада 1976 року. 1993 року закінчив Харківську ЗОШ № 62. 1999 року закінчив з відзнакою КТЯФ ФТФ. Дипломну роботу «Вплив гвинтової неоднорідності утримуючого магнітного поля на поширення та конверсію МГД хвиль у прямому стеллараторі» виконав у ХНУ під керівництвом І.О.Гірки. З 1999 по 2004 рік навчався в

аспірантурі університету штату Вашингтон (Сіетл). Галузь інтересів: квантова теорія поля та прикладна теорія струн, науковий керівник: Л.Г. Яффі. З 2004 по 2007 рік працював науковим співробітником в університеті штату Каліфорнія (Санта Барбара). З 2007 року працює в університеті м. Вікторія (Канада). Дослідження в галузі квантової теорії поля, релятивістської гідродинаміки, фізики чорних дір, і кварк-глюонної плазми.

* * *



Фото 9. Павло Петрович Руткевич

Руткевич Павло Петрович народився 14 вересня 1979 року в м. Харкові. 1996 року після закінчення ХФМЛ № 27 вступив на ФТФ Харківського національного університету. 2002 року закінчив КТЯФ і вступив до аспірантури в Центрі плазмових джерел і їхніх застосувань (PSAC –

Plasma Sources and Applications Centre) у Наньянг Технологічному університеті (NTU – Nanyang Technological University) у Сін-

гапурі. 2006 року під керівництвом професора S.Хи та доктора фізико-математичних наук, почесного доктора ФТФ К.М. Острікова захистив дисертацію на тему "Моделювання та діагностика реактивної плазми для контролю наночастинок у процесі плазмового напилювання вуглецевих плівок". Потім 2 роки продовжував роботу в PSAC у лабораторії плазми та плазмового напилювання. Брав участь в організації 37-ї Міжнародної олімпіади школярів із фізики (International Physics Olympiad, IPh-2006). З 2008 року працює в найбільшому в Сінгапурі обчислювальному центрі Institute of High Performance Computing (IHPC), займається моделюванням процесів утворення зародків нової фази та фазових переходів у речовині.

* * *

У 1999-2002 роках я працював (тобто, керував курсовою і дипломною роботами) із ще одним талановитим студентом КТЯФ Павлом Петровичем Руткевичем (фото 10). Його дід Борис Миколайович Руткевич працював в УФТІ, був співавтором навчального посібника [Синельников К.Д., Руткевич Б.Н. Лекции по физике плазмы.- Х.: Изд-во Харьк. Ордена Трудового Красного Знамени Гос. ун-та им. А.М. Горького, 1964.- 242 с.], викладав на ФТФ за сумісництвом. Павликові батько і дядько Петро і Сергій закінчили свого часу КТЯФ ФТФ з відзнакою. 2002 року Павлик Руткевич захистив під моїм керівництвом дипломну роботу «Власні альфвенівські коливання гарячої плазми, які локалізовані між двома альфвенівськими резонансами». Він є моїм співавтором у двох наукових статях, які згодом також увійшли до моєї докторської дисертації.

Розвиток спільних наукових досліджень з МРІРР, започаткованих свого часу професором О.О. Шишкіним, реалізувався в межах партнерського проекту НТЦУ № P054 «Перенесення домішок у стеллараторах. Розвиток методів нанесення покриттів на високочастотні антени». Я був керівником проекту. Відповідальним виконавцями проекту були професор О.О. Шишкін, який опікувався теоретичною частиною досліджень, та професор

Олександр Анатолійович Бізюков, який керував експериментальними дослідженнями. З німецького боку колабораторами виступили Доктор Хорст Вобіг (Horst Wobig), відомий фізик-теоретик, автор ідеї застосування твістова них котушок утримуючого магнітного поля для покращеного утримання плазми в стеллараторах, та експериментатор Доктор Ж.-М. Нотердам. У ході виконання цього проекту у 2000-2001 роках було зроблено наступне.

1. Вивчено рух домішкових іонів з великим номером зарядового числа поблизу островів у конфігурації типу HELIAS на периферії – ззовні останньої замкненої магнітної поверхні (ОЗМП) об'єму утримання. Промодельовано вплив стохастичності магнітних силових ліній на проникнення домішкових іонів всередину ОЗМП.
2. Розвинуто рідинну модель поведінки домішкових іонів поблизу островів. Аналітично розв'язано рідинні рівняння в магнітних координатах.
3. Покриття різної товщини з різних матеріалів було нанесено на поверхню наконечників вакуум-плазмовими методами. Наконечники, що застосовуються для проведення високочастотних (ВЧ) вимірювань у пристроях КТС, що працюють в МРІРР, було оброблені: на їх поверхню було нанесено спеціальні покриття з метою підсилити їх стійкість до пробою, що в свою чергу, дало можливість збільшити ВЧ потужність, що вводиться до плазми. Ці поверхні було також відполіровані, аби запобігти виникненню мікродефектів.
4. Було надано рекомендації щодо оптимізації матеріалів покриття антен для пристроїв КТС, включаючи багатопарові захисні покриття.

* * *

2002 року я здобув наукове звання доцента по кафедрі ЗПФ.

У 2002-2005 роках наукове співробітництво з МРІРР продовжу-

валось у межах регулярного проекту НТЦУ № 2313 «Перенесення домішок та електромагнітні хвилі на периферії плазми в конфігурації HELIAS реактора та WENDELSTEIN 7-X». Колаборатором з німецького боку знову виступав доктор Х.Вобіг. Унаслідок виконання проекту було опубліковано 16 статей у наукових журналах, в тому числі 5 статей – співавторстві з німецькими колегами. Результати, здобуті під час виконання проекту, було з ініціативи професора О.О. Шишкіна зібрано у виданні: Impurity transport and electromagnetic waves in the plasma periphery of a HELIAS reactor configuration and WENDELSTEIN 7-X. Збірка наукових праць під ред. І.О. Гірки, О.О. Шишкіна. Харків, 2007, 226 с. Наукові результати, здобуті під час виконання проекту, коротко полягають у наступному.

Досліджено перенесення домішків на периферії ГЕЛІАС конфігурації. У результаті аналітичного вивчення виявлено НОВІ фізичні механізми керування іонами домішки: іони домішки можуть бути накопичені в області магнітних островів у пастці типу стелларатор; траєкторії іонів домішки можуть стати стохастичними при використанні зовнішнього збурювання магнітного поля, у той час як магнітні поверхні не руйнуються, і фонові плазма не погіршується. Магнітні острови є частиною магнітних конфігурацій основних сучасних термоядерних пасток, таких як Wendelstein - 7X, що перебуває в стадії будівництва в Макс - Планк Інституті фізики плазми в Грайфсвальді (Німеччина), діюча магнітна пастка TJ-II із тривимірною магнітною віссю (CIEMAT, Мадрид, Іспанія). У рамках цього Проекту запропоновані шляхи, як спостерігати в експериментальних умовах наступні фізичні процеси: накопичення іонів домішки в острівній області й екранування плазми від проникнення іонів домішки внаслідок стохастизації траєкторій іона домішки.

Розроблено НОВИЙ фізичний підхід до керування іонами домішки з використанням переходу частинок зі стану пролітної в стан спірально замкнутої (під дією ЗМІННОГО електромагнітного поля) і їхнього наступного вилучення з об'єму втримання.

Запропоновано практичний шлях, як реалізувати цей важливий ефект. На пристроях типу стелларатор додаткові гвинтові провідники зі змінним у часі електроживленням можуть забезпечувати перехід іонів домішки із пролітних у спіральню замкнені і їхній вихід з об'єму втримання внаслідок дрейфу в тороїдному гвинтовому магнітному полі. Можна спостерігати ці процеси на стеллараторі середніх розмірів WEGA, що працює в Макс - Планк Інституті фізики плазми в Грайфсвальді (Німеччина).

Розроблено НОВИЙ потужний інструмент для моделювання перенесення домішки - тривимірний Статистичний Транспортний Код, що дозволяє порівняти теоретичні й експериментальні результати на сучасних й майбутніх термоядерному пристроях. Цей код уже використано для аналізу динаміки важких іонів домішки в магнітній конфігурації HELIAS для термоядерного реактора стелларатора. Гнучкість коду дозволяє застосувати його для вивчення властивостей іонів домішки в стохастичному магнітному полі на діючому токамаку TORE SUPRA (Асоціація ЄВРОАТОМ, Франція) і на стеллараторі Wendelstein - 7X, що перебуває в стадії будівництва в MIPP у Грайфсвальді (Асоціація ЄВРОАТОМ, Німеччина). Він може також бути змінений для аналізу керування іонами домішки в міжнародному термоядерному експериментальному токамаку-реакторі ITER, будівництво якого почато тепер.

Вплив гвинтової неоднорідності постійного магнітного поля в HELIASi на структуру альфвенівського резонансу було досліджено аналітично. Розподіл електромагнітних полів в області альфвенівського резонансу визначено і проаналізовано з урахуванням гвинтової неоднорідності утримуючого магнітного поля, інерції електронів, іонного ларморового радіуса й зіткнень. Гвинтова неоднорідність утримуючого магнітного поля викликає зв'язок між просторовими гармоніками електромагнітних хвиль із різними значеннями аксіальних хвильових чисел і полоїдних номерів мод. Отримано умову, за якої просторовий розподіл електромагнітних хвиль в області локального альфвенівського

резонансу визначається саме гвинтовою неоднорідністю утримуючого магнітного поля, а не інерцією електронів або скінченим іонним ларморовим радіусом. Ця умова може бути задоволена в холодній периферійній плазмі, де ріпли утримуючого магнітного поля найбільш істотні. Характерна ширина області альфвенівського резонансу більша в цьому випадку, ніж у прямому магнітному полі за інших рівних умов. Амплітуди сателітних гармонік ростуть при наближенні до області альфвенівського резонансу швидше, ніж амплітуда основної гармоніки. Це призводить до усунення у гвинтовому магнітному полі розриву полів електромагнітних хвиль, відомого в холодному наближенні в прямому магнітному полі. Пораховано височастотну потужність, що поглинається в області альфвенівського резонансу. Величина цієї потужності є тією самою в наступних трьох випадках: перший - розглянутий у цьому звіті; у випадку, коли поглинання обумовлене зіткненнями; і у випадку, коли поглинання визначається конверсією електромагнітної хвилі в області альфвенівського резонансу у дрібномасштабну кінетичну альфвенівську хвилю, що потім поглинається за рахунок зіткнень або механізму Ландау. Очікується, що саме в області локального альфвенівського резонансу відбувається найбільш ефективна взаємодія між іонами домішків та альфвенівськими хвилями. Тому дослідження структури альфвенівського резонансу може бути важливим при визначенні параметрів цієї взаємодії. Це дослідження було виконано у співробітництві із доктором Ральфом Шнайдером (Ralf Schneider, фото 10) з філії MPRP у Грайфсвальді.

Крім того, за проектом НТЦУ № 2313 було досліджено властивості поверхневих циклотронних хвиль у неоднорідній плазмі Helias реактора. Показано, що за умов Helias реактора можливе поширення поверхневих циклотронних Х-мод на другій гармоніці іонної циклотронної частоти. Вивчено дисперсійні властивості цих мод, досліджено вплив реальної неоднорідності густини плазми та зовнішнього магнітного поля B_0 на власну частоту цих мод, проаналізовано їхню взаємодію з потоками заряджених частинок та вплив їхнього поглинання на профіль температури

плазми. Для досліджень впливу неоднорідності густини плазми на ці моди використовувався типовий для експериментів на Helias реакторі профіль густини. Дослідження було виконано в числовий спосіб. Аналітично досліджено випадок плазми з перехідним прошарком, що дозволило вказати тенденцію до зменшення частоти даних хвиль та стверджувати, що це зменшення буде незначним. Числові дослідження надали змогу проаналізувати довільний профіль густини плазми та підтвердити точність аналітичних передбачень. Оскільки частота цих мод визначається, в основному, величиною B_0 , то саме просторова неоднорідність B_0 в Helias реактора і спричиняє основний вплив на поширення цих хвиль. Досліджено вплив пологісної неоднорідності B_0 на дисперсійні властивості цих мод. Ця неоднорідність призводить до нелінійного зсуву гармонік циклотронних частот порівняно з випадком однорідного B_0 , що спричиняє розмивання резонансу на другій гармоніці іонної циклотронної частоти. Розроблено числовий код, який показав, що відносна зміна дисперсії цих мод є більш суттєвою для довгих хвиль, ніж для коротких. Теоретично доведено можливість збудження цих мод пучками домішок. Дослідження проводилися аналітично та числовими методами, що дозволило контролювати коректність аналізу. Встановлено, що величини інкремента збудження цих мод не залежать від маси частинок пучка. Виконано порівняння особливостей пучкового збудження цих мод з їхнім параметричним збудженням. Оскільки ці моди легко збуджуються в плазмі Helias реактора, то їхнє поширення з наступним загасанням впливає на профіль температури. Тому досліджено просторовий розподіл полів даних хвиль, обчислено аналітичні вирази для потоку їхньої потужності, кількості їхньої потужності, що поглинається через омичний, кінетичний та циклотронний механізми загасання. Побудовано числовий код, який розраховує просторовий розподіл полів цих мод, профіль поглинутої енергії та температури плазми. Встановлено, що поглинання енергії цих мод відбувається в дуже вузькій області на глибині проникнення поля до плазми. Визначено профіль поглинання енергії та його

залежність від параметрів плазми і величини B_0 для параметрів Helias реактора. При цьому встановлено, що збільшення величини B_0 призводить до збільшення глибини проникнення поля цих мод до плазми та збільшення області нагрівання плазми до приблизно 10 см. Збільшення температури основної плазми також збільшує поперечні розміри області периферії плазми, де відбувається істотне збільшення температури, а також збільшується значення температури на межі плазми.

Досліджено дисперсійні властивості поверхневих жолобкових мод у неоднорідній плазмі Helias реактора. Для визначення впливу поверхневих жолобкових мод на нагрівання периферії плазми теоретично досліджено їхні дисперсійні властивості у випадку неоднорідного профілю густини плазми; вплив відмінності форми перерізу камери стелларатора Wendelstein 7-X від кола на поширення цих хвиль; вплив, що спричиняє поглинання їх енергії на профіль температури плазми. Доведено можливість поширення цих мод у неоднорідній плазмі Wendelstein 7-X та знайдено вираз для їхнього декременту загасання, обумовленого зіткненнями. Встановлено, що їхня частота ω належать до області іонних циклотронних частот. Збільшення товщини вакуумного прошарку між плазмовим циліндром та металевою стінкою стелларатора та зростання B_0 призводить до зменшення ω . Зменшення ω при зростанні радіусу плазми відбувається швидше у випадку неоднорідної густини плазми, ніж у випадку однорідної плазми. Знайдено, що ω цих мод, що поширюються поперек зовнішнього магнітного поля в протилежних напрямках, є різними, їхні величини зростають зі збільшенням номера m . Знайдено, що глибина проникнення поля цих мод до плазми зростає, порівняно з випадком однорідної плазми. При цьому ця зміна є відносно сильнішою для мод з $m > 0$, при цьому $\omega(+|m|) < \omega(-|m|)$. Різниця між ω цих мод за умов однорідної та неоднорідної плазми, типової для Helias реактора, є меншою за 5% для $B_0 = 3$ Т, а при збільшенні B_0 вона стає ще меншою. Аналітично досліджено вплив форми поперечного перерізу камери стелларатора на дис-

персійні властивості цих мод. Частоту хвиль представлено у вигляді суми ω_0 , яку обчислено у нульовому наближенні за параметром гофрування h_n , та величин поправок $\Delta\omega_n$ до неї, які обумовлено цим гофруванням. Величина $\Delta\omega_n$ є пропорційною до h_n^2 . Доведено, що ω мод у металевій камері з некруглим перерізом стає більшою за ω мод у камері з круглим перерізом в наближенні широкого хвилеводу. Вплив відмінності форми перерізу камери реактора від кола на ω є більшим для малих значень B_0 . Відмінність між значенням ω , обчисленим для камери з круглим перерізом для ефективного радіуса, величина якого визначається першим основним доданком з ряду Фур'є, за допомогою якого моделювалася поверхня стелларатора, та значенням ω , яке знаходилося з дисперсійного рівняння, здобутого для випадку перерізу Wendelstein 7-X, становила менше 10%. Знайдено вирази для густини потоку потужності та енергії хвиль, що поглинається на одиниці довжини стовпа плазми, вирази для їхнього електричного поля у випадку лівої та правої поляризації. Розроблено програму числового моделювання впливу поглинання енергії цих мод на профіль температури плазми. Показано, що електричне поле цих мод у випадку лівої поляризації є більшим, ніж у випадку правої поляризації. Розраховано просторовий розподіл їхнього поля, його залежність від густини та температури периферійної плазми, величини B_0 та близькості величини ω до другої гармоніки іонної циклотронної частоти. За умов втрати 1% енергії іонно-циклотронної антени на генерацію моди з $m = 2$ температура на межі плазми зростає на порядок відносно рівноважного значення. При цьому збільшення B_0 призводить до зменшення ширини області, де відбувається зростання температури плазми, з 40 см до 15 см.

* * *

У 2002-2005 роках я працював проректором університету з виховної роботи. На цю посаду мене було запрошено у зв'язку з великим додатковим обсягом робіт, пов'язаних із підготовкою та

власне святкуванням двохсоті річниці університету. Під час урочистостей у січні 2005 року мені було вручено знак Міністерства освіти і науки України «Відмінник освіти України».

У травні 2003 року мій брат Володимир Олександрович Гірка (фото 11) захистив докторську дисертацію «Поверхневі азимутальні та циклотронні хвилі у магнітоактивних плазмових структурах». В основу дисертації було покладено 29 журнальних статей, серед яких вісім було опубліковано у співавторстві зі мною, але жодну з них не було використано потім у моїй дисертації.

* * *

Володимир Олександрович Гірка народився 1957 року в м. Харків. 1974 року закінчив СШ № 62 м. Харкова, а 1980 року – ФТФ Харківського державного університету (ХДУ) за спеціальністю «експериментальна ядерна фізика». Після завершення заочної аспірантури 1984 року захистив кандидатську дисертацію за спеціальністю «фізика та хімія плазми». Працював на посадах молодшого наукового та наукового співробітника у науково-дослідній частині університету. З 1989 року перейшов на викладацьку роботу, послідовно обіймаючи посади асистента, старшого викладача та доцента КЗПФ. Понад сімнадцять років викладає різні курси фізики (на підготовчому відділенні університету, на фізико-технічному факультеті та факультеті комп'ютерних наук). 1998 року здобув вчене звання «старший



Фото 11. Володимир
Олександрович Гірка

науковий співробітник». Співавтор 64 статей у реферованих наукових журналах. 2003 року захистив докторську дисертацію за спеціальністю «фізика плазми». 2006 року здобув вчене звання професора кафедри загальної та прикладної фізики.

* * *

2004 року я захистив докторську дисертацію „Поширення, конверсія та поглинання об’ємних і поверхневих електромагнітних хвиль

у плазмі з неодновимірною неоднорідністю”. Науковим консультантом за порадою К.М. Степанова було призначено В.І. Лапшина. Офіційними опонентами виступили начальник відділу Інституту фізики плазми ННЦ „ХФТІ”, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Волков Євген Дмитрович (фото 12); директор Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор Загородній Анатолій Глібович (фото 13); завідувач відділу Радіоастрономічного інституту НАН України, доктор фізико – математичних наук, старший науковий співробітник Мельник Валентин Миколайович (фото 14). Через закордонне відрядження В.М. Мельника під час засідання спеціалізованої вченої ради було призначено додаткового опонента – завідувача кафедри штучного інтелекту університету, доктора фізико-математичних наук, професора Володимира Михайловича Кукліна. Провідною установою було призначено Інститут ядерних досліджень, відділ теорії ядерного синтезу (начальник відділу - доктор фізико-

математичних наук Ярослав Іванович Колесниченко), НАН України, м. Київ. Дисертація ґрунтувалась на 26 журнальних статтях, з яких п'ять статей було опубліковано у співавторстві з моїм братом В.О. Гіркою – жодна з цих статей не входила до його докторської дисертації.

* * *



Фото 12. Євген
Дмитрович Волков

Волков Євген Дмитрович народився 9 березня 1934 року в селі Бліжнєпесочное Горьківської області. Після закінчення школи з золотою медаллю 1952 року вступив і 1958 року закінчив ядерне відділення фізико-математичного відділення університету. Після закінчення університету був направлений до УФТІ, де тепер працює провідним науковим співробітником. 1969 року захистив кандидатську дисертацію. 1970 року йому було присуджено премію комсомолу України імені М.Островського. 1972 року він став співавтором відкриття СРСР «аномального збільшення опротивлення и турбулентного нагрєва плазми електрическим током».

1976 року йому було присвоєно наукове звання «старшого наукового співробітника». 1992 року він захистив докторську дисертацію «Коллективные свойства плазмы токового разряда в стеллараторе». 2003 року з нагоди 200-річчя університету за поданням керівництва університету професора кафедри фізики плазми Є.Д. Волкова нагороджено знаком «Відмінник освіти України». 2005 року він

став лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки за дослідження «колективних механізмів нагрівання і перенесення плазми в тороїдних магнітних пастках».

Є.Д. Волков є співавтором понад 300 наукових робіт, зокрема, двох монографій: «Стелларатор», Е.Д. Волков, В.А. Супруненко, А.А. Шишкін, Наукова думка, 1983, 310 с.; «Коллективные явления в токонесущей плазме», Е.Д. Волков, Харьковский физико-технический институт, 1979, 186 с.

* * *



Фото 13. Анатолій Глібович
Загородній

А.Г. Загородній народився 29 січня 1951 року у селі Велика багачка на Полтавщині. 1972 року закінчив радіофізичний факультет Харківського державного університету. Вся його наукова діяльність тісно пов'язана з Інститутом теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова, де він пройшов становлення від стажиста-дослідника до завідувача відділу і директора. За роботи із статистичної теорії плазмово-молекулярних систем А.Г. Загородньому було присуджено премію імені К.Д. Синельникова НАН України. Анатолій Глібович

неодноразово виступав з доповідями на найпрестижніших конференціях з фізики плазми, входив до програмових та організаційних комітетів цілої низки міжнародних конференцій, що відбувалися у різних країнах світу. Йому належить понад 200 наукових праць, у тому числі монографія «Статистична теорія плазмово-молекулярних систем» і численні оглядові статті в міжна-

родних виданнях. Багато сил віддає вчений педагогічній роботі. Він є професором Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Національного університету «Києво-Могилянська Академія», керує роботами аспірантів і студентів.

Поряд з науковою та педагогічною діяльністю А.Г. Загородній виконує великий обсяг науково-організаційної роботи як директор інституту, член наукової ради Державного фонду фундаментальних досліджень, член редакційних колегій «Українського фізичного журналу» і журналу «Condensed Matter Physics» (Львів). Зараз Загородній А.Г. є академіком Національної академії наук України (2006), лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки (2005), віце-президент НАН України, головуючим у Комісії НАН України з розробки наукової спадщини академіка В.І. Вернадського, директором Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України, почесним доктором Харківського університету (за поданням ФТФ).

* * *



Фото 14. Валентин
Миколайович Мельник

* * *



Фото 15. Володимир
Михайлович Куклін

Володимир Михайлович Куклін народився 25 вересня 1948 року в місті Чернівці, навчався на ФТФ Харківського державного університету, який закінчив 1972 року. З 1972 по 1988 рр. – науковий співробітник ХДУ, де захистив кандидатську (тема: „Низькочастотні поверхневі хвилі в обмежений плазмі”, 1977 р.) та докторську (тема: „Нелінійна взаємодія хвильових та корпускулярних потоків з обмеженою плазмою”, 1987 р.) дисертації.

З 1990 року – професор кафедри матеріалів реакторобудування ФТФ. З моменту утворення факультету комп’ютерних наук в ХНУ за сумісництвом виконуючий обов’язки, а з 2005 року – завідувач кафедри штучного інтелекту і програмного забезпечення.

Основні наукові праці: Кондратенко А.Н., Куклин В.М. Основы плазменной электроники. Энергоатомиздат, М., 1988. - 320 с.; Куклин В.М., Панченко И.П., Хакимов Ф.Х. Многоволновые процессы в плазме. Дониш, Душанбе, 1989. – 175с.; Черноусенко В.М., Куклін В.М., Панченко І.П. Структури в нерівноважних середовищах (в кн. Интегрируемость и кинетические уравнения для солитонов. Под ред. Барьяхтара В.Г. Наукова думка, Киев,

1990), с. 333-416; Куклін В.М. УФЖ, Огляди, 2004, Т. 1, № 1, с. 48-81.

* * *

Наведу основні результати, які було здобуто в моїй дисертаційній роботі.

1. Встановлено вплив, який справляє просторова періодична неоднорідність плазми на поширення, конверсію і поглинання об'ємних і поверхневих електромагнітних хвиль. Передовсім, просторова періодична неоднорідність плазми спричиняє зачеплення просторових гармонік полів електромагнітних хвиль, тобто хвилі поширюються в такій плазмі у вигляді хвильових пакетів.

1.1. Виявляється, що обумовлена такою періодичністю поправка $\delta\omega$ до власної частоти $\omega=\omega_0+\delta\omega$ хвиль у загальному випадку є величиною другого порядку за малим параметром, який характеризує неоднорідність плазми, $\delta\omega \propto \epsilon_h^{(1)2}$. За умов, коли довжина хвилі основної гармоніки є вдвічі більшою за просторовий період неоднорідності плазми в напрямку поширення хвилі, спектри хвиль розщеплюються неоднорідністю плазми, що можна спостерігати експериментально. При цьому поправки до частот виявляються величинами першого порядку малості, $\delta\omega \propto \epsilon_h^{(1)}$, і власними модами є стоячі хвилі з близькими частотами.

1.2. Встановлено можливість існування, поряд з АР для основної гармоніки, додаткових резонансних областей - сателітних альфвенівських резонансів (САР) у плазмі, яка є періодично неоднорідною в напрямку зовнішнього магнітного поля. В цих САР відбуваються підростання малих сателітних гармонік МГД хвиль і їхня конверсія в дрібномасштабні хвилі. Визначено умови, за яких додаткове нагрівання плазми поблизу САР може бути істотним.

1.3. Знайдено, що розрив розв'язків рівнянь Максвела для

полів електромагнітних хвиль, який має місце у випадку холодної плазми в однорідному магнітному полі, усувається у периферійній плазмі пасток КТС періодичною неоднорідністю зовнішнього магнітного поля. З'ясовано, що при цьому тонка структура основного і сателітних АР може визначатись модуляцією δ радіальної складової зовнішнього магнітного поля (а не тепловим рухом іонів або скінченною інерцією електронів), що не позначається на поглинанні ВЧ потужності поблизу цих резонансів. Характерна ширина основного АР дорівнює

$$\Delta r_T = (\rho_{Li}^2 a^*)^{1/3} \rightarrow \Delta r_\delta \sim [\delta^4 a^* / (k_z^2 k_b^2)]^{1/5} \propto \delta^{4/5}.$$

2. Встановлено, що величина ВЧ потужності, яка поглинається поблизу АР, коли в ньому спостерігається мінімум (максимум) на радіальному профілі густини, є в $(a/\rho_{Li})^{1/2}$ разів більшою порівняно до випадку лінійного профілю густини. Це зростання пояснюється збільшенням ширини АР в $(a/\rho_{Li})^{1/6}$ разів та збільшенням характерної величини амплітуд полів АХ в області АР у $(a/\rho_{Li})^{2/15}$ разів. Тут a – характерний радіальний розмір неоднорідності густини і ρ_{Li} – ларморів радіус іонів. Доведено, що поблизу максимуму (мінімуму), в тому числі - скінченної висоти (глибини), на профілі густини плазми між двома АР можуть бути локалізовані дрібномасштабні АХ, обумовлені тепловим рухом іонів або скінченною інерцією електронів. Їхні власні частоти перевищують частоту альфвенівського континуума для кінетичних АХ і виявляються меншою за неї для інерціальних АХ.

3. Доведено можливість поширення АПХ у замагніченій плазмі, що частково заповнює циліндричний хвилевід. Установлено, що у хвилеводах із вузьким діелектричним прошарком (коли вплив параметрів плазми на дисперсійні властивості АПХ є найсильнішим) і тонкою плазмовою вставкою ці хвилі поширюються тільки в напрямку циклотронного обертання іонів, і їхня частота може бути порядку іонної циклотронної.

4. Узагальнено теорію поширення АПХ на випадок ХПТ із

довільним значенням азимутального номера моди m і малим значенням аксіального хвильового числа, а також на випадок хвильоводів з малою тороїдністю. Встановлено, що власна частота ХПТ із малим значенням аксіального хвильового числа є нижчою за частоту АПХ, якщо діелектрична проникність шару, що відокремлює вільну плазму від металеві стінки хвильоводу, не занадто близька до одиниці. Доведено, що перенесення енергії ХПТ уздовж осі хвильоводу практично дорівнює нулю в значному діапазоні аксіальних хвильових чисел, якщо діелектрична проникність шару слабо відрізняється від одиниці.

5. Поправка до власної частоти ХПТ, що обумовлена врахуванням малого аксіального числа k_z , у загальному випадку є квадратичною за k_z . Визначено можливість резонансної взаємодії незвичайної ХПТ і звичайної об'ємної хвилі за умов, якщо металевий хвильовід, що є повністю заповненим плазмою, не надто тонкий і зовнішнє магнітне поле не надто слабке,

$$\sqrt{b-a} = |\omega_{ce}| \sqrt{a} / (2\sqrt{|m|}\omega_{pe}).$$

При цьому поправка до власної частоти ХПТ є більшою, а саме – лінійною за k_z .

6. Теоретично доведено можливість поширення ХПТ поперек сталого аксіального магнітного поля у круглому циліндричному хвильоводі, дві половини якого ($0 < \varphi < \pi$) і ($-\pi < \varphi < 0$) заповнено різними n -напівпровідниками, а також у металевих хвильоводах майже прямокутного перерізу, які повністю заповнені одним або двома шарами n – напівпровідників. Встановлено, що поправки до власних частот другого порядку малості обумовлені двома факторами: відхиленням форми перерізу хвильоводу від кола, а також відмінністю діелектричних властивостей напівпровідникових шарів. Останній фактор сильніше виявляється у випадку шарів різної товщини.

7. Побудовано теорію підтримання газового розряду АПХ у

металевих циліндричних розрядних камерах з діелектричним покриттям без використання магнітного поля.

* * *

Наприкінці літа 2005 року я за власним бажанням полишив посаду проректора університету. Натомість декана ФТФ Миколу Олексійовича Азарєнкова було обрано проректором з інноваційної діяльності. На вакантну посаду декана ФТФ Вчена рада факультету обрала мене. З того часу я став членом редколегії Вісника харківського університету, серія фізична «Ядра, частинки, поля».

На початку 2006 року мене було призначено директором Інституту високих технологій (ІВТ) – ця посада також звільнилась у наслідок переходу М.О. Азарєнкова на роботу проректором університету. До сфери моєї відповідальності увійшли певною мірою ще два факультети, які складають ІВТ: факультет комп’ютерних наук і фізико-енергетичний факультет подвійного підпорядкування (університету та Інституту проблем машинобудування імені А.М. Підгорного НАН України). З 2006 року я входжу до Наукової ради з фізики плазми та плазмової електроніки відділення ядерної фізики та енергетики НАНУ.

У 2006-2009 роках співробітництво з МРІРР було продовжено в межах ще одного регулярного проекту № 3685 «Перенесення іонів домішки у тривимірному магнітному полі у стелараторі Wendelstein 7X та токамаках». Я був керівником проекту. Колaborаторами із німецької сторони виступили Доктори Р. Шнайдер і Крег Байдлер (Craig Beidler). До них додався Доктор Борис Вейссов (Boris Weyssow) з ULB, Бельгія. Відповідальним виконавцем робіт був професор О.О. Шишкін. За підсумками виконання цього проекту було опубліковано 24 наукові статті, серед яких сім – у співавторстві з іноземними колегами. Внаслідок виконання проекту було здобуто наступні наукові результати.

Було розвинено новий чисельний інструмент - тривимірний Транспортний Код Домішки. Цей код є розширеною версією од-

новимірною Транспортною Кодою Домішки, що його було створено у межах регулярного проекту НТЦУ # 2313. Цей чисельний інструмент дає можливість вивчати перенесення іонів домішки в різних плазмових конфігураціях сучасного дрейфово оптимізованого стелларатора Wendelstein 7-X і реактора HELIAS. У новій версії коду реалізована можливість аналізу плазмових конфігурацій з магнітними островами, які є невід'ємною частиною конфігурації з острівним дивертором. Код розв'язує рівняння ведучого центру для пробної частинки з використанням інтегруючої схеми Рунге-Кутта четвертого порядку. Кулонівське розсіювання пробної частинки на частинках фонові плазми промодельовано за допомогою дискретного оператора зіткнень, заснованого на біноміальному розподілі та представленого в термінах пітч кута розсіювання, енергії вповільнення та розсіювання. Корональну модель використано, аби визначити середній зарядовий стан ансамблю іонів домішки як функцію температури та густини фонових електронів. Джерело домішки промодельоване додатковою підпрограмою, що генерує домішки поблизу диверторних пластин відповідно до параметра інтенсивності.

Всі відомі сценарії створення та утримання плазми характеризуються переходом фонові плазми від максвеллівської до немаксвеллівської функції розподілу. Такої ж особливості перенесення домішки слід очікувати в плазмі стелларатора Wendelstein 7-X при застосуванні нагрівання плазми. Щоб описувати взаємодію пробних домішок із фонові плазмою, яка характеризується немаксвеллівською функцією розподілу, було розвинено Транспортний Код Домішки. За допомогою нового оператора зіткнень були вивчені неокласичні транспортні властивості домішок в JETi для немаксвеллівської плазми, що є результатом застосування інжекції нейтралів.

Для успішної роботи стаціонарного термоядерного реактора, необхідно забезпечити втримання гарячих α -частинок і передачу їхньої енергії до іонів фонові плазми (іонам нової порції палива), і потім - видалення охолоджених α -частинок (гелієвого по-

пелу). Експерименти на токамаках JET і TFTR показали, що перенесення α -частинок в експериментах із сумішшю $D+T$, є близьким до неокласичного, при цьому відбувається передача енергії від продуктів синтезу до електронів плазми. Однак, залишається проблема накопичення холодних α -частинок у термоядерному реакторі. Це призводить до сильних втрат на гальмівне випромінювання. Цю проблему можна вирішити у гвинтових пристроях завдяки неоднорідності гвинтового магнітного поля в зовнішній частині перерізу плазми. Ця особливість, що, з одного боку, може бути корисною для видалення холодних α -частинок, з іншого боку, може бути небезпечною для втримання гарячих α -частинок. Можливо організувати дрейфові резонанси для α -частинок з енергією в певному інтервалі значень і вибірково видаляти α -частинки.

Інший підхід до проблеми накопичення α -частинок - це переміщення магнітної осі, що може бути наслідком, принаймні, двох механізмів: збільшення частки магнітного тиску до газокінетичного тиску (бета), що викликає зсув магнітної осі та зміну форми магнітних поверхонь, а також модуляція магнітного поля. Остання особливість є важливою для втримання замкнених на гвинтовій неоднорідності та пролітних частинок. Можливо управляти струмом у котушках пологої поля, і в такий спосіб поліпшувати рівновагу плазми та впливати на втримання частинок. Цей метод контролю називають змахуванням магнітної осі.

Існує можливість спостерігати продукти синтезу в експериментах з $D+{}^3_2\text{He}$ у гвинтовій термоядерній плазмі та вивчати втримання α -частинок. Зокрема, що є особливістю для гвинтових пристроїв, існує можливість видаляти холодні α -частинки за рахунок використання зміни струму в котушках пологої поля. LHD, де гвинтове поле може мінятися в часі завдяки використанню котушок пологої поля, є самим підходящим пристроєм для спостереження α -частинок. Було запропоновано поліпшити проект реактора демонстраційного покоління типу FFHR

за рахунок додаткових намоток у котушках полоїдного поля. Ці котушки слід заживити незалежно від котушок основного внутрішнього вертикального поля та зовнішнього вертикального поля. Струми в додаткових котушках можуть бути в 100 разів меншими, ніж у котушках основного полоїдного поля. Ці додаткові котушки створюють збурення магнітного поля, що призводить до виникнення дрейфових резонансів іонів, що підлягають видаленню. Дрейфові резонанси можуть бути дуже ефективним методом видалення пролітних частинок. Замкнені на гвинтовій неоднорідності частинки можуть дрейфувати внаслідок руху в гвинтовому полі. Метод може бути особливо ефективним, якщо поєднати два механізми: змахування магнітної осі (коливання магнітної осі внаслідок зміни струму в котушках полоїдного поля) і дрейфові резонанси на краю плазми.

Поширення поверхневих хвиль у термоядерній плазмі – це одна з головних проблем для успішної роботи термоядерних реакторів. Ці хвилі можуть бути збуджені внаслідок взаємодії із зовнішніми змінними електричними полями та потоками заряджених частинок. Є багато експериментів, які ідентифікують саме поверхневі хвилі як головну причину втрат електромагнітної потужності, генерації домішок і збільшення взаємодії плазми зі стінкою в термоядерних пристроях. Саме тому дослідження властивостей різних поверхневих хвиль стає основною проблемою керованого термоядерного синтезу. Ми вивчили властивості поверхневих циклотронних хвиль і поверхневих жолобкових мод, оскільки вони можуть поширюватися в умовах, типових для сучасних термоядерних пристроїв. Показано, що ці хвилі можуть поширюватися поперек утримуючого магнітного поля B_0 у термоядерних пристроях на частотах, що лежать у діапазоні електронної циклотронної частоти.

Було вивчено вплив неоднорідності густини плазми та неоднорідності магнітного поля на властивості електронних циклотронних поверхневих Х-мод. Були досліджені поверхневі хвилі на гармоніках електронної циклотронної частоти, і були зазначені

можливі застосування їхнього поглинання. Був досліджений просторовий розподіл полів поверхневих циклотронних Х-мод, і отримані аналітичні вирази для потоку їхньої потужності, кількості їхньої енергії, що поглинає плазмою як унаслідок Омічного, так і внаслідок їхнього кінетичного загасання в одиницю часу. Щоб вивчати вплив поглинання енергії поверхневих циклотронних Х-мод на профіль температури плазми, було розроблено числовий код. Показано, що поглинання енергії електронних циклотронних поверхневих Х-мод відбувається у вузькій області на периферії плазми.

Було сформульовано теоретичну модель, що дозволила розглянути вплив некруглого поперечного перерізу плазмового стовпа на дисперсійні властивості поверхневих жолобкових мод, що поширюються в металевій камері термоядерних пристроїв. У цьому випадку поверхневі жолобкові моди поширюються у формі хвильового пакета, що складається з фундаментальної просторової гармоніки, повільної та швидкої сателітних гармонік. Показано, що вплив некруглості плазмового стовпа є сильнішим у порівнянні із впливом некруглості камери термоядерного реактора. Знайдено також, що вплив некруглості поперечного перерізу плазмового стовпа проявляється сильніше в резонансному випадку, у якому кутовий період неоднорідності перерізу вдвічі менший за періоду хвилі, у порівнянні з нерезонансним випадком. Неоднорідність сталого магнітного поля розглянуто у формі зовнішнього магнітного поля, що слабо змінюється уздовж аксіального напрямку. У хвильовому пакеті ми врахували тільки фундаментальну гармоніку та її два найближчих сателіти, які пропорційні $\exp(im\varphi \pm ik_m z - i\omega t)$, і в такий спосіб одержали просторовий розподіл електромагнітного поля з точністю до величин другого порядку малості. Було проаналізовано нелінійну взаємодію між поверхневими жолобковими модами та потоком заряджених частинок. Числове дослідження збудження поверхневих жолобкових мод показало, як рухається пучок заряджених частинок у периферійній області плазми. Знайдено кореляцію

між кількістю бунчів, сформованих зарядженими частинками плазми, та азимутальним хвильовим числом цих мод, а також залежність часу, необхідного для насиченості нестійкості від плазмових параметрів.

Паливна плазма термоядерних реакторів, як токамаків, так і стеллараторів, завжди містить іони домішки. Домішки можуть поліпшувати втримання, або вони можуть викликати зрив термоядерних розрядів залежно від їхнього радіального розподілу по плазмовому стовпі. Напускання благородних газів до плазми (так звані радіаційно покращена мода та мода з напусканням домішок) застосовується для створення радіаційного поясу у периферійній області плазми. При цьому зменшується іонний тепловий потік на першу стінку та дивертор, а також досягається запобігання руйнування конструкційних матеріалів. Тому присутність благородних газів є бажаною на периферії, хоча вони можуть забруднювати центральну область плазми. Ми вивчили вплив високочастотного (ВЧ) нагрівання на розподіл домішок у плазмі для типових умов розрядів з напусканням домішок.

Вибіркове ВЧ нагрівання домішки можна здійснювати на першій гармоніці циклотронного резонансу у режимі нагрівання іонів малої добавки. Домішка буде поглинати до 50% потужності, що вводиться. Такий сценарій буде доступним для токамаків наступного покоління, що працюватимуть з дейтерієво-третієвою плазмою. У сучасних токамаках вибіркове ВЧ нагрівання можна реалізувати на другій гармоніці циклотронного резонансу у режимі конверсії мод. Частку потужності, що поглинається домішкою, можна довести до 15% потужності, що вводиться. Решта потужності буде поглинатися здебільшого електронами та частково основними іонами. Тому головним ефектом для домішки буде радіальний перерозподіл іонізаційних станів відповідно до змін електронної температури. Хоча частка потужності, що поглинається домішкою, не перевищує 15%, вона може підвищити температуру домішки на порядок величини завдяки малій концентрації домішки. Було з'ясовано, як частка потужності, що по-

глинається домішкою, залежить від спектру ВЧ антени. Найкращі експериментальні умови для нагрівання домішки можна досягти в трикомпонентній плазмі (дейтерій/гелій/водень). Дані з теплообміну було отримано для двох граничних випадків: а) висока температура домішки та помірна потужність, що поглинається (наближення низьких концентрацій домішки); б) висока потужність, що поглинається, та помірна температура домішки (наближення високої концентрації домішки). Після досягнення стаціонарного режиму нагрівання у випадку а) третина енергії, поглинутої домішкою, передається до електронів, решта — до основних іонів. Після досягнення стаціонарного режиму нагрівання у випадку б) близько 10% потужності, що поглинається, переходить до електронів. При низьких значеннях потужності, що поглинається домішкою, та помірних температурах домішки тепло передається через зіткнення від основних іонів до іонів домішки та від іонів домішки до електронів. Отже, домішка відіграє роль системи, що переводить тепло від основних іонів до електронів. Як правило, доданки рівнянь переносу, що описують теплообмін, побудовано у наближенні максвеллового розподілу частинок. Отримані результати дозволяють скорегувати ці доданки для випадків потужного ВЧ нагрівання.

Було досліджено залежність перенесення домішки від величини тороїдного хвильового вектора швидкої хвилі. Ефективність нагрівання домішки залежить від інтерференційної картини, яка утворюється хвилями, відбитими від областей непрозорості поблизу іон-іонних гібридних резонансів. Інтерференційна картина залежить від значення тороїдного хвильового вектора швидкої хвилі. Аналітично було знайдено ефективність ВЧ нагрівання плазми для типових фазувань антени. Асиметрія спектру антени на перенесення домішки суттєво не впливає. Основний вплив на перенесення домішки зумовлений значеннями $k_{\parallel}$ в максимумі спектру антени. Що більші значення набуває $k_{\parallel}$, то більша радіальна область, в якій збільшуються коефіцієнти дифузії. В той же час конвективна швидкість домішки суттєво не змінюється. Необхідно підкреслити, що профілі основної плазми також за-

знають суттєвих змін за умов розглянутих сценаріїв ВЧ нагрівання. Отже, відгук домішки на ВЧ нагрівання слід розглядати лише на тлі змін характеристик основної плазми.

Вплив немаквеллівської функції розподілу на перенесення домішки, викликане ВЧ нагріванням, вивчався з використанням можливостей Фоккер-Планк коду. Відхилення функції розподілу домішки від маквеллової було враховано: а) для коригування профілів потужності, що поглинається домішкою б) для коригування доданку, що описує теплообмін в рівнянні перенесення в) для коригування доданку втрат на першій орбіті. Коригування а) призводить до згладжування профілів поглинання енергії. Коригування б) змінює характерний час процесів переносу, але не саму їх природу. Тобто тип переносу визначається аномальними коефіцієнтами, які нівелюють зміни у доданку теплообміну. Коригування в) суттєво збільшує перенесення частинок на периферії плазми, але тільки на зовнішніх магнітних поверхнях (>0.95 нормалізованого радіуса плазми). Зважаючи на МГД активність на межі плазми, скоріше за все останній ефект не можна виявити експериментально.

* * *

2006 року мене знову було призначено завідувачем КЗПФ після того, як трагічно завершилася кар'єра В.І. Лапшина в ННЦ ХФТІ. Відтоді і дотепер, так само, як і в 1996-1999 роках мені енергійно і сумлінно допомагає в усіх справах по кафедрі доцент Василь Тимофійович Грицина (фото 15), який, власне, був за-сновником кафедри і її завідувачем р 1979 до 1989 року.

* * *

Василь Тимофійович Грицина народився 11 серпня 1936 року в селі Павленкове, Лебединського району Сумської області, навчався на ядерному відділенні фізико-математичного факультету Харківського державного університету ім. О.М. Горького, який закінчив в 1958 році. За направленням працював в УФТІ з 1958 по 1961 р.р., а потім поступив до аспірантури на кафедру експе-

риментальної ядерної фізики університету (КЕЯФ). Під час навчання в аспірантурі в 1963/64 роках працював у США за програмою обміну молодими науковцями між СРСР та США (Південно-Каліфорнійський університет, м. Лос-Анжелес). Після закінчення аспірантури з 1965 року працював асистентом на КЕЯФ. 1966 року захистив кандидатську дисертацію «Дослідження короткоперіодних ізотопів, які збуджуються протонами з енергією 20 та 31,5 МеВ». З цього ж року був зарахований на посаду доцента КЕЯФ, а 1967 року йому було присвоєно вчене звання доцента цієї кафедри.



Фото 15. Василь
Тимофійович Грицина

1969 року за конкурсом В.Т. Грицину було призначено завідувачем щойно відкритої кафедри загальної та прикладної фізики (КЗПФ), яку очолював до 1981 року. В цей період 1975/76 був направлений на наукове стажування до США (Прінстонський університет та Каліфорнійський в Берклі). З 1981р по теперішній час – доцент КЗПФ. У 1995-2000 роках брав участь у виконанні Державної наукової програми Японії (Центр видатних досліджень) в Інституті матеріалознавства, м. Цукуба.

В.Т. Грицина підготував та викладав такі спеціальні курси на КЕЯФ: «Ядерні реакції», «Прискорювачі заряджених частинок» та «Радіаційна фізика». Уже понад 40 років він викладає загальну фізику – курс атомно-ядерної фізики – студентам третього курсу ФТФ. Під його науковим керівництвом захистили кандидатські дисертації сім осіб - викладачі та співробітники КЗПФ. Він є співавтором більше 200

наукових робіт, в тому числі майже половина статей надруковані в журналах з імпаکت-фактором.

Основні напрямки наукової роботи В.Т.Грицини:

1. Дослідження механізмів створення радіаційних дефектів в діелектричних матеріалах та їх вплив на функціональні властивості цих матеріалів. Вплив умов вирощування кристалів та домішок в них на природу і концентрацію дефектів створених опроміненням.

2. Механізми взаємодії іонних пучків з діелектриками в тому числі формування наночастинок металів в діелектриках при бомбардуванні іонними пучками високої потужності. Дослідження процесів формування тонких металевих плівок включаючи нанокластери на поверхні діелектриків.

* * *

2006 року я відвідав Велику Британію, де взяв участь у семінарі «Наукова грамотність та її запровадження в середній школі», організованому Британською Радою. Цього ж року мене було призначено до складу спеціалізованої вченої ради з захисту докторських дисертацій за спеціальностями «фізика плазми», а також «фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій» заступником голови.

2007 року мені було присвоєно наукове звання професора по кафедрі ЗПФ.

2009 року мене було включено до складу Експертної ради Міністерства з матеріалознавства замість професора університету Миколи Тимофійовича Гладких, видатного вченого в галузі фізики тонких плівок та електронної мікроскопії, який припинив своє членство в раді за станом здоров'я.

2009 року мене було запрошено в якості експерта МАГАТЕ до участі в технічному комітеті з питання «Розробка навчального плану з ядерної фізики та енергетики», Відень, Австрія.

2009 року мене було нагороджено знаком Міністерства освіти і науки «За наукові досягнення».



Фото 16. Диплом лауреата Премії НАНУ імені К.Д. Синельникова

ня університету.

У січні 2010 року мене було запрошено в якості експерта МАГАТЕ до участі в роботі місії допомоги в МІФІ з питання «Управління та збереження знань в технічних університетах», Москва, Російська Федерація. Мене було нагороджено Почесною грамотою НАНУ та Центрального комітету профспілки працівників НАНУ за багаторічну плідну наукову та педагогічну діяльність, значний внесок у підготовку висококваліфікованих кадрів, зміцненні творчої інтеграції вищої школи та науки, а також у зв'язку з 205-ю річницею від дня заснуван-

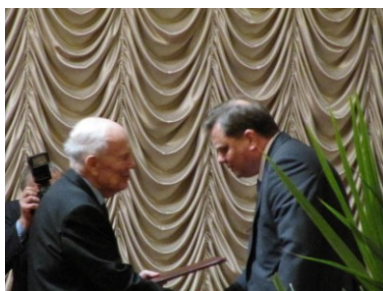


Фото 17. Президент НАНУ Б.Є. Патон вручає диплом лауреата премії НАНУ імені

К.Д. Синельникова

У травні 2010 року мені було присуджено Премію НАНУ імені К.Д. Синельникова (фото 16, 17) за цикл робіт «Взаємодія випромінювання та потоків частинок з матеріалами в енергетичних установках» у складі колективу, до я кого також увійшли М.О.Азаренков (фото 18) та нині директор Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій ННЦ ХФТІ, доктор фіз.-мат. наук, професор Віктор Миколайович Воеводін (фото 19).

* * *



Фото 18. Микола
Олексійович Азаренков

Азаренков Микола Олексійович народився 15 грудня 1951 року на Харківщині в селі Муравлінка Нововодолазького району. Після закінчення Староверівської середньої школи вступив на ФТФ Харківського державного університету, який закінчив із відзнакою 1976 року по кафедрі фізики плазми. Микола Олексійович першим зі свого випуску 1980 року захистив кандидатську, а 1991 року - докторську дисертації. Науковим керівником кандидатської та науковим кон-

сультантом докторських дисертацій М.О. Азаренкова був Заслужений професор ХНУ імені В.Н. Каразіна, лауреат премії ім. К.Д.Синельникова НАН України, професор Кондратенко А.М.

З 1983 р. М.О. Азаренков працює асистентом, з 1987 р. - доцентом (учене звання доцента одержав 1989 р.), з 1992 р. - професором КЗПФ (учене звання професора одержав 1994 р.). 1996

року М.О. Азаренков обраний за конкурсом завідувачем кафедрою матеріалів реакторобудування. Того ж 1996 року він обраний деканом ФТФ. Працюючи на цій посаді, взяв активну участь у створенні нових для університету факультетів комп'ютерних наук і фізико-енергетичного, а також у створенні нової для університету структури - Інституту високих технологій, що об'єднала три факультети. Він став першим директором цього інституту. Брав участь у створенні Академічного науково-освітнього комплексу (АНОК) "Ресурс". При його активній участі створений Інноваційний центр університету. Зараз він представляє інтереси університету в технопарку "Слобожанський" і технополісі "П'ятихатки".

2005 року він призначений проректором університету з інноваційної роботи.

2006 року його обрано членом-кореспондентом НАН України.

2008 року йому присвоєно почесне звання "Заслужений професор Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна".

У співавторстві з колегами він опублікував понад 20 науково-методичних розробок і монографій, серед яких посібник-довідник "Прикладна фізика" в 2-х томах, навчальні посібники: "Елементарні процеси в газорозрядній плазмі", "Вступ до оптики заряджених частинок", "Нелінійні ефекти в пучково-плазмових системах", "Хвильові структури в нерівноважній плазмі", "Ядерно-фізичні методи в радіаційному матеріалознавстві", "Корозія та захист металів. Хімічна корозія металів", "Сучасні конструкційні матеріали-композити", "Фазові рівноваги та діаграми стану", "Структура й властивості захисних покриттів і модифікованих шарів матеріалів", "Основи нанотехнологій і наноматеріалів", "Інженерія вакуумно-плазмових покриттів" і т.д. Ним підготовлено 10 кандидатів і чотирьох докторів наук.

Міністерство освіти і науки України неодноразово залучало М.О. Азаренкова як експерта по напрямках "Прикладна фізика"

та "Фізика", багато років він працював в експертній раді ДАК України по природничих науках. Зараз він є членом Координаційного комітету з виконання державних угод між Україною і Європейським Союзом про співробітництво в сфері атомної енергетики в галузі керованого термоядерного синтезу, членом ради Державного фонду фундаментальних дослідженнях, віцепрезидентом Українського фізичного товариства, членом секції фізики комітету з державних премій у галузі науки й техніки, членом наукової ради "Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології", членом експертної ради з загальної фізики МОНМС України, членом ради з фізики плазми та плазмової електроніки НАН України.

Азаренков М.О. є головним редактором Вісника Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія "Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи керування", заступником головного редактора Вісника університету, серія фізична "ядра, частинки, поля" і журналу "Фізична інженерія поверхні", членом редколегії журналу "Проблеми атомної науки і техніки" (серії: фізика плазми; вакуум, чисті матеріали, надпровідники) і т.д. Він є постійним учасником так званих Коллонтаєвських нарад-семінарів, присвячених проблемам співробітництва України і Росії в галузі ядерної енергетики, які проводяться під егідою НАН України та РАН, НА-ЭК Энергоатом, корпорації Росатом і ТВЭЛ.

Він опублікував у співавторстві близько 500 наукових праць. Серед цих робіт слід відзначити 6 оглядів по фундаментальних проблемах електродинаміки обмеженої плазми, матеріалознавства і технологій, які надруковані в журналах "Успехи физических наук", "Известия Вузов. Радиофизика", "Physics Reports" тощо.

М.О. Азаренков нагороджений відзнаками МОН України "Відмінник освіти України" (2000 р.) та "За наукові досягнення" (2010 р.). 2002 року йому було присвоєно звання "Заслужений діяч науки і техніки України". 2005 року він нагороджений По-

чесною грамотою президії НАН України, а 2010 року - відзнакою НАН України "За наукові досягнення". 2010 року йому присуджено премію НАН України ім. К.Д. Синельникова.

* * *

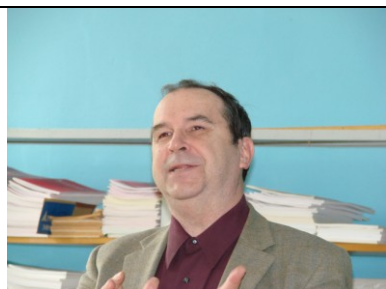


Фото 19. Віктор
Миколайович Воєводін

* * *

У вересні 2010 року мене було запрошено в якості експерта МАГАТЕ до участі в робот технічного комітету з питання «Системи освіти та підвищення кваліфікації для ядерної енергетики», Упсала, Королівство Швеція.

2010 року з моєї ініціативи за підтримки ректора, члена-кореспондента АПН та члена-кореспондента НАНУ Віля Савбановича Бакірова університет було прийнято до Асоціації Європейської мережі ядерної освіти, і мене було призначено офіційним представником університету в цій організації.

Восени 2010 року мене було визнано переможцем 12-го обласного конкурсу «Вища школа Харківщини – кращі імена» у номінації «декан».

2010 року в університетському видавництві вийшов навчальний посібник із грифом міністерства «Лекції з курсу фізики «Механіка та молекулярна фізика» для студентів природничих факультетів» обсягом 296 с., який ми підготували до друку разом із братом В. Гіркою.

11 лютого 2011 Євген Олегович Казаков (фото 20) захистив під моїм науковим керівництвом кандидатську дисертацію «Вплив інтерференційних ефектів на конверсію швидких магнітозвукових хвиль при високочастотному нагріванні плазми». Ця дисертація починалась із магістерської дипломної роботи «Поширення швидких магнітозвукових хвиль у неоднорідній плазмі в режимі трансформації мод», який він захистив у лютому 2007 року. До цієї дисертації увійшло шість статей, які він написав у співавторстві зі мною. Євген – дуже здібний науковець. Сподіваюсь, його чекає ще чимало цікавих фізичних задач. Головну роль у підготовці цієї дисертації, крім власне, Євгена, відіграв доцент І.В. Павленко.

* * *

Є.О. Казаков народився 11 листопада 1984 року в м. Харкові. Дисертацію Є.О. Казакова «Вплив інтерференційних ефектів на конверсію швидких магнітозвукових хвиль при високочастотному нагріванні плазми» було присвячено вивченню способів підвищення ефективності іонного циклотронного резонансного нагрівання (ICRH) в сучасних токамаках. Після захисту дисертації він продовжив подальшу співпрацю з експертами у галузі ICRH з бельгійської асо-



Фото 20. Євген
Олегович Казаков

ціації Євратом. 2009 року йому було надано грант FUSION-EP Erasmus Mundus для проведення наукових досліджень протягом трьох місяців у ULB, Бельгія. Під час цього візиту ним було розвинуто теорію конверсії мод у плазмі з високим рівнем домішок, яку було успішно застосовано для аналізу експериментів із ICRH на найбільшому сучасному токамаку JET. Із жовтня 2011 року Є.О. Казаков обіймає посаду PostDoc у Технологічному університеті Чалмерса (Chalmers University of Technology), Гетеборг, Швеція. Його призначено контактною особою від Шведської асоціації Євратом з робочою групою EFDA A11 "Поводження з металевими компонентами, які контактують із плазмою, включаючи потужне ICRH". Він бере активну участь у дослідженнях у галузі ICRH, які ведуться в ЄвроСоюзі.

* * *

2011 року мене було запрошено в якості експерта МАГАТЕ до участі в робот координатійного комітету з питання «Радіаційна інженерія наноструктур», Варшава, Республіка Польща.

2011 року і видавництві «Основа» вийшла збірка анонсів виступів учених ННЦ ХФТІ та ФТФ на засіданнях районних та обласного методоб'єднань учителів фізики, а також перед старшокласниками шкіл м. Харків, а також Харківської, Запорізької області обсягом 216 с. Збірку було підготовлено під загальною редакцією директора Інституту теоретичної фізики імені О.І. Ахієзера ННЦ ХФТІ академіка НАНУ Миколи Федоровича Шульги, а також моєю. Назвою збірка завдячує одному з авторів – глибокому вченому, блискучому лектору, доктору фізико-математичних наук Юрію Львовичу Болотіну, чий виступ називається «Космологія для пішоходів». Цю збірку було видано в «Бібліотеці журналу «Фізика в школах України»; Вип. 3(87). Цей проект було ініційовано академіком М.Ф. Шульгою, який за сумісництвом працює професором ФТФ. Спочатку науковці ННЦ ХФТІ та ФТФ просто неодноразово виступали перед різними аудиторіями з метою популяризації фізики. А потім М.Ф. Шульга запропонував мені зібрати ці виступи у вигляді анонсів і видати. На-

разі майже готова до передачі до видавництва наступна збірка.

2009 року доцент кафедри експериментальної ядерної фізики (КЕЯФ) ФТФ Валерій Дмитрович Афанасьєв (фото 20) видав російською мовою навчальний посібник "Рассеяние электронов и структура ядра", -Х., ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Пригадую, В.Д.Афанасьєв був куратором нашої студентської групи на першому курсі у 19798 році. Добре пам'ятаю, як він доброзичливо радив нам працювати (навчатися) щодня, не запускати навчальний матеріал. Він заспокоював нас: першу сесію на фізико-технічному факультеті слід скласти, просто скласти – і це вже слід розглядати як успіх. Це було слухне зауваження. На факультеті тоді збирали і тепер збирають талановиту молодь з усієї України. У себе в школі всі хлопці були найкращими учнями, а на факультеті виявлялось, що існують іще сильніші – для багатьох це було серйозним моральним випробовуванням. Зі мною в одній групі навчався його син Андрій, з яким у мене також збереглися добрі стосунки. Зараз Андрій працює професором в університеті Джорджа Вашингтона в місті Вашингтон, США, а також співпрацює з Національною лабораторією імені Джефферсона. Тоді перший проректор університету з наукової роботи, він же – завідувач КЕЯФ, член-кореспондент НАНУ Ілля Іванович Залюбовський дав дуже високу оцінку цьому навчальному посібнику. І я запропонував В.Д. Афанасьєву видати посібник під грифом міністерства. Але він мені поскаржився, що перекласти на українську мову вже не візьметься. Я знав, що насправді у В.Д. Афанасьєва з мовою не так то вже й погано, і я запропонував йому співпрацю. Я переклав навчальний посібник. У багатьох місцях запропонував інші редакції матеріалу: автору часто викладений ним матеріал здається зрозумілим, бо він читає не те, що написано, а те, що має бути написано, що він хотів написати. У багатьох місцях я просив і В.Д. Афанасьєв переробляв матеріал. В окремих місцях він сам помітив неточності в описі явищ. Для видання з грифом я запропонував і за згодою В.Д. Афанасьєва додав предметно-іменний покажчик. Наприкінці роботи над посібником Валерій Дмитрович уже сам досить

пристойно писав нові абзаци рідною мовою. Зрештою, посібник здобув гриф міністерства, і 2011 року його було видано у такому вигляді: Розсіяння релятивістських електронів ядрами: навч. посіб./ – Афанасьєв В. Д., Гірка І. О. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. – 240 с. Рецензії на посібник надали завідувач кафедри ядерної фізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор фізико-математичних наук, професор Ігор Миколайович Каденко; доктор фіз.-мат. наук, професор Олександр Вікторович Шебеко; начальник лабораторії ІЯФВЕ, ННЦ ХФТІ, кандидат фіз.-мат. наук Олександр Юрійович Букі. Навчальний посібник знайомить студентів з основами фізики пружного та непружного розсіяння релятивістських електронів атомни



Фото 20. Валерій
Дмитрович Афанасьєв

ми ядрами, а також із будовою експериментального комплексу та принципами роботи його окремих вузлів. Детально обговорюються особливості вимірюваних енергетичних спектрів, які обумовлені іонізаційними та радіаційними втратами енергії електронів у речовині мішені. Виводяться формули для виходів розсіяних електронів з мішені скінченної товщини. Книга містить велику кількість ілюстрацій, задачі і таблиці. У додатку наведено низку прикладів апроксимації результатів експерименту модельними кривими, в яких використо-

вуються комп'ютерні системи “MathCad” і “Mathematica”. Посібник розрахований на студентів і аспірантів, які спеціалізуються в галузі експериментальної ядерної фізики.

* * *

Афанасьєв Валерій Дмитрович народився 1938 року в м. Харків. Вищу освіту здобув у Харківському державному університеті ім. О.М. Горького, де закінчив ядерне відділення фізичного факультету 1960 року і був запрошений на роботу на кафедру експериментальної ядерної фізики на посаду асистента. З вересня 1965 року - аспірант тієї ж кафедри. Після захисту дисертації на тему „Електрозбудження колективних станів в ізотопах нікелю та цинку" у січні 1970 року - доцент кафедри. Протягом багатьох років читає курси лекцій «Фізика ядра і ядерні реакції», «Електромагнітні взаємодії ядер», «Фізика радіаційних ушкоджень». Автор і розробник віртуальної навчальної лабораторії по темі «Розсіяння релятивістських електронів ядрами». Автор і співавтор понад ста наукових публікацій у галузі фізики ядра та фізики радіаційних ушкоджень.

* * *

2010 року після того, як було завершено роботу над навчальним посібником у співавторстві з В.Д. Афанасьєвим, до мене звернувся заступник завідувача КЕЯФ доцент Євген Степанович Шматко (фото 21) із пропозицією увійти до творчого колективу і підготувати навчальний посібник із проходження випромінювання крізь речовину. Великий патріот ФТФ, університету та України, він народився в Росії: українську розумів, але не писав нею. 2011 року цей посібник здобув гриф міністерства, і зараз він перебуває у видавництві університету, отже, вийде найближчим часом у вигляді: Проходження іонізуючих випромінювань крізь речовину : навчальний посібник для студентів спеціальності «Експериментальна ядерна фізика і фізика плазми» / Є. С. Шматко, І. О. Гірка, В. М. Карташов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2011. – 129 с. Рецензію на посібник дали М. Ф. Шульга; І. М. Каденко; а також завідувач кафедри моделювання систем і технологій Харківського університету, доктор фізикоматематичних наук Валентин Тимофійович Лазурик. Навчальний посібник адресовано студентам університетів України спе-

ціальності "Експериментальна ядерна фізика і фізика плазми". В ньому розглянуто електромагнітні процеси взаємодії заряджених частинок і рентгенівського та гамма-випромінювань із аморфною речовиною, наведено низку задач із розв'язанням за матеріалами посібника. Вважаю ці два посібники значним внеском викладачів ФТФ до справи збереження ядерних знань в Україні.

* * *



Фото 21. Євген
Степанович Шматко

Євген Степанович Шматко 1966 року закінчив фізико-технічний факультет (ФТФ) Харківського державного університету (ХДУ) імені О. М. Горького. 1971 року здобув Державну премію України в галузі науки і техніки. 1978 року захистив кандидатську дисертацію зі спеціальності "Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій". Працює на кафедрі експериментальної ядерної фізики (КЕ-ЯФ) із 1967 року, викладає з 1980 року. Вчене звання

доцента здобув 1990 року. За 30 років педагогічної діяльності викладав курси лекцій "Фізика космічних променів", "Електронна оптика", "Радіаційна безпека", "Дозиметрія іонізуючих випромінювань", "Методи експериментальної ядерної фізики", "Проходження іонізуючих випромінювань крізь речовину", "Фізика ядерних реакторів", проводив заняття з лабораторного практикуму "Дозиметрія іонізуючих випромінювань". Автор 38 статей у реферованих жу-

рналах. Нагороджений Міністерством освіти і науки України (МОН) знаком "Відмінник освіти України" (2004 р.).

* * *

2011 року у видавництві університету вийшла наша з братом В. Гіркою монографія «Теорія азимутальних поверхневих хвиль» обсягом 234 с. Рецензії на монографію надали директор Інституту радіофізики та електроніки НАНУ, академік НАНУ Володимир Мефодійович Яковенко, а також заступник директора Інституту прикладної фізики НАНУ, м. Суми, член-кореспондент НАНУ Валентин Іванович Мірошніченко. В монографії Викладено теорію збудження, загасання та поширення електромагнітних хвиль поперек осі симетрії циліндричних металевих хвилеводів із плазмовим наповненням. Досліджено частотні спектри та просторовий розподіл полів цих хвиль у хвилеводах різної конструкції, враховано неоднорідність плазми та зовнішнього магнітного поля, проаналізовано вплив на ці характеристики хвиль відмінності перерізу плазми та стінки хвилеводу від кола, протікання аксіального електричного струму у плазмі, наявності малих аксіальних хвильових чисел. Проаналізовано взаємодію цих хвиль із кільцевими пучками електронів та можливості підтримання цими хвилями газових розрядів. Монографію розраховано на студентів магістерської підготовки, аспірантів та науковців, які спеціалізуються в галузі фізики плазми, радіофізики, електродинаміки неоднорідних середовищ. До неї увійшли результати теоретичних досліджень, що виконувалися на КЗПФ протягом понад двадцяти років. Ця монографія узагальнює дослідження, які свого часу склали матеріал кількох докторських дисертацій.

2011 року я здійснив свій давній задум, що його ініціював виступ одного з моїх опонентів на захисті докторської дисертації Є.Д. Волкова. Він тоді, 2004 року, порадив мені написати монографію про локальний альфвенівський резонанс: його тонку структуру та поглинання в ньому електромагнітної потужності. І от під час літньої відпустки 2011 року я нарешті підготував таку

монографію у вигляді: Тонка структура локального альфвеніського резонансу в періодично неоднорідній плазмі термоядерних пасток / Гірка І.О. – Харків: Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 182 с. Рецензію на монографію надали: директор Інституту теоретичної фізики імені М. М. Боголюбова НАНУ, м. Київ, академік НАНУ А.Г. Загородній та провідний науковий співробітник Інституту ядерних досліджень НАНУ, м. Київ, доктор фізико-математичних наук Юрій Володимирович Яковенко. У цій монографії викладено методику розв'язання задачі про просторовий розподіл електромагнітних хвиль і поглинання електромагнітної потужності в околі локального альфвеніського резонансу з послідовним урахуванням численних реальних факторів, які можуть впливати на зазначені хвильові процеси: зіткнення між частинками плазми, скінченність інерції електронів, скінченність ларморового радіусу, стрикція, періодична (гвинтова) неоднорідність плазми в стеллараторі, квадратична залежність густини плазми від координати, кінетична іонна циклотронна турбулентність. Монографію призначено для студентів магістерської підготовки, аспірантів та науковців, які спеціалізуються в галузі фізики плазми, радіофізики, електродинаміки неоднорідних середовищ. Монографію здано до видавництва, отже, я сподіваюсь, що її буде видано в 2012 році.

Список наукових статей із фізики плазми та керованого термоядерного синтезу

1. Гірка І.А., Степанов К.Н. *Собственные магнитозвуковые колебания неоднородного плазменного цилиндра*// Доклады АН УССР, 1988, сер. А, № 7, с. 61-65.
2. Гірка І.А., Степанов К.Н. *О влиянии азимутального магнитного поля на спектры магнитозвуковых колебаний плазменного цилиндра*// Доклады АН УССР, 1990, сер. А, № 3, с.66-71.
3. Гірка І.А., Степанов К.Н. *Поглощение и конверсия длинноволновых БМЗВ в области локального резонанса в периферийной плазме*// Украинский физический журнал 1990, т. 35, № 11, с. 1680-1688.

4. Гирка И.А., Степанов К.Н. *Влияние тороидальности и эллиптичности плазменного шнура на спектры МГД волн*// УФЖ, 1991, т.36, № 7, с. 1051-1058.
5. Гирка И.А., Степанов К.Н. *МГД колебания плазмы в гофрированном магнитном поле*// УФЖ, 1992, т.37, № 1, с. 69-75.
6. Гирка И.А., Лапшин В.И., Степанов К.Н. *Нагрев плазмы вблизи сателлитных альфвеновских резонансов в ловушках с гофрированным магнитным полем*// Физика плазмы, 1994, т. 20, № 11, с. 1020- 1027.
- Girka I.O., Lapshin V.I., Stepanov K.N. *Plasma Heating near Satellite Alfvén Resonances in Confinement Systems with a Rippled Magnetic Field*// Plasma Physics Reports. – 1994. - vol. 20, No. 11. - p. 916-922.
7. Гирка И.А., Лапшин В.И., Степанов К.Н. *Нагрев плазмы вблизи сателлитных альфвеновских резонансов в стеллараторе*// Физика плазмы, 1997, Т. 23, № 1, с.23-31.
- Girka I.O., Lapshin V.I., Stepanov K.N. *Plasma heating near satellite Alfvén resonances in stelalrators*// Plasma Physics Reports. - 1997. - vol. 23, No. 1. - p. 19-27.
8. Гирка И.А., Лапшин В.И., Степанов К.Н. *Расщепление спектров МГД колебаний плазмы в гофрированном магнитном поле*// Физика плазмы, 1998, Т. 24, № 11, с.1015- 1022.
- Girka I.O., Lapshin V.I., Stepanov K.N. *Splitting of the Spectra of MHD Plasma Oscillations in a Rippled Magnetic Field* // Plasma Physics Reports. - 1998. - vol. 24, No. 11. - p. 948-955.
9. Girka I.O., Lapshin V.I. *Turbulent plasma heating in satellite Alfvén resonances in devices with bumpy magnetic field*// Progress in Astronautics & Aeronautics. - 1998. - Vol. 182, # 63. - P.887-897.
10. Girka I.O., Kasilov S.V., Lapshin V.I., Stepanov K.N. *Enhancement of RF power absorption within the local Alfvén resonance when the density profile differs from the linear one (maximum or inflection point)*// Problems of Atomic Science and Technology. - Series: Plasma Physics. – 1999. - No. 1,2. - NSC "Kharkov Institute of Physics & Technology". - p.148-150.
11. Гирка И.А., Ковтун П.К. *Влияние винтовой неоднородности*

удерживающего магнитного поля на собственные МГД колебания в прямом стеллараторе// Физика плазмы, 2000, том 26, № 1, с.36-43.

Girka I.O., Kovtun P.K. *Effect of the helical nonuniformity of the confining magnetic field on the MHD eigenmodes in straight stellarators*// Plasma Physics Reports. – 2000. - vol. 26, No. 1. - p. 33-40.

12. Гирка И.А. *Расщепление спектров МГД колебаний и структура сателлитного альфвеновского резонанса в холодной плазме, находящейся в сильном аксиальном магнитном поле и малом поле, обладающем винтовой симметрией*// Физика плазмы, 2000, том 26, № 9, с.824-832.

Girka I.O. *Splitting of the spectra of MHD waves and the structure of a satellite Alfvén resonance in a cold plasma in a strong axial magnetic field and weak helical field*// Plasma Physics Reports. – 2000. - Vol. 26, No. 9. - p. 772-780.

13. Girka I.O., D'yakov V.Ye., Yegorenkov V.D. (фото 22), Stepanov K.N. *Magnetohydrodynamic wave spectra in large tokamaks with noncircular cross section of magnetic surfaces*// Problems of Atomic Science and Technology. NSC «Kharkov Institute of Physics & Technology». - 2000. - No.6. Series: Plasma Physics. - p. 60-61.

* * *



Фото 22. Володимир
Дмитрович Єгоренков

Єгоренков Володимир
Дмитрович. Народився
23 квітня 1944 року у м.

Кам'янець-Подільський
Хмельницької області. З
вересня 1958 по червень
1962 року навчався у
Кам'янець-Подільському
індустріальному техні-
кумі за напрямом «Елек-
трообладнання промис-
лових підприємств»,
здобув спеціальність
«технік-електрик» і був
направлений на роботу
до м. Кривий Ріг, де з
серпня 1962 по серпень
1963 працював монтаж-
ником СУ-454 тресту
«Дніпроелектромонтаж».

У серпні 1963 року вступив до Харківського інституту гірничого машинобудування, автоматики та обчислювальної техніки на факультет автоматики та телемеханіки, а після закінчення першого курсу був переведений на другий курс ФТФ Харківського державного університету ім. О.М.Горького (ХДУ), який закінчив у грудні 1968 року з відзнакою і здобув кваліфікацію «фізик-інженер».

З лютого 1969 по серпень 1971 року працював старшим лаборантом у Сухумському фізико-технічному інституті. З вересня 1971 по серпень 1974 року навчався в аспірантурі ХДУ. Мені надзвичайно пощастило, що моїм науковим керівником, як дипломної роботи, так і кандидатської, був майбутній член-кореспондент НАН України, доктор фіз.-мат. наук, професор К.М. Степанов. Він також пізніше був моїм консультантом по докторській роботі.

У жовтні 1974 року успішно захистив кандидатську дисертацію під назвою «Стійкість та турбулентність неоднорідної анізотропної плазми скінченного тиску». З 1974 по 1978 рік працював у спеціальному конструкторському бюро радіоізотопної апаратури молодшим науковим співробітником (м. Харків). З вересня 1978 працював у ХДУ старшим науковим співробітником лабораторії плазових технологічних процесів ФТФ. 1989 року отримав звання старшого наукового співробітника. 1992 року захистив докторську дисертацію на тему «Вплив кінетичних ефектів на спектри електромагнітних коливань, нестійкість та турбулентність неоднорідної анізотропної плазми скінченного тиску». З 1992 року обіймав посаду доцента, а з 1994 року – професора кафедри експериментальної фізики фізичного факультету університету.

Напрями роботи – фізика плазми та газового розряду, лекційний демонстраційний експеримент при викладанні загального курсу фізики. Читаю курс лекцій із загальної фізики української мовою, веду практичні та лабораторні заняття. 2003 року отримав звання доцента, а 2004 – професора кафедри експериментальної фізики.

Я є членом спеціалізованих рад із захисту докторських дисертацій з фізики плазми та теоретичної фізики, членом редколегії журналу «Фізична інженерія поверхні», неодноразово виборював міжнародні гранти. У 2002 році на запрошення зарубіжних колег читав лекції в університетах Гунма (Кірю, Японія), Тогоку (Сендаї, Японія) та інших.

Маю понад 170 наукових та навчально-методичних публікацій як у вітчизняних, так і у закордонних виданнях, та є співавтором 5 авторських свідоцтв на винаходи. Підготував 1 кандидата наук та консультував 1 доктора наук зі спеціальності «фізика плазми».

І. Гірка: «Володимир Дмитрович є моїм співавтором в одній науковій статті. Він був науковим керівником кількох проектів Державного фонду фундаментальних досліджень, в яких я був

відповідальним виконавцем. Він був учасником проектів НТЦУ, якими я керував. Він є людиною енциклопедичних знань: я неодноразово звертався до нього по консультації при проведенні наукових досліджень і завжди отримував цінні поради, про що згадано у відповідних наукових статтях.»

* * *

14. Girka I.O. *Resonant influence of steady magnetic field ripples on the structure of the local Alfvén resonance* // CPP. – 2001. - Vol.41, No.1. - p. 33-44.

15. Girka I.O., Rutkevich P.P. *Small scale Alfvén waves in the region of maximum (minimum) at the density radial profile between two local Alfvén resonances*// The Journal of Kharkiv National University. No.529. Physical Series “Nuclei, Particles, Fields”. Issue 3 (15). 2001. Pp.43-46.

16. Girka I.O. *Fine structure of the local Alfvén resonances in cold plasma placed in bumpy magnetic field*// CPP. – 2002. - Vol. 42, No. 5. – p. 476-497.

17. Girka I.O., Lapshin V.I. *Helicity resonant influence on the local Alfvén resonance structure in straight stellarators*// Journal of Plasma Physics. – 2002. – Vol. 68, part 4. – p. 257 - 265.

18. Girka I.O., Lapshin V.I., Schneider R. *Resonant influence of helicity on Alfvén heating of plasma in stellarators*// Plasma Physics and Controlled Fusion. – 2003. – Vol. 45. – p. 121–132.

* * *



Фото 10. Ральф Шнайдер

Професор доктор Ральф Шнайдер працював після захисту PhD дисертації 1989 року на позиціях PostDoc і старшого наукового співробітника в МРІРР в Гархінгу в галузі з моделювання взаємодії плазми зі стінкою в пристроях КТС. Після переїзду до нової філії інституту в Грайфсвальді він обіймав посаду начальника молодшої наукової групи Асоціації Хельмгольца "Обчислювальні науки" з 01.01.2005 до 31.12.2009,

суміщаючи її з позицією професора (W2) в Інституті фізики Ernst-Moritz-Arndt університету в Грайфсвальді. З 01.01.2010 він повністю перейшов на цю посаду професора. На своїй університетській посаді він почав багато проектів у галузі "Обчислювальних наук", які включають дослідження низькотемпературної плазми, в тому числі пилову плазму та її застосування, наприклад, в іонних двигунах, медичну фізику (ЯМР аналізу і рух зубів), а також фізику спорту (аналіз траєкторій у настільному тенісі). Його запрошено на позицію W3 професора за спеціальністю "Обчислювальні науки" в Ernst-Moritz-Arndt університеті в Грайфсвальді в січні 2011 року. Його особливий інтерес полягає в багато масштабному моделюванні з використанням набутого досвіду та інструментів також і в галузі нефізичних проблем, наприклад, перенесення відкладень у Балтійському морі.

* * *

19. Беляев Н.Р., Гирка И.А., Грицина В.Т. *Влияние аксиальной периодической неоднородности удерживающего магнитного*

поля на альфвеновский нагрев цилиндрической плазмы// Физика плазмы. 2003, т. 29, № 5, с. 432-439.

Belyaev N.R., Girka I.O., Gritsyna V.T. *Effect of the Periodic Ripple in an Axial Confining Magnetic Field on the Alfvén Heating of a Cylindrical Plasma* // Plasma Physics Reports, 2003, vol. 29, No. 5, p. 399-406.

20. Гирка И.А., Руткевич П.П. *Мелкомасштабные альфвеновские колебания плазмы, локализованные вблизи вершины максимума (минимума) возмущения радиального профиля плотности конечной высоты (глубины)*// Физика плазмы. 2003, т. 29, № 6, с. 501-507.

Girka I.O., Rutkevich P.P. *Small-Scale Alfvén Waves Localized near an Extremum in the Finite-Amplitude Perturbation of the Radial Plasma Density Profile* // Plasma Physics Reports, 2003, vol. 29, No. 6, p. 466-472.

21. Girka I.O. *The reversed effect of the electromagnetic wave spatial multimodality on Alfvén wave heating in helical magnetic field*// Physica Scripta. 2006, vol. 73, issue 5, p. 490-498.

22. Kazakov Ye.O., Pavlenko I.V., Weyssow B., Girka I.O. *Enhanced mode conversion in fusion discharges with large concentration of the minority ions*// Ukrainian Physical Journal. 2008. Vol. 53, No. 5, p. 443-450.

23. Kazakov Ye.O., Pavlenko I.V., Weyssow B., Girka I.O. *Fast Alfvén wave propagation in multicomponent nonuniform plasmas*// Problems of Atomic Science and Technology, NSC "Kharkov Institute of Physics & Technology", 2008, No. 4, Series: Plasma Electronics and New Methods of Acceleration, (6), p. 99-103.

24. Kazakov Ye.O., Pavlenko I.V., Weyssow B., Girka I.O. *Fast wave mode conversion in multicomponent nonuniform plasmas*// Problems of Atomic Science and Technology. 2008. № 6. Series: Plasma Physics (14), p. 49-51.

25. Kazakov Ye.O., Pavlenko I.V., Girka I.O. *Propagation of the Fast Magnetosonic Wave through the Generalized Budden Barrier*// Problems of Atomic Science and Technology. 2010. № 4. Series: Plasma Electronics and New Methods of Acceleration (7), p. 90-93.

26. Ye.O. Kazakov, I.V. Pavlenko, D. Van Eester, B. Weyssow, I.Girka. *Enhanced ICRF mode conversion efficiency in plasmas with two mode conversion layers*// Plasma Physics and Controlled Fusion, 2010, Vol. 52, No. 11, 115006, doi: 10.1088/0741-3335/52/11/115006.
27. Ye.O. Kazakov, D. Van Eester, E. Lerche, I.V. Pavlenko, B. Weyssow, I.Girka and JET EFDA Contributors. *ICRF heating of hydrogen plasmas with two mode conversion layers*// Problems of Atomic Science and Technology, 2010, No. 6, Series: Plasma Physics (16), pp. 37-39.

Список наукових статей із плазмової електроніки

28. Гирка В.А., Гирка И.А., Кондратенко А.Н., Ткаченко В.И. *Азимутальные поверхностные моды магнитоактивных плазменных волноводов*// Радиотехника и электроника, 1988, т.33, № 5, с.1031-1035.
- Girka V.O., Girka I.O., Kondratenko A.N., Tkachenko V.I. *Azimuthal Surface Waves of Magnetoactive Plasma Waveguides*// Soviet Journal of Communications Technology and Electronics (SJCTE). - 1988. - Vol. 33, No. 8. - p. 37-41.
29. Гирка В.А., Гирка И.А., Кондратенко А.Н., Ткаченко В.И. *Азимутальные поверхностные волны на границе магнитоактивной плазмы с металлом*// Радиотехника и электроника, 1989, т.34, N 2, с.296-299.
- Girka V.O., Girka I.O., Kondratenko A.N., Tkachenko V.I. *Azimuthal Surface Waves at the boundary Between a Magnetoactive Plasma and a Metal*// SJCTE. - 1989. - Vol. 34, No. 4. - p. 96-99.
30. Гирка В.А., Гирка И.А., Кондратенко А.Н., Ткаченко В.И. *Азимутальные поверхностные моды изотропных плазменных волноводов*// Радиотехника и электроника, 1989, т.34, № 7, с. 1527-1529.
- Girka V.O., Girka I.O., Kondratenko A.N., Tkachenko V.I. *Azimuthal Surface Modes of Isotropic Plasma Waveguides*// SJCTE. - 1989. - Vol. 34, No. 15. - p. 103-105.

* * *



Фото 16. Віктор
Іванович Ткаченко

Віктор Іванович Ткаченко народився 1952 року. 1969 року закінчив політехнічну загальноосвітню середню школу № 1 в м. Сніжне Донецької області і вступив на ФТФ Харківського держуніверситету ім. О.М.Горького. В 1974-1975 р.р. проходив дипломну практику в ХФТІ, у відділі А.О. Калмикова (лабораторія Р5). У лютому 1975 р. закінчив з відзнакою кафедру фізики плазми ФТФ. Того ж року вступив до аспірантури ХДУ за спеціальністю 01.04.08 - "фізика і хімія плазми", а 1979

року захистив дисертацію на здобуття ступеня кандидата фіз.-мат. наук по темі "К теории диссипативных и параметрических неустойчивостей в неравновесной ограниченной плазме" під науковим керівництвом А.М. Кондратенка. З 1978 р. по 1990 р. працював на ФТФ, спочатку на посаді м.н.с., а потім – с.н.с. 1990 року вступив до докторантури за тією самою спеціальністю, яку закінчив 1993 року захистом дисертації на здобуття наукового ступеня доктора фіз.-мат. наук по темі "Теория нелинейных волновых процессов в неравновесной плазме и гидродинамике".

З 1994 р. по 1997 р. працював на посаді заступника директора з наукового маркетингу Наукового фізико-технологічного центра Міністерства освіти і НАН України. З 1997 р. по 2001 р. працював на посаді директора науково-виробничої корпорації "П'ятихатки", основним засновником якої був ННЦ ХФТІ. З 2001 р. по 2002 р. працював у ННЦ ХФТІ на посаді провідного наукового співробітника. На теперішній час працює на посаді

директора науково-виробничого комплексу "Поновлювані джерела енергії та ресурсозберігаючі технології" ННЦ ХФТІ.

З 2008 р. В.І. Ткаченко очолює (за сумісництвом) кафедру фізики нетрадиційних енерготехнологій і екології фізико-енергетичного факультету університету.

В.І. Ткаченко є співавтором близько 200 наукових публікацій, серед яких 8 патентів на винахід.

Коло наукових інтересів: альтернативна енергетика, надкритина флюїдна екстракція, фізика твердого тіла, фізика плазми, плазмова електроніка, гідромеханіка, нелінійна фізика.

* * *

31. Гирка В.А., Гирка И.А. *Влияние неоднородности плазмы на спектры азимутальных поверхностных волн*// Изв.вузов. Радиофизика, 1990, т.33, № 4, с.516-517.

Girka V.O., Girka I.O. *Influence of plasma inhomogeneity on the spectra of azimuthal surface waves*// Radiophysics and Quantum Electronics. – 1990. – Vol. 33, No. 4. – p. 516-517.

32. Гирка В.А., Гирка И.А., Олефир В.П., Ткаченко В.И. *Генерация электромагнитных волн кольцевыми РЭП*// Письма в ЖТФ, 1991, т.17, вып. 1, с.87-91.

Girka V.O., Girka I.O., Olefir V.P., Tkachenko V.I. *Generation of electromagnetic waves with an annular relativistic electron beam*// Soviet Technical Physics Letters. – 1991. - Vol. 17, No. 1. - p. 35-36.

33. Гирка В.А., Гирка И.А. *Азимутальные поверхностные волны в неоднородном плазменном цилиндре*// Изв. Вузов. Радиофизика, 1991, т. 34, N 4, с.386 - 391.

Girka V.O., Girka I.O. *Azimuthal surface waves in a nonuniform plasma cylinder*// Radiophysics and Quantum Electronics. - 1991. - Vol. 34, No. 4. - p. 324-328.

34. Гирка В.А., Гирка И.А. *Связанные азимутальные поверхностные волны в неоднородном плазменном цилиндре с током*// Радиотехника и электроника, 1991, т.36, N 10, с.1997-2004.

Girka V.O., Girka I.O. *Coupled azimuthal surface waves in a nonuniform current – carrying plasma cylinder*// SJCTE. - 1992. - Vol. 37, No. 4. - p. 23-29.

35. Гирка В.А., Гирка И.А. *Излучение азимутальных поверхностных волн из узкой щели волновода*// Радиотехника и электроника, 1992, т. 37, N 3, с.419-422.

Girka V.O., Girka I.O. *Emission of azimuthal surface waves from narrow waveguide slot*// SJCTE. -1992. - Vol. 37, No. 9. - p. 32-35.

36. Гирка І.О., Золотухін О.В. *Поширення електромагнітних хвиль вздовж межі гіротропної плазми з металевим хвилеводом довільного перерізу*// УФЖ, 1994, т. 39, N 6, с.682-687.

37. Гирка И.А., Золотухин А.В. *Поперечные поверхностные магнитоплазменные волны в металлическом волноводе прямоугольного сечения, заполненном n-полупроводником*// Радиотехника и электроника, 1994, т.39, N 12, с.1961- 1968.

Girka I.O., Zolotukhin O.V. *Transversal surface magnetoplasma waves in metal waveguide of rectangular cross-section, filled with n-semiconductor*// SJCTE. -1994. - Vol. 39, No. 12. - p. 1961-1968.

38. Гирка В.А., Гирка И.А., Ткаченко В.И. *Возбуждение азимутальных поверхностных мод в цилиндрических полупроводниковых структурах при наличии дрейфового движения потока электронов*// Журнал технической физики, т.66, 1996, N 4, с.114-120.

Girka V.O., Girka I.O., Tkachenko V.I. *Excitation of azimuthal surface modes in cylindrical semiconductor structures in the presence of drift motion of electrons' flow*// Soviet Technical Physics. – 1996. - Vol. 41, No. 4. - p. 357-363.

39. Girka V.O., Girka I.O., Kondratenko A.M., Pavlenko I.V. *Surface electron cyclotron waves in the metallic waveguide structures with two-component filling*// Contributions to Plasma Physics (CPP). – 1996. - Vol.36, No. 06. - p.679 -686.

40. Girka V.O., Girka I.O., Pavlenko I.V. *HF surface cyclotron waves in planar waveguides with nonuniform plasma filling*// Journal of Plasma Physics. – 1997. - Vol. 58, Part 1. - p.31-39.

41. Гирка И.А. *Расщепление спектров поперечных поверхностных волн в изотропном плазменном волноводе некруглого сечения*// Физика плазмы, 1997, Т.23, № 3, с. 246-251.

Girka I.O. *Multipeak structure of the spectra of azimuthal surface*

waves in isotropic plasma waveguides with noncircular transverse cross sections// Plasma Physics Reports. - 1997. - vol. 23, No. 3. - p. 246-251.

42. Гирка В.А., Гирка И.А. Замедление поперечных поверхностных волн в изотропном плазменном волноводе некруглого сечения// ЖТФ, 1997, т.67, № 7, с.92-97.

Girka V.O., Girka I.O. *Slowing down the transversal surface waves in isotropic plasma waveguides with noncircular cross section*// Technical Physics. – 1997. - Vol. 67, No. 7. - p. 92-97.

43. Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. Распространение поверхностных волн поперек оси магнитоактивного плазменного волновода некруглого сечения// Физика плазмы, 1997, Т. 23, № 11, с.1037 – 1041.

Girka V.O., Girka I.O., Pavlenko I.V. *Surface waves propagating in the direction transverse to the axis of magnetized plasma – filled waveguides with noncircular transverse cross sections*// Plasma Physics Reports. - 1997. - vol. 23, No. 11. - p. 959-963.

44. Гирка И.А., Ковтун П.К. Азимутальные поверхностные волны в замагниченных плазменных волноводах// ЖТФ, 1998, т.68, N 12, с.25-28.

Girka I.O., Kovtun P.K. *Azimuthal surface waves in a magnetized plasma*// Technical Physics. - 1998. - Vol.43, No. 12. - p. 1424-1427.

45. Girka V.O., Girka I.O., Pavlenko I.V. *Electrodynamic model of the Gas Discharge sustained by Azimuthal Surface Waves*// CPP, 2001, Vol.41, No. 4, pp.393-406. 12th Joint Workshop on Electron Cyclotron Emission and Electron Cyclotron Resonance Heating, Aix-en-Provence, France, May 13-16, 2002, Proceedings, EC 12, p. 83-87.

46. Гирка И.А. Поперечные поверхностные магнитоплазменные волны в металлическом волноводе прямоугольного сечения, заполненном двумя слоями *n*-полупроводников// Радиотехника и электроника, 2001. Т. 46, # 12, с. 1481-1488.

Girka I.O. *Transverse Magnetoplasma Surface Waves in a Rectangular Metal Waveguide Filled with Two Layers of *n*-Type of Semiconductors* // Journal of Communications Technology and

Electronics, 2001, Vol. 46, No. 12, pp. 1366-1373.

47. Гирка В.А., Гирка И.А. *Влияние неоднородности тороидального магнитного поля на спектры азимутальных поверхностных волн в металлических волноводах, полностью заполненных плазмой*// Физика плазмы. 2002, т.28, #3, с.215-220.

Girka V.O., Girka I.O. *Effect of Toroidal Magnetic Field Variations on the Spectra of Azimuthal Surface Waves in Metal Waveguides Entirely Filled with Plasma* // Plasma Physics Reports (PPR), Vol. 28, No. 3, 2002, pp. 190-195.

48. Гирка И.А. *Азимутальные поверхностные волны на границе плазма-металл в неоднородном тороидальном магнитном поле*// ЖТФ. 2002, т. 72, № 7, с. 52-57.

Girka I.O. *Azimuthal Surface Waves at the Plasma-Metal Boundary in a Nonuniform Toroidal Magnetic Field* // Technical Physics, Vol. 47, No. 7, 2002, pp. 845-850.

49. Гирка В.А., Гирка И.А. *Длинноволновые несимметричные поверхностные моды изотропных плазменных волноводов*// Физика плазмы, 2002, т. 28, № 8, с. 739-747.

Girka V.O., Girka I.O. *Asymmetric Long-Wavelength Surface Modes of Isotropic Plasma Waveguides* // PPR, Vol. 28, No. 8, 2002, pp. 682-689.

50. Гирка В.А., Гирка И.А. *Длинноволновые несимметричные поверхностные волны в магнитоактивных цилиндрических волноводах, полностью заполненных плазмой*// Физика плазмы. 2002, т. 28, № 11, с. 994-1003.

Girka V.O., Girka I.O. *Asymmetric Long-Wavelength Surface Modes in Magnetized Plasma Waveguides Entirely Filled with Plasma* // Plasma Physics Reports, Vol. 28, No. 11, 2002, pp. 916-924.

51. Girka V.O., Girka I.O., Pavlenko I.V. *Nonlinear theory of annular electron beam and eigen flute modes interaction nearby electron cyclotron frequency*// Electron Cyclotron Emission and Electron Cyclotron Resonance Heating. Proc. of 13th Joint Workshop. Nizhny Novgorod, Russia. 17-20 May 2004. Editor A. Litvak. EC-13. Nizhny Novgorod. 2005. Pp. 114-118.

52. Girka I.O., Girka O.I., Girka V.O., Pavlenko I.V. *Coupled HF*

azimuthal waves in magnetoactive waveguide partially filled by current-carrying plasma// Problems of Atomic Science and Technology, NSC "Kharkov Institute of Physics & Technology", 2006, No. 5, Series: Plasma Electronics and New Methods of Acceleration, (5), p.28-33.

53. Гирка В.А., Гирка И.А. *Желобковые поверхностные моды в гофрированном магнитном поле*// Физика плазмы, 2006, т. 32, № 9, с. 816-825.

Girka V.O., Girka I.O. *Surface flute modes in a bumpy magnetic field*// Plasma Physics Reports, 2006, vol. 32, No. 9, p. 750-758.

54. Гирка В.А., Гирка И.А. *Дополнительный ЭЦР-нагрев радиально неоднородной плазмы вследствие поглощения сателлитных гармоник желобковых поверхностных мод в гофрированном магнитном поле*// Физика плазмы. 2006, т. 32, № 12, с. 1136-1141.

Girka V.O., Girka I.O. *Additional ECR Heating of a Radially Inhomogeneous Plasma via the Absorption of a Satellite Harmonics of the Surface Flute Modes in a Rippled Magnetic Field* // Plasma Physics Reports, 2006, vol. 32, No. 12, p. 1047- 1051.

55. Гирка А.И., Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. *Влияние формы поперечного сечения границы раздела плазма-диэлектрик на дисперсионные свойства азимутальных поверхностных мод*// Физика плазмы. 2007, т. 33, № 2, с. 109-119.

Girka O.I., Girka V.O., I.V. Pavlenko, Girka I.O. *Effect of the Shape of the Cross Section of a Plasma-Dielectric Interface on the Dispersion Properties of Azimuthal Surface Modes* // Plasma Physics Reports, 2007, vol. 33, No. 2, p. 91-101.

56. Гирка А.И., Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. *Резонансное влияние формы поверхности плазмы на дисперсионные свойства необыкновенных азимутальных поверхностных мод в магнитоактивных волноводах*// Физика плазмы. 2007, т. 33, № 7, с. 599-609.

Girka O.I., Girka V.O., I.V. Pavlenko, Girka I.O. *Resonant Effect of the Noncircular Shape of the Plasma Surface on the Dispersion Properties of Extraordinary Azimuthal Surface Modes in Magnetoactive Waveguides* // Plasma Physics Reports, 2007, vol. 33,

No. 7, p. 543-552.

57. Гирка А.И., Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. *Распространение азимутальных волн вдоль поверхности металлического токоведущего цилиндра, помещенного в магнитоактивную плазму*// Изв.вузов. Радиофизика, 2008, т. 51, № 2, с.122-135.

Girka O.I., Girka V.O., I.V. Pavlenko, Girka I.O. *Propagation of azimuthal waves along the surface of a metal current-carrying cylinder immersed into a magnetized plasma*// Radiophysics and Quantum Electronics. 2008. Vol. 51, No. 2, p. 110-122.

58. Гирка А.И., Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. *Распространение азимутальных волн в магнитоактивных волноводах, полностью заполненных токонесящей плазмой*// Журнал технической физики. 2008, т. 78, № 7, с. 88-96.

Girka O.I., Girka V.O., I.V. Pavlenko, Girka I.O. *Propagation of Azimuthal Waves in Magnetoactive Waveguides Filled with a Current-Carrying Plasma*// Technical Physics. 2008, Vol. 53, No. 7, pp. 905-912.

59. Гирка А.И., Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. *Связанные поперечные моды коаксиальных металлических волноводов, полностью заполненных магнитоактивной токоведущей плазмой*// Физика плазмы. 2008, т. 34, № 11, с. 977-987.

Girka O.I., Girka V.O., I.V. Pavlenko, Girka I.O. *Coupled Transverse Modes of Coaxial Metal Waveguides Completely Filled with Magnetoactive Current-Carrying Plasma*// Plasma Physics Reports, 2008, vol. 34, No. 11, p. 901-910.

60. Girka O.I., Girka V.O., I.V. Pavlenko, Girka I.O. *Azimuthal Surface Waves in Toroidal Magnetic Traps* // Problems of Atomic Science and Technology. 2008. № 6. Series: Plasma Physics (14), p. 64-66.

61. Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. *Возбуждение высокочастотных азимутальных поверхностных мод релятивистскими потоками электронов*// Физика плазмы. 2011, т. 37, № 5, с. 484-491.

V.O.Girka, I.O.Girka, I.V. Pavlenko. *Excitation of azimuthal surface modes by relativistic flows of electrons in high-frequency range*//

Plasma Physics Reports, 2011, vol. 37, No. 5, p. 447-454.

62. V.O. Girka, I.O. Girka, A.V. Girka, I.V. Pavlenko. *Theory of azimuthal surface waves propagating in nonuniform waveguides*// Journal of Plasma Physics, 2011, vol. 77, part 4, pp. 493–519. doi:10.1017/S0022377810000644

63. V.O. Girka, I.O. Girka, Ya.I. Morgal, I.V. Pavlenko. *Excitation of azimuthal surface modes by annular electron beams in the range of electron cyclotron frequency*// Physica Scripta, 2011, Vol. 84, 025505, 7pp.

64. Girka V.O., Girka I.O., Pavlenko I.V., Girka O.I., Girka A.V., *Coupled Azimuthal Modes Propagating in Current-Carrying Plasma Waveguides*// Journal of Plasma Physics, 2011, Vol. 77, doi: 10.1017/S0022377811000468.

65. Girka V.O., Girka I.O., Pavlenko I.V., *Excitation of ion azimuthal surface modes in a magnetized plasma by annular flow of light ions*// Progress In Electromagnetics Research M (PIERM), Vol. 21, p. 267-278, 2011.

66. Гирка В.А., Гирка И.А., Павленко И.В. *Влияние формы поперечного сечения границы раздела плазма-ди-электрик на дисперсионные свойства высокочастотных азимутальных поверхностных мод*// Физика плазмы. 2012, т. 38, № 2, с. 145-156.

V.O.Girka, I.O.Girka, I.V. Pavlenko. *Influence of the Shape of the Cross Section of a Plasma-Dielectric Interface on the Dispersion Properties of High Frequency Azimuthal Surface Modes* // Plasma Physics Reports, 2012, vol. 38, No. 2, p. 126-137.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Беляєв М.Р. (Беляев Н.Р., Belyaev N.R.) 19

Ван Істер Д. (Van Easter D.) 26, 27

Вейссов Б. (Weyssow B.) 22-24, 26, 27

Гірка В.О. (Гирка В.А., Girka V.O.) 28-35, 38-40, 42, 43, 45, 47, 49-66

Гірка А.В. (Girka A.V.) 62, 64

Гірка О.І. (Гирка А.И., Girka O.I.) 52, 55-60, 64

Грицина В.Т. (Gritsyna V.T.) 19

Дьяков В.Є. (D'yakov V.Ye.) 13

Єгоренков В.Д. (Yegorenkov V.D.) 13

Золотухін О.В. (Золотухин А.В., Zolotukhin O.V.) 36, 37

Казаков Є.О. (Kazakov Ye.O.) 22-27

Касілов С.В. (Kasilov S.V.)

10

Ковтун П.К. (Kovtun P.K.) 11, 44

Кондратенко А.М. (Кондратенко А.Н., Kondratenko A.N.) 28-30, 39

Лапшин В.І. (Lapshin V.I., Лапшин В.И.) 6-10, 17, 18

Лерше Е. (Lerche E.) 27

Моргаль Я.І. (Morgal Ya.I.) 63

Олефір В.П. (Олефир В.П., Olefir V.P.) 32

Павленко І.В. (Pavlenko I.V.) 22-27, 39, 40, 43, 45, 51, 52, 55-66

Руткевич П.П. (Rutkevich P.P.) 15, 20

Степанов К.М. (Stepanov K.N., Степанов К.Н.) 1-8, 10, 13

Ткаченко В.І. (Ткаченко В.И., Tkachenko V.I.) 28-30, 32, 38

Шнайдер Р. (Schneider R.) 18

