

Н. А. Задорожный, А. Н. Морозов,
С. Л. Тимченко

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМУ ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ ПО ФИЗИКЕ – 20 ЛЕТ

Дан обзор истории создания лаборатории научно-исследовательских работ студентов (НИРС), рассмотрены основные направления деятельности зала НИРС кафедры “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Объем и разнообразие тематики проводимых лабораторных работ соответствуют различным областям современной физики и ее применений, что позволяет обучающимся активно участвовать в учебной деятельности университета. При переходе от традиционного лабораторного практикума к практикуму с элементами научно-технических исследований обеспечивается качественно более высокий уровень подготовки будущих специалистов.

E-mail: amor@mx.bmstu.ru; svtimchenko@yandex.ru

Ключевые слова: лабораторный практикум, научно-исследовательская работа, удаленный доступ, работа с абитуриентами.

Идея создания лаборатории научно-исследовательских работ студентов (НИРС) принадлежит профессорам кафедры “Физика” Ю.В. Корневу и В.Н. Корчагину. Активная деятельность В.Н. Корчагина и поддержка заведующего кафедрой “Физика” (1976–1998) К.Б. Павлова позволили реализовать задуманное. Лабораторный практикум по физике с элементами научно-исследовательской работы студентов, проводимый в зале НИРС, был создан в 1992 г. В течение 1992–2002 гг. профессор В.Н. Корчагин являлся руководителем научного практикума. В 2003 г. лаборатории НИРС присвоено имя доктора технических наук, профессора В.Н. Корчагина. Большую роль в создании лабораторных стендов сыграли профессор и преподаватели кафедры, среди них В.С. Горелик, В.Н. Корчагин, А.Г. Андреев, А.М. Афонин, С.Н. Тараненко, П.В. Граменицкий, В.Н. Аникеев, А.В. Семиколонов, Н.А. Задорожный, В.Г. Голубев, С.Л. Тимченко, Ю.И. Беззубов, А.В. Козырев, О.И. Иваненко, Е.В. Карогодина, И.В. Савельев и другие.

Цель создания практикума – приобщение успешно обучающихся студентов второго курса и студентов – выпускников кафедры “Физика” к изучению курса общей физики и элементов прикладной и экспериментальной физики на более высоком научно-методическом уровне с использованием современного оборудования и информационных технологий.

Основой лабораторной базы практикума являются оригинальные разработки преподавателей и сотрудников кафедры “Физика”, ставшие

результатом внедрения их научных исследований в учебный процесс. Остальные лабораторные работы созданы на базе типовых установок и оборудования, серийно выпускаемых отечественной промышленностью, в том числе НПО “Росучприбор”.

В зале НИРС размещено более 80 постоянно действующих лабораторных работ, которые позволяют изучать фундаментальные законы, явления и эффекты в области механики (ударные процессы), электромагнетизма, оптики, квантовой и ядерной физики, физики элементарных частиц, физики твердого тела. Во время выполнения большинства лабораторных работ, проводимых в зале НИРС, можно не только ознакомиться с физическими явлениями, изучить на практике законы и закономерности, но и определить зависимость данного явления от совокупности различных факторов, влияющих на характер и динамику его развития. В связи с тем, что университет готовит выпускников технического профиля, особое внимание уделяется прикладному характеру лабораторных работ.

Зал НИРС оснащен современным оборудованием. Так, при изучении нелинейно-оптических явлений в твердых телах наибольший интерес представляет лазер на парах меди с мощностью излучения 104 Вт в импульсном режиме; при изучении раздела “Элементарные частицы” — телескоп космических лучей, раздела “Физика твердого тела” — стенд сверхпроводимости; для изучения импульсных процессов и состояния жидкости — пьезоэлектрические стенды; при изучении волновых и квантовых свойств света — голографическая установка, пирометрический стенд и др.

Высокий уровень лабораторных работ физического практикума НИРС дал возможность кафедре “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана совместно с НПО “Росучприбор” и Орегонским университетом (США) участвовать в программе “Всемирная студенческая лаборатория” с использованием сети Интернет. От кафедры “Физика” эту работу начал доцент В.В. Бростюк, а затем ее продолжил доцент А.М. Афонин. В рамках этой программы разработан лабораторный стенд “Исследование ударных процессов с помощью пьезопреобразователей”, действующий в режиме удаленного доступа.

Создание лаборатории НИРС позволило кафедре перейти к организации двухуровневого учебного практикума, состоящего из общего практикума по всем разделам курса общей физики и практикума с элементами научно-исследовательской работы студентов. Согласно правилам работы в зале НИРС, студенты, имеющие оценку “отлично”, могут выполнять работу в физическом практикуме НИРС по индивидуальным маршрутам на уникальном оборудовании. Интересен тот факт, что формирование двухуровневого практикума, по сути, восстанавливает традиции специального практикума, которые существовали в стенах ИМТУ в середине XIX — начале XX вв.

Работа студентов в зале НИРС построена таким образом, что она содержит все необходимые компоненты НИР: многопараметрические измерения, планирование и управление экспериментом, современные методы обработки результатов, компьютерное моделирование.

С учебным процессом на кафедре тесным образом связана научно-исследовательская работа студентов, которую проводят профессора и преподаватели кафедры “Физика” в лаборатории НИРС. Деятельность НИРС направлена на выполнение следующих задач:

- подготовку высококвалифицированных специалистов, способных самостоятельно решать практические задачи;
- приобретение студентами необходимых знаний сверх учебного плана путем самостоятельных научных поисков и анализа;
- обучение методике и средствам самостоятельного решения научных и практических задач;
- приобретение студентами организаторских навыков, опыт общения и педагогического мастерства;
- привитие обучающимся навыков к самостоятельной работе;
- укрепление связей с производственными предприятиями для быстрого внедрения студенческих разработок в экономику.

Направления деятельности лаборатории и пути развития. Практикум НИРС, развиваясь по различным направлениям, сейчас представляет собой научно-учебный комплекс взаимосвязанных структур.

Практикум по курсу общей физики. Во время лабораторных занятий в зале НИРС по курсу общей физики проводится предварительный отбор студентов на конкурсной основе: приглашаются студенты, получившие хорошие и отличные оценки в предыдущем семестре. Из их числа формируются группы по 6–8 человек. Продолжительность занятий составляет 4 академических часа с периодичностью один раз в две недели. Благодаря большому числу лабораторных работ, постоянно действующих в зале НИРС, студент может выбирать работы с учетом своих склонностей и специфики обучения на профильной кафедре.

В зале НИРС сосредоточены разнообразные вспомогательные средства, обеспечивающие выбор и подготовку к очередной лабораторной работе:

- титульный стенд, содержащий перечень всех лабораторных работ;
- аннотационный альбом, содержащий краткие описания лабораторных работ, оборудования и примеры получаемых результатов;
- методический стенд, на котором размещены требования к содержанию отчета лабораторной работы;

– собственная библиотека, предоставляющая студентам методические описания лабораторных работ;

– тематические демонстрационные стенды, содержащие описания некоторых физических эффектов.

Динамика числа обучающихся в зале НИРС в 1992–2001 (по семьям) и 2002–2011 гг. представлена в табл. 1 и 2 соответственно.

Практикум выпускающей кафедры по курсам “Прикладная физика” и “Экспериментальные методы физики”. С 2001 г. кафедра “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана стала выпускающей. Кафедра ведет двухуровневую подготовку (одна группа из 19 человек) бакалавров и магистров по направлению подготовки 1404000062 “Техническая физика” с присвоением квалификаций “Бакалавр техники и технологии” и “Магистр техники и технологии” соответственно. Физический практикум выпускающей кафедры реализуется в зале НИРС по следующим направлениям.

1. Лабораторные занятия в требуемом объеме учебного плана.
2. Моделирование физических процессов на персональном компьютере.
3. Экспериментальные исследования, связанные с выполнением курсовых проектов.
4. Проведение учебной конференции “Физические эффекты в науке и технике”.

Одной из дисциплин учебной программы подготовки бакалавров является курс “Прикладная физика”, цель которого — ознакомить студентов с основными физическими эффектами, их математическими моделями, практическим применением в науке и технике.

Курс “Прикладная физика”, читаемый студентам 3-го курса после дисциплины “Общая физика”, содержит 34 ч лекций и 32 ч лабораторных занятий. Последние проводятся в зале НИРС кафедры. Разнообразное оборудование стационарного практикума позволяет тематически комбинировать различные лабораторные установки с целью более полного ознакомления на практике со свойствами и характеристиками физических эффектов, методами описания, их математическими моделями и применением в технических устройствах.

В рамках курса “Прикладная физика” проводится учебно-научная конференция “Физические эффекты в науке и технике”, в которой принимают участие все студенты группы! На конференцию приглашаются и студенты других групп, пожелавшие выступить с докладами, и преподаватели кафедры, выбирающие студентов для будущего руководства их бакалаврскими и магистерскими работами.

Студенты под руководством преподавателя, читающего курс “Прикладная физика”, готовят рефераты по выбранной теме и публичное выступление на конференции. Это позволяет студентам достичь

Динамика числа обучающихся в зале НИРС (1992–2001)

Годы	Студенты факультетов										Служащие ИПК	Школьники	Гости зала НИРС
	М	МТ	РК	РЛ	ИУ	Э	Другие	Итого					
1992	12	–	–	–	–	–	–	–	12	–	–	–	–
1993	12	–	–	–	–	–	–	–	12	–	–	–	–
1993	50	23	19	18	24	31	–	–	65	–	–	–	Ректор МГТУ
1994	37	12	19	36	35	28	–	–	167	–	–	40	Проректор МГТУ
1994	28	8	14	34	34	19	–	–	137	–	–	–	–
1994									3	–	–	–	–
1995	21	26	19	56	38	18	–	–	178	–	–	–	Японское ТВ
1995	44	21	19	25	36	30	–	–	175	–	–	–	–
1996	41	27	16	27	34	20	–	–	165	–	–	67	Российское ТВ, Росучприбор (В. Крынкин)
1996	15	26	14	23	10	33	–	–	121	–	–	–	–
1996									20	–	–	–	–
1997	33	21	8	28	45	22	–	–	157	–	–	70	Французская делегация – 3
1997	57	34	30	37	32	57	–	–	247	–	–	–	–
1998	52	42	26	36	39	25	–	–	220	10	–	50	–
1998	41	21	14	24	8	22	–	–	130	15	–	–	–
1999	21	22	9	9	18	13	–	–	92	8	–	65	–
1999	39	23	6	15	9	22	–	–	114	19	–	11	–
2000	25	24	8	12	9	20	–	–	98	–	–	40	Ректор МГТУ с представителями РАН, Китайская делегация – 20
2000	25	22	14	17	15	20	–	–	7	16	–	50	Английская делегация – 5
2000									113	–	–	–	–
2001	24	8	17	14	27	8	–	–	13	–	–	–	–
2001									98	–	–	–	–
									7	–	–	–	–
									111	30	–	80	–
									24	–	–	–	–
									24	–	–	–	–
Итого	609	380	257	419	443	403	74		2585	98		473	

Динамика числа обучающихся в зале НИРС (2002–2011)

Годы	Студенты факультетов								Слушатели ИПК	Школьники	Делегации
	СМ	МТ	РК	РЛ	ИУ	Э	Другие	Итого			
2002	75	16	23	13	42	26	ФН – 8 ПС – 2 АК – 1	206	27		
2003	39	23	20	13	16	46	ИБМ – 5 ФН – 3 ПТ – 2 БМТ – 13	180	25	Российское ТВ	
2004	26	29	8	27	39	13	БМТ – 13 АК – 4	159	12		
2005	32	18	5	26	39	22	ФН – 3 БМТ – 10	155	7		
2006	19	25	17	1	13	6	ФН – 27 ИБМ – 6	116	5		
2007	9	30	7	16	8	16	ФН – 14 АК – 2 ИБМ – 7 БМТ – 10	119		Российское ТВ	

Годы	Студенты факультетов										Слушатели ИПК	Школьники	Делегации
	СМ	МТ	РК	РЛ	ИУ	Э	Другие	Итого					
2008	27	31	8	9	18		БМТ – 6 АК – 4 ФН – 30	133	9				
2009	60	30	29	11	12	10	ПС – 2 ФН – 34 РКТ – 1 АК – 1 ИБМ – 4 БМТ – 6	200				Корейская делегация	
2010	26	28	35	18	23	19	БМТ – 7 ПС – 4 РКТ – 2 АК – 2	164		4		Российское ТВ	
2011	16	26	11	4	6	4	АК – 1 ФН – 18	86	39	42		Российское ТВ	
Итого	329	256	163	138	216	162	252	1516					

нескольких учебных целей: получить навыки подготовки реферата по теме с использованием различных источников и публичного выступления с соблюдением временного регламента; приобрести навык использования средств мультимедиа при публичном выступлении и демонстрационного оборудования физического кабинета и лаборатории; навык самостоятельной подготовки и проведения демонстрации; приобрести опыт ведения научной дискуссии, а также дополнительно расширить кругозор студентов.

Виртуальный практикум по компьютерному моделированию физических процессов. Применение информационных технологий в физическом практикуме помогает использовать теоретические знания при исследовании реальных физических характеристик объектов, проектировать физический эксперимент, расширять возможности лабораторного оборудования, наблюдать физический процесс при других условиях, управлять ходом эксперимента, получать навыки планирования эксперимента.

В лаборатории НИРС поставлены девять лабораторных работ:

ЭВМ-1. Компьютерное моделирование физических процессов в оптическом квантовом усилителе лазера;

ЭВМ-2. Компьютерный эксперимент по исследованию интерференции и дифракции света;

ЭВМ-3. Рассеяние альфа-частиц на потенциальном центре (опыт Резерфорда);

ЭВМ-4. Моделирование задач одномерного рассеяния квантовых частиц на потенциальном барьере сложной формы;

ЭВМ-5. Моделирование одномерного волнового пакета в квантовой механике на персональном компьютере;

ЭВМ-6. Определение энергии первичной частицы в ядерных взаимодействиях высокой энергии методом ядерных фотоэмульсий;

ЭВМ-7. Моделирование преломления и отражения электромагнитных волн на границе раздела диэлектриков;

ЭВМ-8. Изучение системных размерностных взаимосвязей электромагнитных величин;

ЭВМ-9. Моделирование магнитного поля в многослойном солениоде.

Автоматизированный практикум удаленного доступа с использованием сети Интернет. Лабораторный практикум удаленного доступа кафедры “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана является частью Российской студенческой лаборатории по физике для технических университетов и представлен в сети Интернет следующими стендами.

Автоматизированный лабораторный стенд лазерной спектроскопии является учебной версией аналогичного научного стенда, установленного в Оптическом отделе им. Г.С. Ландсберга Физического

института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук. Используются лазер на парах меди и нелинейно-оптические кристаллы. На стенде возбуждают спектры люминесценции и комбинационного рассеяния света в ультрафиолетовом диапазоне спектра (до 255,3 нм) в твердых, жидких и газообразных средах.

Автоматизированный лабораторный стенд для изучения ударных и волновых процессов с помощью пьезопреобразователей предназначен для изучения ударных и волновых процессов, возникающих в результате соударения твердых тел. Стенд демонстрировался на Международной выставке-ярмарке “Учебная техника–2000” (Нижний Новгород), на которой удостоен диплома лауреата.

Автоматизированный лабораторный стенд для изучения состава космических лучей предназначен для изучения состава, свойств и проникающей способности вторичного космического излучения, определения относительной интенсивности жесткой и мягкой составляющих космических лучей и их коэффициентов поглощения. Стенд отмечен грамотой 3-й Специализированной выставки “Современные средства обучения” EDUCOM–97 (Санкт-Петербург, 24–29 ноября 1997 г.) за высокий уровень программного и методического обеспечения.

Автоматизированный лабораторный стенд для изучения скин-эффекта в проводящей среде в различных диапазонах частот и экспериментальной проверки теории эффекта.

Демонстрационный практикум в системе повышения квалификации учителей. Адаптивный, постоянно действующий лабораторный практикум позволяет удовлетворять практически все пожелания по выполнению эксперимента по курсу физики средней школы. Ежегодно формируется одна группа слушателей практикума средней численностью 5–7 учителей школ г. Москвы.

Специализированный практикум для студентов, получающих второе высшее образование. Практикум направлен на максимальную адаптацию к специфике обучения на профильной кафедре с учетом профессиональных наклонностей слушателей, уровня их подготовки. В зависимости от набора в составе группы 6–12 слушателей.

Совместная с Физическим институтом РАН им. П.Н. Лебедева учебно-научная лаборатория “Лазерная физика”. С самого начала работы (1992) лаборатории НИРС на кафедре “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана налажено тесное сотрудничество с лабораторией “Комбинационное рассеяние” Оптического отдела им. Г.С. Ландсберга ФИАН. В организации и постановке лабораторных работ в зале НИРС принимали активное участие сотрудники лаборатории “Комбинационное рассеяние” профессор В.С. Горелик, доцент А.А. Сычев и инженер А.М. Агальцов. В результате были поставлены такие оригинальные ла-

бораторные работы, как “Лазер на парах меди”, “Абсорбционная спектроскопия”, “Люминесцентная лазерная спектроскопия”, “Разработка методов экспресс-контроля качества сырья и продуктов животного происхождения на содержание токсичных веществ и микроорганизмов на основе лазерного спектрального анализа”, “Прохождение линейно-поляризованного излучения через границу раздела двух сред”.

Студенты, работавшие в зале НИРС, существенно повысили уровень своих знаний по физике и стали квалифицированными специалистами. Некоторые из них (А.А. Есаков, С.О. Юрченко, И.Л. Фуфурин, А.Д. Каверин, А.Н. Никифоров, И.С. Голяк), став сотрудниками кафедры “Физика” после защиты дипломного проекта, и сегодня продолжают принимать участие в работе зала НИРС при постановке новых лабораторных работ и в учебном процессе.

В настоящее время сотрудничество между лабораторией НИРС кафедры “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана и сотрудниками лаборатории “Комбинационное рассеяние” Оптического отдела им. Г.С. Ландсберга ФИАН успешно продолжается: совершенствуется оборудование для проведения работ, ведется подготовка новых лабораторных работ и оптимизируются условия для эффективного функционирования имеющегося лабораторного оборудования. На базе зала НИРС наряду с текущим учебным процессом по общему курсу физики, под руководством преподавателей кафедры “Физика” студенты проводят экспериментальные исследования, необходимые для защиты бакалаврских и магистерских работ по специальности “Техническая физика”.

Студенческая экспериментальная лаборатория физики (СЭЛФ). Одним из направлений развития НИРС кафедры стало создание студенческой экспериментальной лаборатории физики для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по различным специальностям. Инициаторами создания СЭЛФ являются доценты кафедры “Физика” Ю.И. Беззубов и Б.Г. Скуйбин, научный руководитель СЭЛФ — заведующий кафедрой “Физика”, профессор А.Н. Морозов. Основная задача СЭЛФ — дать возможность студентам 2-го курса почувствовать себя самостоятельными создателями установок, понимающими, как применить фундаментальные знания по физике на практике и по завершении отчитаться о выполненной работе, сделав сообщение или представив стендовый доклад на конференции “Студенческая весна”.

Студенты принимают участие в разработке новых лабораторных установок в СЭЛФ и проводят на них исследования. Импульсом к проведению исследований послужило создание систем сбора данных на базе комплекса виртуальных приборов фирмы National Instruments (NI).

Лаборатория НИРС активно участвует в учебной деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана с момента ее создания и по настоящее время. Постоянно растет объем и расширяется тематика лабораторных работ, благодаря чему обеспечиваются условия студентам для повышения компетенций в различных областях современной физики и ее применений.

Лаборатория НИРС кафедры “Физика” выполняет свою первоочередную задачу — углубление и расширение знаний студентов по физике и специальным дисциплинам, а также овладение приемами самостоятельного научного исследования. С учебным процессом на кафедре тесным образом связана научно-исследовательская работа студентов, которую проводят профессора и преподаватели кафедры в лаборатории НИРС. Использование достаточно конструктивной идеи — создание перехода от учебного лабораторного практикума к практикуму с элементами научно-технических исследований — позволяет обучать студентов выполнению научно-исследовательских работ. Бакалавры и магистры кафедры “Физика” на оборудовании зала НИРС проводят исследования в рамках своих выпускных работ. Из числа преподавателей зала НИРС Ю.Ю. Инфимовский, Н.А. Задорожный, Б.Г. Скуйбин помогают обучающимся выполнять их исследования по теме бакалаврских и магистерских работ.

Таким образом, зал НИРС стал важной экспериментальной площадкой в учебном процессе кафедры “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана, обеспечивающей высокое качество подготовки студентов. Дальнейшее оснащение лаборатории НИРС современным учебно-лабораторным и исследовательским оборудованием, компьютерной техникой повысит качество образовательного процесса и интерес студентов к научно-исследовательской работе по современным проблемам физики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов А. Н., Задорожный Н. А. Лабораторный практикум по физике с элементами научно-исследовательской работы студентов // Сб. тр. IX Междунар. учебно-науч. конф. “Современный физический практикум”. – М.: Издательский дом Московского физического общества, 2006. – С. 32, 33.
2. Морозов А. Н., Задорожный Н. А. Лабораторный практикум по физике с элементами научно-исследовательской работы студентов // Материалы X Междунар. учебно-методич. конф. “Современный физический практикум”, 16–19 сентября 2008 г., г. Астрахань. – М.: Издательский дом Московского физического общества, 2008. – С. 99, 100.
3. Морозов А. Н., Задорожный Н. А. Элементы научно-исследовательской работы студентов в лабораторном практикуме по физике // Тез. докл. Междунар. науч.-образовательной конф. “Наука в вузах: математика, физика, информатика”. – М.: Изд-во РУДН, 2009. – С. 427–429.

4. Морозов А. Н., Задорожный Н. А. Лабораторный практикум по физике с элементами научно-исследовательской работы студентов // Материалы X Междунар. конф. “Физика в системе современного образования” (ФССО-09). – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. – С. 221, 222.
5. Морозов А. Н., Задорожный Н. А. НИРС как метод индивидуальной подготовки студентов // Тез. докл. Междунар. школы-семинара “Физика в системе высшего и среднего образования России” / под ред. проф. Г.Г. Спирина. – М.: АПР, 2010. – С. 222, 223.

Статья поступила в редакцию 05.07.2012