

УДК 373.62

DOI 10.54835/18102883_2021_29_7

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ОПТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИХ ВНЕДРЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Троян Павел Ефимович,

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой физической электроники,
tre@tusur.ru

Горошенко Александр Иванович,

младший научный сотрудник лаборатории интегральной оптики и радиофотоники,
аспирант кафедры физической электроники,
ale.gorosh@gmail.com

Жидик Юрий Сергеевич,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интегральной оптики и радиофотоники,
доцент кафедры физической электроники,
iurii.s.zhidik@tusur.ru

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.

Использование сложного оборудования в современных многоуровневых, разветвленных оптических цифровых системах передачи информации требуют квалифицированного обслуживания. В связи с этим растёт потребность в специалистах по оптическим цифровым системам передачи информации. Рост потребности в высококвалифицированных специалистах ставит задачу по их подготовке начиная с профориентационной работы со школьниками, для которой проведение лабораторных работ по проблемам оптики и радиофотоники расширяют спектр умений и навыков. Залогом успешной подготовки сотрудника к исследовательской деятельности является его систематическое и целенаправленное обучение. Подготовка хорошего специалиста начинается со среднего звена образования, где его обучают математике и физике. Однако курс физики не включает изучение основ оптических систем передачи информации. Целью данной работы является разработка лабораторных работ по оптическим системам передачи информации для учеников общего звена образования при изучении волоконной оптики в курсе физики и их внедрение в образовательный процесс с целью формирования профессионального интереса. В работе изложен опыт разработки и внедрения в образовательные организации среднего образования лабораторных работ по основам оптических систем передачи информации. Показано, что проведение лабораторных работ по оптическим системам передачи информации для школьников способствует лучшему усвоению основ оптики в пределах школьного курса физики и даёт представление о профессиональной деятельности в данной сфере. После проведения лабораторных работ зафиксирован рост заинтересованности учащихся к приборам оптики и системам волоконно-оптических линий связи. Установлено, что проведение лабораторных работ по оптическим системам передачи информации для учащихся средних школ способствует лучшему усвоению основ оптики в школьном курсе физики и пониманию направлений работ в волоконно-оптических линиях связи.

Ключевые слова: оптические системы передачи информации, волоконно-оптические линии связи, лабораторные работы, профессиональное обучение, основное общее образование.

Развитие техники связи на протяжении последних сорока лет обусловлено всевозрастающей потребностью в информационном обмене, и достижениями в системе информационно-коммуникационного обеспечения [1, 2]. Удовлетворить растущие потребности человеческого общества в обмене информации можно при использовании оптических цифровых систем передачи за счёт их более

высокой пропускной способности и помехозащищенности.

Волоконно-оптические линии связи являются на данный момент широко используемым развивающимся способом передачи информации. Они широко используются на магистральных и зональных сетях связи и постоянно масштабируются и реконструируются [3]. В современных многоуровневых, развет-

вленных оптических цифровых системах передачи используется сложное оборудование и компоненты, требующие контроля и квалифицированного обслуживания [4–6]. В связи с возрастающими требованиями контроля и квалифицированного обслуживания, в области телекоммуникаций растёт и потребность в специалистах по оптическим цифровым системам передачи. Рост потребности в высококвалифицированных специалистах ставит перед отраслью задачу по их подготовке начиная с профориентационной работы со школьниками, для которой проведение лабораторных работ по проблемам оптики и радиофотоники расширяют спектр умений и навыков [1, 3–9]. Кроме того, необходимо учитывать, что дальнейшее развитие телекоммуникации идёт в направлении квантовых технологий, и воспринимается миром как научная гонка. В рамках такой гонки необходимы новые кадры, которые будут заняты развитием, в том числе и военной тематики, включая устройства на новых физических принципах, к которым министерство обороны относит и квантовые технологии и фотонику.

Для дальнейшего развития каких-либо технологий, не являются исключением и квантовые технологии, необходимы компетентные сотрудники. Залогом успешной подготовки сотрудника к исследовательской деятельности является его систематическое и целенаправленное обучение. Такая система обучения должна включать формирование у обучающихся познавательных потребностей и интереса к квантовым технологиям. Подготовка хорошего специалиста начинается со школьной скамьи, где его обучают математике и физике. Однако курс физики не включает изучение основ оптических систем передачи информации [10–13].

Существует предположение о том, что если узнать о некоторых физических принципах работы какого-либо устройства ещё в школе, то в дальнейшей деятельности у человека как минимум уже не будет страха перед новыми технологиями. Более того, у некоторых из ребят может сформироваться интерес к целенаправленным исследованиям в интересующей их области. Таким образом, потенциально можно направить устремление разума целого поколения будущих физиков в новое поле неизведанного, и, есть шанс, что они отодвинут эту грань непознанного и продвинулись в этом достаточно далеко. Отсюда возникла мысль о

разработке и проведении для учащихся школ занятий, цель которых заключается в ознакомлении с основными принципами и физикой работы оптических систем связи.

Проведение дополнительных курсов для обучающихся средних школ должно способствовать формированию у школьников представления о передаче информации в волоконно-оптических системах и поспособствует развитию познавательных способностей в области квантовых технологий. Это может стать первым шагом в подготовке заинтересованных школьников к реализации таких интересов в области фотоники [14].

Целью данной работы является разработка лабораторных работ по оптическим системам передачи информации для учеников общего звена образования при изучении волоконной оптики в курсе физики и их внедрение в образовательный процесс с целью формирования у учащихся профессионального интереса.

Опволоконные линии передачи информации

Возникновение опволоконных линий передачи информации можно отнести к 1966 году, когда исследователи Чарльз К. Као и Джордж Хокхэм из STC Laboratory (г. Харлоу, Англия) представили оптические нити из обычного стекла, которые имели высокое затухание (1000 дБ/км) из-за примесей, которые в них содержались и которые, в принципе, можно было удалить [15]. Усилия ученых после этого были направлены на улучшение характеристик оптических волокон, и в 1972 году было создано волокно с коэффициентом затухания менее 4 дБ/км.

В 1976 году компания Bell System установила на своих предприятиях в Атланте и Джорджии волоконно-оптическую телефонную линию с целью проверки ее возможностей [16]. Всего год спустя, в районе Чикаго, было проведено коммерческое испытание этой технологии в реальных условиях, где система продемонстрировала выдающиеся результаты. Такая скорая и чрезвычайно успешная демонстрация возможностей волоконной оптики при работе со светодиодами обеспечила быстрое развитие отрасли до нынешнего состояния.

Современные оптические системы передачи включают в себя результаты исследований по трем областям техники: оптика, лазерная техника и электроника. Простейшая система

волоконно-оптической связи состоит из оптического волокна, передатчика и приемника. Области применения оптических систем затрагивают связь, освещение, автомобильный транспорт, авиацию, медицину, чувствительные датчики и т. д.

В волоконно-оптических системах связи используется много различных активных и пассивных элементов для передачи, усиления и приема оптических сигналов: оптические передатчики, усилители и приемники. Пассивные элементы - соединители и светоделительные устройства используются для ввода или разделения оптических сигналов предназначенных для распространения по каналам передачи - оптическим волокнам [17, 18].

Таким образом весьма важным представляется проведение практических и лабораторных практикумов для освоения школьниками и студентами элементов волоконно-оптических систем.

Обзор существующих лабораторных работ по оптическим системам передачи информации

На данный момент выполнение лабораторных работ по оптическим системам передачи информации по большей части предусмотрено для студентов высших учебных заведений.

В учебном пособии «Физические основы оптоинформатики» Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики представлены учебно-методические материалы по дисциплине «Физические основы оптоинформатики», необходимые для подготовки по всем разделам данной дисциплины [19]. Даны материалы лекционного курса, а также описания лабораторных работ с кратким изложением теоретических основ изучаемых процессов и явлений.

Пособие содержит четыре лабораторные работы:

1. «Исследование основных параметров полупроводникового лазера».
2. «Волоконно-оптический световод как среда передачи информации».
3. «Дифракция монохроматического излучения на пропускающей решетке».
4. «Получение изобразительных голограмм по методу Ю.Н. Денисюка».

В каждой лабораторной работе присутствует: цель, объект исследования, решаемые в работе задачи, введение, схема установки,

порядок выполнения измерений, обработка результатов измерений, литература и вопросы к лабораторной работе.

Вторым примером реализации лабораторных работ по оптическим системам могут выступать методические указания по выполнению лабораторных работ в Самарском государственном аэрокосмическом университете и предназначены для студентов 4 курса [20].

Методические указания включают в себя четыре лабораторные работы, связанные с изучением принципов построения и экспериментальными исследованиями аппаратуры для измерения параметров волоконно-оптических устройств различного назначения:

1. «Измерение параметров оптических сигналов и ВОЛС с помощью оптического тестера «Электроника ОТ-6»».
2. «Исследование волоконно-оптического цифрового преобразователя угла».
3. «Исследование энергетических и метрологических характеристик волоконно-оптического цифро-аналогового преобразователя».
4. «Исследование волоконно-оптического канала передачи с прямой модуляцией».

В каждой лабораторной работе имеется: цель, общая характеристика устройства, методика подготовки к работе, методика проведения измерений, экспериментальная часть, контрольные вопросы, требования к отчету и список литературы.

Как видно из рассмотрения приведенных примеров, лабораторные работы для студентов отличаются четкой структурированностью, целенаправленностью, ориентированностью на практическую значимость для получения компетенций в области направления по которому обучается студент. В каждой лабораторной работе присутствует стандартный набор: цель, теоретическая основа, порядок выполнения и содержание отчета (как и на радиофизическом факультете). Так же важно отметить, что лабораторные работы для студентов рассчитаны на знание курсов физики, математики, в некоторых случаях программирования.

В отличие от студенческих лабораторных работ лабораторные работы учащихся средних школ должны строиться на пройденной программе по курсу общей физики. Учащиеся должны научиться самостоятельно проводить предусмотренные лабораторные экспе-

рименты, правильно определять погрешности и производить необходимую числовую обработку результатов.

Требования к структуре, порядку подготовки и выполнения, оформлению, оцениванию лабораторных работ для школьников может быть следующим.

Выполнению лабораторной работы должна предшествовать домашняя теоретическая подготовка, в ходе которой учащимся следует внимательно ознакомиться с описанием к лабораторной работе.

Теоретическая подготовка необходима для понимания сущности физического эксперимента и должна проводиться учениками в порядке самостоятельной работы. Ее следует начинать с внимательного разбора руководства к лабораторной работе. Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса. Для самоконтроля в описании к каждой работе рекомендуется приводить контрольные вопросы, на которые обучающийся обязан дать ответы.

Приступая к лабораторным работам, необходимо получить у лаборанта приборы, требуемые для выполнения работы. После этого разобраться в назначении приборов и принадлежностей в соответствии с их техническими данными. Пользуясь схемой или рисунками, имеющимися в пособии, разместить приборы так, чтобы удобно было производить отсчеты, а затем собрать лабораторную установку.

При выполнении лабораторных работ измерение физических величин необходимо проводить в строгой, заранее предусмотренной в задании последовательности. Особо следует обратить внимание на точность и своевременность отсчетов при измерении физических величин.

При сравнении примеров лабораторных работ для школьников и для студентов, можно отметить, что и те, и другие отличаются структурированностью и целенаправленностью. Однако если работы для студентов ориентированы на формирование соответствующих компетенций по направлению подготовки по которому обучается студент, то лабораторные работы для школьников направлены на понимание физических основ рассматриваемых явлений.

Теоретическая подготовка школьника по разделу оптика занимает не более двух уро-

ков, в то время как подготовка студента предусматривает проведение лекций и семинаров, а также самостоятельного изучения научной литературы.

Из обзора существующих лабораторных работ можно прийти к выводу о том, что в случае желания провести лабораторные работы по оптическим системам передачи информации школьникам, эти лабораторные работы следует упростить, а из теоретической подготовки убрать сложные математические вычисления. Следует иметь в виду, что при разработке работ, что мы не ставим цели обучать школьников проектированию или монтажу оптических систем передачи информации. Цель работы – показать школьникам основные возможности и структуру волоконно-оптических систем, а также области их применения.

Разработка лабораторных работ по оптическим системам передачи информации

Разработка лабораторных работ по оптическим системам передачи информации состояла из блока теоретических и практических работ. Теоретические разделы имеют следующие названия: «Начальные сведения о волоконной оптике», «Области применения оптических волокон», «Физические свойства и пути распространения света в оптическом волокне», «Передающие устройства для оптических систем передачи информации» и «Приёмные устройства для волоконно-оптических систем» и «Усилители оптического сигнала и сеть оптической связи».

Для проведения практической части лабораторных работ со школьниками использовался комплект KL-900D, разработанный Тайваньской фирмой K&H для проведения практических занятий по системам волоконно-оптической связи [21]. Экспериментальный модуль KL-900D представляет собой автономное оборудование, предназначенное для изучения основ оптических систем связи (рис. 1).

Модуль состоит из двух групп цепей: аналоговой и цифровой. В аналоговую цепь входят: микрофонный усилитель, кнопочный переключатель, оптический приёмник и передатчик, генератор сигналов и аудиоусилитель. В цифровую цепь входят: микроконтроллер, клавишный пульт и интерфейс с жидкокристаллическим дисплеем.



Рис. 1. Внешний вид (слева) и комплектность (справа) экспериментальной установки для выполнения лабораторных работ

Fig. 1. External view (left) and completeness (right) of the experimental setup for laboratory work.

В рамках данной работы были созданы четыре лабораторные работы по оптическим системам передачи информации для школьников 8 классов.

Лабораторная работа № 1 **«Передача акустического сигнала по оптическому кабелю»**

Цель работы: передать акустический сигнал через волоконно-оптический кабель посредством света от модуля А к модулю Б.

Содержание работы. Необходимо согласно заданию собрать волоконно-оптическую систему передачи информации. В этом эксперименте собранная система будет осуществлять передачу акустического сигнала через волоконно-оптический кабель посредством света и преобразовывать световые волны в акустические. Модуль А в данном опыте играет роль передатчика, модуль Б – роль приемника.

Лабораторная работа № 2 **«Передача сообщения азбукой Морзе»**

Цель работы: передать сообщения азбукой Морзе через волоконно-оптический кабель посредством света от модуля А к модулю Б.

Содержание работы. В данном эксперименте происходит знакомство с процессом преобразования букв и слов в коды азбуки Морзе и передача их по волоконно-оптической линии почти так же, как они передавались первыми электрическими телеграфами. Во второй части эксперимента происходит ознакомление с обратным процессом – расшифровкой и обработкой сигналов кода азбуки Морзе.

Лабораторная работа № 3 **«Опознавание переданного сигнала»**

Цель работы: провести распознавание переданного по волоконно-оптическому кабелю сигнала.

Содержание работы. В данной лабораторной работе происходит знакомство с методами подтверждения принимающей стороной переданного оптического сигнала. Одним из методов, разработанных для подтверждения получения информации, является отражение той же информации обратно отправителю и сравнение содержания отосланной и возвращенной информации. Процедура подтверждения получения информации на техническом сленге называется «handshaking» (опознавание).

Лабораторная работа № 4 **«Усилители оптического сигнала»**

Цель работы: произвести усиление сигнала, идущего от модуля А к модулю Б и отправить его обратно на модуль А.

Содержание работы. Волоконно-оптическая сеть AT&T имеет передающую станцию, ряд усиливающих станций и приемную станцию. В данном эксперименте Модуль А является передающей станцией. В сети AT&T передающая станция выполняет функции телефона, локальной электрической сети и передатчика для волоконно-оптической линии. Модуль Б будет служить промежуточным усилителем волоконно-оптической линии. Приемный канал модуля Б будет преобразовывать оптический сигнал в электрический, усиливать его и преобразовывать снова в оптический сигнал

для последующей передачи по волоконно-оптическому кабелю. При использовании телефонной сети выходной оптический сигнал с модуля Б должен будет поступать либо на следующий промежуточный усилитель, либо в точку приема. Точкой приема является приемник волоконно-оптической линии.

Таким образом разработанные лабораторные работы дают школьникам представления о возможности передачи по оптическому волокну звукового сигнала, текстового сообщения и сообщения «SOS» азбукой Морзе, усиление переданного по волоконно-оптическому кабелю сигнала и его опознавание.

Оценка результативности проведения лабораторных работ по оптическим системам передачи информации

Проведение разработанных лабораторных работ по оптическим системам передачи информации реализовывалось в МБОУ «Академический лицей им Г.А. Псахье г. Томска».

Перед началом лабораторных работ проводилась оценка осведомленности учащихся 7–11 классов о существовании оптических систем передачи информации. О том, на каком явлении основано прохождение света по оптическому волокну и заинтересованности учащихся в проведении им лабораторных

Таблица 1. Результаты оценки осведомленности учащихся о существовании оптических систем передачи информации

Table 1. Results of assessing students' awareness of the existence of optical information transmission systems

Опрашиваемый класс Polled class		Слышали ли вы ранее об оптических системах передачи информации, оптоволокне? Have you heard before about optical data transmission systems, optical fiber?	Благодаря какому физическому явлению свет проходит через оптическое волокно? What is the physical phenomenon that causes light to travel through an optical fiber?				Хотели бы вы выполнить лабораторные работы по данной тематике? Would you like to perform laboratory work on this topic?			
			Количество опрошенных Number of respondents	Да/Yes	Нет/Not	Не знаю Do not know	Отражение от зеркальной поверхности Reflection from a mirror surface	Явление полного отражения The phenomenon of total reflection	Нет/Not	Да, на кружке Yes, on a mug
7	α	21	0	21	13	5	3	15	5	1
	β	23	2	21	19	2	2	21	2	0
	γ	21	3	18	18	1	2	10	3	8
	δ	20	2	18	18	1	1	16	0	4
8	α	19	2	17	17	2	0	12	7	0
	β	21	5	16	10	8	3	16	5	0
	γ	24	3	21	21	2	1	3	12	9
	δ	17	0	17	14	3	0	15	0	2
9	α	20	0	20	14	4	2	18	2	0
	β	22	6	16	18	1	3	16	5	1
	γ	16	9	7	16	0	0	15	1	0
	δ	19	2	17	17	0	2	19	0	0
10	α	18	4	14	14	3	1	17	1	0
	β	17	4	13	11	2	4	3	6	8
	γ	21	8	13	13	5	3	13	5	3
11	α	15	5	10	10	3	2	15	0	0
	β	13	10	3	3	3	7	2	7	4
	γ	23	12	11	11	3	9	12	3	8
	δ	11	6	5	5	4	2	5	4	2
Итого Total		361	83	278	262	52	47	243	68	50
Итого, % Total, %		100	23	77	73	14	13	67	19	14

работ по этой теме. Оценка осведомлённости проводилась в форме тестового опроса 361 учащегося 7–11 классов Академического лицея. Результаты проведенных опросов представлены в табл. 1.

Для оценки результативности проведения лабораторных работ были отобраны две группы из учащихся 8 классов. У первой (контрольной) группы, набранной на базе 8б класса, ведутся лишь занятия, предусмотренные школьной учебной программой, а у второй (экспериментальной) группы, набранной на базе 8γ класса, в виде дополнительных занятий были проведены разработанные лабора-

торные работы. При этом оба класса обучаются по одинаковым программам курса физики у одного и того же учителя.

После проведения лабораторных работ 8γ классу всем ученикам 7–11 классов было повторно предложено пройти контрольное тестирование. Оно показало, что все ученики 8γ класса, (кроме 2 учеников пропустивших занятия по болезни), правильно отвечают на вопрос, касающийся знания на каком явлении основано прохождение света по оптическому волокну (табл. 2).

Кроме того, можно отметить общий рост заинтересованности в проведении лабора-

Таблица 2. Результаты повторной оценки осведомленности учащихся о существовании оптических систем передачи информации

Table 2. Results of re-assessment of students' awareness of the existence of optical information transmission systems

Опрашиваемый класс Polled class		Слышали ли вы ранее об оптических системах передачи информации, оптоволокне? Have you heard before about optical data transmission systems, optical fiber?	Благодаря какому физическому явлению свет проходит через оптическое волокно? What is the physical phenomenon that causes light to travel through an optical fiber?				Хотели бы вы выполнить лабораторные работы по данной тематике? Would you like to perform laboratory work on this topic?			
		Количество опрошенных / Number of respondents	Да/Yes	Нет/ot	Не знаю Do not now	Отражение от зеркальной поверхности Reflection from a mirror surface	Явление полного отражения The phenomenon of total reflection	Нет/Not	Да, на кружке Yes, on a mug	Да, на роках Yes, in the classroom
7	α	20	0	20	12	5	3	14	5	1
	β	23	2	21	19	2	2	19	4	0
	γ	22	3	19	19	1	2	11	3	8
	δ	21	2	19	19	1	1	15	2	4
8	α	17	4	13	13	2	2	10	7	0
	β	19	7	12	8	8	3	13	6	0
	γ	23	22	1	1	1	21	1	10	12
	δ	18	3	15	15	1	2	12	4	2
9	α	19	0	19	13	4	2	17	2	0
	β	21	6	15	17	1	3	15	5	1
	γ	17	9	8	17	0	0	11	6	0
	δ	20	2	18	18	0	2	18	2	0
10	α	18	4	14	14	3	1	16	2	0
	β	17	4	13	11	2	4	0	12	5
	γ	19	8	11	11	5	3	10	5	4
11	α	16	5	11	11	3	2	16	0	0
	β	14	10	4	4	3	7	2	9	3
	γ	23	12	11	11	3	9	14	3	6
	δ	12	6	6	6	4	2	11	0	1
Итого Total	359	109	250	239	49	71	225	87	47	
Итого, % Total, %	100	30	70	67	14	20	63	24	13	

торных работ среди всех учеников 7–11 классов, а также и рост их осведомлённости.

Чтобы оценить какие знания и компетенции сформируются у школьников, с которыми были проведены дополнительные занятия, и чем они отличаются от контрольной группы, были составлены контрольные тесты. Тест составлен таким образом, что 10 вопросов из 15 относятся исключительно к школьному курсу физики, а 5 исключительно к дополнительным знаниям и навыкам, которые можно было получить на лабораторных работах.

Результаты тестирования следующие (табл. 3).

8γ класс прошёл тестирование в количестве 23 человек. Максимальное количество в 15 баллов набрали 7 человек, 14 баллов – 11 человек, 13 баллов – 2, 12 баллов – 0 человек, 11 баллов – три человека.

8δ класс прошёл тестирование в количестве 21 человека. Максимального количества баллов никто не набрал, по 1 человеку набрали 14 баллов и 13 баллов, 10 баллов набрали двое учащихся, 9 баллов – 8 человек, 8 баллов – пятеро, 7 баллов – трое, 5 баллов – один человек.

Такие результаты показывают, что класс, которому были проведены дополнительные лабораторные работы по оптическим систе-

мам передачи информации, лучше справился с вопросами, касающимися школьного курса физики, и ответил на дополнительные пять вопросов.

После проведения лабораторных работ по оптическим цифровым системам передачи информации учащихся попросили рассказать, что было интересно, что они смогли понять и запомнить. Ниже приведены высказывания некоторых учащихся.

«Меня удивило, что по проводу может идти не только электричество, но и свет, правда и провод этот не металлический, а специальный – оптоволокно». (Данил)

«Было интересно узнать, что физика нужна не только «физикам», но и тем же врачам, например, работа эндоскопа основана на явлении полного отражения. Есть над чем задуматься». (Дарья)

«Теория была скучной, но понравилось передавать сигнал по оптическому волокну, светом! Здорово, что оптические системы позволяют нам получить быстрый интернет и кабельное ТВ, чтобы смотреть всё в высоком качестве». (Полина)

«Я знал, что свет преломляется, например, в ванной мы видим под водой искажённую картинку, но удивило, что под критическим

Таблица 3. Сравнение результатов тестирования контрольной и экспериментальной групп

Table 3. Comparison of the test results of the control and experimental groups

8 γ класс / 8 th γ grade			8 δ класс / 8 th δ grade		
Всего тестируемых: 23 человека Total test subjects: 23 people			Всего тестируемых: 21 человек Total test takers: 21 people		
Баллы Points	Набравшие, чел. Collected, people	Набравшие, % Collected, %	Баллы Points	Набравшие, чел. Collected, people	Набравшие, % Collected, %
15	7	30	15	0	0
14	11	48	14	1	5
13	2	9	13	1	5
12	0	0	12	0	0
11	3	13	11	0	0
10	0	0	10	2	10
9	0	0	9	8	37
8	0	0	8	5	24
7	0	0	7	3	14
6	0	0	6	0	0
5	0	0	5	1	5
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	0	0
2	0	0	2	0	0
1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0

углом он идёт по границе преломления, а под большим вообще отражается без всяких зеркал. Хорошо, что люди научились использовать это в своих интересах». (Илья)

«Думаю, это очень интересная тема и если как следует разобраться во всех этих усилителях, лазерах, датчиках и остальном, то можно стать востребованным инженером, задумаюсь над этим» (Валерия).

Стоит отметить, что проведение лабораторных работ школьником показало, что учащиеся восьмых классов могут понять основные принципы распространения света в оптическом волокне (явление полного отражения).

Заключение

В ходе выполнения данной работы была переработана и представлена в доступном для школьников виде краткая теория по оптическим системам передачи информации. Проведен обзор существующих лабораторных работ для школьников и для студентов. На основе полученных аналитических исследований были разработаны лабораторные работы по оптическим системам передачи информации для школьников в доступном для них виде.

Разработанные лабораторные работы были внедрены в образовательный процесс для учащихся 8 класса. Проведение лабораторных работ по оптическим системам передачи информации для школьников способствует лучшему усвоению основ оптики в школьном курсе физики и даёт представление о работе в данной сфере. По результатам выполнения лабораторных работ некоторые учащиеся заинтересовались их тематикой и задумались об учёбе по направлению связанному с фотоникой. Также отмечен общий рост заинтересованности в проведении лабораторных работ среди остальных учеников 7–11 классов.

Таким образом, проведение лабораторных работ по оптическим системам передачи информации для школьников способствует лучшему усвоению основ оптики в школьном курсе физики и решает проблему ранней профориентации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках соглашения №075-03-2020-237/1 от 05 марта 2020г. (внутренний номер проекта FEWM-2020-0040), а также в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 269 с.
2. Stepanenko M., Yunusov I., Arykov V., Troyan P., Zhidik Y. Multi-Parameter Optimization of InP Electro-Optic Modulator // Symmetry. – 2020. – Vol. 12(11). – P. 1–18.
3. Гурлев И.В. Развитие волоконно-оптических линий связи как средства управления и обеспечения национальной безопасности // Вестник Евразийской науки. – 2018. – Том 10. – № 4. – С. 1–8.
4. Жирар А. Руководство по технологии и тестированию систем WDM. – М.: EXFO, 2001.
5. Mitchel P., Longone R., Janssen A., Garrett B., Luo J.K. Le Evaluation of an InP Mach-Zehnder modulator for high speed optical network system architectures and emerging photonically integrated optical modules // Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. – 2010. – № 12. – P. 965–974.
6. Klein H. Integrated InP Mach-Zehnder Modulators for 100 Gbit/s Ethernet Applications Using QPSK Modulation. – Berlin: Berlin Institute of Technology, 2010. DOI:10.14279/depositonce-2598. URL: https://www.researchgate.net/publication/47512180_Integrated_InP_Mach-Zehnder_Modulators_for_100_Gbits_Ethernet_Applications_using_QPSK_Modulation (дата обращения: 20.03.2021).
7. Денчук Д.С. Анализ компетенций инженерного изобретательства в практике российского и международного высшего профессионального образования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22878176> (дата обращения: 20.03.2021).
8. Трешев А.М., Сергеева О.А. Всемирная инициатива CDIO как контекст профессионального образования // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17883064> (дата обращения: 20.03.2021).
9. Чучалин А.И., Петровская Т.С., Кулюкина Е.С. Всемирная Инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIOSyllabus): информационно-методическое издание. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 22 с.
10. Пономарев А.Н. Рабочая программа учебного предмета Физика. Уровень основного общего образования 7–9 классы. URL: https://acllic.ru/docs/info/edu/programs/alc_work_program_common_physics_07-09_2019.pdf (дата обращения: 20.03.2021).

11. Методические рекомендации для учителей физики по совершенствованию организации и методики преподавания учебного предмета «Физика» в общеобразовательных организациях Курской области в 2021–2022 учебном году. URL: http://new.kiro46.ru/images/doc/MR_fizika.pdf (дата обращения 20.03.2021).
12. Методические рекомендации для образовательных организаций Краснодарского края о преподавании физики в 2020–2021 учебном году. URL: http://iro23.ru/sites/default/files/15._metod._rekom._po_fizike_2020-2021_0.pdf (дата обращения 20.03.2021).
13. Методические рекомендации по преподаванию предметов учебных планов среднего общего образования в общеобразовательных организациях Псковской области в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом среднего общего образования в 2020/2021 учебном году. URL: http://poipkro.pskovedu.ru/wp-content/ploads/2020/08/%D0%B2%D1%81%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0.pdf (дата обращения 20.03.2021).
14. Кулагина И.В. Развитие познавательных способностей школьников как способ активизации их учения // Наука и школа. – 2010. – № 2. – С. 57–59.
15. Jones M.W., Kao K.C. Spectrophotometric studies of ultra low loss optical glasses II: double-beam method // J. Sci. Instruments series. – 1969. – № 2(2). – С. 331–335.
16. История AT&T. URL: <https://www.osp.ru/cw/2004/01/72134> (дата обращения: 20.03.2021).
17. Сорокин К.В., Мурашов В.В. Мировые тенденции развития распределенных системно-оптических сенсорных систем (обзор) // Авиационные материалы и технологии. – 2015. – № 3. – С. 90–94.
18. Гармаш В.Б. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // Спецвыпуск «Фотон-Экспресс». – 2005. – № 6. – С. 128–140.
19. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков В.Н. Оптические волокна для линий связи. – М.: Лесарарт, 2003. – 208 с.
20. Физические основы современных линий передачи сигналов. URL: <http://pereplet.ru/> (дата обращения 20.03.2021).
21. KL-900D Fiber Optic Transmission Training System. URL: <https://www.kandh.com.tw/kl-900d-fiber-optic-transmission-training-system-kl-900d.html> (дата обращения 20.03.2021).

Дата поступления: 10.04.2021.

UDC 373.62

DOI 10.54835/18102883_2021_29_7

DEVELOPMENT OF LABORATORY WORKS ON OPTICAL INFORMATION TRANSMISSION SYSTEMS FOR STUDENTS OF BASIC GENERAL EDUCATION AND THEIR IMPLEMENTATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Pavel E. Troyan,

Dr. Sc., Professor, Head of the Department of Physical Electronics, tpe@tusun.ru

Alexander I. Goroshchenko,

Junior Researcher, Laboratory of Integrated Optics and Radiophotonics,

Postgraduate Student, Department of Physical Electronics,

ale.gorosh@gmail.com

Yuri S. Zhidik,

Cand. Sc., Leading Researcher of the Laboratory of Integrated Optics and

Radiophotonics, Associate Professor of the Department of Physical Electronics,

iurii.s.zhidik@tusun.ru

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
40, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russia.

The use of sophisticated equipment in modern multi-level, branched optical digital information transmission systems requires qualified service. In this regard, there is a growing need for specialists in optical digital information transmission systems. The growing need for highly qualified specialists sets the task of their training, starting with vocational guidance work with schoolchildren, for which laboratory work on the problems of optics and radio photonics expands the range of skills and abilities. The key to the successful preparation of an employee for research activities is his systematic and purposeful training. The preparation of a good specialist begins with the middle level of education, where he is taught mathematics and physics. However, the physics course does not include the study of the basics of optical information transmission systems. The purpose of this work is to develop laboratory work on optical information transmission systems for general education students in the study of fiber optics in a physics course and their introduction into the educational process in order to form professional interest. The paper describes the experience of development and implementation in educational institutions of secondary education of laboratory work on the basics of optical information transmission systems. It is shown that laboratory work on optical information transmission systems for schoolchildren contributes to a better mastery of the basics of optics within the school physics course and gives an idea of professional activity in this area. After the laboratory work, an increase in students' interest in optical devices and systems of fiber-optic communication lines was recorded. It has been established that laboratory work on optical information transmission systems for secondary school students contributes to a better mastery of the basics of optics in a school physics course and an understanding of the directions of work in fiber-optic communication lines.

Key words: optical information transmission systems, fiber-optic communication lines, laboratory work, vocational training, basic general education.

REFERENCES

1. Fokin V.G. *Opticheskiye sistemy peredachi i transportnyye seti* [Optical transmission systems and transport networks]. Moscow, Eco-Trends Publ., 2008. 269 p.
2. Stepanenko M., Yunusov I., Arykov V., Troyan P., Zhidik Y. Multi-Parameter Optimization of InP Electro-Optic Modulator. *Symmetry*. 2020, Vol. 12 (11), pp. 1–18.
3. Gurlev I.V. Razvitiye volokonno-opticheskikh liniy svyazi kak sredstva upravleniya i obespecheniya natsionalnoy bezopasnosti [Development of fiber-optic communication lines as a means of management and ensuring national security]. *Vestnik Evraziyskoy nauki*. 2018, Vol. 10, no. 4, pp. 1–8.
4. Girard A. *Rukovodstvo po tekhnologii i testirovaniyu sistem WDM* [Guidelines for technology and testing of WDM systems]. Moscow, EXFO, 2001.
5. Mitchel P., Longone R., Janssen A., Garrett B., Luo J.K. Le Evaluation of an InP Mach-Zehnder modulator for high speed optical network system architectures and emerging photonically integrated optical modules. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*. 2010, no. 12, pp. 965–974.
6. Klein H. *Integrated InP Mach-Zehnder Modulators for 100 Gbit/s Ethernet Applications Using QPSK Modulation*. Berlin, Berlin Institute of Technology, 2010. DOI:10.14279/depositonce-2598. Available at: https://www.researchgate.net/publication/47512180_Integrated_InP_Mach-Zehnder_Modulators_for_100_Gbits_Ethernet_Applications_using_QPSK_Modulation (accessed: 20.03.2021).

7. Denchuk D.S. Analiz kompetentsiy inzhenernogo izobretatelstva v praktike rossiyskogo i mezhdunarodnogo vysshego professionalnogo obrazovaniya [Analysis of the competencies of engineering invention in the practice of Russian and international higher professional education]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014, no. 6. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22878176> (accessed: 20.03.2021).
8. Treshchev A.M., Sergeyeva O.A. Vsemirnaya initsiativa CDIO kak kontekst professionalnogo obrazovaniya [World CDIO Initiative as the Context of Professional Education]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012, no. 4. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17883064> (accessed: 20.03.2021).
9. Chuchalin A.I., Petrovskaya T.S., Kulyukina E.S. *Vsemirnaya Initsiativa CDIO. Planiruyemye rezultaty obucheniya (CDIO Syllabus): informatsionno-metodicheskoye izdaniye* [Worldwide CDIO Initiative. Planned Learning Outcomes (CDIO Syllabus): informational and methodological publication]. Tomsk, TPU Publ., 2011. 22 p.
10. Ponomarev A.N. *Rabochaya programma uchebnogo predmeta Fizika. Uroven osnovnogo obshchego obrazovaniya 7–9 klassy* [The work program of the subject Physics. The level of basic general education is 7–9 grades]. Available at: https://aalic.ru/docs/info/edu/programs/alc_work_program_common_physics_07-09_2019.pdf (accessed: 20.03.2021).
11. *Metodicheskiye rekomendatsii dlya uchiteley fiziki po sovershenstvovaniyu organizatsii i metodiki prepodavaniya uchebnogo predmeta «Fizika» v obshcheobrazovatelnykh organizatsiyakh Kurskoy oblasti v 2021–2022 uchebnom godu* [Methodological recommendations for physics teachers to improve the organization and methods of teaching the subject “Physics” in educational institutions of the Kursk region in the 2021–2022 academic year]. Available at: http://new.kiro46.ru/images/doc/MR_fizika.pdf (accessed 20.03.2021).
12. *Metodicheskiye rekomendatsii dlya obrazovatelnykh organizatsiy Krasnodarskogo kraya o prepodavanii fiziki v 2020–2021 uchebnom godu* [Guidelines for educational organizations of the Krasnodar Territory on teaching physics in the 2020–2021 academic year]. Available at: http://iro23.ru/sites/default/files/15._metod._rekom.po_fizike_2020-2021_0.pdf (accessed 20.03.2021).
13. *Metodicheskiye rekomendatsii po prepodavaniiu predmetov uchebnykh planov srednego obshchego obrazovaniya v obshcheobrazovatelnykh organizatsiyakh Pskovskoy oblasti v sootvetstvi s federalnym gosudarstvennym obrazovatelnyim standartom srednego obshchego obrazovaniya v 2020/2021 uchebnom godu* [Guidelines for teaching subjects of curricula of secondary general education in general educational institutions of the Pskov region in accordance with the federal state educational standard of secondary general education in the 2020/2021 academic year.]. Available at: http://poipkro.pskovedu.ru/wp-content/ploads/2020/08/%D0%B2%D1%81%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0.pdf (accessed 20.03.2021).
14. Kulagina I.V. Razvitiye poznavatelnykh sposobnostey shkolnikov kak sposob aktivizatsii ikh ucheniya [The development of the cognitive abilities of schoolchildren as a way to activate their teaching]. *Nauka i shkola*. 2010, no. 2, pp. 57–59.
15. Jones M.W., Kao K.C. Spectrophotometric studies of ultra low loss optical glasses II: double-beam method. *J. Sci. Instruments series*. 1969, no. 2 (2), pp. 331–335.
16. *Istoriya AT&T* [History of AT&T]. Available at: <https://www.osp.ru/cw/2004/01/72134> (accessed: 20.03.2021).
17. Sorokin K.V., Murashov V.V. Mirovyie tendentsii razvitiya raspredelennykh sistemno-opticheskikh sensorynykh sistem (obzor) [World trends in the development of distributed system-optical sensor systems (review)]. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii*. 2015, no. 3, pp. 90–94.
18. Garmash V.B. Vozmozhnosti, zadachi i perspektivy volokonno-opticheskikh izmeritelnykh sistem v sovremennom priborostroyenii [Opportunities, tasks and prospects of fiber-optic measuring systems in modern instrument making]. *Spetsvypusk «Foton-Ekspres»*. 2005, no. 6, pp. 128–140.
19. Listvin A.V., Listvin V.N., Shvyrkov V.N. *Opticheskiye volokna dlya liniy svyazi* [Optical fibers for communication lines]. Moscow, Lesart, 2003. 208 p.
20. *Fizicheskiye osnovy sovremennykh liniy peredachi signalov* [Physical foundations of modern signal transmission lines]. Available at: <http://pereplet.ru/> (accessed: 20.03.2021).
21. *KL-900D Fiber Optic Transmission Training System*. Available at: <https://www.kandh.com.tw/kl-900d-fiber-optic-transmission-training-system-kl-900d.html> (accessed 20.03.2021).

Received: 10.04.2021.