

Основные требования к научно-исследовательской работе студентов

О. И. Величко,

доктор физико-математических наук,
доцент, профессор кафедры физики БГУИР

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших форм современного учебного процесса. Поэтому вопросам реализации этого вида деятельности посвящено достаточно большое количество работ (см., например, [1; 2; 3]). В то же время практически нет работ, посвященных самостоятельной научно-исследовательской работе студентов как по классической дисциплине «Физика», так и по современным дисциплинам «Моделирование технологических процессов и элементов интегральных микросхем» и «Нанoeлектроника».

Так или иначе, но исследовательской работой, в том числе и по дисциплине «Физика», занимаются все студенты технических университетов. Написание творческих отчетов по лабораторным работам, рефератов, курсовых, дипломных работ невозможно без проведения каких-то, пусть даже самых простых, исследований. С другой стороны, имеется относительно небольшой процент учащихся, которых можно включить в глубокую научно-исследовательскую работу, не входящую в обязательный учебный план. Студент, занимающийся научной работой, отвечает только за себя; только от него самого зависят тема исследования, сроки выполнения работы и будет ли выполнена работа вообще. Затрачивая свое личное время, студент развивает такие важные для будущего исследователя качества, как творческое мышление, ответственность, умение донести до аудитории полученные результаты и умение отстоять свою точку зрения, достойно ответив на задаваемые вопросы. Со стороны преподавателя необходимы внимание, советы и поддержка, без которых студент, особенно на младших курсах, не захочет да и просто не сможет заниматься «наукой», поскольку не знает, с чего начать.

Представленный анализ показывает как актуальность, так и новизну предложенной работы, и позволяет сформулировать цель данного исследования:

- обобщить опыт, имеющийся на кафедре физики БГУИР, по самостоятельной научно-исследовательской работе студентов;
- сформулировать критерии, выполнение которых обеспечит превращение научно-исследовательской

работы студентов в полноценную научную работу, которую можно опубликовать в международных журналах;

- выработать практические рекомендации преподавателям по разработке заданий для научно-исследовательской работы студентов и советы студентам по проведению этой работы.

Вначале рассмотрим общие положения, которые характеризуют самостоятельную научно-исследовательскую работу студентов:

Во-первых, самостоятельная работа должна быть действительно самостоятельной и побуждать студента при ее выполнении работать напряженно. Ее содержание и объем должны быть посильными для студента, а сам студент должен быть подготовлен к выполнению самостоятельной работы как теоретически, так и практически.

Во-вторых, самостоятельная работа студента выполняется по заданию и под контролем руководителя при его частичном непосредственном участии в этой работе или, в идеале, без непосредственного участия преподавателя.

Ценность самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя существенно возрастает, если она логически взаимосвязана с другими видами учебных дисциплин, так как решается задача подготовки специалиста, способного работать на междисциплинарном уровне. В этом плане базовая дисциплина «Физика» имеет неоспоримое преимущество, поскольку все последующие дисциплины, такие как «Моделирование технологических процессов и элементов интегральных микросхем», «Нанoeлектроника» и др., базируются на использовании различных физических эффектов и явлений.

Как уже указывалось, занятия более глубокой научно-исследовательской работой охватывают относительно небольшой процент учащихся. В настоящее время, несмотря на ряд проблем в области образования, этот процент постепенно растет. Это связано с тем, что определенная часть молодых людей начинает серьезно относиться к планированию своей жизни и будущей профессии. Кроме того, опыт развития Республики Беларусь за последние годы показывает, что для получения высокооплачиваемой и гарантированной на многие годы работы необходима высокая квалификация. Возможность получения такой высокой квалификации как раз и открывает научно-исследовательская работа студентов, которая постепенно перерастает в учебу в магистратуре и аспирантуре, а для особо одаренных молодых ученых – и в подго-

товку докторской диссертации в рамках докторантуры. Все эти компоненты повышения квалификации предоставлены в системе образования Республики Беларусь.

На вопрос о том, почему они выбрали техническую специальность, студенты первого курса БГУИР часто отвечают, что в овладении именно технической специальности они видят успех в будущем трудоустройстве. Очевидно, что это обусловлено определенными процессами, происходящими как в Республике Беларусь, так и в мире в целом. Возможно, эти процессы связаны с чисто конкурентной борьбой и борьбой за ресурсы, обострения которых следует ожидать в условиях надвигающегося на мир кризиса.

Как известно, победу в конкурентной борьбе обеспечивает применение последних научных достижений и разработанных на их основе новых технологий. Это касается не только таких высоконаучных и высокотехнологических областей, как микроэлектроника и нанотехнологии, но и такой традиционной и хорошо развитой в Республике Беларусь области как машиностроение. Дело в том, что современное машиностроение требует не только применения высококачественных сталей, но и специальной обработки поверхности стальных изделий с целью их особого упрочнения [4]. Так, в настоящее время для упрочнения поверхности используется обработка в газоразрядной плазме, причем конструкция установок, составы газов и режимы разряда определяются в результате огромной экспериментальной и теоретической исследовательской работы и представляют собой важные «ноу-хау». Очевидно, что именно эти происходящие в обществе процессы привели к определенному сдвигу в общественном сознании и вылились в возросший интерес молодежи к естественным и техническим наукам.

Важно также отметить, что студенты, занимающиеся научной работой, – это не самая большая часть финансовых затрат университета; они, как правило, требуют главным образом моральной поддержки и помощи преподавателя. Отказывать им в этом просто кощунственно. К тому же возросший интерес и финансирование естественных и технических наук позволяют обеспечить непосредственную материальную поддержку научной работы студентов. Так, в БГУИР студенты, успешно сочетающие учебу с научно-исследовательской работой, могут непосредственно участвовать в выполнении конкретных договоров и уже с третьего курса получать соответствующее материальное вознаграждение. Кроме того, в процессе научно-исследовательской работы студент начинает познавать радость творческого труда и испытывать гордость за самостоятельно полученные результаты, что является весьма существенным фактором мотивации творчески одаренной личности.

В рамках технических университетов реализуются два основных вида научно-исследовательской работы

студентов (далее – НИРС): учебная научно-исследовательская работа, предусмотренная действующими учебными планами, и исследовательская работа сверх тех требований, которые предъявляются учебными планами. Нас интересует в первую очередь научно-исследовательская работа сверх требований учебного плана. Такая форма НИРС является наиболее эффективной для развития исследовательских и научных способностей у студентов. Действительно, если студент за счет свободного времени готов заниматься вопросами физики, то снимается одна из главнейших проблем преподавателя – мотивация студента к занятиям. Студент уже настолько развит, что работать с ним можно не как с учеником, а как с младшим коллегой. Он следит за новинками литературы, старается быть в курсе изменений, происходящих в выбранной им области, а главное – процесс осмысления достижений науки не прекращается за пределами университета и выполнения обязательной учебной программы.

Очевидно, что НИРС можно разделить на два уровня:

- работа поисково-познавательного типа;
- полноценная научно-исследовательская работа.

Достоинство работ поисково-познавательного типа заключается в том, что их может выполнять большое количество студентов даже первого курса. Несомненной является и огромная польза, получаемая от выполнения таких работ. Так, получив задание самостоятельно изучить творчество и наследие создателя классической теории электромагнетизма Дж. К. Максвелла, студент, помимо знаний об электромагнетизме, приобретет информацию о трудности научной работы, обнаружив, сколько различных моделей было создано Максвеллом, прежде чем он сформулировал свою теорию, которая теперь изучается на первом курсе. Полученное знание укрепит психологическую устойчивость студента, который перестанет бояться временных трудностей при решении учебных задач.

Получив тему самостоятельной работы типа «Нанотехнологии: основные понятия и идеи», студент самостоятельно найдет огромное количество интересного материала об этой современной отрасли науки, а теперь уже и производства, которые, по всей видимости, изменят ближайшее будущее человечества. Кроме того, уже на этом этапе он самостоятельно приобретет базовые знания о своей будущей специальности.

Однако наиболее ценной является полноценная самостоятельная научно-исследовательская работа студента под контролем и руководством преподавателя.

Рассматривая управляемую самостоятельную научно-исследовательскую работу студентов, мы ограничимся случаем теоретической или расчетной НИРС в силу следующих обстоятельств. *Во-первых*, исчезает условие наличия оборудования, необходимого для проведения исследований. *Во-вторых*, доля таких исследований быстро возрастает. Если раньше физи-

ка рассматривалась в основном как экспериментальная наука, то теперь такое утверждение вряд ли будет верно. Аналогичная ситуация имеет место и в технике. Так, при подготовке полета американских космонавтов на Луну более 50 % финансовых затрат пошло не на изготовление сверхмощной ракеты «Сатурн-5» и космического корабля, а на их проектирование и расчет параметров полета. Еще большая доля финансовых затрат приходится на проектирование и расчеты в таких наукоемких областях, как микроэлектроника и нанотехнологии. *В-третьих*, участие в такой работе позволяет способному студенту реализовать те компьютерные знания, которые он приобрел в средней школе и самостоятельно.

Во многом эффективность проведения управляемой самостоятельной научно-исследовательской работы студентов зависит от личности и подготовки преподавателя. Личная подготовка преподавателя к руководству самостоятельной работы студентов такого рода включает, в частности, требование, чтобы он сам активно участвовал в научно-исследовательской работе. В этом случае он понимает, что как свое руководство, так и самостоятельную научно-исследовательскую работу студента необходимо разбить на следующие этапы:

1. Определение области предстоящего исследования и предварительная постановка задачи, которые выполняет сам преподаватель, согласуя свои интересы со способностями и пожеланиями студента.
2. Поиск литературных источников и необходимого программного обеспечения.
3. Окончательная постановка задачи для самостоятельной работы студента.
4. Творческое обсуждение полученных результатов, подготовка выступления студента на конференции или семинаре, а также подготовка совместных публикаций.

Рассмотрим эти этапы более подробно.

На этапе определения области предстоящего исследования и предварительной постановки задачи очень важно доверие студента к преподавателю, поскольку основную часть излагаемого материала студенту на данном этапе приходится принимать на веру. Очевидно, что преподаватель может не сомневаться в своем авторитете, если он читает лекции, проводит практические и лабораторные занятия в группе, и успевающий студент сам просит его о научно-исследовательской работе. В этом случае преподаватель обязательно должен объяснить актуальность и полезность данного исследования. Очень хорошо, если вопрос о полезности задаст сам студент, что, как свидетельствует опыт, происходит довольно часто.

Этап поиска литературных источников и необходимого программного обеспечения является одним из важнейших в научно-исследовательской работе, поскольку основными требованиями, предъявляемыми к научно-исследовательским работам, являются их актуальность и новизна, причем имеется

в виду новизна в мировом масштабе. Это означает, что необходимо провести поиск литературных источников по всем промышленно развитым странам, таким как США, Англия, Германия, Франция, Италия, Китай, Япония, Тайвань и Южная Корея, а также по наиболее крупным мировым издательствам, таким как Elsevier, Springer, Wiley, American Physical Society, Institute of Publishing и др. Неоценимую помощь в проведении этой работы студенту может оказать Национальная библиотека Республики Беларусь. Пользуясь ее услугами, можно отсканировать интересующие статьи или получить их электронные копии.

В последние годы стремительно развивается Интернет, представляющий мощное информационное пространство, где любой желающий может попытаться разыскать интересующие его сведения. Всемирная паутина сегодня – это информационная среда, которую ежедневно посещают миллионы пользователей, причем их количество растет с каждым днем. Свободный доступ к информации в сети Интернет формирует единое информационное пространство, где всем предоставляются равные возможности доступа к информационным ресурсам. Пользуясь Интернетом, студент получает уникальную возможность для самообразования, поскольку образовательные интернет-ресурсы активизируют познавательную деятельность, формируют информационную культуру, навыки исследовательской и аналитической деятельности, формируют умение самостоятельно принимать решения.

Размещенную в сети Интернет информацию можно разделить на три основные группы: справочная (электронные библиотеки и энциклопедии), научная (тексты книг и материалы журнальных статей) и учебная (учебники, методические разработки, рефераты). Наиболее значимыми являются электронные библиотеки, при работе с которыми студенты чаще всего получают бесплатный доступ к размещенным каталогам и материалам, причем электронную версию можно сохранить на компьютере и воспользоваться ею в любое удобное время.

Контролируя самостоятельную работу студентов вне образовательного учреждения, преподаватель должен способствовать нужному направлению деятельности студента при работе с интернет-ресурсами. Осуществить это можно с помощью специальных заданий, включающих список заранее просмотренных и используемых преподавателем интернет-ресурсов. Так, имеет смысл подсказать студенту, что необходимые учебники и полезные научные книги, в том числе на английском языке, он может разыскать на российских сайтах ihtik.lib.ru (Библиотека Ихтика, или Ихтиотека) и <http://www.krelib.com/> (Крымская электронная библиотека). Прекрасные возможности ознакомления с учебниками и научными изданиями можно найти и на белорусских порталах. Конечно, невозможно представить работу в сети Интернет без поисковых

систем, которые облегчают самостоятельную работу студента и помогают сориентироваться в огромном количестве информации с целью найти то, что нужно. Наиболее признанные поисковые системы, такие как Google (<https://www.google.by/>), Lycos (<http://www.lycos.com/>), Яндекс (<http://www.yandex.ru>), Rambler (<http://www.rambler.ru>) и др., ежедневно просматривают сеть Интернет, собирают и индексируют информацию, делая ее более доступной для поиска.

Огромные интернет-ресурсы предоставляют для работы студентов не только Национальная библиотека Республики Беларусь, но и Центральная научная библиотека имени Я. Коласа НАН Беларуси. Так, в них можно разыскать статьи, опубликованные в журналах издательств Elsevier, Springer, American Physical Society и др. На непосредственных примерах преподаватель должен научить студента искать статьи этих издательств по библиографическому описанию, автору или заглавию. Преподаватель должен также научить студента пользоваться специализированным поисковиком EBSCO, особенно его важной частью – Academic Search Premier, предназначенной для поиска научных публикаций.

Однако в отдельных случаях ознакомиться с нужной статьей не удастся, даже используя ресурсы наших главных отечественных библиотек. В этой ситуации следует рекомендовать студенту связаться с автором статьи, используя электронную почту. Дело в том, что большинство журналов разрешает автору использовать материалы статьи в учебных целях и посылать коллегам по науке либо авторские экземпляры, либо электронные копии статей. Так, редакция журнала «*Physica status solidi B*» издательства Wiley разрешает автору посылать коллегам до 50 электронных копий статьи. Адрес для переписки вместе с библиографическим описанием и аннотацией статьи обычно находится в свободном доступе на сайте журнала.

Работа с интернет-ресурсами является одним из способов активизировать самостоятельную деятельность студентов, повышая их заинтересованность в образовательном процессе и самостоятельном поиске информации. Ведь сущность современного образовательного процесса заключается не только в том, чтобы дать знания, умения, навыки подрастающему поколению, развить у них мышление, но и обучить студентов формам, методам и средствам самостоятельной добычи знаний. Формирование у студентов желания и умения самостоятельно пополнять знания, ориентироваться в стремительном потоке информации – одно из основных направлений совершенствования качества подготовки специалистов.

Проведенный сбор литературных источников и последующий анализ собранных данных должны послужить базой для окончательной постановки конкретной задачи, которую решит студент в рамках своей самостоятельной работы. При формулировке такой задачи возникает весьма серьезное противоречие типа «или – или», которое должен разрешить преподаватель, до-

бившись удовлетворения условия «и – и». Все дело в том, что студенты, особенно на младших курсах, не обладают достаточной квалификацией для полноценной научной работы. Таким образом, если задача будет облегченной, чтобы ее мог самостоятельно выполнить студент младших курсов, то она, наверное, не будет удовлетворять требованиям актуальности и новизны, т. е. основным требованиям, предъявляемым к научной работе. И наоборот, строгая полноценная формулировка задачи приведет к тому, что студент не сможет самостоятельно выполнить объем работы, необходимой для решения этой задачи.

Тем не менее опыт НИРС, проводимых на кафедре физики БГУИР, показывает, что высококвалифицированный преподаватель может отыскать и сформулировать задачу, которая удовлетворяет требованиям актуальности и новизны и в то же время посильна для выполнения студентом, в том числе младших курсов. Дело в том, что бурное развитие таких современных областей, как микроэлектроника и нанотехнологии, имеет следствием появление большого количества новых физических задач, среди которых имеются действительно посильные для студентов. Если преподаватель увидел такую задачу, успех самостоятельной научно-исследовательской работы студента практически обеспечен.

Расширению круга посильных для студентов задач способствует наличие на современном этапе таких мощных вычислительных сред, как «*Mathematica*» (<http://library.wolfram.com/infocenter>), «*Mathcad*» (<http://www.mathsoft.com/MATHCAD/library/index.mc>), «*MatLab*» и др. Студенты способны вполне самостоятельно освоить работу в данных вычислительных средах. Более того, опыт показывает, что освоение этих сред им очень интересно и они в дальнейшем используют данные среды для проведения расчетов по другим учебным дисциплинам, освобождая большое количество времени для творческой работы.

В качестве примера решения задач с помощью данных сред можно привести получение аналитических решений дифференциальных уравнений, описывающих процессы переноса в технологии микро- и нанoeлектроники. Получение таких решений весьма актуально, так как они нужны для тестирования программных средств, используемых при проектировании технологических процессов. Приведенные выше среды могут быть также полезны при решении нелинейных алгебраических уравнений, описывающих квазихимические реакции, которые протекают при изготовлении изделий микро- и нанoeлектроники, проведении металлургических процессов и т. д.

Для проведения более сложных численных расчетов процессов переноса, химических реакций, расчета температурных, электрических и магнитных полей, расчета потоков жидкостей, распространения волн и т. д. можно использовать вычислительную среду «*FEMLAB – Multiphysics modeling*» (www.comsol.com), которую студенты могут освоить самостоятельно, используя, например, методическое пособие [5].

Творческое обсуждение полученных результатов проводится в первую очередь с целью обучения студента умению отделять главные результаты от второстепенных и приведения именно главных результатов в выводах проделанной работы. Далее необходимо обсудить соответствие полученных результатов экспериментальным данным и исходным теоретическим положениям. Особое внимание следует уделить новизне полученных результатов и их важности для определенных областей науки и техники. Актуальность и новизна полученных результатов дают основание для их опубликования посредством выступлений на различных конференциях, включая международные. При подготовке совместных публикаций преподаватель должен тщательно править написанный студентом текст, не забывая детально объяснить, почему он сделал те или иные замечания. Это очень важно для самостоятельного написания студентом курсовых и дипломной работ, а также для последующей подготовки докладов и публикаций.

Последовательная реализация предлагаемого подхода к НИРС была успешно осуществлена на практике (см., например, [6; 7; 8; 9]).

Таким образом, практическое проведение НИРС позволило сформулировать основные требования, предъявляемые к полноценной самостоятельной научно-исследовательской работе студентов по дисциплинам «Физика», «Моделирование технологических процессов и элементов интегральных микросхем» и «Нанoeлектроника», которые, с одной стороны, включают актуальность и новизну темы исследования, а с другой – требуют постановки задач, посильных для выполнения студентами, в том числе младших курсов. Показаны пути успешной реализации этих требований на каждом из этапов НИРС. На примере теоретической НИРС определен круг задач, которые необходимо решить преподавателю перед

формулировкой темы исследования, и выработаны практические рекомендации по разработке заданий для самостоятельной научно-исследовательской работы студентов. Приведены конкретные советы студентам по успешному проведению НИРС, подробно описана методика поиска и работы с литературными источниками.

Список литературы

1. Дроздова, Н. В. Управляемая самостоятельная работа студентов в контексте инновационных технологий: метод. пособие / Н. В. Дроздова, А. П. Лобанов. – Минск: РИВШ, 2005. – 108 с.
2. Инвариантная и вариативные модели управляемой самостоятельной работы студентов / А. В. Макаров [и др.] // Высшая школа. – 2007. – № 1. – С. 57–64.
3. Saunders, M. Research methods for business students / M. Saunders, P. Lewis, and A. Thornhill. – 5 ed. – Harlow, England and Associated Companies throughout the world: Pearson Education Limited, 2009. – 604 p.
4. Азотирование и карбонитрирование / под ред. А. В. Супова. – М.: Металлургия, 1990. – 275 с.
5. Бирюлин, Г. В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB: метод. пособие / Г. В. Бирюлин. – СПб.: Изд. СПб ГУИТМО, 2006. – 78 с.
6. Velichko, O. Clustering of arsenic atoms in silicon during low temperature annealing / O. Velichko, O. Burunova // Defect and Diffusion Forum. – 2009. – Vols. 295–296. – P. 27–32.
7. Velichko, O. I. Analytical solution of the equations describing interstitial migration of impurity atoms / O. I. Velichko, N. A. Sobolevskaya // Nonlinear Phenom. Complex Syst. – 2011. – Vol. 14, № 1. – P. 70–79.
8. Величко, О. И. Моделирование межзельной диффузии бора в кристаллическом кремнии / О. И. Величко, В. В. Аксенов, А. П. Ковалева // ИФЖ. – 2012. – Т. 85, № 4. – С. 851–855.
9. Velichko, O. I. Simulation of hydrogen diffusion and boron passivation in crystalline silicon / O. I. Velichko, Y. P. Shaman, A. P. Kovaliova // Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. – 2014. – Vol. 22. – 12 p.

ГУО «Республиканский институт высшей школы» Редакционно-издательский центр предлагает

А. А. Трусъ

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР И АТТЕСТАЦИЯ СОТРУДНИКОВ

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для слушателей системы дополнительного образования взрослых по управленческим специальностям

В учебном пособии рассматриваются ключевые области илагаемые эффективности деятельности современной организации – профессиональный психологический отбор и аттестация сотрудников, находящиеся на стыке психологии управления и теории менеджмента. Анализируются предпосылки и факторы успешности реализации ключевых функций кадрового менеджмента, различные модели построения карьеры, социально-психологические процессы и явления, протекающие при этом. Излагаются современные подходы к работе с персоналом. Предлагается широкий спектр техник для эффективной работы HR-специалиста и руководителя в организационной реальности и с организационной реальностью.

Адресуется слушателям, проходящим переподготовку по специальности «Управление персоналом», студентам, обучающимся по управленческим и психологическим специальностям, и широкому кругу читателей.

ISBN 978-985-500-765-5

Обложка мягкая, 282 с.

