

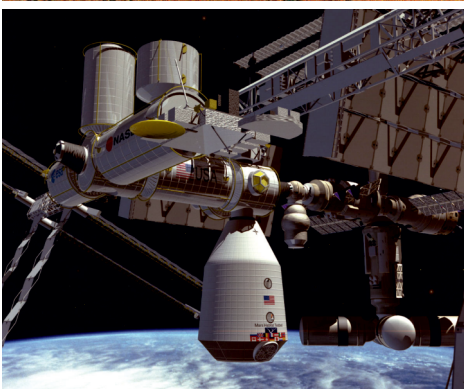
ISSN 1999 – 9801



АУЭС

Образован в 1975

Алматы энергетика және
байланыс университетінің
ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Алматинского университета
энергетики и связи

2

2018



АУЭС

Образован в 1975

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
«ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Издаётся с июня 2008 года

УЧРЕДИТЕЛЬ

Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики и связи»

Главный редактор - Соколов С. Е., д-р техн. наук

Зам. главного редактора - Стояк В. В., канд. техн. наук

Редакционная коллегия:

Беляев А. Н., канд. техн. наук (Россия)

Бильдюкевич А. В., академик НАН, д-р хим. наук (Беларусь)

Долгополов А. Г., д-р техн. наук (Россия)

Кузлякина В. В., академик РАЕ, д-р техн. наук (Россия)

Михайлова Н. Б., д-р фил. наук (Германия)

Пирматов Н. Б., д-р техн. наук (Узбекистан)

Раджабов Т. Д., академик Академии наук Узбекистана,

академик Международной академии связи, д-р физ.-мат. наук (Узбекистан)

Сулейменова К. И., д-р экон. наук (Великобритания)

Фикрет Т., д-р филос. наук (Турция)

Фишов А. Г., д-р техн. наук (Россия)

Дворников В. А., канд. физ.-мат. наук (Казахстан)

Зияханов М. У., канд. физ.-мат. наук (Казахстан)

Медеуов У. И., канд. техн. наук (Казахстан)

Табултаев С. С., канд. техн. наук (Казахстан)

Саухимов А. А., доктор PhD (Казахстан)

Тулелуп М. М., канд. фил. наук (Казахстан)

С содержанием журнала можно ознакомиться на веб-сайте АУЭС www.aipet.kz.

Подписаться на журнал можно в почтовых отделениях связи по объединённому каталогу Департамента почтовой связи. Подписной индекс – **74108**.

В редакции можно подписаться на журнал и приобрести отдельные номера.

Адрес редакции: 050013, г. Алматы, Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи», ул. Байтурсулулы, дом 126/1, офис Б 224

Тел.: 8(727) 2925048. Факс: 8(727) 2925057. E-mail: aues@aues.kz (с пометкой «Для редакции журнала»)

Ответственный секретарь

Садикова Г. С.

Технические редакторы

Саньярова Н. С. (рус.)

Телгожаева К. С. (каз.)

Нурходжаева Х. А. (англ.)

Сдано в набор 17.05.2018 г. Подписано в печать 07.06.2018 г. Формат А4

Бумага офсетная № 80 г/м² Печать офсетная. Печ. л. 13,25

Цена свободная. Тираж 350 экз. Зарегистрирован Комитетом информации и архивов Министерства связи и информации РК, регистрационный № 11124-Ж от 02.09.2010 г.

Макет выполнен и отпечатан в типографии «ИП Волкова»

Райымбека 212/1, оф.104.

«Вестник АУЭС», 2018 г.

В Е С Т Н И К

**АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

№ 2 (41)

2018

**Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год**

Алматы



БАКАЛАВРИАТ

- 5B060200 - Информатика
- 5B070200 - Автоматизация и управление
- 5B070300 - Информационные системы
- 5B070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 5B071600 - Приборостроение
- 5B071700 - Теплоэнергетика
- 5B071800 - Электроэнергетика
- 5B071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 5B073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 5B081200 - Энергообеспечение сельского хозяйства
- 5B074600 - Космическая техника и технологии
- 5B100200 - Системы информационной безопасности

КОЛЛЕДЖ

- 0901000 - Электрооборудование электрических станций и сетей
- 0906000 - Теплоэнергетические установки тепловых энергетических станций

ВОЕННАЯ КАФЕДРА

Министерство обороны РК выделяет квоту студентам АУЭС для получения специальности на военной кафедре, а также предлагает пройти курс «Молодого бойца».

ЯЗЫКИ ОБУЧЕНИЯ



КАЗАХСКИЙ



РУССКИЙ



АНГЛИЙСКИЙ

МАГИСТРАТУРА

- 6M070200 - Автоматизация и управление
- 6M071700 - Теплоэнергетика
- 6M071800 - Электроэнергетика
- 6M071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 6M070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 6M070300 - Информационные системы
- 6M073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 6M071600 - Приборостроение

ДОКТОРАНТУРА

- 6D071700 - Теплоэнергетика
- 6D071800 - Электроэнергетика
- 6D071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

- 1302000 - Автоматизация и управление
- 1304000 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 1305000 - Информационные системы
- 1306000 - Радиоэлектроника и связь

ИНОГОРОДНИМ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ОБЩЕЖИТИЕ

НАШИ КОНТАКТЫ:

🏠 г. Алматы, ул. Байтурсынулы, дом 126/1
☎ +7 (727) 292 0303
✉ aues1975@gmail.com



AUES University



@aues_university



AUES University



Aues University

#АУЭС
#AUES
#AUPET
#БУДНИАУЭС

№ 2 (41)
2018

ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

- Трофимов Г. Г., Жежеленко И. В.,
Асиев А. Т., Живаева О. П.**
Электроэнергетика стран Центрально-Азиатского
региона5

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯ

- Dikhanbayev A. B., Alliyarov B. K., Mukhitdinov D. N.**
To the fuel consumption computational method
in the reactor of inversion phases.....12

АВТОМАТИКА

- Чернов Б. А., Чернова Н. Б.**
Гидродинамические параметры ультразвукового
расходомера20
- Кусаинов Б. К.**
Адаптивная идентификация параметров и внешнего
возмущения объекта автоматического управления.....28

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Vaipakbayeva S. T., Suleimenov I. E.**
Development of a technique for calculating the
characteristics of lightguiding elements based
on Fourier optics39

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ

- Лещинская Э. М.**
Ретроспективный анализ фактического числа заявок
на услуги телекоммуникаций.....48

№ 2 (41)
2018

ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

- Сериков Э. А., Аршидинов М. М.**
Новый подуровень послесреднего профессионального образования: прикладной бакалавриат55
- Акжигитов Е. А., Аруова А. Б.,
Бейсебай П. Б., Тилепиев М. Ш.**
Об одном методе решения неоднородного линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами66
- Мажитова Л. Х., Сыздыкова Р. Н.**
Презентации в обучении физике в техническом университете.....77
- Erzhanova Zh.**
IT in language teaching.....82

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ

МРНТИ 44.29.29

Г. Г. Трофимов¹, И. В. Жежеленко², А. Т. Асиев³, О. П. Живаева¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

²Приазовский Государственный технический университет, г. Мариуполь, Украина

³Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
г. Бишкек, Кыргызстан

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА СТРАН ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА

Аннотация. Регион Центральной Азии богат энергетическим потенциалом, который неравномерно распределен. Киргизстан и Таджикистан имеют значительные водные ресурсы и ограниченные запасы минеральных ресурсов, а Казахстан, Туркменистан и Узбекистан богаты минеральными ресурсами, но испытывают проблемы с водными ресурсами. В Советское время была создана Объединённая энергетическая система Центральной Азии, в которой осуществлялось диспетчерское управление режимами и решались проблемы рационального использования топливно-энергетических и водных ресурсов региона.

После распада СССР отношение в электроэнергетике независимых стран региона резко изменилось. Первоначальные принципы, заложенные в создание ОЭС ЦА, нарушились. В статье в ретроспективе рассматриваются проблемы, связанные с состоянием энергетики в регионе Центральной Азии и формированием общего электроэнергетического рынка Центрально-Азиатского региона.

Ключевые слова: регион Центральной Азии, энергетический потенциал, баланс электроэнергии, водно-энергетические проблемы, электроэнергетический рынок.

Регион Центральной Азии (ЦА) богат значительным энергетическим потенциалом, включающим в себя углеводородные ресурсы и гидроресурсы. Электроэнергетике отводится особая роль в экономике каждой из этих стран региона, так как она является важнейшей составляющей международного сотрудничества. Отрасль электроэнергетики не во всех странах способна приносить высокую прибыль, в ней применяются механизмы государственного регулирования цен и тарифов.

Хотя регион в целом характеризуется высоким уровнем энергообеспеченности, однако по уровню удельного потребления электроэнергии на душу населения страны занимают от 43 (Казахстан) до 88 (Кыргызстан) места в мировом рейтинге. Эта особенность региона ЦА, естественно, отражается и на показателях энергетической эффективности стран региона, которые приведены в таблице 1.

Известно, что уровень энергообеспеченности стран региона ЦА различен: одни страны владеют водой, а другие - органическим топливом.

На основании как данных национальной статистики, так и международных организаций по методике Международного энергетического агентства (International Energy Agency - EIA) было рассчитано удельное потребление электроэнергии на душу населения, которое в определенной степени отражает уровень развития страны. Замечено, что высокий удельный вес энергопотребления на душу населения в 8 тыс. кВт·ч/душу характерен для развитых стран мира. Средний общемировой показатель энергопотребления составляет 2341 кВт·ч/душу. В развитых странах Японии и Германии потребление энергии на душу населения составляет 6 кВт·ч/душу, а в США - 11,4 кВт·ч/душу, что больше, чем у стран региона ЦА. А в развивающихся странах, например, в Индии, энергопотребление на душу населения составляет около 0,7 кВт·ч/душу, в Бангладеш только 0,2 кВт·ч/душу населения, что значительно ниже, чем у стран ЦА региона.

Таблица 1 – Показатели энергетической эффективности региона ЦА

Показатели		Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан
Показатели энергетической эффективности	Удельное потребление электроэнергии на душу населения кВт·ч на чел. в 2012 г. /Место в мире**	4727,6/43	1374,8/88	2004,5/73	2403,4/68	1648,1/80
	Душевое потребление энергоносителей*, кг/чел. 2014 г.	2306	752	519	4486	1118
	Душевое (валовое) потребление полезной электроэнергии*, кВт·ч на чел. в 2014 г.	3955	1863	1478	2087	1499
	Душевое потребление полезной электроэнергии населением*, кВт·ч на чел. в 2014 г.	667	1307	356	439	272

* [1]; ** [2].

Объединенная энергосистема Центральной Азии (ОЭС ЦА) была создана в 70-х годах прошлого столетия. Она объединяла энергосистемы пяти республик бывшего Советского Союза: южного Казахстана¹, Киргизской Республики, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана. В то время юг Казахстана не был соединён с мощностями Павлодарского энергоузла.

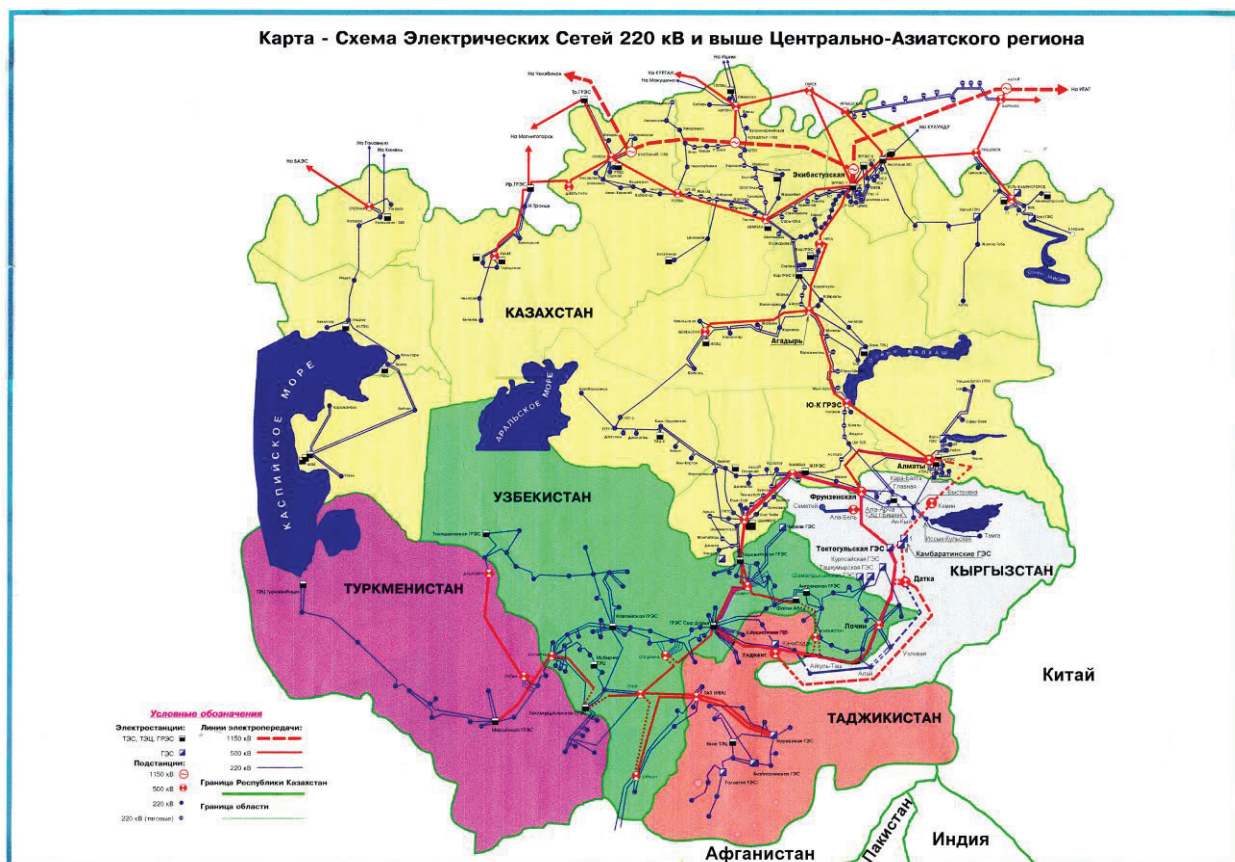


Рисунок 1 – Карта – Схема электрических сетей 220 кВ и выше ЦА региона [1]

¹ Северные регионы Казахстана были связаны с российской энергосетью.

Создание ОЭС ЦА было подчинено идее наиболее рационального использования топливно-энергетических и водных ресурсов региона Центральной Азии. Было образовано Центрально-Азиатское энергетическое «кольцо», объединяющее все электростанции и энергетические узлы республик. В советское время к началу 1991 года было завершено формирование ОЭС ЦА. Она включала 83 электростанции общей мощностью 25 тысяч МВт.

Учитывая общность интересов в вопросах ведения режимов национальных энергосистем, входящих в ОЭС ЦА, было создано специализированное предприятие – единый региональный центр ОДЦ «Энергия». Он располагался в г. Ташкенте и подчинялся Центральному диспетчерскому управлению Единой энергосистемы СССР. ОДЦ «Энергия» осуществлял руководство Центральными диспетчерскими управлениями (ЦДУ) всех тесно взаимосвязанных энергосистем союзных республик.

Управление режимами в ОЭС ЦА позволяло оптимизировать режим всех республиканских энергосистем, сохраняя слаженную параллельную работу республиканских энергосистем, при минимальных потерях электроэнергии в них, а также обеспечить оптимальный режим ирригации всего региона. В ОЭС ЦА решались не только электрические проблемы регулирования частоты и мощности, но и при долгосрочном планировании принималась во внимание структура всех генерирующих источников, входящих в ОЭС, для централизованного обеспечения стран региона топливом. ОДЦ «Энергия» понимал, что в регионе ЦА водно-энергетические проблемы и потребности ирригации неразрывно связаны между собой, поэтому наряду с обеспечением оптимального энергетического режима также учитывались и потребности ирригации.

Наличие единого регионального центра ОДЦ «Энергия» в ОЭС ЦА позволило всем странам региона не только использовать основные водохранилища ГЭС Киргизии и Таджикистана в общих интересах для нужд ирригации, но и обеспечить регулирование как пиковых нагрузок, так и перетоков электроэнергии между странами, повысить устойчивость работы в каждой из республиканских энергосистем, а также в объединенной энергосистеме. Кроме того, ОЭС ЦА позволяла энергосистемам пяти республик, соединенных между собой линиями 220 и 500 кВ через сети Казахстана, работать параллельно с ЕЭС России.

После распада СССР отношения в электроэнергетике независимых стран Центрально-Азиатского региона резко изменились. Первоначальные принципы, заложенные в создание ОЭС ЦА, нарушились, в результате чего обострились проблемы по покрытию пиковой мощности и оказанию услуг по регулированию мощности. Региональный обмен электроэнергией между вновь образованными, независимыми государствам значительно снизился. Все страны стали принимать усилия по собственной самобалансированности в сфере энергетики. Выработка электроэнергии стала для всех электрических станций региона основной задачей. Интересы ирригации отошли на второй план, поэтому изменился режим работы крупных ГЭС региона: из-за ирригационного режима они вынужденно перешли в энергетический. Вследствие этого запасы воды в Токтогульском водохранилище истощались, что вызывало его срабатывание.

Нарушились принципы функционирования и ведение оптимального режима во всех электроэнергетических системах государств ЦА. Киргизская республика и Таджикистан, несмотря на значительные гидроресурсы, испытывали недостаток в электроэнергии и, не имея первичных топливно-энергетических ресурсов, не могли в зимнее время обеспечить своих потребителей электроэнергией. Несогласованные сбросы воды из Токтогульского водохранилища зимой в 1998, 2000, 2005 годах вызывали разрушение ирригационных сооружений и затопление населенных пунктов внизу по течению реки Нарын в Узбекистане и Казахстане, а в летний период приводили к дефициту поливной воды в этом регионе.

Более 18 лет после распада СССР ОЭС ЦА, несмотря на многочисленные проблемы и устаревшее оборудование, нуждающееся в серьезной модернизации, продолжала

функционировать, обеспечивая параллельную работу национальных электроэнергетических систем. Однако, в 2009 году единое энергетическое кольцо, объединяющее независимые государства ЦА, развалилось.

В таблице 2 приведены основные показатели электроэнергетики стран Центрально-Азиатского региона 2015 г. [1]. Из таблицы 2 видно, что в общей системе энергоснабжения в странах ЦА на тепловых электростанциях (ТЭС) вырабатывают почти в три раза больше электроэнергии, чем на гидроэлектростанциях (ГЭС). Причем большая доля ТЭС приходится на Казахстан (87,5%), Узбекистан (85,9%) и Туркменистан (99,9%), а доля ГЭС - на Кыргызстан (83,5%) и Таджикистан (92,7%).

Таблица 2 – Основные показатели электроэнергетики стран региона ЦА в 2015 г. [1]

Основные показатели электроэнергетики стран Центрально-Азиатского региона						
Показатели		Казахстан	Кыргызстан	Таджикистан	Туркменистан	Узбекистан
Установленная мощность МВт	Всего	25 101	4 020	5 190	4 000	12 722
	ТЭС (органическое топливо)	22 500	956	318	4 000	10 867
	ГЭС	2500	3064	4872	-	1855
	ВЭС	100	-	-	-	-
	СЭС	1	-	-	-	-
Производство электроэнергии млн кВт·ч млн кВт·ч	ТЭС (органическое топливо)	97 020	1 930	262	22 534	45 450
	ГЭС	9 269	11 100	16 900	-	11 830
	ВЭС	132	-	-	-	-
	СЭС	1	-	-	-	-
	Всего	106 422	13 030	17 162	22 534	57 280

Естественно, что такое значительное различие между странами региона в выработке электроэнергии на ТЭС и ГЭС, обусловленное неравномерностью распределения водных и энергетических ресурсов региона, создает серьезную водно-энергетическую проблему для всех стран ЦА региона. Кроме того, устаревшее электрооборудование и значительный физической износ его, а также высокая степень износа основных фондов является общей проблемой для всех государств ЦА региона. Так, в Кыргызской Республике уровень износа электростанций составляет в среднем около 60%. Ограниченные материальные ресурсы самих стран для восстановления объектов и инвестиционная недофинансированность создают проблемы во всех национальных энергосистемах стран региона, снижая эффективность и понижая надежность энергоснабжения.

Баланс выработки и потребления электроэнергии (млрд. кВт·ч) в ЦА регионе за 2014 год приведен в таблице 3. Из таблицы видно, что сальдо между выработкой и потреблением электроэнергии для всех стран положительно. Однако, в зимний период в отдельных странах существуют значительные сложности с обеспечением населения электричеством.

В этих условиях только региональное сотрудничество в области электроэнергетики в Центральной Азии может создать очевидные технические, экономические и экологические преимущества для всех стран. Оно облегчает эффективное использование региональных энергетических ресурсов, в частности гидроэлектроэнергии, производимой в Таджикистане и Кыргызстане в летнее время, и тепловой электроэнергии, производимой в Узбекистане и Южном Казахстане.

Таблица 3 – Баланс выработки и потребления электроэнергии (млрд. кВт*ч) в ЦА регионе за 2014 год [3]

Страна	Выработка	Потребление	Сальдо	Импорт	Экспорт
Казахстан	99,18	90,93	8,25	1,75	2,92
Кыргызстан	14,36	11,12	3,24	0,29	0,07
Таджикистан	15,89	11,79	4,1	0,03	1,33
Туркменистан	19,18	13,42	5,76	0,6	3,21
Узбекистан	52,67	47,88	4,79	13,22	1,33

Создание цивилизованных рыночных отношений между странами региона на базе электроэнергетического рынка на просторах ЦА смогло бы не только устранить возникшие противоречия, но и обеспечить экономические выгоды от реализации рыночных отношений в электроэнергетике региона для каждой из стран. Объединенный электроэнергетический рынок Центрально-Азиатского региона позволит странам улучшить экономику, повысить благосостояние граждан и обеспечить энергетическую безопасность государств. Однако создание электроэнергетического рынка на просторах ЦА региона должно обязательно увязываться с водными проблемами региона.

Основы для реализации рыночных отношений в электроэнергетике стран Центрально-Азиатского региона имеются. Так, проведенные в 2017 году переговоры глав энергетических ведомств стран подтвердили намерения руководителей центрально-азиатских стран восстановить электроэнергетическую систему. Следует отметить, что Евразийский экономический союз также предусматривает поэтапное формирование общего электроэнергетического рынка ЕАЭС на основе параллельно работающих электроэнергетических систем. В настоящее время членами ЕАЭС, наряду с Арменией, Беларусью и Россией, являются Казахстан (с 1 января 2015 года) и Киргизия (с 12 августа 2015 года). Реальными претендентами на вступление в ЕАЭС являются Таджикистан и Узбекистан, а Туркмения рассматривается в качестве вероятного кандидата на вступление в союз. Формирование общего электроэнергетического рынка Центрально-Азиатского региона, наряду с электроэнергетическим рынком ЕАЭС, позволит использовать интеграционный потенциал Союза и устранить барьеры во взаимной торговле электроэнергией, содействовать созданию равных условий для хозяйствующих субъектов и увеличить объемы взаимовыгодных поставок электроэнергии и попусков воды.

В условиях создания рыночных отношений в электроэнергетике страны Центрально-Азиатского региона могут рассчитывать на помощь ЕАЭС в формировании законодательной базы независимых государств региона, а в области эффективных рыночных отношений и на проведение ими единой политики, а также на помощь ЕАЭС в наработке экономических механизмов, схем финансирования, организации управления, укрепления связи с международными финансовыми институтами для поддержки и привлечения инвестиций для реализации данных проектов. Помощь ЕАЭС может быть оказана и в совершенствовании законодательной базы стран Центральной Азии в направлении разработки конкретных норм и нормативов прямого действия. Разработка механизмов и форм рыночной торговли для формирования объединенного электроэнергетического рынка - это реальный путь преодоления для стран ЦА региона имеющихся противоречий и решения проблем по объединению усилий в целях совместного сотрудничества в водно-энергетической сфере, включающей общий рынок электрической энергии и мощности.

Кроме того, Казахстан и Китай предполагают создать общий рынок электроэнергии для реализации долгосрочных проектов в сфере торговли энергоресурсами, а в более отдаленной перспективе возможна реализация проектов, позволяющих создать

энергомосты, а также соединить системы стран Центральной Азии, России, Китая, стран Корейского полуострова, Монголии и Японии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] EES EAEC. Таблицы энергоёмкости, электроёмкости и уровня технологического развития // Режим доступа: <https://sites.google.com/a/eeseaec.org/eeseaec>, свободный.
- [2] Международное энергетическое агентство. IEA Statistics 2012 // Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info>, свободный.
- [3] Экономические показатели для 200 стран // Режим доступа: <https://ru.theglobaleconomy.com>, свободный.

REFERENCES

- [1] EES EAEC. Tables of energy intensity, electrical capacity and level of technological development // Access mode: <https://sites.google.com/a/eeseaec.org/eeseaec>, free.
- [2] International Energy Agency. IEA Statistics 2012 // Access mode: <http://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info>, free.
- [3] Economic indicators for over 200 countries // Access mode: <https://ru.theglobaleconomy.com>, free.

ОРТАЛЫҚ-АЗИЯ АЙМАҒЫ ЕЛДЕРІНІҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСЫ

Г. Г. Трофимов¹, И. В. Жежеленко², А. Т. Асиев³, О. П. Живаева¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Приазов мемлекеттік техникалық университеті, Мариуполь қ., Украина

³И. Раззаков атындағы Қырғыз мемлекеттік техникалық университеті, Бішкек қ., Қырғызстан

Аңдатпа. Орталық Азия аймағы олардың арасында біркелкі таралмаған энергетикалық потенциалға бай. Қырғызстан мен Тәжікстан елеулі су ресурстарына ие және минералды ресурстарының шектеулі қорлары бар, ал Қазақстан, Түрікменстан және Өзбекстан минералдық ресурстарға бай, бірақ су ресурстарына байланысты мәселелері бар. Кеңес дәуірінде Орталық Азияның Біріккен энергетикалық жүйесі құрылды, онда режимдерді диспетчерлік басқару жүзеге асырылды және сол уақытта аймақтың отын, энергетика және су ресурстарын ұтымды пайдалану мәселелері шешілді.

КСРО ыдырағаннан кейін, аймақтың тәуелсіз елдерінің электр энергетикасы саласындағы қарым-қатынастары күрт өзгерді. ОА БЭЖ құруға негізделінген бастапқы принциптер бұзылды. Мақалада, ретроспективада Орталық Азия аймағындағы энергетикалық жағдайға қатысты мәселелер және Орталық Азия аймағының ортақ электр энергетикалық нарығын қалыптастыру мәселелері қаралды.

Кілттік сөздер: Орталық Азия аймағы, энергетикалық әлеует, электр энергиясының балансы, су-энергетикалық мәселелер, электр энергиясы нарығы.

ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE COUNTRIES OF CENTRAL ASIA REGION

Г. Г. Трофимов¹, И. В. Жежеленко², А. Т. Асиев³, О. П. Живаева¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

²Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, Ukraine

³Kyrgyz State Technical University after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan

Abstract. The Central Asian region is rich in energy potential, which is unevenly distributed between the countries of this region. Kyrgyzstan and Tajikistan have considerable water resources and very limited stocks of mineral resources, while Kazakhstan, Turkmenistan and Uzbekistan are rich in mineral resources, but they have problems with water resources. In the Soviet period time the United Energy System of Central Asia was created, in which the dispatching control of modes was carried out and at the same time the problems of rational use of the fuel, energy and water resources of the region were solved.

After the collapse of the USSR the relations in electric power industry of the independent countries of the region dramatically changed. The initial principles laid down in the establishment of the UES CA were violated. In the article in a retrospective the problems connected with a condition of electric power in the region of Central Asia and formation of the common electrical power market of the Central Asian region are considered.

Key words: Central Asia region, energy potential, electricity balance, water and energy problems, electricity market.

IRSTI 44.31.35

A. B. Dikhanbayev¹, B. K. Alliyarov¹, D. N. Mukhitdinov¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

TO THE FUEL CONSUMPTION COMPUTATIONAL METHOD IN THE REACTOR OF INVERSION PHASES

Abstract. Using the affine (related) modeling, which foresees, based on test data of pilot plant, the necessity of correct calculation of conditional sample, is performed recalculation of pilot plant's test results on industrial sample. Having defined more precisely in mathematical description of process collection accountable factors, the list of basic numbers of similarity were obtained, on the basis of which is developed new technique of calculated estimation of fuel consumption in industrial sample of pilot plant. As a result of calculations it is shown that in comparison with fuming-furnace processing the liquid slag, on industrial sample of pilot plant the consumption of natural gas will be in two times lower, and with the increase of installation output in the range (5-25) t/h the specific consumption of natural gas will reduce in ~ 1, 5 times.

Key words: mathematical description of process, affine (related) modeling, fuming-furnace processing, liquid slag, natural gas.

1 Introduction

When developing high-temperature processes and equipment based on new technological ideas, the researcher often has to answer the following question:

- how should the "cold model" data, calculated on the basis of a number of assumptions, be transferred onto the pilot installation;
- how should the results of complex and labor-intensive pilot tests be transferred onto the future industrial equipment without excessive risk.

The method of similar physical analogs that requires mathematical description of the studied processes and its subsequent analyses by using similarity theory methods is used in practice for determining the basic parameters of the pilot installation, thereby answering the first question.

However, while satisfying the most stringent stipulations of the modeling process, this method leaves unanswered one or more similarity requirements, such as regarding losses into the environment, composition of the oxidant, etc. Therefore, a strictly similar implementation of the pilot installation based upon "cold" model testing is very approximate, albeit necessary.

2 Methodology

To answer the second question, Prof. A.D. Klyutchnikov proposed the method of affine physical models. According to [1], this method, just as the method of similar models, requires recalculation of the model's evaluation data for parity of uniform similarity criteria to the sample that is similar to the given model. But this sample, denoted as provisory, together with the model, belongs to the affine series related to the forecasted sample and may have uncorrelatable calculated parameters. Therefore, the affine model method requires calculated correction of the provisory sample to align its individual parameters with the proposed operating conditions of the sample under consideration. For example, in a pilot installation with 2 t/hr capacity, at $a = 0.8$, the ratio of reducing gases (CO, H₂) to the reducible elements (Fe₃O₄, ZnO) is $(y+q)/(f+z)=3$.

To comply with similarity condition to the sample, i.e. $(y+q)/(f+z)=idem$, for a 12 ton sample, the air consumption coefficient must be $\alpha = 0.7$.

3 Algorithm of calculation

Based on the similarity criteria, let's recalculate the actual data from the 2 ton model to the 12 ton provisory sample. After that, we shall calculate a fuel consumption correction for the provisory

sample based on the dissimilarity of coefficient a between this provisory sample and the proposed 12 ton sample. We shall apply the corrected data to evaluate the parameters of the forecasted sample.

The waste slag processing unit is comprised of three main elements: inverted phase reactor, short rotary furnace, and high-temperature air heater. The reactor's effluent gases are used for preheating the waste slag and the blast air. The central element of the installation is the reactor that operates on a new technological principle - the phase inversion layer.

To build the "cold" reactor model, an evaluation methodology was developed for zinc reduction from slag in a phase inversion layer based on principles presented in [2]. Using this methodology and the test results of the gas-liquid reactor model we derived the following calculation path for reactor parameters of the pilot installation.

3.1 Data for calculation

Similarity criteria $W_C/W_{np}=12-25$; $I_C/G_B=0,09-0,19$, velocity of the gases in the nozzle array - W_c , temperature of the molten layer - t_p , temperature of the gases at the entry into the nozzle array and in the phase inversion layer - t_c , t_{np} , oxidant consumption coefficient - α , initial and final concentration of zinc in slag - C_H^{Zn} , C_K^{Zn} , number of nozzles - n_c and nozzle diameter d_c in the nozzle array. Here, W_{np} - normalized gas velocity within the phase inversion layer, $I_c=m_F \cdot W_c$ - kinetic momentum of the gas at the entry into the nozzles, m_F - mass flow rate of the gas at the entry into the nozzles, $G_B=M_B \cdot g$ - weight of the molten layer, M_B - mass of the bath layer, g - acceleration of gravity.

3.2 Natural gas consumption in the reactor

$$B = \frac{3600 \cdot W_c \cdot n_c \cdot 0,785 \cdot d_c^2}{(1 + \alpha v_B^0) \beta_c},$$

here v_B^0 - specific consumption of air for complete combustion of the natural gas;

β_c - temperature coefficient of gas expansion before the nozzle array (in the combustion chamber).

3.3 Relative expansion of phase inversion layer is calculated by using the experimentally derived [3] formula that is valid within the variability range of $W_C/W_{np}=6-75$, $I_C/G_B=0,015-0,35$. $H/h_0=9,65(I_C/G_B)^{0,26}(W_C/W_{np})^{-0,19}$, where H -height of the expanded molten layer. The height of the "undisturbed" molten layer $h_0=M_B/\rho_P \cdot F_{np}$, where ρ_P - melt density.

The normalized phase inversion area

$$F_{np} = \frac{B(D+z)\beta_{np}}{3600 \cdot W_{np}}, \quad [1]$$

where β_{np} - temperature coefficient of gas expansion inside the phase inversion layer;

$(D+z)$ -total specific volume of gases developed inside the layer.

3.4 Gas content of the layer $\varphi=1-h_0/H$

3.5 Time for complete mixing of the melt, τ_{nep} , after introduction of a single concentration disturbance into the molten layer can be calculated by using the formula derived in [4] a valid within the ranges of

$$W_C/W_{np}=12-25, I_C/G_B=0,09-0,19:$$

$$H_0=\tau_{nep} \cdot g/W_C=0,07(I_C/G_B)^{-0,6837}(W_C/W_{np})^{0,0859},$$

here H_0 - homochromy criterion.

3.6 Equivalent diameter of a molten particle within the layer, d_a , can be calculated by using the equation derived in [5]:

$$\varphi = \left\{ \frac{\frac{W d_{\text{э}}}{\nu_{\Gamma} C^n} + 0,02 C^n \left[\frac{W d_{\text{э}}}{\nu_{\Gamma} C^n} \right]^2}{1 + 0,02 C^n} \right\}^{0,21},$$

here, the equation coefficients have the following values:

$$C = \left(\frac{A}{B} d_{\text{э}}^3 \right), A = g \rho_p / \nu_{\Gamma}^2 \rho_{\Gamma} \text{ for } \text{Re}_{\text{sum}} > 300 \text{ } n=0,5; B=1,21.$$

The approximate velocity of an individual particle movement can be calculated by using formula [6]:

$$\text{Re}_{\text{sum}} = Ar / (18 + 0,6 \sqrt{Ar}), W = \frac{\text{Re}_{\text{sum}} \cdot \nu_{\Gamma}}{d_{\text{э}}}$$

where ρ_{Γ} , ν_{Γ} are the density and kinematic viscosity of the gas.

3.7 Number of collisions between particles with concentration $C_H^{Zn} > C_K^{Zn}$ that are entering the layer and particles in the layer, having a concentration of $C_H^{Zn} < C_K^{Zn}$, until reaching the desired equilibrium concentration of C_K^{Zn} in the layer [2]:

$$n = 1,443 X, \tag{2}$$

$$\theta = 1 - 3,385 \cdot A^{0,5} \cdot X^{-0,5} + 3AX^{-1}, \tag{3}$$

$$A = \frac{4D_{ZnO} \cdot \tau_{nep}}{1,443 \cdot d_{\text{э}}^2}, \tag{4}$$

$$X = \ln \frac{C_H^{Zn} - C_K^{Zn} \theta}{C_K^{Zn} (1 - \theta)}, \tag{5}$$

here, θ - average, dimensionless concentration of ZnO through the volume of the particle;
 D_{ZnO} - coefficient of zinc oxide molecular diffusion toward the surface of the particle.

Simultaneous solution of equations (3), (4), and (5) yields θ and then n .

3.8 Zinc sublimation time from the melt:

$$\tau_{\text{в03}} = \frac{\tau_{nep} (C_H^{Zn} - C_K^{Zn})}{n \cdot C_K^{Zn} (1 - \theta)}.$$

3.9 Reactor productivity in terms of slag:

$$P_{\text{ш}} = \frac{3600 \cdot M}{\tau_{\text{соз}}}$$

3.10 Based on the calculated data, we can determine the geometric parameters of the pilot installation

However, comparative data show that the results of experiments on the pilot installation (the sample) differ in productivity in terms of slag by more than 30% from the calculated values that were based on the gas/liquid model testing data. As indicated above, this is promoted by a number of unaccounted requirements of model similarity to the sample, such as high concentration of zinc ferrite ZnFe_2O_4 and magnetite Fe_3O_4 that are fed into the reactor from the rotary furnace (RF) as a result of slag overoxidation caused by air leakage into the RF or by worsening of the reducing atmosphere in the reactor due to oxygen carried in with the slag charging process, etc.

After broadening and refining the totality of considered factors in the mathematical description of processes that occur in reactor of the pilot installation and having performed the appropriate conversions of the simultaneous equations and the boundary conditions, we obtain the list of main similarity criteria for the thermal operation of phase inversion reactor (PIR).

4 Data of calculation

When the thermal operation of pilot installation PIR (the model) is similar to the production sample PIR, they will show the following similarity criteria.

4.1 Geometric similarity

$$H/h_0 = \text{idem}, D_{\text{об}}/d_{\text{вх}} = \text{idem}. \quad (6)$$

4.2. Aero- and hydrodynamic similarity

$$W_C/W_{np} = \text{idem}, W_C = \text{idem},$$

$$\tau_{\text{неп}} \cdot g/W_C = \text{idem}. \quad (7)$$

4.3 Similarity in specific productivity

$$\frac{p_v \cdot q_{\text{нол}} \cdot V^{\text{CHФ}}}{B \cdot (D+z) \cdot C_{\text{оз}} t_{\text{оз}}} = \text{idem}. \quad (8)$$

4.4 Thermal load similarity

$$\frac{q_{\text{OC}} \cdot F_{\text{OC}}}{B \cdot (D+z) \cdot C_{\text{оз}} t_{\text{оз}}} = \text{idem}. \quad (9)$$

4.5 Technological process similarity

$$(y+q)/(z+f) = \text{idem}$$

$$\frac{\Delta C}{C_z} = \text{idem}, \frac{\Delta C}{C_f} = \text{idem}, \frac{q_{\text{эно}}}{C_{\text{оз}} t_{\text{оз}}} = \text{idem}, \frac{q_{\text{нл}}}{C_{\text{оз}} t_{\text{оз}}} = \text{idem}, \quad (10)$$

$$\frac{t_{\text{ш}}}{t_{\text{оз}}} = \text{idem}, \frac{t_{\text{р}}}{t_{\text{оз}}} = \text{idem}, \frac{t_{\text{нл}}}{t_{\text{оз}}} = \text{idem}$$

here, $D_{ц}$, $d_{вых}$ – diameters of the cyclonic section and the gas outlet port of the reactor;
 p_v - specific productivity of PIR;
 $q_{пол}$ - productively used heat energy in reactor;
 $V^{CИФ}$ - volume occupied by phase inversion layer;
 $C_{оэ}$, $t_{оэ}$ - specific heat and temperature of exhaust gases;
 q_{OC} - average heat density across the PIR lining;
 F_{OC} - PIR hot surface;
 y , q , f , z - number of moles of CO, H₂, Fe₃O₄, and ZnO taking part in reduction, per mole of natural gas;
 ΔC_f , ΔC_z – part of Fe₃O₄ and ZnO reduced during the process;
 C_f , C_z - initial concentration of Fe₃O₄ and ZnO in granulated slag;
 $q_{энд}$ - average specific endothermic effect of Fe₃O₄ and ZnO reduction;
 $q_{пл}$ - specific heat of slag melting;
 $c_{ш}$ - specific heat of molten slag;
 $t_{ш}$, t_p - slag feed and molten slag temperatures;
 $t_{пл}$ - slag melting temperature.

Based on the evaluated similarity conditions between the model and the sample, we can calculate the sample parameters in the following sequence.

5 Results of calculation

5.1 Having set an arbitrary value "B" for natural gas consumption in the process, we can determine the composition of exhaust gases by using formula [7]:

$$(K-1)x^2 + [K(B_C + C_{H_2} - 2E_{O_2} - z - 4f) + 2E_{O_2} + z + 4f]x - B_C(2E_{O_2} - B_C + z + 4f) = 0,$$

$$z = \frac{P_u \Delta C_z \cdot 22,4}{81 \cdot B}, \quad f = \frac{P_u \Delta C_f \cdot 22,4}{232 \cdot B}, \quad y = B_C - x$$

$$w = 2E_{O_2} - B_C - x - z - 4f, \quad q = C_{H_2} - w, \quad D = A_{N_2} + B_C + C_{H_2}, \quad (10)$$

$$Z_n^r = \frac{z}{D+z}, \quad CO = \frac{y}{D+z}, \quad H_2 = \frac{q}{D+z}$$

here, K - equilibrium constant of $CO_2 + H_2 \leftrightarrow CO + H_2O$, reaction;

x , w - number of moles of CO₂ and H₂O, respectively, per 1 mole of natural gas;

A_{N_2} , B_C , C_{H_2} respective number of moles of nitrogen, carbon, and hydrogen that took part in the process, per 1 mole of natural gas, CO , H_2 , Zn_n^r - absolute shares of these components in the exhaust gas.

5.2 The unknown natural gas consumption for the "sample" can be determined by using the formula derived from the reactor's thermal balance equation

$$B = \frac{P_u [t_p - t_u] + q_{пл} + q_{энд} - (\Delta C_z + \Delta C_f) c_{ш} t_{ш}] + F_{OC} \cdot q_{OC}}{Q_n^p + \alpha v_0^0 \cdot c_0 t_0 - (D+z)[c_{оэ} t_{оэ} + CO \cdot q_{CO} + H_2 q_{H_2} + Z_n^r \cdot q_{Zn}]}$$

Lets identify: $c_{ш}(t_p - t_u) + q_{пл} + q_{энд} - (\Delta C_z + \Delta C_f) c_{ш} t_{ш}] = a$,

$$Q_n^p + \alpha v_0^0 \cdot c_0 t_0 - (D+z)[c_{оэ} t_{оэ} + CO \cdot q_{CO} + H_2 q_{H_2} + Z_n^r \cdot q_{Zn}] = b,$$

then

$$B = \frac{P_{ш} \cdot a + F_{OC} \cdot q_{OC}}{b}, \quad (12)$$

The empirical expression for the reactor's hot surface [7]:

$$F_{OC} = 12,5 \cdot H \sqrt{F_{np}} + 15 \cdot F_{np}, \quad (13)$$

Transforming equation [1]:

$$\frac{(D+z)\beta_{np}}{3600} = c, \quad F_{np} = \frac{B \cdot c}{W_{np}}, \quad (14)$$

Solving equations (12), (13), and (14) simultaneously, we derive the equation for fuel consumption:

$$(\varepsilon - 15 \cdot c \cdot q_{OC} \cdot W_{np}^{-1})B - (12,5 \cdot c^{0,5} \cdot q_{OC} W_{np}^{-0,5})H \cdot B^{0,5} - aP_{III} = 0 \quad (15)$$

By varying values of H_j in (15), we find a series of values for B_i . By substituting B in (14), we determine F_{npi} . Properly derived value of fuel consumption must satisfy the condition –

$$(H_i \cdot F_{npi}, i) = V^{CH\Phi}, \quad (V^{CH\Phi})^{обп} = \frac{(P_{III})^{обп}}{(P_V)^{модель}}, \quad (16)$$

We now compare the derived value of B_i with the previously set value of "B". If $B_i \neq B$, we repeat the calculation to derive this equality.

Table 1 shows the application of pilot installation test data results to the production sample by using affine modeling method. A "rich" waste slag from Ust-kamenogorsk lead-smelting operation was used in the experiments.

The table data refer to a reactor with lined cyclonic section and direct natural gas combustion (without a combustion chamber).

Main similarity criteria found during testing:

$$\begin{aligned} a) & H/h_0 = 3,27; D_{об}/d_{блх} = 1,6. \\ b) & W_C/W_{np} = 17,55; W_C = 550 \text{ m/s}; I_C/G_8 = 0,1277. \end{aligned}$$

$$c) \frac{P_V^I \cdot q_{noz} \cdot V^{CH\Phi}}{B(D+z)c_{oz}t_{oz}} = 0,4243, \quad \frac{P_V^{II} \cdot q_{noz} \cdot V^{CH\Phi}}{B(D+z)C_{oz}t_{oz}} = 0,666,$$

where $P_V^I = 6050 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hr}$ for $E = 85\%$;

$P_V^{II} = 9500 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hr}$ $E = 65\%$ for extracting zinc from the melt.

$$d) \frac{q_{OC} \cdot F_{OC}}{B(D+z)c_{oz}t_{oz}} = 0,76, \quad q_{OC} = 140 \text{ kW/m}^2$$

$$e) \tau_{nep} \cdot g / W_C = 0,3656.$$

$$f) t_{III} = 900^\circ \text{C}, \quad t_p = 1350^\circ \text{C}, \quad t_{or} = 1450^\circ \text{C}.$$

Table 1 - Forecasted characteristics of reactor of inversion phase

1	Reactor's productivity in terms of slag		5,0	12.0	25.0
2	Natural gas consumption, nm ³ /hr	E=65%	560	1062	1800
		E=85%	851	1600	2680
3	Reactor's specific fuel consumption, nm ³ /tZn	E=65%	112	89	72
		E=85%	170	133	107
4	Reactor's hot face, m ²		23	40.5	67.7

According to [7], when processing liquefied slag with E=65-75% at the Shymkent slag-sublimation plant, the specific consumption of natural gas was 200 -230 nm³/tZn.

Conclusions

1. Compared to the fuming furnace at Shymkent plant that processed liquefied slag, the specific consumption of natural gas will be cut in half.

2. As the productivity of the unit will increase in the 5-25 ton/hr range, the specific consumption of natural gas will decrease by a factor of 1.5.

REFERENCES

[1] Klyutchnikov A. D. Thermotechnical optimization of fuel-burning furnace. – M.: Power, 1974. – 343 p. (in Russ).

[2] Dikhanbayev B. I. Methodology for calculated productivity evaluation of reactors for processing lead-bearing slag. Collection of scientific reports // Moscow Power Engineering Institute, – JVs 176. – M.: Power, 1988. – P. 47-51. (in Russ).

[3] Ippolitov V. A. Improving the efficiency of melting granulated materials in a fluidized bed process: dissertation of candidate of technical sciences. – M.: Power, 1982. – 120 p. (in Russ).

[4] Dikhanbayev A. B., Dikhanbayev B. I. Experimental studies of mixing times in KCP type reactor // Bulletin of Southern Kazakh State University. Works of the International scientific pract. conference, dedicated to the 70th anniversary of academician of AS RK B.A.Zhubanov. V. 2. – Shymkent: SKSU, 1999. – P. 140-142. (in Russ).

[5] Klyutchnikov A. D., Ippolitov V. A. On the method of calculating heat exchange under conditions of highly forced blow-through across the molten // Works of Moscow Power Engineering Institute, – Issue 394. – M.: Power, 1979. – P. 63-67. (in Russ).

[6] Aerov M. E., Todes O. M. Basic hydraulic and thermal parameters of apparatus with stationary and fluidized bed of granular materials. – L.: Chemistry, 1968. – 315 p. (in Russ).

[7] Dikhanbayev B. I. Development of intensive energy-conservation measures in lead-smelting slag fuming system: dissertation of candidate of technical sciences. – M.: Power, 1991. – 125 p. (in Russ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ключников А. Д. Теплотехническая оптимизация топливных печей. – М.: Энергия, 1974. – 343 с.

[2] Диханбаев Б. И. Методология расчета производительности реакторов переработки свинцового шлака // Московский энергетический институт. Вып. 176. – М.: Энергия, 1988. – С. 47-51.

[3] Ипполитов В. А. Повышение эффективности процесса плавления зернистых материалов на основе кипящего слоя расплава: дис.... канд. техн. наук. – М.: Энергия; 1982. – 120 с.

[4] Диханбаев А. Б. Диханбаев Б. И. Экспериментальное исследование времени перемешивания на модели реактора с кипящим слоем расплава // Вестник ЮКГУ. Труды междунар. научно-практ. конф., посвященной 70-летию академика АН РК Б. А. Жубанова. Т. 2. – Шымкент: ЮКГУ, 1999. – С. 140-142.

[5] Ключников А. Д., Ипполитов В. А. К методу расчета теплообмена в условиях высокофорсированной продувки слоя расплава // Труды Московского энергетического института. Вып. 394. – М.: Энергия, 1979. – С. 63-67.

[6] Аэров М. Э. Годес О. М. Гидравлические и тепловые основы работа аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. – Л.: Химия, 1968. – 315 с.

[7] Диханбаев Б. И. Разработка мероприятий интенсивного энергосбережения в системе фьюмингования шлаков свинцовой плавки: диссертация кандидата технических наук. – М.: Энергия, 1991. – 125 с.

ИНВЕРСИЯЛЫҚ ФАЗА РЕАКТОРЫНДАҒЫ ОТЫН ШЫҒЫНЫН ЕСЕПТЕУ ТӘСІЛІ ТУРАЛЫ

А. Б. Диханбаев¹, Б. К. Аллияров¹, Д. Н. Мухитдинов¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Афиндік (туыстық) модельдеу әдісімен, пилоттық қондырғыдағы алынған нәтижелерге сүйене отырып, шартты үлгіні тиянақтап есептеу арқылы пилоттық қондырғының көрсеткіштері өндірістік үлгі қондырғысына көшірілді. Процестің сарапталған математикалық бейнелеуіндегі деректелген факторлар жиынтығын ескере отырып, негізгі сандық ұқсастық тізімі алынып, соның негізінде пилоттық қондырғының өндірістік үлгісінің отын шығынын есеппен бағалайтын жаңа әдістеме жасалынды. Болжанған үлгіде қожды қайта өңдеуде жұмсалатын отын шығыны сұйық қожды қайта өңдейтін өндірістік фьюминг-пештен салыстырғанда 2 есе кем, ал қондырғы өнімділігінің (5-25) т/сағ аралығындағы табиғи газдың тиесілі шығыны ~ 1,5 есеге қысқарады.

Кілттік сөздер: афинді (туыстық) модельдеу, процестің математикалық сипаттамасы, фьюминг-пеші, табиғи газ, сұйық шлақ.

К МЕТОДУ РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА В РЕАКТОРЕ ИНВЕРСИИ ФАЗ

А. Б. Диханбаев¹, Б. К. Аллияров¹, Д. Н. Мухитдинов¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

Аннотация. Метод аффинного (родственного) моделирования позволяет произвести пересчет результатов испытаний пилотной установки на промышленный образец путем расчетной корректировки условного образца на основе данных испытаний пилотной установки. В результате полученных значений основных чисел подобия разработана новая методика расчетной оценки расхода топлива в промышленном образце пилотной установки. Расчеты показали, что по сравнению с фьюминг-печью, перерабатывающей жидкий шлак на промышленном образце пилотной установки, расход природного газа будет в два раза ниже, а с ростом производительности установки в интервале (5-25) т/ч удельный расход природного газа будет сокращаться в ~ 1,5 раза.

Ключевые слова: метод аффинного (родственного) моделирования, математическое описание процесса, фьюминг-печь, жидкий шлак, природный газ.

МРНТИ 681.121.89.082.4

Б. А. Чернов¹, Н. Б. Чернова¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСХОДОМЕРА

Аннотация. Ультразвуковые расходомеры получили заслуженное распространение, так как могут устанавливаться на трубопроводах практически любого диаметра. Расход, определяемый с помощью данных приборов, рассчитывается с использованием гидродинамического множителя. Рассматриваемый множитель учитывает профиль скоростей потока и тем самым определяет методическую погрешность ультразвукового расходомера.

В статье рассчитаны подробные таблицы для нескольких математических моделей зависимости гидродинамических параметров ультразвукового расходомера от числа Рейнольдса. Предложена и обоснована компактная кусочно-линейная аппроксимация известных трансцендентных математических моделей Критца, Биргера и Кивилиса-Решетникова с применением коэффициентов передачи по числу Рейнольдса. Получены числовые значения данных рейнольдсовых коэффициентов передачи в широком диапазоне числа Рейнольдса.

Проанализированы разработанные таблицы и выявлены технологические особенности исследованных математических моделей гидродинамических параметров ультразвукового расходомера.

Ключевые слова: ультразвуковой расходомер, гидродинамический множитель, число Рейнольдса.

Ультразвуковые расходомеры получают всё большее заслуженное распространение. Их отличительной особенностью является то, что они могут устанавливаться на трубопроводах любого диаметра, начиная с 10 мм и до 10 м. Расход, определяемый с помощью ультразвукового расходомера, рассчитывается с применением поправочного (корректирующего) гидродинамического множителя $M = V_C / V_B$, учитывающего профиль скоростей и представляющего собой отношение скорости потока V_C , усреднённой по площади сечения трубопровода, к скорости потока V_B , усреднённой по базе расходомера вдоль луча ультразвукового сигнала [6, 8].

Для определения объёмного расхода жидкости требуется измерение скорости V_C , а показания ультразвуковых расходомеров зависят от скорости V_B . Поэтому множитель M определяет наиболее существенную составляющую погрешности ультразвукового расходомера – методическую погрешность [2].

Цель данной работы – рассмотреть и проанализировать математические модели гидродинамического множителя M , а также представить информацию об M в виде, обеспечивающим возможность настройки гидродинамики расходомеров.

Для характеристики движущейся жидкости используется ряд понятий гидромеханики. В условиях, когда силы вязкого трения почти не влияют на движение жидкости, используется модель идеальной жидкости. В противном случае говорят о вязкой жидкости. Движение вязкой жидкости, при котором её отдельные слои скользят относительно друг друга, не перемешиваясь, называется ламинарным. Движение, сопровождающееся перемешиванием слоёв и образованием вихрей, называется турбулентным [8].

Поведение движущейся жидкости зависит от относительной роли динамического сопротивления (инерции) и вязкого трения и характеризуется числом Рейнольдса Re . Это число, как и числа Фруда F , Струхала Sh и Маха M , является безразмерным числом закона гидромеханического подобия течений. При течении жидкости в длинных трубах число Рейнольдса определяется следующим образом [4, 8]:

$$Re = DV_C / \nu, \quad (1)$$

где D – внутренний диаметр цилиндрического трубопровода;
 ν – кинематическая вязкость жидкости.

Наиболее известными являются три математические модели гидродинамического множителя M . Модель Критца имеет вид [1]:

$$M_K(Re) = 1/(1 + 0,19 Re^{-0,1}) = (1 + 0,19 Re^{-0,1})^{-1}. \quad (2)$$

Модель Биргера имеет вид [1, 3, 4, 7, 8]:

$$M_B(Re) = 1/[1 + 0,011(6,25 + 431Re^{-0,237})^{0,5}] = [1 + 0,011(6,25 + 431Re^{-0,237})^{0,5}]^{-1}. \quad (3)$$

Модель Кивилиса-Решетникова имеет вид [3, 4, 7, 8]:

$$M_{K-P}(Re) = 1/(1,119 - 0,011 \cdot \lg Re) = (1,119 - 0,011 \cdot \lg Re)^{-1}. \quad (4)$$

Видно, что множитель M является функцией только изменяющегося числа Рейнольдса. Из формул (2–4) также следует, что более простой вид имеет показатель, обратный (обратно пропорциональный) M : $D = M^{-1}$. Будем его называть гидродинамическим делителем. Этот показатель применяется в исследованиях [3] и в справочной литературе [4]. Для указанных моделей запишем:

$$D_K(Re) = 1 + 0,19 Re^{-0,1}; \quad D_B(Re) = 1 + 0,011(6,25 + 431 Re^{-0,237})^{0,5}; \quad (5)$$

$$D_{K-P}(Re) = 1,119 - 0,011 \cdot \lg Re. \quad (6)$$

Для невозмущённых осесимметричных профилей потока в трубах круглого сечения множитель M лежит в пределах $0,9 < M < 1$ [7].

В промышленных условиях диапазон Re очень велик. Это можно объяснить хотя бы тем, что для идеальной жидкости кинематическая вязкость $\nu \rightarrow 0$, а из формулы (1) следует, что при этом $Re \rightarrow \infty$. Поэтому на графиках $M(Re)$ и $D(Re)$ целесообразно по оси абсцисс откладывать $\lg Re$ или Re в логарифмическом масштабе.

Приведённые формулы (2-6) содержат иррациональные и трансцендентные числа, поэтому по ним трудно аналитически определить характер соответствующей зависимости. И всё же выражение (4) после преобразований можно привести к виду

$$M_{K-P}(Re) = (1,119 - 0,011 \cdot \lg Re)^{-1} = - (0,011 \cdot \lg Re - 1,119)^{-1} = - 90,91(\lg Re - 101,73)^{-1}, \quad (7)$$

из которого следует, что график $M_{K-P}(\lg Re)$ представляет собой фрагмент положительной ветви инвертированной обратно пропорциональной зависимости, смещённой вправо по оси аргумента $\lg Re$ на величину 101,73. Таким образом, график $M_{K-P}(\lg Re)$ является фрагментом гиперболы [5]. А из выражения (6) следует, что график $D_{K-P}(\lg Re)$ представляет собой линейную зависимость с отрицательным коэффициентом – 0,011.

Формула (2) получена на основе логарифмического закона распределения скоростей [1, 3], но без доказательства окончательного математического выражения. Формула (3) была также получена в предположении, что распределение скоростей имеет логарифмический закон. При этом была применена приближённая формула Никурадзе И.

И. $\lambda = 0,0032 + 0,221 \text{ Re}^{-0,237}$ для коэффициента сопротивления и произведены некоторые упрощения [1].

Таблица 1 - Гидродинамические множители и делители ультразвукового расходомера

Re	Модель Критца		Модель Биргера		Модель Кивилиса-Решетникова	
	M_K	D_K	M_B	D_B	M_{K-P}	D_{K-P}
1	0,8403	1,1900	0,8130	1,2300	0,8936	1,1191
10	0,8689	1,1500	0,8503	1,1761	0,9025	1,1080
100	0,8930	1,1199	0,8809	1,1352	0,9116	1,0969
1000	0,9131	1,0952	0,9054	1,1045	0,9208	1,0860
2000	0,9184	1,0888	0,9118	1,0968	0,9236	1,0827
3000	0,9214	1,0853	0,9152	1,0926	0,9253	1,0807
4000	0,9234	1,0829	0,9176	1,0898	0,9265	1,0793
5000	0,9250	1,0811	0,9194	1,0877	0,9274	1,0783
6000	0,9263	1,0896	0,9208	1,0860	0,9281	1,0775
7000	0,9273	1,0784	0,9220	1,0846	0,9288	1,0767
8000	0,9282	1,0773	0,9230	1,0834	0,9293	1,0761
9000	0,9290	1,0764	0,9239	1,0824	0,9298	1,0755
10^4	0,9297	1,0756	0,9247	1,0814	0,9302	1,0750
$2 \cdot 10^4$	0,9341	1,0706	0,9295	1,0758	0,9331	1,0717
$3 \cdot 10^4$	0,9365	1,0678	0,9322	1,0727	0,9348	1,0697
$4 \cdot 10^4$	0,9382	1,0658	0,9340	1,0706	0,9360	1,0684
$5 \cdot 10^4$	0,9395	1,0644	0,9354	1,0691	0,9369	1,0673
$6 \cdot 10^4$	0,9405	1,0632	0,9365	1,0678	0,9377	1,0664
$7 \cdot 10^4$	0,9414	1,0623	0,9374	1,0668	0,9383	1,0658
$8 \cdot 10^4$	0,9421	1,0614	0,9381	1,0659	0,9389	1,0651
$9 \cdot 10^4$	0,9428	1,0607	0,9388	1,0652	0,9394	1,0645
10^5	0,9433	1,0601	0,9394	1,0645	0,9398	1,0640
$2 \cdot 10^5$	0,9469	1,0561	0,9431	1,0604	0,9428	1,0607
$3 \cdot 10^5$	0,9489	1,0538	0,9450	1,0582	0,9445	1,0588
$4 \cdot 10^5$	0,9503	1,0523	0,9464	1,0566	0,9457	1,0574
$5 \cdot 10^5$	0,9513	1,0512	0,9474	1,0555	0,9467	1,0563
$6 \cdot 10^5$	0,9522	1,0502	0,9482	1,0546	0,9475	1,0554
$7 \cdot 10^5$	0,9529	1,0495	0,9489	1,0539	0,9481	1,0547
$8 \cdot 10^5$	0,9535	1,0488	0,9494	1,0533	0,9487	1,0541
$9 \cdot 10^5$	0,9540	1,0482	0,9499	1,0527	0,9492	1,0535
10^6	0,9544	1,0477	0,9503	1,0523	0,9497	1,0530
$2 \cdot 10^6$	0,9574	1,0445	0,9530	1,0493	0,9527	1,0496
$3 \cdot 10^6$	0,9590	1,0428	0,9545	1,0477	0,9544	1,0478
$4 \cdot 10^6$	0,9601	1,0415	0,9554	1,0467	0,9557	1,0464
$5 \cdot 10^6$	0,9610	1,0406	0,9561	1,0459	0,9567	1,0453
$6 \cdot 10^6$	0,9616	1,0399	0,9567	1,0452	0,9575	1,0444
$7 \cdot 10^6$	0,9622	1,0393	0,9572	1,0447	0,9581	1,0437
$8 \cdot 10^6$	0,9627	1,0388	0,9576	1,0443	0,9587	1,0431
$9 \cdot 10^6$	0,9631	1,0383	0,9579	1,0439	0,9592	1,0425
10^7	0,9635	1,0379	0,9582	1,0436	0,9597	1,0420
$2 \cdot 10^7$	0,9658	1,0354	0,9601	1,0416	0,9628	1,0386
$3 \cdot 10^7$	0,9672	1,0340	0,9611	1,0405	0,9646	1,0367
$4 \cdot 10^7$	0,9681	1,0330	0,9618	1,0397	0,9658	1,0354
$5 \cdot 10^7$	0,9687	1,0323	0,9623	1,0392	0,9668	1,0343
$6 \cdot 10^7$	0,9693	1,0317	0,9627	1,0388	0,9676	1,0334
$7 \cdot 10^7$	0,9697	1,0312	0,9630	1,0384	0,9683	1,0327
$8 \cdot 10^7$	0,9701	1,0308	0,9633	1,0381	0,9689	1,0321
$9 \cdot 10^7$	0,9705	1,0304	0,9635	1,0379	0,9695	1,0315
10^8	0,9708	1,0301	0,9637	1,0377	0,9699	1,0310
10^9	0,9766	1,0239	0,9673	1,0338	0,9804	1,0200
10^{10}	0,9814	1,0190	0,9697	1,0312	0,9911	1,0090
10^{11}	0,9851	1,0151	0,9711	1,0298	1,0020	0,9980
10^{12}	0,9881	1,0120	0,9720	1,0288	1,0132	0,9870

Формула (6) получена [3] планиметрическим интегрированием десяти экспериментальных кривых распределения скоростей, полученных Никурадзе И. И., и представляет собой линейную аппроксимацию рассчитанных значений $D(\lg Re)$.

В таблице 1 представлены результаты расчёта гидродинамических множителей и делителей по формулам (2-6) в диапазоне Re от 1 до 10^{12} . При $10^3 < Re < 10^8$, что соответствует промышленным условиям, расчёты проведены более детально. За пределами этого поддиапазона число Рейнольдса меняется с интервалом в одну декаду.

Анализ таблицы 1 показывает, что зависимости $M_K(\lg Re)$, $M_B(\lg Re)$, $M_{K-P}(\lg Re)$, являются монотонно возрастающими (а $D_K(\lg Re)$ и $D_B(\lg Re)$ – монотонно убывающими) с ростом $\lg Re$ гладкими нелинейностями, зависимость же $D_{K-P}(\lg Re)$ – линейна.

Напомним, что, как было показано выше, нелинейные модели (2-6), несмотря на их сложный математический вид, являются весьма приближёнными. Поэтому их целесообразно аппроксимировать кусочно-линейными математическими моделями для упрощения расчётов. Для этого диапазон $0 < \lg Re < 12$ разделим на 12 поддиапазонов с одинаковой шириной в одну декаду. Внутри каждого поддиапазона может применяться линейная интерполяция. В результате этого график каждой указанной выше зависимости будет приближён линейной ломаной или, иначе говоря, линейным сплайном, проходящим через 13 узловых точек при $Re = Re_y = 10^n$, где $n = 0, 1, 2, \dots, 12$.

Таким образом, кусочно-линейные математические модели гидродинамических множителей M_K , M_B и M_{K-P} будут иметь вид:

$$M(Re) = M_y(Re_y) + K_{RM}(Re) \Delta \lg Re; \quad K_{RM}(Re) = \Delta M(Re)/(\text{декада } Re), \quad (8)$$

где $M_y(Re_y)$ – узловое значение гидродинамического множителя, взятое из таблицы 1, ближайшее к текущему значению числа Рейнольдса;

$\Delta \lg Re$ – отклонение текущего значения $\lg Re$ от ближайшего узлового $\lg Re_y$;

$K_{RM}(Re)$ – рейнольдсовый коэффициент передачи гидродинамического множителя для того декадного поддиапазона Re , в котором находится текущее значение числа Рейнольдса;

$\Delta M(Re)$ – соответствующее искомому K_{RM} приращение гидродинамического множителя при увеличении Re в 10 раз, а $\lg Re$ – на одну декаду;

$K_{RM}(Re) \Delta \lg Re$ – поправка гидродинамического множителя по числу Re .

Кусочно-линейные математические модели гидродинамических делителей D_K , D_B и D_{K-P} будут иметь вид, аналогичный (8):

$$D(Re) = D_y(Re_y) + K_{RD}(Re) \Delta \lg Re; \quad K_{RD}(Re) = \Delta D(Re)/(\text{декада } Re), \quad (9)$$

где $D_y(Re_y)$ – узловое значение гидродинамического делителя, взятое из таблицы 1, ближайшее к текущему значению числа Рейнольдса;

$K_{RD}(Re)$ – рейнольдсовый коэффициент передачи гидродинамического делителя для того декадного поддиапазона Re , в котором находится текущее значение числа Рейнольдса;

$\Delta D(Re)$ – соответствующее искомому K_{RD} приращение гидродинамического делителя при увеличении Re в 10 раз, а $\lg Re$ – на одну декаду;

$K_{RD}(Re) \Delta \lg Re$ – поправка гидродинамического делителя по числу Re .

Для образованных декадных поддиапазонов Re были рассчитаны коэффициенты передачи $K_{RM}(Re)$ и $K_{RD}(Re)$, которые для краткости были названы рейнольдсовыми. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Покажем применение таблиц 1 и 2 для получения линеаризованных моделей Критца, Биргера и Кивилиса-Решетникова. Например, в поддиапазоне $10^3 < Re < 10^4$ данные модели в соответствии с формулами (8, 9) будут иметь вид:

$$M_K(\text{Re}) = 0,9131 + 0,0166 (\lg \text{Re} - 3) = 0,9131 + 0,0166 \lg(10^{-3} \text{ Re}); \quad (10)$$

$$D_K(\text{Re}) = 1,0952 - 0,0196 (\lg \text{Re} - 3) = 1,0952 - 0,0196 \lg(10^{-3} \text{ Re}); \quad (11)$$

$$M_B(\text{Re}) = 0,9054 + 0,0193 (\lg \text{Re} - 3) = 0,9054 + 0,0193 \lg(10^{-3} \text{ Re}); \quad (12)$$

$$D_B(\text{Re}) = 1,1045 - 0,0231 (\lg \text{Re} - 3) = 1,1045 - 0,0231 \lg(10^{-3} \text{ Re}); \quad (13)$$

$$M_{K-P}(\text{Re}) = 0,9208 + 0,0094 (\lg \text{Re} - 3) = 0,9208 + 0,0094 \lg(10^{-3} \text{ Re}); \quad (14)$$

$$D_{K-P}(\text{Re}) = 1,0860 - 0,011 (\lg \text{Re} - 3) = 1,0860 - 0,011 \lg(10^{-3} \text{ Re}). \quad (15)$$

Таблица 2 – Рейнольдсовы коэффициенты K_{RM} и K_{RD} , декада⁻¹ для гидродинамических множителей и делителей ультразвукового расходомера

Поддиапазоны		Модель Критца		Модель Биргера		Модель Кивилиса-Решетникова	
Re	lgRe	K_{RM}	K_{RD}	K_{RM}	K_{RD}	K_{RM}	K_{RD}
1-10	0-1	0,0286	- 0,0400	0,0373	- 0,0539	0,0089	- 0,011
10-100	1-2	0,0241	- 0,0301	0,0306	- 0,0409	0,0091	- 0,011
100-10 ³	2-3	0,0201	- 0,0247	0,0245	- 0,0307	0,0092	- 0,011
10 ³ -10 ⁴	3-4	0,0166	- 0,0196	0,0193	- 0,0231	0,0094	- 0,011
10 ⁴ -10 ⁵	4-5	0,0136	- 0,0155	0,0147	- 0,0169	0,0096	- 0,011
10 ⁵ -10 ⁶	5-6	0,0111	- 0,0124	0,0109	- 0,0122	0,0099	- 0,011
10 ⁶ -10 ⁷	6-7	0,0091	- 0,0098	0,0079	- 0,0087	0,0100	- 0,011
10 ⁷ -10 ⁸	7-8	0,0073	- 0,0078	0,0055	- 0,0059	0,0102	- 0,011
10 ⁸ -10 ⁹	8-9	0,0058	- 0,0062	0,0036	- 0,0039	0,0105	- 0,011
10 ⁹ -10 ¹⁰	9-10	0,0048	- 0,0049	0,0023	- 0,0026	0,0107	- 0,011
10 ¹⁰ -10 ¹¹	10-11	0,0037	- 0,0039	0,0014	- 0,0014	0,0109	- 0,011
10 ¹¹ -10 ¹²	11-12	0,0030	- 0,0031	0,0009	- 0,0010	0,0112	- 0,011

Считается [7], что модели Биргера и Кивилиса-Решетникова справедливы при Re от $5 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^6$. Однако в таблицах 1 и 2 гидродинамические модели рассчитаны как при меньших, так и при больших Re для того, чтобы выяснить применение и работоспособность этих моделей и модели Критца в низкорейнольдсовой и высокорейнольдсовой областях.

Анализ таблиц 1 и 2 показывает, что модель Биргера при $\text{Re} > 10^8$ насыщается. Даже при $\text{Re} = \infty$ множитель $M_B = 0,973236$ и не достигает положенного значения $M_B = 1$. Это означает, что данная модель не может применяться при $\text{Re} > 10^8$.

Из выражений (2-4) можно получить формулы, позволяющие при известном значении множителя M определить соответствующее ему Re. Для модели Критца:

$$\text{Re}(M_K) = [0,19 M_K / (1 - M_K)]^{10}. \quad (16)$$

$$\text{Для модели Биргера: } \text{Re}(M_B < 0,9732) = \{0,052151[(M_B^{-1} - 1)^2 - 7,5625 \cdot 10^{-4}]^{-1}\}^{4,2194}. \quad (17)$$

$$\text{Для модели Кивилиса-Решетникова: } \text{Re}(M_{K-P}) = 10^{(101,73 - 90,91D_{K-P})}. \quad (18)$$

Из формул (16) и (18) следует, что упоминавшееся выше граничное значение множителя $M = 1$ получается при $\text{Re}(M_K = 1) = \infty$ и при $\text{Re}(M_{K-P} = 1) = 10^{10,818} = 6,58 \cdot 10^{10}$.

Из формул (16-18) также следует, что упоминавшееся выше второе граничное значение множителя $M = 0,9$ получается в моделях Критца, Биргера и Кивилиса-Решетникова соответственно при $\text{Re}(M_K = 0,9) = 214$, $\text{Re}(M_B = 0,9) = 564$ и $\text{Re}(M_{K-P} = 0,9) = 5,2$. Столь малое последнее число $\text{Re} = 5,2$, не типичное для турбулентного течения,

говорит о том, что модель Кивилиса-Решетникова не может применяться в низкорейнольдсовой области.

Анализ таблиц 1 и 2 также показывает, что при $10^4 < Re < 10^7$ все три исследованные модели близки друг другу. А при $10^5 < Re < 10^7$ модели Биргера и Кивилиса-Решетникова практически совпадают.

Современные методы численного моделирования и вычислительной гидродинамики (CFD) позволяют решать с достаточной точностью многие практические задачи, но выделить диапазоны применимости той или иной математической модели турбулентности для корректного описания профиля скоростей и других параметров потока в метрологических целях достаточно проблематично. О корректности результатов моделирования можно судить только после их сопоставления с экспериментальными данными. К такому заключению пришли авторы работы [7], в которой было проведено тестирование наиболее широко применяемых моделей турбулентности для расчета гидродинамического множителя ультразвукового расходомера. При этом в качестве образцовых моделей применялись рассмотренные здесь модели Биргера и Кивилиса-Решетникова, поскольку они основаны на экспериментальных данных и, следовательно, наиболее надёжны.

Выводы

1. Рассчитаны подробные таблицы для нескольких математических моделей зависимости гидродинамических параметров ультразвукового расходомера от числа Рейнольдса.

2. Предложена и обоснована компактная кусочно-линейная аппроксимация математических моделей Критца, Биргера и Кивилиса-Решетникова с применением коэффициентов передачи по числу Рейнольдса. Получены числовые значения данных рейнольдсовых коэффициентов передачи в диапазоне $1 < Re < 10^{12}$.

3. Анализ разработанных таблиц выявил технологические особенности исследованных математических моделей гидродинамических параметров ультразвукового расходомера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Биргер Г. И. Некоторые вопросы градуировки ультразвуковых расходомеров // Измерительная техника. – М.: Всероссийский научно-исслед. ин-т метрологической службы, 1962. - № 10. - С. 53-55.

[2] Иванова Г. М. и др. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: МЭИ, 2005. – 460 с.

[3] Кивилис С. С., Решетников В. А. Влияние профиля установившегося потока на погрешность ультразвуковых расходомеров // Измерительная техника. – М.: Всероссийский научно-исслед. ин-т метрологической службы, 1965. - № 3. - С. 52-54.

[4] Кремлёвский П. П. Расходомеры и счётчики количества вещества: Справочник.: Кн. 2 / Под общей ред. Е. А. Шорникова. - СПб.: Политехника, 2004. - 412 с.

[5] Райхмист Р. Б. Графики функций. – М.: Высшая. шولا., 1991. – 160 с.

[6] Расходомер-счётчик ультразвуковой многоканальный УРСВ ВЗЛЁТ МР. Руководство по эксплуатации. – СПб.: ЗАО «ВЗЛЁТ», 2015. – 66 с.

[7] Фафурин В. А., Галеев М. К. Расчёт корректирующего коэффициента ультразвукового расходомера // Вестник Казанского технологического университета. – Казань: КТУ, 2011. - № 23. – С. 152-156.

[8] Чернов Б. А., Чернова Н. Б. Математические модели параметров, измеряемых ультразвуковым расходомером // Вестник АУЭС. – Алматы: НАО «АУЭС», 2018. – № 1 (40). – С. 40-47.

REFERENCES

- [1] Birger G. I. Some questions of calibration of ultrasonic flow meters // Measuring technique. – М.: All-Russia scientific research Institute of Metrological Service, 1962. – № 10. – P. 53-55. (in Russ.).
- [2] Ivanova G. M. et al. Technological measurements and instruments. М.: MEI, 2005. – 460 p. (in Russ.).
- [3] Kivilis S. S., Reshetnikov V. A. Influence of the steady-state flow profile on the flow measurement error // Measuring technique. – М.: All-Russia scientific research Institute of Metrological Service, 1965. – № 3. – P. 52-54. (in Russ.).
- [4] Kremlyovskiy P. P. Flowmeters and counters of the amount of matter: Handbook.: Book. 2 / Under the general editorship of E. A. Shornikova. SPb.: Politechnica, 2004. – 412 p. (in Russ.).
- [5] Reichmist R. B. Graphs of functions. Moscow.: Higher School, 1991. – 160 p. (in Russ.).
- [6] The ultrasonic multichannel flowmeter-counter URSV VZLET MR. Manual. Part 1. SPb.: ZAO “VZLET”, 2015. – 66 p. (in Russ.).
- [7] Fafurin V. A., Galeev M. K. Calculation of the corrective coefficient of the ultrasonic flow meter // Bulletin of Kazan Technological University, 2011. – № 23. – P. 152-156. (in Russ.).
- [8] Chernov B. A., Chernova N. B. Mathematical models of parameters measured by ultrasonic flow-meter // Bulletin of AUPET. – Алматы: NPJSC “AUPET”, 2018. – № 1 (40). – P. 40-47. (in Russ.).

УЛЬТРАДЫБЫСТЫ ШЫҒЫН ӨЛШЕУІШТІҢ ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІ

Б. А. Чернов¹, Н. Б. Чернова¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Ультрадыбысты шығын өлшеуіштер кең таралуда. Кез келген диаметрдегі құбыр желісінде орнатыла алуы олардың айрықша ерекшелігі болып табылады. Ультрадыбысты шығын өлшеуіш көмегімен анықталатын шығын ағын жылдамдығының бағытын ескеретін гидродинамикалық көбейткішті қолданумен есептеледі. Бұл көбейткіш ультрадыбысты шығын өлшеуіштің әдістемелік қателігін анықтайды, ол шығын өлшеу қателігінің ең елеулі құраушысы болып табылады.

Мақалада бірнеше математикалық модель үшін ультрадыбысты шығын өлшеуіштердің гидродинамикалық параметрлерінің Рейнольдс санына тәуелділігінің толық кестелері есептелген. Рейнольдс саны бойынша беру коэффициенттерін қолданумен Критц, Биргер мен Кивилис-Решетниковтың белгілі трансцендентті математикалық модельдерінің ықшам бөлікті-сызықты аппроксимациясы ұсынылды және негізделді. Рейнольдс санының кең диапазонында рейнольдстік беру коэффициенттерінің сандық мәндері алынды.

Құрастырылған кестелер сарапталды және ультрадыбысты шығын өлшеуіштердің гидродинамикалық параметрлерінің зерттелген математикалық модельдерінің технологиялық ерекшеліктері анықталды.

Кілттік сөздер: ультрадыбысты шығын өлшеуіш, гидродинамикалық көбейткіш, Рейнольдс саны.

HYDRODYNAMIC PARAMETERS OF ULTRASONIC FLOW METER

B. A. Chernov¹, N. B. Chernova¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

Abstract. Ultrasonic flow meters are becoming more common. Their feature is the ability to install on pipelines of almost any diameter. The flow rate determined by ultrasonic flow meter is calculated using a hydrodynamic multiplier that takes into account the velocity profile, thus this multiplier determines the methodological error of ultrasonic flow meter, which is the most significant component of the flow measurement error.

The detailed tables for several mathematical models of the dependence of the hydrodynamic parameters of ultrasonic flow meter on the Reynolds number are calculated in the article. A compact piecewise linear approximation of the transcendental mathematical models such as Kritz, Birger, and Kivilis-Reshetnikov with the use of the Reynolds number transmission coefficients is proposed and substantiated. Numerical values of these transmission coefficients are obtained over a wide range of the Reynolds number.

The developed tables are analyzed and the technological features of the researched mathematical models of the hydrodynamic parameters of ultrasonic flow meter are determined.

Key words: ultrasonic flow meter, hydrodynamic multiplier, Reynolds number.

Б. К. Кусаинов¹¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан**АДАПТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И ВНЕШНЕГО ВОЗМУЩЕНИЯ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Аннотация. В автоматике существуют объекты управления (ОУ) с неопределенными, изменяющимися в процессе работы параметрами. В целях сохранения желаемых динамических свойств система управления (СУ) должна идентифицировать такие параметры и подстраиваться к их изменениям. Кроме того, может возникнуть задача восстановления координат состояния ОУ. В этих случаях применяются наблюдающие устройства (НУ) идентификации, адаптивные к изменениям параметров и координат состояния ОУ. В статье известная процедура синтеза адаптивного НУ для идентификации параметров и координат состояния ОУ рассматривается с учетом идентификации скалярного возмущающего воздействия, действующего на ОУ. Полученное НУ обеспечивает асимптотическую устойчивость процессов идентификации параметров и внешнего возмущения ОУ. В качестве примера использования предлагаемого НУ рассматриваются процессы совместной идентификации момента инерции (параметра) и внешнего момента (возмущения) нагрузки для модели электропривода. Доказывается асимптотическая устойчивость процессов идентификации параметра и возмущения. Результаты идентификации и их использование для адаптации управления объектом показываются на графиках переходных процессов. Полученные результаты идентификации обеспечивают адаптивную стабилизацию желаемых динамических свойств СУ.

Ключевые слова: адаптация, идентификация, объект управления, система управления, наблюдающее устройство.

Сложные динамические объекты управления (ОУ) (летательные аппараты, манипуляционные роботы и др.) в процессе работы характеризуются неопределенными, изменяющимися параметрами (коэффициентами дифференциальных уравнений) [1: 14; 2: 124]. Для управления такими объектами необходимо осуществить идентификацию (определение, оценивание) их параметров и адаптацию (приспособление) системы управления (СУ) к изменениям параметров. Следовательно, идентификация должна быть адаптивной к изменениям параметров. В [3: 151; 4: 246] приводится известная процедура синтеза адаптивного наблюдающего устройства (НУ) идентификации параметров и координат состояния линейного объекта n -го порядка. Отличие нашей работы в том, что в этой модели объекта будем дополнительно учитывать неизвестное скалярное возмущающее воздействие f .

Пусть ОУ имеет: 1) известную линейную структуру n -го порядка, в которой $\vec{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ - вектор координат состояния; 2) известные скалярные входной u и выходной y_1 сигналы, причем $y_1 = [1, 0, \dots, 0]\vec{x} = x_1$; 3) неизвестные параметры; 4) неизвестное скалярное внешнее возмущение f ; 5) неизвестный $(n - 1)$ -мерный вектор координат состояния $\vec{x}' = [x_2, x_3, \dots, x_n]^T$. Рассматриваемый ОУ будем описывать следующим выражением:

$$y_1 = \frac{B_0 s^{n-1} + B_1 s^{n-2} + \dots + B_{n-1}}{s^n + A_1 s^{n-1} + \dots + A_n} u + f, \quad (1)$$

где $s^i \equiv d^i/dt^i$ ($i = \overline{0, n}$) - операция дифференцирования;

A_i ($i = \overline{1, n}$), B_i ($i = \overline{0, n-1}$) - неизвестные коэффициенты (параметры) ОУ.

Для идентификации параметров A_i, B_i передаточная функция ОУ (1) приводится к виду [3, 4]:

$$\frac{y_1}{u} = \frac{b_1 + b_2 \frac{1}{s + \lambda_2} + \dots + b_n \frac{1}{s + \lambda_n}}{s - a_1 - a_2 \frac{1}{s + \lambda_2} - \dots - a_n \frac{1}{s + \lambda_n}}, \quad (2)$$

где $\lambda_i < 0$ ($i = 2, \dots, n$) - однократные действительные отрицательные числа;

$b_1 = B_0, a_1 = (\lambda_2 + \dots + \lambda_n) - A_1; b_i, a_i$ ($i = 2, \dots, n$) связаны с параметрами A_i, B_i и λ_i более сложными зависимостями.

Теперь ОУ (1) с учетом выражения (2) будем характеризовать следующими уравнениями относительно переменных состояния x_i ($i = \overline{1, n}$):

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \vdots \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ a_2 & & & & \\ \vdots & & & & \\ a_n & & & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} f, \quad (3)$$

$$y_1 = x_1,$$

где Λ – диагональная матрица размером $(n - 1) \times (n - 1)$, элементами которой служат числа $-\lambda_i$ ($i = 2, \dots, n$):

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -\lambda_2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\lambda_3 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -\lambda_n \end{bmatrix},$$

$[a_1, a_2, \dots, a_n]^T = \vec{a}, [b_1, b_2, \dots, b_n]^T = \vec{b}$ - параметрические векторы с неизвестными элементами.

Так как координата x_1 измеряется и равна y_1 , то в соответствии с [5: 123] запишем уравнения (3) объекта в следующей форме:

$$\begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{\vec{x}}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{a} & r^T \\ & \Lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ \vec{x}' \end{bmatrix} + \vec{b}u + df, \quad (4)$$

где $r^T = [1, 1, \dots, 1]; d = [1, 0, \dots, 0]^T$.

Осуществим синтез адаптивного НУ для идентификации неизвестных параметров (элементов векторов \vec{a} и \vec{b}), внешнего возмущения f и координат состояния (элементов вектора \vec{x}') ОУ.

На основании (1), (2) уравнения ОУ можем представить в следующем виде:

$$y_1 = \frac{1}{s + \lambda_1} \left[b_1 u + f + \left(b_2 \frac{1}{s + \lambda_2} + \dots + b_n \frac{1}{s + \lambda_n} \right) u + \left(a_1' + a_2 \frac{1}{s + \lambda_2} \dots + a_n \frac{1}{s + \lambda_n} \right) y_1 \right], \quad (5)$$

где $a_1' = a_1 + \lambda_1$.

По выражению (5) строится НУ идентификации неизвестных величин a_i, b_i, f ($i = \overline{1, n}$). Заменяя a_i, b_i, f их оценками $\hat{a}_i, \hat{b}_i, \hat{f}$, перепишем выражение (5) в следующем виде:

$$\hat{y}_1 = \frac{1}{s+\lambda_1} [\hat{b}_1 u + \hat{f} + \hat{b}_2 \hat{w}_2 + \dots + \hat{b}_n \hat{w}_n + \hat{a}'_1 y_1 + \hat{a}_2 \hat{z}_2 + \dots + \hat{a}_n \hat{z}_n], \quad (6)$$

где $\hat{w}_i = \frac{1}{s+\lambda_i} u, \hat{z}_i = \frac{1}{s+\lambda_i} y_1$ – промежуточные переменные НУ;
 \hat{y}_1 – оценка величины y_1 , получаемая на выходе НУ.

В соответствии с [3-5] оценки \hat{a}_i и \hat{b}_i получаются на выходе интеграторов с коэффициентами усиления γ_i и δ_i , входными сигналами которых является разность измеренного y_1 в ОУ и оцененного \hat{y}_1 в НУ сигналов, умноженная на соответствующие сигналы \hat{w}_i и \hat{z}_i . Оценку величины f также будем получать на выходе интегратора с коэффициентом усиления α , входным сигналом которого является разность сигналов y_1 и \hat{y}_1 . Переменные \hat{w}_i и \hat{z}_i также используются для оценки неизвестных координат состояния ОУ:

$$\hat{x}_i = \hat{a}_i \hat{z}_i + \hat{b}_i \hat{w}_i, \quad (i = \overline{2, n}). \quad (7)$$

Уравнения адаптивного НУ в векторно-матричной форме имеют вид:

$$\begin{aligned} \dot{\hat{w}}' &= \Lambda^T \hat{w}' + r u, \\ \begin{bmatrix} \dot{\hat{y}}_1 \\ \dot{\hat{z}}' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \hat{a}^T \\ r \quad \Lambda^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ \hat{z}' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} [\hat{b}^T \hat{w}' - \lambda_1 \tilde{y}_1] + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \hat{f}, \\ \dot{\hat{a}}_1 &= -\gamma_1 y_1 \tilde{y}_1, \quad \dot{\hat{b}}_1 = -\delta_1 u \tilde{y}_1, \quad \dot{\hat{f}}_1 = -\alpha \tilde{y}_1, \\ \dot{\hat{a}}_i &= -\gamma_i \hat{z}_i \tilde{y}_1, \quad \dot{\hat{b}}_i = -\delta_i \hat{w}_i \tilde{y}_1, \quad (i = 2, \dots, n), \end{aligned} \quad (8)$$

где $\hat{w}' = (u, \hat{w}'^T)^T, \hat{z}' = (y_1, \hat{z}'^T)^T$; \hat{w}' и \hat{z}' – $(n-1)$ -мерные векторы промежуточных переменных $[\hat{w}_2, \hat{w}_3, \dots, \hat{w}_n]^T$ и $[\hat{z}_2, \hat{z}_3, \dots, \hat{z}_n]^T$ НУ;

$\tilde{y}_1 = y_1 - \hat{y}_1$ – разность между измеренным и оцененным значениями выходного сигнала;

$\gamma_i > 0, \delta_i > 0, \alpha > 0$ ($i = \overline{1, n}$) – коэффициенты усиления интеграторов.

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} \hat{a} &= [\hat{a}_1, \hat{a}_2, \dots, \hat{a}_n]^T = [\hat{a}_1, \hat{a}'^T]^T, \quad \hat{b} = [\hat{b}_1, \hat{b}_2, \dots, \hat{b}_n]^T = [\hat{b}_1, \hat{b}'^T]^T, \\ \hat{x} &= [x_1, \hat{a}_2 \hat{z}_2 + \hat{b}_2 \hat{w}_2, \dots, \hat{a}_i \hat{z}_i + \hat{b}_i \hat{w}_i] = [y_1, \hat{x}'^T]^T. \end{aligned}$$

Исследуем устойчивость НУ прямым методом Ляпунова [5: 125]. Представим уравнение ОУ (4) в такой же форме, как и уравнение НУ (8):

$$\dot{\vec{w}}' = \Lambda \vec{w}' + ru,$$

$$\begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{z}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{a}^T \\ r \quad \Lambda^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ z' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \vec{b}^T \vec{w}' + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} f,$$

$$\vec{w}' = (u, \vec{w}'^T)^T. \quad (9)$$

Учитывая, что $(\widehat{z}' - z') \equiv 0$, $(\widehat{w}' - \vec{w}') \equiv 0$, вычтем уравнение (9) из (8):

$$\dot{y}_1 = -\lambda_1 \tilde{y}_1 + (\hat{a}_1 - a_1)y_1 + (\hat{a}' - \vec{a}')^T z' + (\hat{b}_1 - b_1)u + (\hat{b}' - \vec{b}')^T \vec{w}' + (\hat{f} - f). \quad (10)$$

Примем в качестве функции Ляпунова следующую положительно-определенную квадратичную форму:

$$V = \frac{1}{2} \tilde{y}_1^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\gamma_i} (\hat{a}_i - a_i)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\delta_i} (\hat{b}_i - b_i)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha} (\hat{f} - f)^2.$$

Производная от V в силу уравнения НУ (8) и уравнения ошибки (10) имеет такой же результат, как и в [5]:

$$\dot{V} = \tilde{y}_1 \dot{\tilde{y}}_1 + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\gamma_i} (\hat{a}_i - a_i) \dot{\hat{a}}_i + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\delta_i} (\hat{b}_i - b_i) \dot{\hat{b}}_i + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha} (\hat{f} - f) \dot{\hat{f}} = -\lambda_1 \tilde{y}_1^2.$$

Это указывает на то, что оцененные в НУ величины \hat{a}_i , \hat{b}_i , \hat{f} асимптотически сходятся к значениям a_i , b_i , f ($i = \overline{1, n}$) ОУ. Скорость сходимости зависит от коэффициентов интеграторов γ_i , δ_i и α . При этом на основании гипотезы квазистационарности [2] предполагается, что во время переходных процессов в НУ величины a_i , b_i , f ($i = \overline{1, n}$) ОУ не изменяются.

Рассмотрим применение НУ, описываемого уравнениями (5)-(8), для оценки неизвестных величин момента инерции и внешнего момента нагрузки электропривода. Уравнение моментов на валу электропривода (ОУ) постоянного тока имеет вид [6]:

$$Js\omega_d = M_d - M, \quad (11)$$

где $J = J(\vec{q}, \vec{\xi})$ - момент инерции нагрузки привода, изменяющийся в зависимости от вектора \vec{q} обобщенных координат и вектора $\vec{\xi}$ параметров манипуляционного робота (МР) и перемещаемого им груза (геометрические, масса-инерционные параметры и т. д.), т. е. величина J представляет собой неизвестный параметр объекта;

$M = M(\vec{q}, \vec{q}, \vec{\xi})$ - изменяющийся внешний момент нагрузки привода, обусловленный взаимодействием движений по степеням подвижности МР, моментами от сил тяжести звеньев МР, груза и т. д. - является внешним возмущением для объекта;

$M_d = k_m i_a$ - момент двигателя, в котором k_m - постоянная, а i_a - ток якоря двигателя, является входным сигналом для объекта;

ω_d - угловая скорость вала двигателя, является выходным сигналом для объекта;

$s = d/dt$ - оператор дифференцирования.

Входной i_a и выходной ω_d сигналы ОУ (11) измеряются соответственно следующим выражениям:

$$k_{дт} i_a, \quad y_1 = k_{дс} \omega_d, \quad (12)$$

где $k_{дт}$, $k_{дс}$ - коэффициенты передач датчиков тока якоря и угловой скорости вала двигателя;

y_1 - измеренное значение угловой скорости ω_d вала двигателя.

Представим уравнение ОУ (11) в следующем виде:

$$\omega_d = \frac{1}{J_s} (k_m i_{я} - M). \quad (13)$$

На основании измеренных входного $k_{дт} i_{я}$ и выходного сигналов $k_{дс} \omega_d$ ОУ (13) и согласно изложенным выше основным положениям построения НУ необходимо оценить неизвестные величины параметра $1/J$ и внешнего возмущения M рассматриваемого ОУ.

Так как уравнение ОУ имеет 1-й порядок, рассмотрим уравнение для НУ 1-го порядка, полученное по уравнению (6) при $a_i = 0$ ($i = \overline{1, n}$), $b_i = 0$ ($i = \overline{2, n}$):

$$\hat{y}_1 = \frac{1}{s + \lambda_1} [\hat{b}_1 u + \hat{f} + \lambda_1 y_1]. \quad (14)$$

Здесь оценки \hat{b}_1 и \hat{f} формируются на выходе соответствующих интеграторов согласно выражениям (8) по следующим формулам:

$$\hat{b}_1 = -\delta_1 u \hat{y}_1, \hat{f}_1 = -\alpha \hat{y}_1 \text{ или } \hat{b}_1 = \frac{-\delta_1 u \hat{y}_1}{s}, \hat{f}_1 = \frac{-\alpha \hat{y}_1}{s}, \quad (15)$$

где $1/s$ - оператор интегрирования.

Структурная схема НУ для объекта 1-го порядка показана на рисунке 1.

Согласно уравнениям ОУ (11)-(13) в выражениях (14), (15) примем: $\hat{b}_1 = 1/\hat{f}$; $\hat{f} = -\hat{M}$; $u = i_{я}$; $y_1 = k_{дс} \omega_d$; $\hat{y}_1 = k_{дс} \hat{\omega}_d$. Здесь \hat{f} , \hat{M} - оценки момента инерции J и внешнего момента M нагрузки привода; $\hat{\omega}_d$ - оценка угловой скорости ω_d ; \hat{y}_1 - оценка измеренного значения y_1 угловой скорости ω_d вала двигателя. С учетом указанных уравнений привода и введенных обозначений преобразуем структурную схему на рисунке 1 к виду, показанному на рисунке 2.

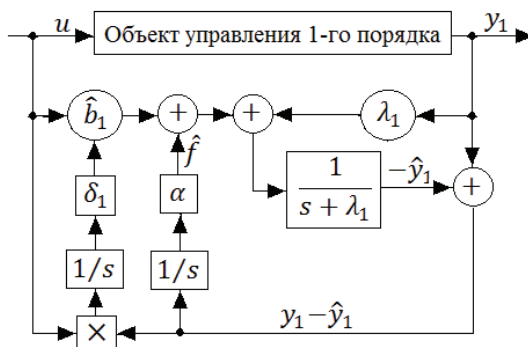


Рисунок 1 - Структурная схема НУ для объекта 1-го порядка

Алгоритм работы НУ для электропривода постоянного тока имеет вид [6]:

$$\begin{aligned} d\hat{\omega}_d/dt &= (1/\hat{f})(M_d - \hat{M}) + \lambda_1 k_{дс} (\omega_d - \hat{\omega}_d), \\ d(1/\hat{f})/dt &= \delta_1 (M_d - \hat{M}) k_{дс} (\omega_d - \hat{\omega}_d), \\ d\hat{M}/dt &= -\alpha k_{дс} (\omega_d - \hat{\omega}_d) \end{aligned} \quad (16)$$

с начальными условиями

$$\hat{\omega}_d(0) = 0, \hat{f}^{-1}(0) = J_{ср}^{-1}, \hat{M}(0) = 0,$$

где $J_{\text{ср}}$ – среднее значение из возможного диапазона изменений J .

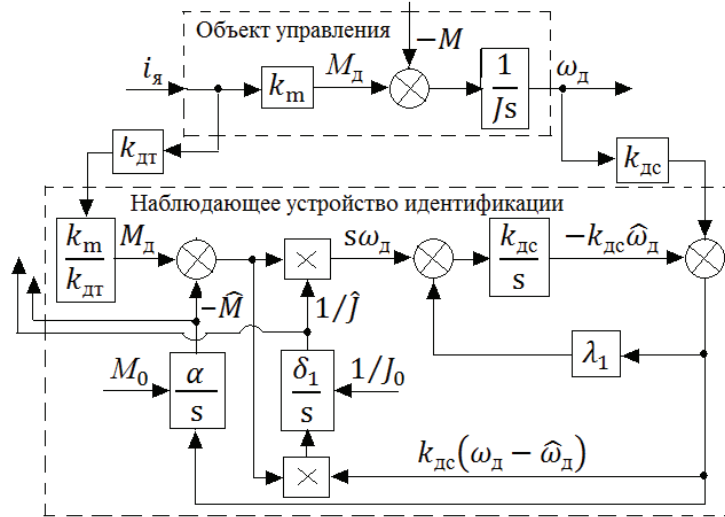


Рисунок 2 - Структурная схема НУ для электропривода

Рассмотрим устойчивость адаптивного НУ идентификации переменных J^{-1} и M . Введем обозначения $e = \omega_{\text{д}} - \hat{\omega}_{\text{д}}$, $v = (1/J) - (1/\hat{J})$ и $\mu = M - \hat{M}$ и примем во внимание, что $s\omega_{\text{д}} = \dot{\omega}_{\text{д}} = d\omega_{\text{д}}/dt = (1/J)(M_{\text{д}} - M)$, тогда алгоритм работы НУ в координатах e , v и μ может быть описан уравнениями:

$$\begin{aligned} de/dt &= (1/J)(M_{\text{д}} - M) - (1/\hat{J})(M_{\text{д}} - \hat{M}) - \lambda_1 k_{\text{дс}} e, \\ dv/dt &= -\delta_1 (M_{\text{д}} - \hat{M}) k_{\text{дс}} e, \\ d\mu/dt &= \alpha k_{\text{дс}} e. \end{aligned} \quad (17)$$

При этом примем начальные условия: $e(0) = 0$, $v(0) = J^{-1} - J_{\text{ср}}^{-1}$, $\mu(0) = 0$, и на основании гипотезы квазистационарности будем считать, что на временном интервале, соответствующем переходному процессу в НУ, величины J^{-1} и M не изменяются.

Докажем, что положение равновесия системы уравнений (17) асимптотически устойчиво, т. е. $\lim_{t \rightarrow \infty} e = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} v = 0$, $\lim_{t \rightarrow \infty} \mu = 0$. Рассмотрим положительно-определенную функцию Ляпунова вида:

$$V = \frac{1}{2} e^2 + \frac{1}{2\delta_1 k_{\text{дс}}} v^2 + \frac{1}{2\alpha k_{\text{дс}} J} \mu^2,$$

здесь $J = \text{const}$ – так как соответствует интервалу квазистационарности.

Учитывая, что

$$\mu = M - \hat{M} = (M_{\text{д}} - \hat{M}) - (M_{\text{д}} - M),$$

запишем полную производную функции V по времени на основании системы уравнений (17):

$$dV/dt = -\lambda_1 k_{\text{дс}} e^2.$$

Покажем, что $v \equiv 0$, $\mu \equiv 0$ при $e \equiv 0$. Для этого рассмотрим систему уравнений (17) при $e \equiv 0$:

$$0 = (1/J)(M_{\text{д}} - M) - (1/\hat{J})(M_{\text{д}} - \hat{M}), \quad dv/dt = 0, \quad d\mu/dt = 0.$$

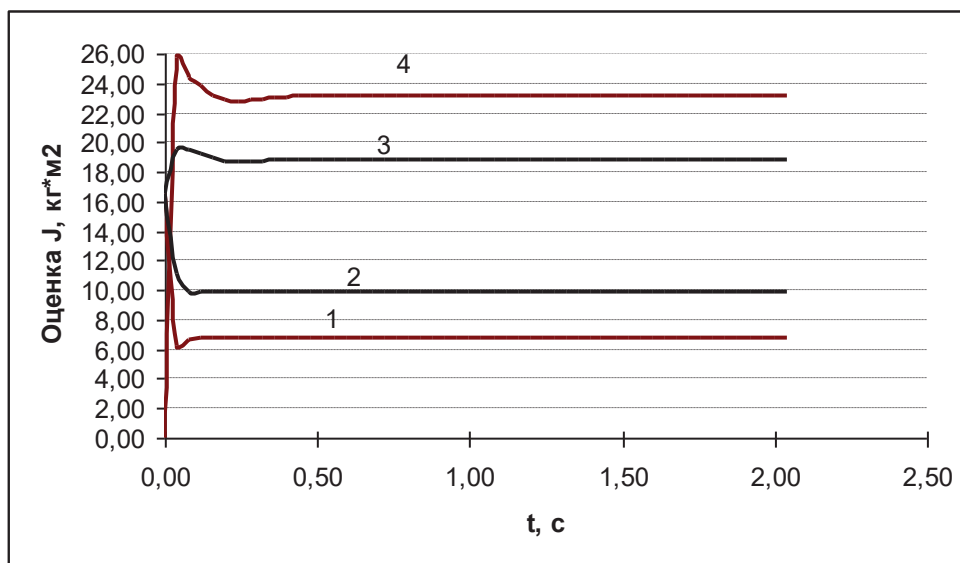
Равенство нулю первого выражения означает, что $1/J = 1/\hat{J}$ и $M = \hat{M}$, поэтому при $e \equiv 0$ очевидно тождественное равенство нулю параметров $\nu = (1/J) - (1/\hat{J})$ и $\mu = M - \hat{M}$. Следовательно, функция dV/dt является определенно-отрицательной и при построении НУ согласно выражениям (16) оценки $1/\hat{J}$ и \hat{M} асимптотически приближаются к величинам $1/J$ момента инерции и внешнего момента M нагрузки привода. Сходимость процесса оценки зависит от коэффициентов λ_1 , δ_1 и α , которые практически всегда могут быть выбраны из условия протекания в НУ процессов оценки быстрее основного переходного процесса в СУ привода.

Для моделирования работы НУ при идентификации разных значений момента инерции J и внешнего момента M нагрузки, заданных в модели привода (11), и получения графиков переходных процессов в НУ, показанных на рисунках 3 и 4, необходимо построить адаптивную СУ электроприводом [6].

Дополним уравнения объекта (11) следующими выражениями для формирования управляющего сигнала:

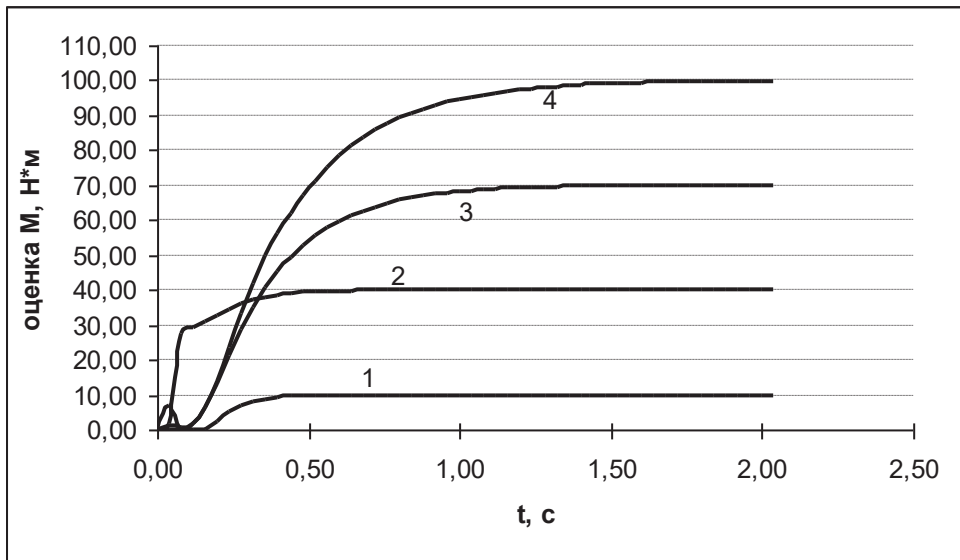
$$u_{я} = i_{я}R_{я} + k_{\omega}\omega_{д}, \quad u = k_{ум}u_{я}, \quad (18)$$

где $u_{я}$ и $R_{я}$ – напряжение и сопротивление якорной обмотки двигателя;
 k_{ω} – коэффициент противо-ЭДС двигателя;
 u и $k_{ум}$ – входное напряжение и коэффициент усиления усилителя мощности.



1 – оценка величины $J = 7 \text{ кгм}^2$ при $M = 10 \text{ Нм}$; 2 – оценка величины $J = 10 \text{ кгм}^2$ при $M = 40 \text{ Нм}$;
 3 – оценка величины $J = 20 \text{ кгм}^2$ при $M = 70 \text{ Нм}$; 4 – $J = 25 \text{ кгм}^2$ при $M = 100 \text{ Нм}$.

Рисунок 3 - Переходные процессы идентификации момента инерции



1 – оценка величины $M = 10$ Нм при $J = 7$ кгм²; 2 – оценка величины $M = 40$ Нм при $J = 10$ кгм²; 3 – оценка величины $M = 70$ Нм при $J = 20$ кгм²; 4 – $M = 100$ Нм при $J = 10$ кгм².

Рисунок 4 - Переходные процессы идентификации момента нагрузки

Теперь уравнения объекта (11) с учетом выражений (18) можно представить в виде:

$$J\dot{\omega}_d + k_m k_\omega R_{я}^{-1} \omega_d = k_m k_{yM} R_{я}^{-1} u - M, \quad (19)$$

где u - управляющий сигнал, а величины J и M являются неизвестными и переменными.

Управляющий сигнал привода сформируем в следующем виде:

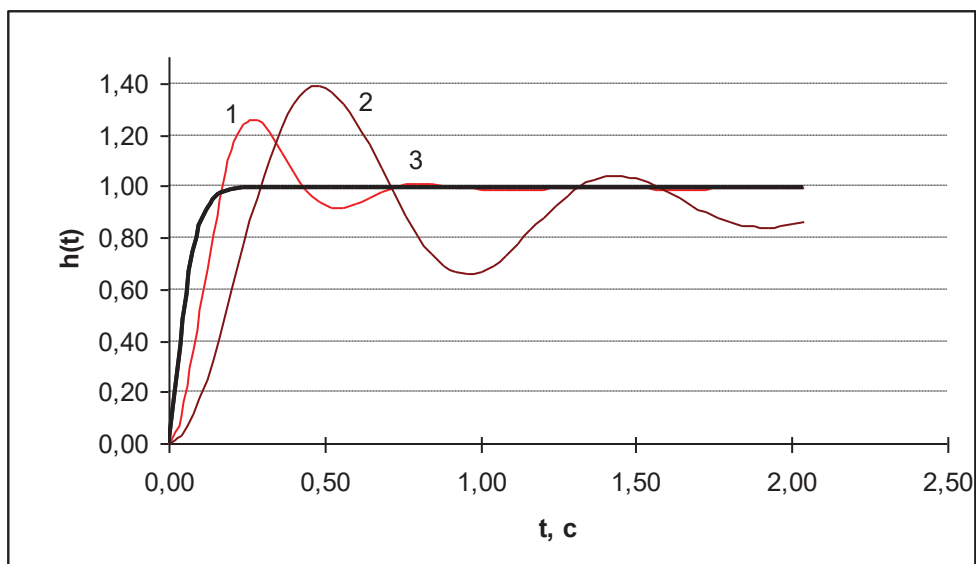
$$u = u(\varphi, \omega_d, \hat{J}, \hat{M}) = (k_1(\varphi^* - \varphi) - k_2\omega_d)\hat{J} + k_3\omega_d + k_4\hat{M}, \quad (20)$$

где $\hat{J} = \hat{J}^{-1}$, \hat{M} - оценки величин J и M , полученные в НУ по уравнениям (16);

φ^* и φ - требуемое и действительное угловые положения вала привода;

k_1, k_2, k_3 и k_4 - известные постоянные коэффициенты.

При моделировании работы привода (19) коэффициенты k_i ($i = \overline{1,4}$) алгоритма управления (20) были подобраны так, чтобы при $\hat{J} = const = J_0$ и $\hat{M} = 0$ в СУ обеспечивался желаемый переходный процесс (кривая 3 на рисунке 3). Однако с увеличением значений момента инерции J и внешнего момента M нагрузки в СУ без НУ происходит ухудшение характеристик переходных функций $h(t)$ – кривые 1, 2 на рисунке 3. В СУ с НУ при этих разных значениях J и M характеристики переходных функций не изменяются, т. е. независимо от изменений нагрузки в СУ с НУ всегда имеет место желаемый переходный процесс – кривая 3 на рисунке 3. Из кривых на рисунках 3, 4 видно, что процесс оценки моментов инерции J происходит быстрее переходного процесса в основном контуре СУ, что необходимо для устойчивой работы СУ приводом.



1 – СУ без НУ при $J = 7 \text{ кгм}^2$ и $M = 10 \text{ Нм}$; 2 – то же при $J = 25 \text{ кгм}^2$ и $M = 100 \text{ Нм}$;
3 – СУ с НУ при этих же значениях нагрузки.

Рисунок 3 - Графики переходных функций $h(t)$

Выводы

Предлагаемая процедура синтеза адаптивного наблюдающего устройства для идентификации параметров и внешнего возмущающего воздействия объекта управления, позволяющая также восстанавливать его неизвестные координаты состояния, обеспечивает асимптотическую устойчивость процессов идентификации. Рассмотренные процессы совместной идентификации момента инерции (параметра) и внешнего момента (возмущения) нагрузки для модели электропривода также обладают асимптотической устойчивостью. Полученные результаты идентификации, показанные на графиках переходных процессов, обеспечивают адаптивную стабилизацию желаемых динамических свойств системы управления электроприводом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Александров А. Г. Частотная теория автоматического управления (Частотное управление). В 2-х кн. Кн. 1. – Электросталь: ЭПИ МИСиС, 2010. – 320 с.
- [2] Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы. – М.: Высшая школа, 2003. – 278 с.
- [3] Терехов В. М., Осипов О. И. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2006. – 304 с.
- [4] Селиванов В. А. Системы управления электроприводами. – Могилев: ММИ, 2010. – 275 с.
- [5] Кузовков Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.
- [6] Кусаинов Б. К. Адаптивная система управления приводом робота // Труды междунар. форума «Наука и инженерное образование без границ». Т. 2. – Алматы: КазНТУ им. К. И. Сатпаева, 2009. – 460 с. – С. 352-355.

REFERENCES

- [1] Alexandrov A. G. Frequency theory of automatic control (Frequency control). In 2 books. Book 1. - Elektrostal: EPI MISiS, 2010. - 320 p. (in Russ.).
- [2] Alexandrov A. G. Optimum and adaptive systems. - M.: Vysshaya shkola, 2003. - 278 p. (in Russ.).
- [3] Terekhov V. M., Osipov O. I. Control systems of electric drives. - M.: Academy, 2006. - 304 p. (in Russ.).
- [4] Selivanov V. A. Control systems of electric drives. - Mogilev: MMI, 2010. - 275 p. (in Russ.).
- [5] Kuzovkov N. T. Modal control and the observing devices. - M.: Mashinostrojenie, 1976. - 184 p. (in Russ.).
- [6] Kussainov B. K. Adaptive control system of the robot drive // Works of the International Forum "Science and Engineering Education without Borders". V. 2. - Almaty: KazNTU after K. I. Satpayev, 2009. - 460 p. - P. 352-355. (in Russ.).

АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ НЫСАНЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЖӘНЕ СЫРТҚЫ ӘСЕРІН БЕЙІМДІ ТҮРДЕ АНЫҚТАУ

Б. Қ. Құсайынов¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Автоматикада белгісіз жұмыс істеу барысында өзгеріп тұратын параметрлері бар басқару нысандары (БН) болады. Қаланған динамикалық қасиеттерін сақтау мақсатымен басқару жүйе (БЖ) мұндай параметрлерді сәйкестендіру (анықтап алу) және олардың өзгерулеріне бейімділуі керек. Сонымен қатар БН-ның күй координаттарын анықтау да қажет болуы мүмкін. Мұндай жағдайларда БН-ның параметрлерінің және күй координаттарының өзгеруіне бейімділенетін сәйкестендіру бақылау құрылғылары (БҚ) қолданылады. Мақалада басқару нысанының параметрлерін және күй координаттарын сәйкестендіретін бейімді бақылау құрылғысын құрудың белгілі процедурасы БН-ға әрекет ететін скалярлық ауытқу әсерін сәйкестендірумен толықтырылады. Алынған БҚ БН параметрлерін және сыртқы әсерін сәйкестендіру үдерістерінің асимптотикалық орнықтылығын қамтамасыз етеді. Ұсынылатын БҚ пайдаланудың мысалы ретінде электр жетегі моделінің жүктемесінің инерция моментін (параметрін) және оның сыртқы моментін (ауытқу әсерін) де сәйкестендіретін үдерістер бірге қарастырылған. Параметр мен ауытқуды сәйкестендіретін үдерістерінің асимптотикалық орнықтылығы дәлелденеді. Сәйкестендірудің нәтижелері және оларды нысан басқаруын бейімділеу үшін пайдалануы өтпелі үдерістер графиктерінде көрсетілген. Алынған сәйкестендіру нәтижелері БЖ-ның қаланған динамикалық қасиеттерінің бейімді түрде тұрақтандыруын қамтамасыз етеді.

Кілттік сөздер: бейімділеу, сәйкестендіру, басқару нысаны, басқару жүйесі, бақылау құрылғысы.

ADAPTIVE IDENTIFICATION OF PARAMETERS AND AN EXTERNAL ACTION OF THE OBJECT OF AUTOMATIC CONTROL

B. K. Kussainov¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

Abstract. In automatics there are objects of control (OC) with the uncertain, changing in the process of work parameters. For maintaining desirable dynamic properties the control system (CS) has to identify such parameters and adapt to their changes. Also there can be a problem of definition of coordinates of a condition of OC. In these cases the observing devices (OD) of identification, adaptive to

changes of parameters and coordinates of a condition of OC are used. In the article the known procedure of synthesis of adaptive OD for identification of parameters and coordinates of a condition of OC is considered taking into account the identification of the scalar external action operating on OC. Received OD provides asymptotic stability of processes of identification of parameters and external action of OC. As an example of use of the offered OD processes of joint identification of the moment of inertia (parameter) and the external moment (external action) of loading for electric drive model are considered. Asymptotic stability of processes of identification of parameter and external action is proved. Results of identification and their use for adaptation of control of an object are shown on graphs of transition processes. The received results of identification provide adaptive stabilization of desirable dynamic properties of CS.

Key words: adaptation, identification, object of control, control system, observing device.

IRSTI 29.31.26

S. T. Baipakbayeva¹, I. E. Suleimenov¹¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

**DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR CALCULATING THE
CHARACTERISTICS OF LIGHTGUIDING ELEMENTS BASED
ON FOURIER OPTICS**

Abstract. In the article a technique for calculating the characteristics of lightguiding elements with an additional light-scattering coating is presented. The field of application of such optical elements are information input systems (in particular, keyboards) with optical coding. The proposed technique is based on the use of generalized Fourier optics, in which optical radiation transformations are described in terms of the spectrum of spatial frequencies. The convenience of using Fourier-optics methods for solving the posed problem is determined by the fact that they make it possible to operate, including with incoherent radiation. Specific design formulas for a planar light guide with a light-scattering coating applied are obtained. The Fourier-optics apparatus allows to develop a rather simple technique for calculating the characteristics of optical elements intended for use in keypads with optical coding, including those with a modified surface.

Key words: light scattering, lightguide elements, Fourier optics, stationary phase method, spectrum of spatial frequencies.

The principle of operation of a keyboard with optical coding based on the use of an optical contact between a lightguide element and a radiation receiver was proposed in [1, 2, 5, 6, 7], in which, in particular, a solar photoelectric panel can be used. In the latter case, the keyboards of the type considered correspond to the concepts of small “green” energy [2, 6].

The design of the lightguiding elements used can be different, including, it is far from necessary to use elements that are optical fibers in the classical sense of the term, since the optical signal is transmitted only to a relatively small length (of the order of 10 cm). In particular, hollow tubes made of transparent polymeric material with a light-scattering coating applied on them are acceptable as light-guide elements. For this case, the existing calculation methods are not optimal. It seems advisable to develop a calculation methodology specifically designed for such cases, that is the purpose of this paper.

Let us start the simplest for the theoretical description from of the case when a flat optical fiber with a light-scattering coating applied over it. It is assumed that the LED is optically connected to the light guide, located at the same distance from its flat surfaces.

In terms of Fourier optics [4, 8], it is convenient to model the LED by a point source of light with a nonuniform radiation pattern, writing its spectrum of spatial frequencies in the following form

$$A(\alpha, \beta) = A_0(\alpha, \beta) \exp(ik[\alpha x_0 + \beta y_0 \pm \sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2} z_0]), \quad (1)$$

where (x_0, y_0, z_0) are the coordinates of the given point source;

(α, β) are the direction cosines of the wave vector, i. e.

$$n\vec{k} = nk(\alpha, \beta, \pm\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}), \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (2)$$

function $A_0(\alpha, \beta)$ describes the spectrum of the spatial frequencies of the model source, provided that it is placed at the origin. The sign \pm in the above formulas corresponds to the fact that a unit

vector defining the direction of propagation of a plane monochromatic wave runs through a sphere of unit radius in the space of wave vectors, n is the refractive index.

The spectrum of spatial frequencies is associated with the distribution of the field of monochromatic radiation created by it on an infinite plane through the Fourier transform

$$A(\alpha, \beta) \sim \int_{(x,y)} \exp(-ink[\alpha x + \beta y]) U(x, y) dx dy, \quad (3)$$

where the integration is formally carried out over the entire infinite plane (x, y) . The inverse Fourier transform of (3)

$$U(x, y) \sim \int_{(\alpha,\beta)} \exp(ink[\alpha x + \beta y]) A(\alpha, \beta) d\alpha d\beta, \quad (4)$$

shows that from the physical point of view the field of monochromatic radiation is described through a superposition of plane monochromatic waves that differ from each other in the spatial orientation of the wave vector.

There is, however, a nuance [8]. When performing the Fourier transform in accordance with the record (4), the integration is carried out over formally infinite limits, while the values of the direction cosines are finite. Correct [8, 9] is a transformation written in the following form

$$U(\vec{r}) \sim \int_{\Xi} A(\vec{\xi}) \exp(ink\vec{\xi}\vec{r}) d\Xi, \quad (5)$$

where the integration is over a sphere of unit radius in the space of wave vectors.

For the convenience of the theoretical description, the problem can also be symmetrized by considering the infinite planes and the light source symmetric with respect to the Oxy plane in accordance with Figure 1.

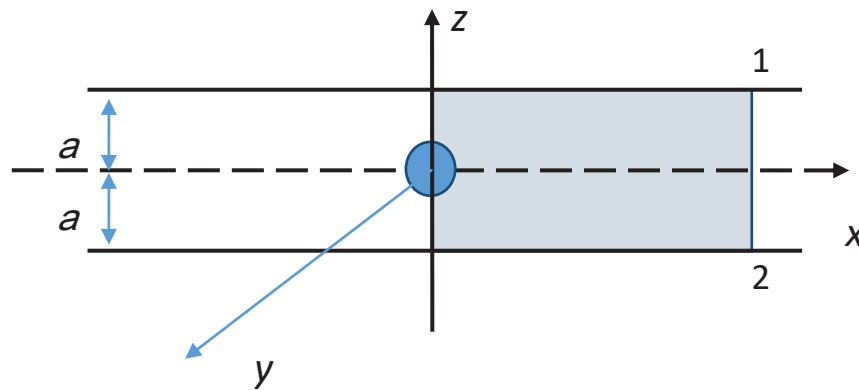


Figure 1 – Symmetrization of the task; color is allocated area corresponding to the real lightguide

Representation (5) also explains the meaning of formula (1), to prove it is sufficient to rewrite it in the invariant form

$$A(\vec{\xi}) = A_0(\vec{\xi}) \exp(ink\vec{\xi}\vec{r}_0). \quad (6)$$

To describe LEDs with a relatively smoothly changing radiation pattern, the function $A_0(\vec{\xi})$ can be considered slowly varying in the sense of using the stationary phase method, the nature of its use explained below.

To find the field of a monochromatic wave produced by a monochromatic radiation with a spectrum of spatial frequencies (6), at an arbitrary point in space, following [8, 9], the stationary phase method can be applied to the integral (5) [3]. By assumption, the product of a slowly varying ($A_0(\vec{\xi})$) and rapidly oscillating functions is under the integral sign.

The stationary phase method is used for approximate calculation of integrals of the form

$$S = \int_{x,y} A(x, y) \exp(ikf(x, y)) dx dy, \tag{7}$$

containing a large parameter $k \rightarrow \infty$. With respect to the problem under consideration, this parameter can indeed be considered large, since all the characteristic geometric dimensions (including the spatial scale of the variations in the light intensity generated by the LED) significantly exceed the wavelength of the optical band.

The calculation of the approximate value of an integral of the form (7) is realized [3] according to the following scheme. The point of the stationary phase (x_0, y_0) is determined from the conditions

$$\frac{\partial f}{\partial x}(x, y) = 0, \frac{\partial f}{\partial y}(x, y) = 0. \tag{8}$$

It is assumed that the integral (7) is approximately equal to the expression

$$S_1 = A(x_0, y_0) \exp(ikf(x_0, y_0)) Q, \tag{9}$$

where

$$Q = \int_{x,y} \exp\left(\frac{1}{2} ik [f_{11}x^2 + 2f_{12}xy + f_{22}y^2]\right) dx dy, \tag{10}$$

where the coefficients f_{ij} are determined through the second derivatives of the function under the exponential sign at the point of the stationary phase

$$f_{11} = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \Big|_{(x_0, y_0)}, f_{12} = f_{21} = \frac{\partial^2 f}{\partial xy} \Big|_{(x_0, y_0)}, f_{22} = \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \Big|_{(x_0, y_0)}. \tag{11}$$

Physically, the application of the stationary phase method answers the following considerations. In a neighborhood of the point of the stationary phase, the oscillations of a function containing a large parameter cease to be fast, since the first term in the expansion of the function under the exponent sign vanishes. At other points, rapidly oscillating oscillations cancel each other, so only the neighbourhood of the stationary phase contributes to the integral under consideration, which allows us to restrict ourselves to the expansion of the function under the exponent in the Taylor series up to quadratic terms.

The integral (10) is calculated explicitly [3], we have the formula

$$S_1 = \frac{2\pi i \sigma}{k \sqrt{\Delta}} A(x_0, y_0) \exp(ikf(x_0, y_0)), \tag{12}$$

where

$$\sigma = \begin{cases} 1, \Delta > 0, \Sigma > 0 \\ -1, \Delta > 0, \Sigma < 0 \\ -i, \Delta < 0 \end{cases}. \tag{13}$$

Δ , Σ are the determinant and the trace of the matrix of the second partial derivatives, respectively.

To calculate the integral (5), which allows us to find the value of the field at an arbitrary point of space from the spectrum of spatial frequencies, we transform it into an explicit form using the stationary phase method, choosing the origin at the point of location of the light source

$$U(x, y, z) \sim \int_{\Xi} A_0(\alpha, \beta) D(\alpha, \beta) \exp(ink[\alpha x + \beta y \pm \sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2} z]), \quad (14)$$

where $D(\alpha, \beta) = \frac{1}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}}$ – Jacobian formed during the transition from integration over a spherical surface in the space of directing vectors to integration along the plane.

The coordinates of the point of the stationary phase are determined from the solution of the system of equations that are formed by differentiating the function on the right-hand side of expression (14) under the exponent sign with respect to the variables (α, β) .

$$x = \pm \frac{\alpha}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}} z, \quad (15)$$

$$y = \pm \frac{\beta}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}} z. \quad (16)$$

Equations (15) and (16) can be solved by squaring them and adding them term by term. We have

$$x^2 + y^2 = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{1 - (\alpha^2 + \beta^2)} z^2, \quad (17)$$

from

$$1 - (\alpha^2 + \beta^2) = \frac{z^2}{x^2 + y^2 + z^2}. \quad (18)$$

Substituting (18) into equations (15) and (16), we have

$$\alpha_s = \pm \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}, \quad (19)$$

$$\beta_s = \pm \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}. \quad (20)$$

Expressions for the second partial derivatives of the function under consideration have the form

$$f_{11} = \mp z \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}} + \frac{\alpha^2}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}^3} \right) = \mp \frac{z(1 - \beta^2)}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}^3}, \quad (21)$$

$$f_{12} = f_{21} = \mp z \frac{\alpha\beta}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}^3}, \quad (22)$$

$$f_{22} = \mp z \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}} + \frac{\beta^2}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}^3} \right) = \mp \frac{z(1 - \alpha^2)}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}^3}. \quad (23)$$

From

$$\Delta = z^2 \frac{(1-\alpha^2)(1-\beta^2)-\alpha^2\beta^2}{\sqrt{1-\alpha^2-\beta^2}^6} = \frac{z^2}{(1-\alpha^2-\beta^2)^2}, \quad (24)$$

On the basis of relation (12), formula (13) can be rewritten in the form

$$U(x, y, z) \sim A_0(\alpha_s, \beta_s) \frac{D(\alpha_s, \beta_s)}{k\sqrt{\Delta}} \exp(ink[\alpha_s x + \beta_s y \pm \sqrt{1-\alpha_s^2-\beta_s^2}z]), \quad (25)$$

where the expressions for the coordinates of points in the stationary phase are given by expressions (19) and (20). Using formula (24) and the expression for the Jacobian, relation (25) can be rewritten in the form

$$U(x, y, z) \sim A_0(\alpha_s, \beta_s) \frac{\sqrt{1-\alpha_s^2-\beta_s^2}}{kz} \exp(ink[\alpha_s x + \beta_s y \pm \sqrt{1-\alpha_s^2-\beta_s^2}z]). \quad (26)$$

Further, it follows from (18) that

$$\sqrt{1-(\alpha_s^2 + \beta_s^2)} = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}. \quad (27)$$

Using formulas (19) and (20), we finally obtain

$$U(x, y, z) \sim A_0 \left(\frac{x}{r}, \frac{y}{r} \right) \frac{1}{kr} \exp(\pm iknr), \quad (28)$$

where we use the notation $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

Passing from the complex amplitudes of the field distribution to the light intensity, we have

$$(x, y, z) \sim \frac{1}{r^2} |A_0|^2 \left(\frac{x}{r}, \frac{y}{r} \right) = \frac{1}{r^2} Q \left(\frac{x}{r}, \frac{y}{r} \right). \quad (29)$$

On the one hand, formula (29) expresses a well-known and obvious result. The distribution of the intensity of light produced by a source close to a point source can be characterized through a directional diagram directly related to the fraction of the energy emitted in the differential element of the solid angle, respectively, the intensity of light moving along a particular beam emanating from a point source decreases inversely proportional to the square distance.

The result (29) is important from a different point of view. Namely, it correctly proves that the spectrum of the spatial radiation frequencies of a light-emitting diode with a smoothly changing radiation pattern can be obtained directly on the basis of the radiation pattern. In this case, such a spectrum can be described in terms of an actual function, defining it as

$$A_0(\alpha, \beta) \sim \sqrt{Q(\alpha, \beta)}, \quad (30)$$

where the function $Q(\alpha, \beta)$ describes the directional pattern of the LED in the standard way.

Knowing the spectrum of the spatial frequencies of the radiator, it is easy to solve the problem posed.

For clarity, we will use the description in terms of planar Fourier optics [4]. In the plane of the Oxy source, Figure 1 two branches of the spectrum of spatial frequencies $A_0^+(\alpha, \beta)$ and $A_0^-(\alpha, \beta)$ are created, corresponding to two possible general directions of radiation propagation along the Oz axis. Consider the behavior of an individual component of the branch of the spectrum $A_0^+(\alpha, \beta)$.

A plane wave originating from the Oxy plane reaches the plane (1), Figure 1, in terms of planar Fourier optics, this is described through the acquisition of a phase advance in accordance with the record in which the plus sign should be chosen, and a half the distance between the boundaries of the flat fiber, Figure 1.

$$A_{01}(\alpha, \beta) = A_0^+(\alpha, \beta) \exp(inka\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}). \quad (31)$$

At the media interface, the plane wave partially comes out of the plane waveguide, partially reflected. In the event that an additional coating is not applied to the fiber surface, the transmission and reflection coefficients can be determined directly from the Fresnel formulas. In the general case, for a reflected wave, we can write

$$A_{0r}^+(\alpha, \beta) = R_1(\alpha, \beta)A_0^+(-\alpha, -\beta) \exp(-inka\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}), \quad (32)$$

where the function $R_{1,2}(\alpha, \beta)$ describes the dependence of the reflection coefficient of the face (1) or (2) on the angle of incidence.

The minus signs appear in this formula, since the reflected wave propagates in the opposite direction and refers to another branch of the spectrum. Repeating the procedure for the face (2), we can write an expression for the radiation spectrum formed as a result of a single reflection from each of the optical fiber faces in the Oxy

$$A_1^+(\alpha, \beta) = R(\alpha, \beta) A_0^+(\alpha, \beta) \exp(ink(4a)\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}), \quad (33)$$

where $R(\alpha, \beta) = R_1(\alpha, \beta)R_2(\alpha, \beta)$.

By proceeding further by induction, one can obtain expressions for the spectra of spatial frequencies formed upon reflection from both faces on the mth passage

$$A_m^+(\alpha, \beta) = R^m(\alpha, \beta) A_0^+(\alpha, \beta) \exp(ink(4ma)\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}). \quad (34)$$

The cumulative spectrum of the spatial frequencies of the radiation produced by the positive branch of the original spectrum on the Oxy plane is formally given by the formula

$$A^+(\alpha, \beta) = \sum_{m=0}^{\infty} R^m(\alpha, \beta) A_0^+(\alpha, \beta) \exp(ink(4ma)\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}). \quad (35)$$

It can also be seen that the spectrum of radiation generated on each successive pass is a spectrum different from the original phase factor

$$(\alpha, \beta) = \exp(ink(4ma)\sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}), \quad (36)$$

and the amplitude factor $R^m(\alpha, \beta)$.

The phase shift described by formula (36) acquires a spectrum of a source that has the same characteristics as the original, provided that it is shifted by a distance $(-4ma)$ along the Oz axis. In other words, the aggregate spectrum (35) is the spectrum formed by a set of point sources, each of which is shifted relative to the original by a distance $(-4ma)$ along the Oz axis with a radiation pattern differing from the original multiplier $R^m(\alpha, \beta)$.

For clarity, this result can be rewritten in the invariant form

$$A^+(\vec{\xi}) = \sum_{m=0}^{\infty} R^m(\vec{\xi}) A_0^+(\vec{\xi}) \exp(ink(4m\vec{\xi}\vec{a})). \quad (37)$$

Summation of expression (35) using the formula for geometric progression leads, as is known in Airy's formula, describing multipath interference in a Fabry-Perot interferometer. However, this technique can be used only insofar as the radiation is coherent. In the case under consideration, the radiation is not coherent (that is why it was said above that the formula (35) is a formal result), therefore, it is not the amplitudes, but the intensities of effectively arising reflected sources, that should be summed. We have

$$I^+(\vec{r}) = \sum_{m=0}^{\infty} R^{2m} \left(\frac{\vec{r}-4m\vec{a}}{|\vec{r}-4m\vec{a}|} \right) \frac{1}{|\vec{r}-4m\vec{a}|^2} Q_0 \left(\frac{\vec{r}-4m\vec{a}}{|\vec{r}-4m\vec{a}|} \right), \quad (38)$$

where $Q_0(\vec{\xi}) = |A_0|^2(\vec{\xi})$.

The result (38) allows a transparent physical interpretation: reflection from two mirrors generates an infinite sequence of reflected sources. However, it should be emphasized that formula (38) receives justification, including from the point of view of wave optics, for which the Fourier-optics method was applied.

Expression (38) is obtained for the positive branch of the spectrum of spatial frequencies. The contribution to the intensity distribution created by the negative branch can be obtained in a similar way.

Conclusion

Thus the Fourier-optics apparatus makes it possible to develop a rather simple technique for calculating the characteristics of optical elements intended for use in keypads with optical coding, including those with a modified surface. It is significant that this technique also allows generalization to the description of elements with more complex geometry, because the generalized Fourier optics was originally developed as a means of describing the interaction of optical radiation with optical elements of complex shape.

REFERENCES

- [1] Baykenov A. S. et al. New approaches to the development of keyboards for cell phones // News of the Scientific and Technical Society KAHAK. - Almaty: NSTS "KAHAK", 2012. - № 39. - P. 58-63. (in Russ.).
- [2] Baipakbayeva S. T. Possible-strategy of small green energy concept in the Republic of Kazakhstan // The 3rd Annual International Academic Conference of IASS. - Ho Chi Minh: Ho Chi Minh City University of Social Sciences and Humanities, 2017. - P. 257-268.
- [3] Fedoryuk M. V. Method of the pass. M.: Nauka, 1977. - 368 p. (in Russ.).
- [4] Goodman J. W. Introduction to Fourier optics. Stanford: Roberts and Company Publishers, 2005. - 495 p.
- [5] Mun G. A. et al. Information input systems: problems and prospects. - Almaty: Print Express, 2016. - 239 p. (in Russ.).
- [6] Suleimenov I. E. et al. The design of the keyboard for a cellular phone based on polymer hydrogels // News of the Scientific and Technical Society KAHAK. - Almaty: NSTS "KAHAK", - 2012. - № 39. - P. 76-84. (in Russ.).
- [7] Suleimenov I. E. et al. Energy efficiency of society in the post-soviet states as a socio-economic problem // WSEC EXPO-2017. – Astana: NEA RK, 2017. - № 3. - P. 64-69.
- [8] Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. On the possibility of generalization of Fourier optics // Optics and spectroscopy. – New York: Springer, 1994. - № 76. - P. 893-898.

[9] Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. Generalized Fourier optics I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape // Optics and spectroscopy. – New York: Springer, 1994. – № 77 (1). – P. 119-124.

[10] Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. Generalized Fourier optics II. Application of the stationary phase method to the description of wavefront propagation and reflection // Optics and spectroscopy. – New York: Springer, 1994. – № 77. – P. 422-428.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Байкенов А. С. и др. Новые подходы к разработке клавиатур для сотовых телефонов // Известия научно-технического общества КАХАК. – Алматы: НТО «КАХАК», 2012. – № 39. – С. 58-63.

[2] Байпакбаева С. Т. Возможная стратегия внедрения концепции малой зеленой энергетики в РК // Сборник 3-й ежегодной междунар. академической конф. – Хо Ши Мин: Хошиминский национальный ун-т социальных и гуманитарных наук, 2017. – С. 257-268. (англ.).

[3] Федорюк М. В. Метод перевала. – М.: Наука, 1977. – 368 с.

[4] Гудман Дж. У. Введение в Фурье. – Стэнфорд: Робертс энд компани паблишерз, 2005. – 495 с. (англ.).

[5] Мун Г. А. и др. Системы ввода информации: проблемы и перспективы. – Алматы: Принт Экспресс, 2016. — 239 с.

[6] Сулейменов И. Э. и др. Конструкция клавиатуры для сотового телефона на основе полимерных гидрогелей // Известия научно-технического общества КАХАК. – Алматы: НТО «КАХАК», 2012. – № 39. – С. 76-84.

[7] Сулейменов И. Э. и др. Становление энергоэффективного общества в постсоветских странах как социально-экономическая проблема // Всемирный конгресс ученых ЭКСПО-2017. – Астана: НИА РК, 2017. – № 3. – С. 64-69. (англ.).

[8] Сулейменов И. Э., Толмачев Ю. А. Возможности обобщенной Фурье-оптики // Оптика и спектроскопия. – Нью-Йорк: Спрингер, 1994. – № 76. – С. 893-898. (англ.).

[9] Сулейменов И. Э., Толмачев Ю. А. Обобщенная Фурье-оптика-1: Отражение монохроматического излучения от зеркал произвольной формы // Оптика и спектроскопия. – Нью-Йорк: Спрингер, 1994. – № 77 (1). – С. 119-124. (англ.).

[10] Сулейменов И. Э., Толмачев Ю. А. Обобщенная Фурье-оптика-2: Применение метода стационарной фазы к описанию распространения и отражения волнового фронта // Оптика и спектроскопия. – Нью-Йорк: Спрингер, 1994. – № 77. – С. 422-428. (англ.).

ФУРЬЕ-ОПТИКА НЕГІЗІНДЕГІ ЖАРЫҚЖОЛДЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

С. Т. Байпакбаева¹, И. Э. Сүлейменов¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада жарықтаратқышпен қапталған жарықжол элементтерінің сипаттамасын есептейтін жаңа әдістеме ұсынылған. Мұндай оптикалық элемент түрлері оптикалық кодтау негізіндегі ақпарат енгізу жүйесінің аймағында қолданылады. Жарықжолдық элементтердің сипаттамаларын есептеу әдістері жалпыланған Фурье-оптиканы кеңістіктік жиілік спектрі терминінде сипаттайтын оптикалық сәулелену трансформациялау аймағында негіздеуге бағытталған. Фурье-оптика әдістерінің қойылған шарттарының қолайлығы когерентті емес сәулелерді зерттеу кезінде қолдануға болатындығы ерекшеленеді. Жарықтаратқышпен қапталған планарлы жарықжолға арналған нақты есептемелер формулалары табылған. Мақалада көрсетілген

аппарат оптикалық элементтердің сипаттамасын есептеудің қарапайым әдісін жетілдіруге әкеледі, яғни оптикалық кодтау негізіндегі пернетақталар мен модификацияланған беттерге арналған.

Кілттік сөздер: жарықшашу, жарықжолдық элемент, Фурье-оптика, стационарлы фаза әдісі, кеңістіктік жиіліктер спектрі.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОВОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ НА ОСНОВЕ ФУРЬЕ-ОПТИКИ

С. Т. Байпакбаева¹, И. Э. Сулейменов¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

Аннотация. В статье дана новая методика расчета характеристик световодных элементов, обладающих дополнительным светорассеивающим покрытием. Областью применения такого рода оптических элементов являются системы ввода информации с оптической кодировкой. Расчет характеристик световодных элементов основывается на использовании обобщенной Фурье-оптики, в рамках которой трансформации оптического излучения описываются в терминах спектра пространственных частот. Удобство применения выше упомянутых методов для решения поставленной задачи определяется тем, что они позволяют оперировать с некогерентным излучением. Получены конкретные расчетные формулы для планарного световода с нанесенным светорассеивающим покрытием. Аппарат, представленный в статье, дает возможность разработать достаточно простую методику расчета характеристик оптических элементов, предназначенных для использования в клавиатурах с оптической кодировкой с модифицированной поверхностью.

Ключевые слова: светорассеяние, световодные элементы, Фурье-оптика, метод стационарной фазы, спектр пространственных частот.

МРНТИ 49.33.29

Э. М. Лещинская¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКОГО ЧИСЛА ЗАЯВОК НА УСЛУГИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Аннотация. Успешная деятельность телекоммуникационных компаний во многом зависит от объективной оценки спроса на предоставляемые услуги. В статье предложен подход к прогнозированию числа заявок от абонентов на подключение к современным видам связи вводимых в эксплуатацию строений. Изложена последовательность определения прогноза о фактическом числе заявок на услуги с использованием статистической информации, собранной в течение полутора лет работы компании. Прогноз рассчитывался на основе построения моделей линейной и нелинейной регрессии. Период упреждения прогноза составил четыре месяца. Рассчитывалась точечная и интервальная оценки прогноза. Для каждого вида услуг разработаны модели, обеспечивающие наибольшую точность прогнозирования. В качестве инструмента проведения исследования выбран пакет программ STATISTICA. Результаты моделирования могут быть полезны при управлении деятельностью компаний, предоставляющих телекоммуникационные услуги.

Ключевые слова: услуги телекоммуникаций, прогнозирование, временные ряды, моделирование, статистическая информация.

Ключевым элементом системы стратегического управления деятельностью компаний, предоставляющих услуги, является анализ и прогнозирование спроса. Прогнозирование дает возможность установить объем услуг, которые могла бы оказать организация, исходя из собственных возможностей и предполагаемого спроса [1].

Телекоммуникационные компании, оказывающие услуги по подключению вновь вводимых в эксплуатацию жилых строений к современным видам связи, относят вопросы анализа и прогнозирования количества предоставляемых услуг к числу важнейших элементов своей деятельности.

При прогнозировании спроса на услуги телекоммуникаций может быть применен метод ретроспективного анализа числа фактически поступивших заявок на предоставление услуг за определенный период времени и определение основных тенденций, позволяющих оценить их количество в перспективе. Методика определения ожидаемого спроса включает такие этапы, как формулировка цели прогнозирования; определение периода прогнозирования; разработка методики определения прогноза; сбор необходимых данных; вычисление прогноза; корректировка прогноза.

Информация о числе поступивших заявок позволяет сформировать временной ряд, состоящий из последовательности данных, равномерно распределенных во времени. В основе прогнозирования числа заявок на подключение лежит гипотеза, что значение исследуемого показателя в будущем зависит исключительно от его прошлых уровней, все остальные факторы влияния не учитываются.

На основе анализа временного ряда выявляется основная тенденция развития (тренд) и производится экстраполяция ряда, позволяющая определить искомый прогноз.

Для оценки точности прогноза используют метод сравнения результатов прогнозирования с известными фактическими значениями. Отклонение прогнозируемых значений от фактических позволяет вычислить ошибку прогнозирования. Если ошибка прогноза выходит за пределы требуемой точности, то осуществляется корректировка прогноза, состоящая в оценке достоверности исходных данных, подборе другой

алгебраической функции описания основной тенденции развития или же другого метода прогнозирования, и прогноз пересматривается.

В настоящей статье показана возможность применения предлагаемой методики прогнозирования числа заявок на предоставление услуг в одной из телекоммуникационных компаний г. Алматы.

Главная задача компании заключается в обеспечении абонентов всем комплексом современных услуг телекоммуникации, в состав которого входят услуги телефонии, передачи данных, телевидения, высокоскоростного доступа в Интернет. Помимо этого, компанией осуществляется операторская деятельность по оказанию услуг связи, ведутся строительные-монтажные и проектные работы в области телекоммуникации.

Апробация методики прогнозирования проводилась на базе собранной статистики о числе заявок по каждому виду услуг [2].

Покажем, каким образом решается проблема прогнозирования на примере услуги подключения абонентов к интерактивному телевидению ID TV. Подключая эту услугу, абонент получает доступ к 60 спутниковым и эфирным каналам цифрового телевидения с форматом высокого разрешения HDTV и может использовать интерактивные возможности IP-телевидения. К примеру, появляется возможность просмотра фильма или передачи уже после эфирного показа, заказа фильма из видеотеки по желанию абонента. В настоящий момент эта услуга имеет весьма высокий спрос среди населения.

В абонентском отделе компании аккумулируется информация о числе поступивших заявок от абонентов на подключение к ID TV за каждый месяц. Целью исследования является расчет ожидаемого числа заявок на 1-3 предстоящих месяца работы компании, который даст возможность заблаговременно подготовить необходимые производственные ресурсы.

Для анализа были взяты данные о фактическом числе заявок по месяцам в течение полутора лет. Двенадцать значений, полученных в течение года, использовались для построения моделей прогнозирования, а остальные шесть - для сравнения результатов прогнозирования с фактическими значениями. Анализ динамики исследуемого временного ряда, приведенного на рисунке 1, позволил выявить тенденцию роста числа заявок к концу исследуемого периода.

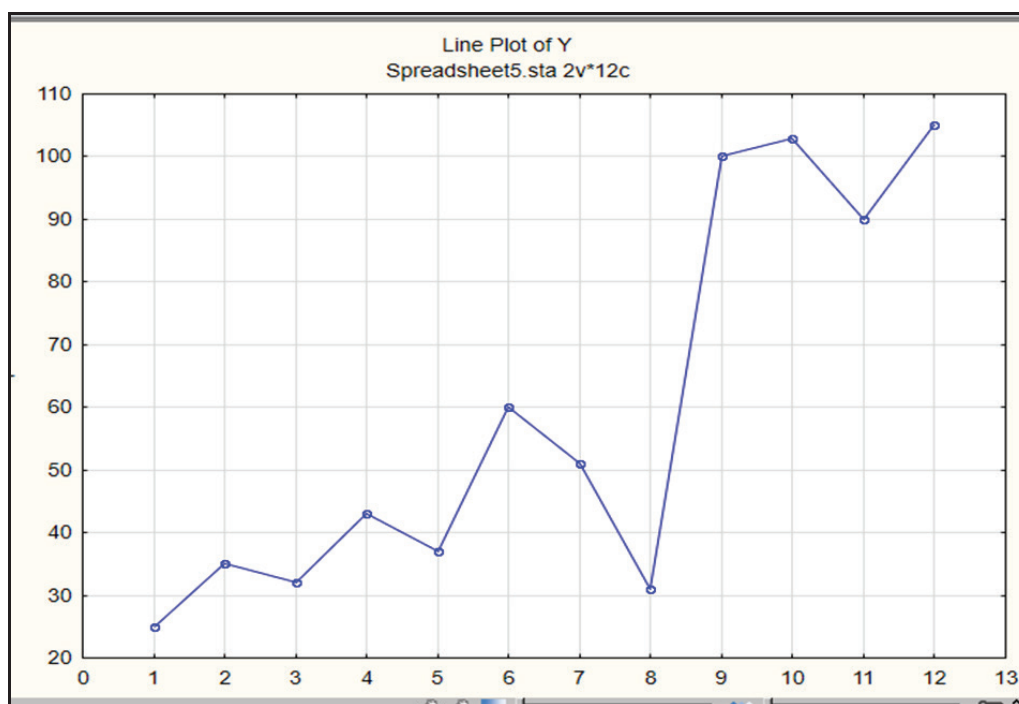


Рисунок 1 – Динамика фактического числа заявок на подключение к ID TV в течение года

На основании фактических данных о числе заявок построены следующие модели регрессии [3, 4]:

1) Модель линейной регрессии вида

$$\bar{Y}_t = 10,92 + 7,44 \cdot t,$$

где t – порядковый номер месяца,

\bar{Y}_t – количество заявок в t -ом месяце.

2) Модель нелинейной регрессии в виде полиномиальной функции (параболы II-го порядка)

$$\bar{Y}_t = 27 + 0,56 \cdot t - 0,53 \cdot t^2.$$

3) Модель нелинейной регрессии в виде логарифмической функции

$$\bar{Y}_t = 6,99 + 72,36 \cdot \log_{10} \cdot t.$$

4) Модель нелинейной регрессии в виде экспоненциальной функции

$$\bar{Y}_t = 23,04 \cdot e^{0,126 \cdot t}.$$

График исходного временного ряда и построенные модели регрессии приведены на рисунках 2-6.

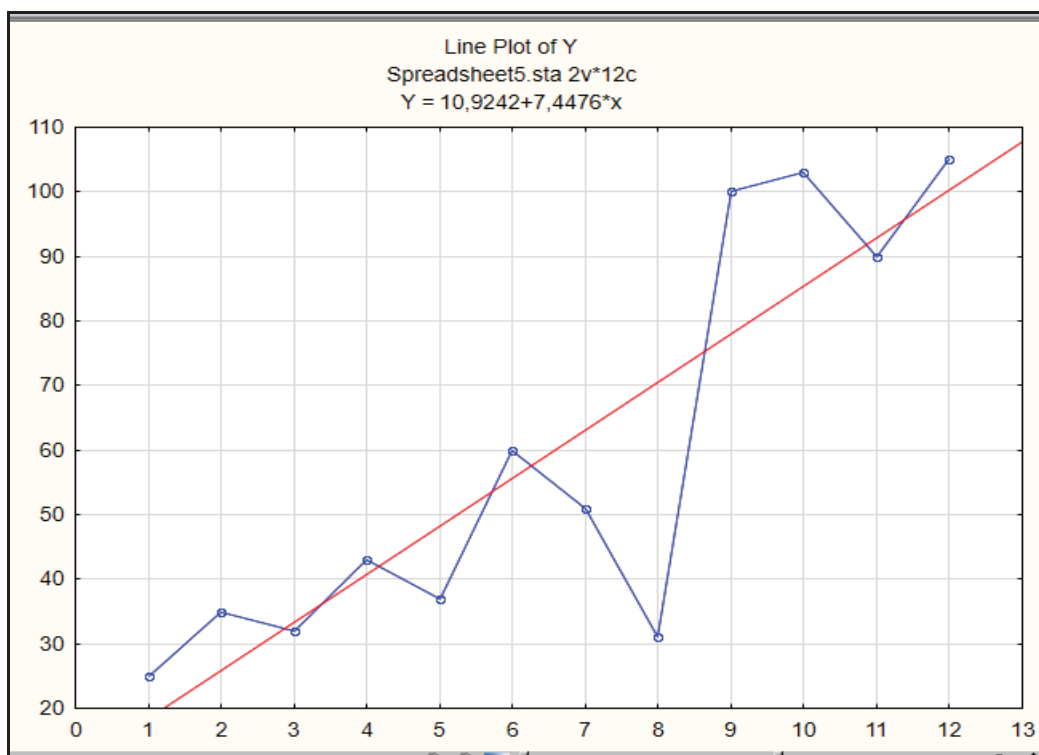


Рисунок 2 – Модель линейной регрессии числа заявок на подключение к ID TV

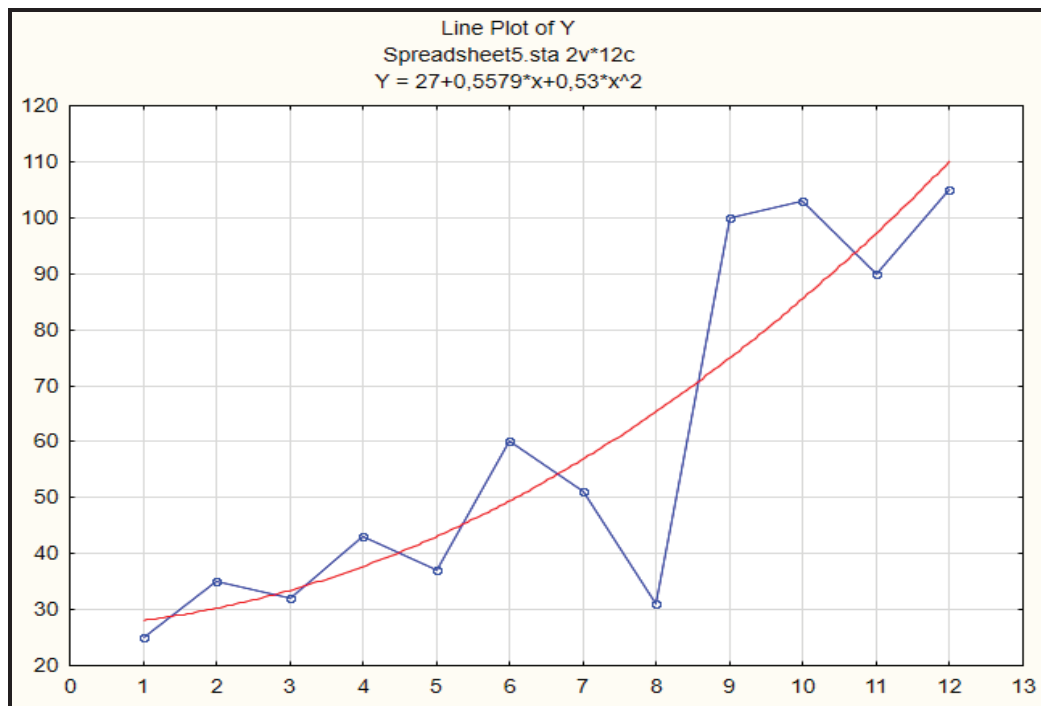


Рисунок 3 – Модель нелинейной регрессии числа заявок на подключение к ID TV в виде параболы II-го порядка

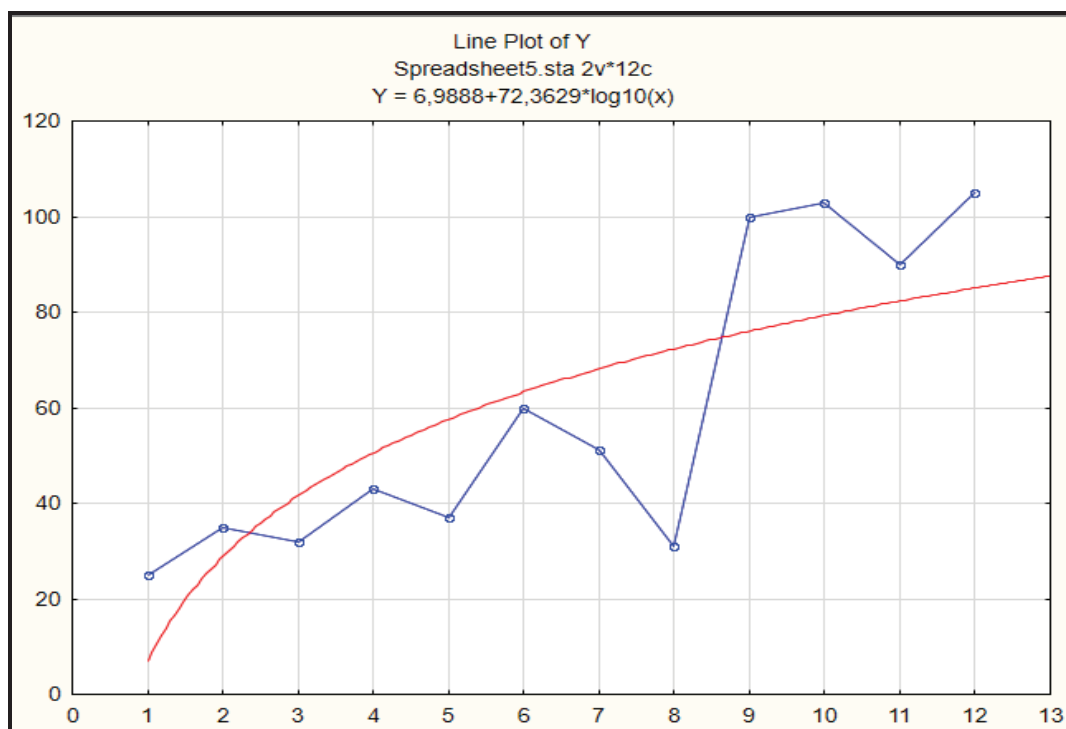


Рисунок 4 – Модель нелинейной регрессии числа заявок на подключение к ID TV в виде логарифмической функции

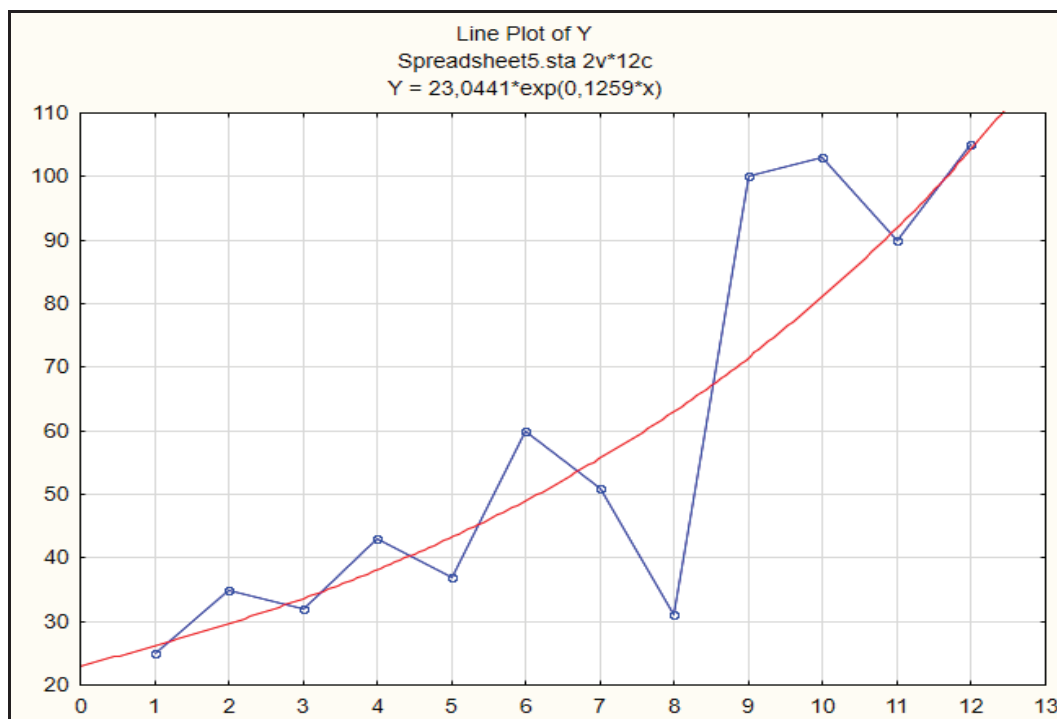


Рисунок 5 – Модель нелинейной регрессии числа заявок на подключение к ID TV в виде экспоненциальной функции

Статистическая значимость разработанных моделей и их параметров была подтверждена на основе использования F-критерия Фишера и t-статистики Стьюдента, что означает, что модели могут быть использованы для прогнозирования и принятия управленческих решений.

По полученным моделям был рассчитан точечный и интервальный (с 95% доверительной вероятностью) прогноз числа заявок на подключение к интерактивному телевидению на январь-июнь следующего года [5]. Прогнозные оценки на май и июнь показали существенное отклонение от имеющихся фактических значений, поэтому были исключены из дальнейшего анализа. По факту в январе поступило 102 заявки на подключение к ID TV, прогноз по модели линейной регрессии составил 108, по полиномиальной модели - 124, по логарифмической - 87 и по экспоненциальной - 105 заявок.

Лучший прогноз на один шаг вперед по выборочным данным был получен с использованием модели нелинейной регрессии в виде экспоненциальной функции. Оценка точности прогноза была выполнена в результате сопоставления средней ошибки аппроксимации, рассчитанной для всех рассмотренных моделей при прогнозировании на 4 шага (месяца) вперед. Минимальная величина ошибки прогноза была достигнута при использовании модели линейной регрессии (2,7%). При прогнозировании по модели в виде экспоненциальной функции ошибка составила 6,6%, по остальным моделям средняя ошибка аппроксимации превысила 20%.

Аналогичным образом были построены модели и рассчитан прогноз числа заявок на предоставление ряда других телекоммуникационных услуг.

Заключение

Выполненный ретроспективный анализ фактического числа заявок на предоставление компанией различных видов телекоммуникационных услуг дал возможность рассчитать прогнозные оценки спроса на услуги в предстоящие месяцы на основе выбора лучшей регрессионной модели. Для услуги «подключение к телефонной сети» наиболее точный прогноз был получен при использовании модели линейной регрессии, для услуги «подключение к сети Интернет» - модели нелинейной регрессии в виде логарифмической функции, для услуги «переключение существующих абонентов широкополосного доступа ADSL на технологию GPON» лучшие результаты были получены с использованием модели в виде параболы второго порядка, для услуги «подключение к ID TV» наилучшей оказалась модель линейной регрессии.

Регулярный расчет прогнозных оценок по предлагаемым моделям, производимый оперативно и непрерывно при поступлении свежих данных о числе поступающих заявок, позволит телекоммуникационной компании повысить уровень управления своей деятельностью, улучшить качество предоставляемых услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи. - СПб.: БХВ - Петербург, 2014. – 401 с.
- [2] Данаева А. А., Лещинская Э. М. Моделирование и статистическая оценка деятельности абонентского отдела телекоммуникационной компании // Высшая школа Казахстана. – Алматы: ТОО «Высшая школа Казахстана», 2017. - № 3. - С. 280-285.
- [3] Соколов А. С. Статистические методы прогнозирования. Возможности и недостатки // Вестник Петровской академии. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. - № 9. - С. 26-29.
- [4] Боровиков В. П., Ивченко Г. И. Прогнозирование в системе Statistica в среде Windows. – М.: Финансы и статистика, 2006. - 368 с.
- [5] Куприенко Н. В. Статистика. Временные ряды. Анализ тенденций и прогнозирование. - СПб.: Политехнический университет, 2015. - 122 с.

REFERENCES

- [1] Goldstein B. S., Socolov N. A., Yanovsky G. G. Communication networks: Tutorial for higher education institutions. - Saint Petersburg: BHV - Petersburg, 2014. - 401 p. (in Russ.).
- [2] Danaeva A. A., Lechshinskaya E. M. Modeling and statistical assessment of a subscriber department activity of telecommunications company // Higher school of Kazakhstan. - Almaty: JSC “Higher school of Kazakhstan”, 2017. - № 3. - P. 280-285. (in Russ.).
- [3] Socolov A. S. Statistical methods of prognostication. Opportunities and disadvantages // Herald of Petrovskaya Academy. - Saint Petersburg, 2008. - № 9. - P. 26-29. (in Russ.).
- [4] Borovicov V. P., Ivchenko G. I. Prognostication in the system Statistica in the environment of Windows. - M.: Finances and statistics, 2006. - 368 p. (in Russ.).
- [5] Kuprienko N. V. Statistics. Time Series. The analysis of tendencies and forecasting. - Saint Petersburg: Polytechnic university, 2015. - 122 p. (in Russ.).

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯ ҚЫЗМЕТТЕРІ ӨТІНІМДЕРІНІҢ НАҚТЫ САНЫНА РЕТРОСПЕКТИВТІ ТАЛДАУ

Э. М. Лещинская¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аннотация. Телекоммуникациялық компаниялардың табысты қызметі көбінесе көрсетілетін қызметке сұранысты объективті бағалауға байланысты. Бұл мақалада пайдалануға енгізілетін құрылыстар абоненттерінен заманауи байланыс түрлеріне қосылуға өтінімдер санын қазіргі заманғы болжау тәсілі ұсынылған. Компанияның бір жарым жыл жұмысы кезінде жинақталған қызметке өтінімдердің нақты саны туралы статистикалық ақпаратты пайдалана отырып, болжамды анықтау бірізділігі баяндалған. Болжам сызықтық және сызықтық емес регрессия үлгілеріндегі құрылымдар негізінде жасалды. Болжамды ескерту кезеңі төрт айды құрады. Болжамның нүктелі және интервалды бағалауы есептелді. Қызметтің әр түрі үшін болжаудың барынша нақтылығын қамтамасыз ететін үлгілер әзірленді. Зерттеуді жүргізу құралы ретінде STATISTICA бағдарламалар пакеті таңдалды. Үлгілеу нәтижелері телекоммуникациялық қызметтер ұсынатын компаниялар қызметін басқару кезінде пайдалы болуы мүмкін.

Кілттік сөздер: телекоммуникация қызметтері, болжау, уақытша қатарлар, модельдеу, статистикалық ақпарат.

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF ACTUAL NUMBER OF REQUESTS ON SERVICES OF TELECOMMUNICATIONS

E. Lechshinskaya¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

Abstract. Successful activity of telecommunication companies in a great deal depends on the objective estimation of demand on the given services. This article presents a modern way of predicting the number of applications for connection to modern types of communication from existing subscribers. The sequence of predictive definitions using the statistical information about the actual number of applications for the accumulated service during the one and a half years of the company is outlined. The forecast was based on the structures in the linear and nonlinear regression models. Estimated warning period was four months. The point and interval estimates of the forecast are calculated. Designs that provide maximum predictability for each type of service have been developed. The STATISTICA package has been selected as a tool for research. Modeling results can be useful in managing telecommunication services.

Key words: services of telecommunications, forecasting, time series, modeling, statistical information.

МРНТИ 14.35.07

Э. А. Сериков¹, М. М. Аршидинов¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

НОВЫЙ ПОДУРОВЕНЬ ПОСЛЕСРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ПРИКЛАДНОЙ БАКАЛАВРИАТ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности прикладного бакалавриата – нового уровня послесреднего образования, его назначение и взаимодействие с другими образовательными уровнями профессионального образования.

Прикладной бакалавриат призван объединить в себе достоинства средней профессиональной и высшей школы, перенимая только наиболее важные формы теоретической и практической подготовки. Основной целью прикладного бакалавриата является подготовка квалифицированных рабочих кадров, обладающих большим объемом теоретических знаний, чем выпускники колледжей. В отличие от бакалавров выпускники прикладного бакалавриата являются узкими специалистами по конкретной специальности (профессии) для определенной сферы деятельности. По уровню фундаментальной (академической) подготовки и охвату областей знаний они уступают бакалаврам и могут характеризоваться как специалисты с начальным высшим образованием (по терминологии западных систем образования: младшие специалисты с академической степенью «ассоциат»).

Ключевые слова: уровни профессиональной подготовки специалистов, классический и прикладной бакалавриат, академическая степень ассоциата, образовательные программы различных уровней профессионального образования.

К системе профессионального образования Казахстана относятся последовательно реализуемые образовательные уровни:

- 1) техническое и профессиональное образование (ТиПО);
- 2) послесреднее образование (ПСО);
- 3) высшее образование (ВО);
- 4) послевузовское образование (ПВО).

Учебные программы профессионального образования направлены на подготовку специалистов технического, обслуживающего и управленческого труда в отраслях экономики, последовательное повышение профессионального и общеобразовательного уровня личности.

На первом уровне ведется подготовка квалифицированных рабочих по основным направлениям профессиональной деятельности, то есть по профессиям. Продолжительность обучения в организациях технического и профессионального образования составляет от двух (на базе общего среднего образования) до четырех лет (на базе основного среднего образования).

На уровне послесреднего образования в колледжах ведется подготовка непосредственных организаторов и руководителей первичных звеньев на производстве, помощников специалистов высшей квалификации. Подготовка специалистов среднего звена в колледжах ведется строго по специальностям.

В системах ТиПО и ПСО в соответствии с большим многообразием производственных должностей специалистов и выполняемых ими функций реализуется большое количество образовательных программ, Дисциплины программ в основном носят практический характер. Причем 50% времени образовательного процесса отводится на производственное обучение в рамках изучаемых специальных дисциплин и на производственную практику непосредственно у заказчика кадров. В результате обучения обучающийся приобретает квалификацию по определенной профессии.

На уровнях высшего и послевузовского образования ведется профессиональная подготовка специалистов с высшим образованием с присуждением академических степеней «бакалавр» (в бакалавриате), «магистр» (в магистратуре) и «доктора PhD» (в докторантуре).

К особенностям уровней высшего и послевузовского образования следует отнести то, что их образовательные программы предусматривают научную и теоретическую подготовку в выбранном направлении. Подготовка к практической деятельности при этом отсутствует, так как предполагается, что основные навыки выпускник будет получать уже на работе. На данном уровне подготовка не предусматривает ее привязки к определенному заказчику или технологическому производству. Для работы на конкретном рабочем месте и в определенной должности выпускник классического бакалавриата должен пройти дополнительное обучение и стажировку.

Таким образом, образовательные программы послесреднего и высшего образования (а следовательно, компетенции выпускников этих уровней) существенно отличаются друг от друга в рамках одного направления (специальности).

С целью сближения этих образовательных уровней в 2018 году в Казахстане был введен дополнительный подуровень послесреднего образования – прикладной бакалавриат.

1 Назначение прикладного бакалавриата

Прикладной бакалавриат призван устранить социальный разрыв, который образовался между востребованностью рабочих профессий и повышенным социальным статусом выпускников высших учебных учреждений. Основной целью прикладного бакалавриата является подготовка квалифицированных рабочих кадров (специалистов-практиков), имеющих начальное высшее образование. Это приближает уровень послесреднего образования к уровню высшего, хотя прикладной бакалавриат и остается подуровнем послесреднего образования.

Сегодня профессии стали гораздо сложнее и требуют значительно более высокого уровня квалификации. Если раньше от специалистов среднего звена требовались исключительно технические навыки, то теперь для них необходимо наличие и значительной теоретической базы. Современный специалист должен уметь управлять высокотехнологичным оборудованием, разбираться в чертежах, уметь читать инструкции на иностранных языках и работать с информационными системами. Фактически, это должен быть квалифицированный специалист со знаниями инженера и навыками рабочего.

Колледжи не дают возможности обеспечить подготовку специалистов такого общенаучного и общетеоретического уровня как вузы, а выпускники вузов не обладают практическими навыками и знанием реальных производственных процессов.

Прикладной бакалавриат призван объединить в себе достоинства средней профессиональной и высшей школы, перенимая только наиболее важные формы теоретической и практической подготовки. В этом случае вместе с общенаучной подготовкой, характерной для системы высшего образования, обучающийся приобретает необходимые знания и практические навыки, которые требуются для начала работы по специальности без необходимости проведения какого-либо дополнительного обучения или стажировок.

Таким образом, прикладной бакалавриат – форма обучения, ориентированная на практическую профессиональную подготовку кадров (мастеров, рабочих и специалистов) с начальным высшим образованием. Это должно обеспечить новый качественный уровень действующего профессионального образования.

Реализация данного направления обеспечивается соответствующим содержанием образовательных программ.

2 Образовательная программа прикладного бакалавриата

Общий объем образовательной программы прикладного бакалавриата с учетом 3-летнего срока обучения составляет примерно 5000 часов. Из этого времени на теоретическое обучение выделяется не менее 3500 часов. На практическую подготовку приходится 23% от общего объема программы (в бакалавриате объем практик составляет 5,5%). Если же учесть, что на послесреднем уровне к практической подготовке традиционно относят лабораторно-практические занятия по спецдисциплинам и дипломное проектирование с итоговой аттестацией, то этот объем возрастает до 40%.

В отличие от образовательных программ колледжей программа прикладного бакалавриата (таблица 1) включает в себя дисциплины обязательного компонента циклов общеобразовательных (ООД) и базовых (БД) дисциплин классического бакалавриата, которые формируют фундаментальность и академичность подготовки выпускников. Это в определенной степени сближает программы послесреднего и высшего образовательных уровней и обеспечивает их преемственность.

Таблица 1 – Примерный учебный план прикладного бакалавриата

№№ п/п	Наименование циклов и дисциплин	Объем в часах (всего/в т.ч. производственное обучение)
1	Цикл общеобразовательных дисциплин (ООД)	495
1.1	Обязательный компонент	405
	Современная история Казахстана	135
	Философия	135
	Информационно-коммуникационные технологии	135
1.2	Компонент по выбору (1-2 дисциплины)	90
2	Цикл базовых дисциплин (БД)	1890
2.1	Обязательный компонент	855
	Профессиональный казахский (русский) язык	90
	Профессионально-ориентированный иностранный язык	90
	Математика	270
	Физика	180
	Химия	90
	Теоретические основы специальности	135
2.2	Компонент по выбору (6-10 дисциплин)	1035
3	Специальные модули*	1260/420
3.1	Квалификация работника, рабочего (3-4 дисциплины)	540/180
3.2	Квалификация специалиста повышенного уровня квалификации (3-4 дисциплины)	495/165
3.3	Квалификация специалиста среднего звена (2-3 дисциплины)	225/75
Итого теоретического обучения		не менее 3645
4	Дополнительные виды обучения	900
	В том числе профессиональная практика	720
5	Итоговая аттестация	415
5.1	Дипломное проектирование	205
5.2	Промежуточная и итоговая аттестация	210
ВСЕГО		4960/435
В т. ч. практическая подготовка (профессиональная практика и производственное обучение)		1155

* модули осваиваются последовательно.

В программе прикладного бакалавриата, как и в программах классического бакалавриата, все общенаучные дисциплины объединены в циклы: ООД и БД. Такое построение программы позволяет студентам прикладного бакалавриата освоить такой же объем обязательной фундаментальной (общенаучной и общетеоретической) подготовки, что и в классическом бакалавриате. Теоретическая подготовка усиливается дисциплинами из компоненты по выбору.

Отдельным блоком в программе прикладного бакалавриата выделены дисциплины профессиональной специализации обучаемых – специальные модули технического обучения – повторяющие профессиональные модули программ послесреднего образования, реализуемых в колледжах (таблица 2).

Таблица 2 – Примерный перечень дисциплин специальных модулей по специальности «Теплоэнергетика» (из образовательной программы колледжа)

№№ п/п	Наименование дисциплин	Объем (всего/в т.ч. производств. обучение)
3	Специальные модули*	1260/435
3.1	Квалификация «090601 2 – Машинист-обходчик по котельному оборудованию»**	540
	Обслуживание основного и вспомогательного котельного оборудования	225/60
	Выполнение ремонтных работ и выявление степени износа и неисправностей, принятие мер по их устранению	180/60
	Монтаж, наладка и контроль режима работы котельного оборудования	135/60
3.2	Квалификация «090602 2 – Машинист-обходчик по турбинному оборудованию»	495
	Обслуживание основного и вспомогательного турбинного оборудования	180/60
	Выявление неисправностей оборудования и аварийных ситуаций, принятие мер по их устранению	180/60
	Монтаж и наладка турбинного оборудования	135/45
3.3	Квалификация «090603 3 – Техник-теплоэнергетик»	225
	Режим работы теплоэнергетического оборудования в соответствии с заданным графиком нагрузки	135/60
	Технология ремонта, устранения неполадок в работе теплоэнергетического оборудования	90/30

* квалификации осваиваются последовательно;

** содержание модулей определяется присваиваемой квалификацией.

Эти специализации, по аналогии с колледжами, имеют узконаправленный характер для конкретной специальности, определенного рабочего места и конкретной сферы деятельности. Дисциплины специализаций носят практический характер с незначительной долей теоретического материала. Часть объема дисциплин специализаций выделена для производственного обучения и на практические занятия и лабораторные работы. В результате студент получает четкую квалификацию, характерную для системы среднего специального (послесреднего) образования.

Таким образом, во время обучения по программе прикладного бакалавриата студент изучает те же обязательные дисциплины циклов ООД и БД, что и в классическом бакалавриате, то есть получает фундаментальную подготовку. Профессиональная же часть программы (специальные модули) более ориентирована на практику (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнение образовательных программ классического (КБ) и прикладного (ПБ) бакалавриатов

№ п/п	Наименование циклов и дисциплин	Общая трудоемкость, часы (всего/в т. ч. производ. обучение)	
		КБ	ПБ
1	Цикл общеобразовательных дисциплин (ООД)	1260	495
1.1	Обязательный компонент	945	405
1.2	Компонент по выбору	315	90
2	Цикл базовых дисциплин (БД)	2970	1890
2.1	Обязательный компонент	900	855
2.2	Компонент по выбору	2070	1035
3	Цикл профилирующих дисциплин (КБ) и специальных модулей (ПБ)	1575	1260/435
3.1	Обязательный компонент	225	-
3.2	Компонент по выбору	1350	1260/435
	Итого теоретического обучения	не менее 5805	3645/435
4	Практика	330	720
5	Итоговая аттестация	315	415
	Итого на обязательное обучение	6450	4780
6	Другие виды работ (физвоспитание)	240	180
	ВСЕГО	6690	4960
	В т. ч. практическая подготовка (профессиональная практика и производственное обучение)	330	1155

Из таблицы 3 видно, что полный объем дисциплин циклов ООД и БД в прикладном бакалавриате существенно меньше соответствующих объемов дисциплин в классическом бакалавриате (на 1845 часов или 43,6%). Такая значительная разница позволяет утверждать, что в прикладном бакалавриате студент получает более низкий уровень академической подготовки.

В результате освоения образовательной программы выпускник прикладного бакалавриата представляет собой специалиста с начальным (неполным) высшим образованием по узкому направлению с практическими навыками в определенной области (в силу подготовки по конкретной специальности для конкретного рабочего места и определенного направления деятельности).

3 Квалификации и степени, присваиваемые на различных уровнях профессионального образования

В профессионально ориентированной системе образования Казахстана в зависимости от содержания образовательных программ выпускникам различных уровней присваиваются квалификации и академические степени.

I. Уровень технического и профессионального образования

По завершении образовательных программ ТиПО выпускникам присваиваются профессиональные квалификации:

- квалифицированного работника, рабочего (разряда),
- специалиста повышенного уровня профессиональной квалификации (класса, категории) по конкретной специальности,
- младших специалистов среднего звена.

II. Уровень послесреднего образования

В новой структуре образования Казахстана (рисунок 1) послесредний уровень образования реализуется как в традиционной системе колледжей и высших колледжей (1-ый подуровень), так и в новой системе прикладных бакалавриатов, которые реализуют более высокий уровень послесреднего образования (2-ой подуровень).

В казахстанской системе образования обсуждаются различные формулировки наименования выпускника прикладного бакалавриата:

- прикладной бакалавр,
- квалифицированный специалист с высшим образованием,
- рабочий с высшим образованием,
- узкий специалист с практическими навыками в определенной области,
- специалист среднего звена.

С учетом анализа образовательных программ классического и прикладного бакалавриатов (раздел 2) можно констатировать, что выпускник прикладного бакалавриата является:

- узким специалистом среднего звена по конкретной специальности (профессии) для конкретного рабочего места и определенной сферы деятельности;
- специалистом с неполным (начальным) высшим образованием по узкому направлению.

Поскольку речь идет о высшем образовании, то выпускнику прикладного бакалавриата, получившему фундаментальную (теоретическую) подготовку, пусть и в несколько усеченном виде, может присуждаться академическая степень. В западноевропейских системах образования в прикладном бакалавриате (а в США в 2-годовых колледжах) ведется подготовка младших специалистов с академической степенью «ассоциат» (кандидата в бакалавры). Считается, что ассоциат является узким специалистом с практическими навыками в определенной области. На Западе диплом ассоцианта формально считается документом о законченном высшем образовании.

С учетом вышесказанного, предлагается ввести в казахстанскую систему профессионального образования академическую степень «ассоциат». В этом случае на уровне ПСО присваиваются квалификации и степени:

- квалификация специалиста среднего звена (младший специалист, техник, мастер и младший инженер);
- академическая степень ассоциата (в прикладном бакалавриате).

III. Уровень высшего образования

По завершении образовательных программ высшего образования выпускникам присваивается академическая степень бакалавра. Бакалавр является специалистом с общим (и полным) высшим образованием по широкому направлению.

Присвоение профессиональных квалификаций на данном уровне в соответствии с Законом РК «Об образовании» не предусмотрено, так как бакалавры не обладают практическими навыками работы. Однако данное решение следует признать нелогичным. Более тщательный анализ показывает, что на данном уровне помимо присуждения академической степени возможно также присвоение квалификации специалиста.

Основными видами профессиональной деятельности специалистов с высшим образованием по техническим специальностям является:

- проектная;
- производственно-технологическая;
- организационно-управленческая;
- аналитическая;
- научно-исследовательская.

Г О Б У Ч Е Н И Я	Дошкольное воспитание и обучение (доначальное образование)		о б у ч а е м ы х	
	1	6		
	2	7		
	3	8		
	4	9		
	5	10		
	6	11		
	7	12		
	8	13		
	9	14		
	10	15		
	11	16		
	12	17		
	13	18		
	14	19		
	15	20		
	16	21		
	17	22		
	18	23		
	19	24		
	20	25		
21	26			

Рисунок 1 – Структура системы образования Республики Казахстан

Выпускник бакалавриата, выполнивший и защитивший выпускную работу, приобретает навыки проектирования и ему может быть присвоена квалификация инженера-проектировщика. Данную квалификацию может присваивать Государственная экзаменационная комиссия, в состав которой, помимо профессорско-преподавательского состава, входят представители заказчиков кадров. По остальным видам и сферам деятельности соответствующие квалификации (и их категории) могут присваивать

специализированные комиссии заказчиков кадров при наличии у бакалавров практического опыта работы не менее 2-4 лет.

Таким образом, на уровне высшего образования выпускникам присваиваются:

- академическая степень «бакалавр»;
- квалификация специалиста (старшего специалиста по гуманитарным специальностям, инженера-проектировщика – по техническим).

IV. Уровень послевузовского образования

На послевузовском уровне выпускникам магистратуры и докторантуры присваиваются академические степени:

- магистр специальности;
- магистр наук;
- доктор PhD.

4 Взаимодействие различных уровней профессионального образования

Каждый уровень профессионального образования занимает определенную нишу в вопросе подготовки кадров для экономики страны. Взаимодействие различных уровней профессионального образования между собой выглядит следующим образом.

1. ТиПО + ПСО (колледж).

Обучение на уровне послесреднего образования может проводиться по сокращенной программе по индивидуальному учебному плану с учетом перезачета части дисциплин программы нижнего уровня.

2. ТиПО + ПСО (колледж) + Высшее образование.

Поступательное движение от нижнего уровня к высшему.

На уровне высшего образования выпускник колледжа может обучаться по сокращенной программе с учетом перезачета части дисциплин послесреднего образования

3. ТиПО + Высшее образование + Послевузовское образование.

Поступательное движение от нижнего уровня к высшему.

Выпускники профильной магистратуры перед поступлением в докторантуру должны на платной основе освоить дополнительную программу, составленную из дисциплин разницы образовательных программ профильной и научно-педагогической магистратур.

4. Основное среднее образование + ПСО (колледж).

Программа колледжа должна включать часть программы старшей ступени средней школы.

5. Общее среднее образование + Высшее образование + Послевузовское образование.

Поступательное движение от нижнего уровня к высшему.

Выпускники профильной магистратуры перед поступлением в докторантуру должны освоить дополнительную программу, составленную из дисциплин разницы образовательных программ профильной и научно-педагогической магистратур.

6. Общее среднее образование + ПСО (прикладной бакалавриат).

Для обучения на послевузовском уровне (в магистратуре) выпускник прикладного бакалавриата должен освоить двухгодичную дополнительную программу в классическом бакалавриате с целью получения академической степени «бакалавр» (таблица 4).

Таблица 4 – Дополнительная программа бакалавриата для выпускников прикладного бакалавриата

№№ п/п	Наименование циклов и дисциплин	Объем (в часах)
1	Цикл общеобразовательных дисциплин (ООД)	360
1.1	Обязательный компонент	180
1.2	Компонент по выбору*	180
2	Цикл базовых дисциплин (БД)	945
2.1	Обязательный компонент	405
2.2	Компонент по выбору	540
3	Цикл профилирующих дисциплин (ПД)	765
3.1	Обязательный компонент	225
3.2	Компонент по выбору	540
4	Модули специализаций*	810
Итого теоретического обучения		не менее 2880
5	Дополнительные виды обучения	150
5.1	Обязательный компонент	150
	Производственная практика (по видам)	150
6	Итоговая аттестация	315
6.1	Написание и защита выпускной работы**	210
6.2	Государственный(е) экзамен(ы) по специальности (на 1 ГЭ)***	105
ВСЕГО		3345

* – содержание специализированных модулей формируются из 5-6 дисциплин специализаций и относятся к компоненте по выбору.

** – для гуманитарных специальностей написание и защита выпускной работы заменяется на государственные экзамены по специальности.

*** – по итогам государственных экзаменов выпускнику присваивается академическая степень бакалавр, а по итогам защиты выпускной работы – квалификация инженера-проектировщика по техническим специальностям (специалиста с высшим образованием – по гуманитарным специальностям).

С учетом дисциплин, изученных по программе прикладного бакалавриата, объем некоторых дисциплин цикла БД дополнительной программы может быть несколько меньше, чем в классическом бакалавриате (казахский, русский и иностранный языки, электротехника и др.). В отношении объемов дисциплин модулей специализаций необходимо подходить более внимательно, так как примерно одни и те же специальные дисциплины на разных уровнях читаются по-разному: в прикладном бакалавриате – с точки зрения практической работы (монтаж, испытания, эксплуатация), в классическом бакалавриате – с академической точки зрения (теоретические основы, принцип действия, регулирование и автоматизация). В связи с этим спецдисциплины дополнительной программы должны наполнять ранее изученные дисциплины теоретическим содержанием.

5 Общая характеристика прикладного бакалавриата

Проведенный анализ действующей системы профессионального образования и обзор различных литературных источников позволяет сформулировать основные положения по прикладному бакалавриату.

1. Прикладной бакалавриат является подуровнем послесреднего образования и осуществляется на базе общего среднего и технического и профессионального образования.

2. Прикладной бакалавриат – это форма обучения, ориентированная на практическую профессиональную подготовку квалифицированных кадров по конкретной специальности и для определенной сферы деятельности.

3. Целью прикладного бакалавриата является подготовка рабочих кадров с начальным высшим образованием, которые обучены конкретным производственным процессам и могут сразу приступить к исполнению обязанностей без дополнительного обучения и стажировки.

4. Продолжительность обучения – не более 3 лет.

5. Подготовка специалистов в прикладном бакалавриате проводится по образовательным программам, в которых обязательный компонент циклов ООД и БД состоит из обязательных дисциплин соответствующих циклов образовательных программ классического (академического) бакалавриата.

6. Обязательным условием реализации образовательных программ прикладного бакалавриата является наличие конкретного работодателя, готового участвовать в подготовке специалиста.

7. При разработке профессиональной части образовательной программы для конкретного обучающегося должны учитываться пожелания заказчика кадров.

8. Практическая подготовка обучающихся включает в себя профессиональные практики и производственное обучение в рамках специальных дисциплин. Общий объем практической подготовки составляет примерно 25% образовательной программы.

9. В процессе обучения обучающимся прикладного бакалавриата последовательно присваиваются: рабочие квалификации по отдельным профессиям; квалификация повышенного уровня; квалификации специалиста среднего звена (младший специалист, младший инженер).

10. По окончании обучения выпускникам прикладного бакалавриата присуждается академическая степень ассоциата.

11. Ассоциат по уровню общенаучной (академической) подготовки и более узкому направлению уступает бакалавру с общим (полным) высшим образованием по широкому направлению, и его можно характеризовать как специалиста с начальным высшим образованием.

12. Для продолжения учебы на более высоком уровне (в магистратуре) ассоциат должен пройти обучение в классическом бакалавриате по дополнительной образовательной программе, составленной из дисциплин разницы программ классического и прикладного бакалавриатов.

13. По итогам освоения дополнительной программы ассоциату может быть присуждена академическая степень «бакалавр» и присвоена квалификация специалиста (инженера-проектировщика).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Закон Республики Казахстан 2007 года «Об образовании».
- [2] Государственные общеобязательные стандарты образования соответствующих уровней образования, 2012.
- [3] Сериков Э. А. Система высшего технического образования Казахстана: движение по спирали. – Алматы: Ақ Шағыл, 2015. – 275 с.

REFERENCES

- [1] The law of the Republic of Kazakhstan 2007 "About education". (in Russ.).
- [2] State compulsory standards of education of the relevant levels of education of the Republic of Kazakhstan, 2012. (in Russ.).

[3] Serikov E. A. System of higher technical education of Kazakhstan: spiral motion. – Almaty: Aq Shagyl, 2015. - 275 p. (in Russ.).

ОРТА БІЛІМНЕН КЕЙІНГІ КӘСІПТІК БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ЖАҢА ДЕҢГЕЙІ: ҚОЛДАНБАЛЫ БАКАЛАВРИАТ

Э. А. Серіков¹, М. М. Аршидинов¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңданма. Мақалада орта білімнен кейінгі білім беру жүйесінің жаңа деңгейіндегі ерекшеліктер, оның мақсаты және басқа кәсіптік білім беру жүйесінің деңгейлерімен өзара байланысы қарастырылады.

Қолданбалы бакалавр дәрежесі тек ең маңызды теориялық және тәжірибелік оқыту түрлерін қолдана отырып, орта кәсіби және жоғары білімнің айрықша жақсы ерекшеліктерін біріктіруге бағытталады. Қолданбалы бакалавр дәрежесінің басты мақсаты колледж түлектеріне қарағанда әлде қайда білікті, теориялық білімі жоғары мамандарды даярлау. Бакалаврларға қарағанда қолданбалы бакалавр түлектері нақты бір мамандықтың, белгілі бір қызмет төңірегін салалық маманы болып табылады. Терең (академиялық) дайындық жағынан және білім жағынан олардың деңгейі бакалаврлардан бір саты төмен болады және олар бастауыш жоғары білімі бар мамандар болып есептеледі (батыс білім беру жүйесі терминологиясы бойынша: «ассоциат» академиялық дәрежесі бар кіші маман).

Кілттік сөздер: мамандарды кәсіби даярлау деңгейлері, классикалық және қолданбалы бакалавриат, ассоциат академиялық дәрежесі, кәсіби білім беру жүйесінің әртүрлі деңгейіне бағытталған білім беру бағдарламалары.

NEW SUB-LEVEL OF POST-SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION: THE APPLIED BACCALAUREATE

E. A. Serikov¹, M. M. Arshidinov¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article deals with the peculiarities of applied baccalaureate – a new level of post-secondary education, its purpose and interaction with other educational levels of professional education. Applied baccalaureate aims at combining the advantages of secondary vocational and higher education, adopting only the most important forms of theoretical and practical training. The main purpose of the applied bachelor degree is the training of skilled workers with more theoretical knowledge than College graduates. Unlike bachelors, graduates of applied baccalaureate are considered to be profiled specialists in a particular specialty (profession) of a certain field of activity. According to the level of fundamental (academic) training and areas of knowledge, they are inferior to bachelors and can be characterized as specialists with primary higher education (in terms of Western education systems: Junior specialists with an academic degree "associate").

Key words: levels of professional training of specialists, classical and applied baccalaureate, academic degree of Association, educational programs of various levels of professional education.

Е. А. Акжигитов¹, А. Б. Аруова¹, П. Б. Бейсебай¹, М. Ш. Тилепиев¹

¹Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ НЕОДНОРОДНОГО ЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Аннотация. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами являются одним из важных объектов исследования теории обыкновенных дифференциальных уравнений. В работе предлагаются пути построения дифференциальных уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами, отличающиеся от классической методики построения этих решений. Отличие состоит в том, что в них не используется понятие комплексного числа, применяемого в традиционном изложении в случае отрицательного дискриминанта характеристических уравнений дифференциального уравнения. В случае однородного уравнения суть предлагаемого метода заключается в использовании при построении линейно независимых частных решений линейного уравнения второго порядка метода Бернулли, применяемого для решения линейного уравнения первого порядка.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, неоднородное дифференциальное уравнение, характеристическое уравнение, частное решение уравнения.

Согласно ГОСО и Типовым программам некоторых специальностей содержание математических дисциплин не предусматривает изучение комплексных чисел и тем более комплекснозначных функций. Поэтому при изложении темы о построении общего решения однородного и частного решения неоднородного линейных уравнений с постоянными коэффициентами в случаях, когда характеристическое уравнение не имеет действительных корней или правая часть уравнения задана в виде произведения экспоненциальной функции и линейной комбинации косинуса и синуса, виды частных решений выдаются без обоснования, как известный факт [1-2].

В работах [3-4] была приведена одна методика изложения темы, не прибегая к понятию комплексного числа. Предлагаемая работа является продолжением одной методики для построения решения неоднородного линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами в случае действительных корней.

Нахождение линейно независимых решений однородного уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами

Рассмотрим линейное неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка

$$y'' + py' + qy = f(x), \quad (1)$$

с постоянными действительными коэффициентами p и q .

Общее решение линейного неоднородного уравнения с постоянными коэффициентами имеет вид:

$$y = \bar{y} + \tilde{y}, \quad (2)$$

где \bar{y} - общее решение соответствующего однородного уравнения;

\tilde{y} - частное решение неоднородного уравнения (1).

$$y'' + py' + qy = 0, \quad (3)$$

Чтобы найти общее решение уравнения (1), сначала найдем общее решение уравнения (3). Для этого составим характеристическое уравнение

$$k^2 + pk + q = 0 \quad (4)$$

и найдем корни уравнения $k_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{D}$,

$$\text{где } D = \frac{p^2}{4} - q.$$

Тогда общее решение данного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами находится следующим образом:

А) Если $D = \frac{p^2}{4} - q > 0$, $k_1 \neq k_2$, то $y_1 = e^{k_1 x}$, $y_2 = e^{k_2 x}$ - частные линейно независимые решения, а общее решение имеет вид

$$\bar{y} = C_1 e^{k_1 x} + C_2 e^{k_2 x}.$$

Б) Если $D = \frac{p^2}{4} - q = 0$, $k_1 = k_2 = -\frac{p}{2}$, то $y_1 = e^{k_1 x}$, $y_2 = x e^{k_1 x}$ - частные линейно независимые решения, а общее решение имеет вид

$$\bar{y} = (C_1 + C_2 x) e^{k_1 x}.$$

$$\text{В) Если } D = \frac{p^2}{4} - q < 0, \quad k_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q} = -\frac{p}{2} \pm i \sqrt{q - \frac{p^2}{4}} = \alpha \pm i\beta,$$

здесь $\alpha = -\frac{p}{2}$, $\beta = \sqrt{q - \frac{p^2}{4}}$, то $y_1 = e^{\alpha x} \cos \beta x$, $y_2 = e^{\alpha x} \sin \beta x$ - частные линейно независимые решения, а общее решение имеет вид

$$\bar{y} = e^{\alpha x} (C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x).$$

В частности, А) Если $p \neq 0, q = 0$, то из уравнения (3) получим $y'' + py' = 0$, его характеристическое уравнение имеет вид $k^2 + pk = 0$, тогда $y_1 = 1$, $y_2 = e^{-px}$ - частные линейно независимые решения, а общее решение имеет вид

$$\bar{y} = C_1 + C_2 e^{-px}.$$

Б) Если $p = 0, q = \omega^2 > 0$, то из уравнения (3) получим $y'' + \omega^2 y = 0$, его характеристическое уравнение имеет вид $k^2 + \omega^2 k = 0$, тогда $y_1 = \cos \omega x$, $y_2 = \sin \omega x$ -

частные линейно независимые решения, а общее решение имеет вид $\bar{y} = C_1 \cos \omega x + C_2 \sin \omega x$.

В) Если $p = 0, q = -\omega^2 < 0$, то из уравнения (3) получим $y'' - \omega^2 y = 0$, его характеристическое уравнение $k^2 - \omega^2 k = 0$, тогда $y_1 = e^{-\omega x}$, $y_2 = e^{\omega x}$ - частные линейно независимые решения, а общее решение имеет вид

$$y = C_1 e^{-\omega x} + C_2 e^{\omega x}.$$

Далее переходим к построению частного решения неоднородного уравнения.

Нахождение частного решения неоднородного уравнения $y'' + py' + qy = P_n(x)$.

Рассмотрим неоднородное дифференциальное уравнение вида

$$y'' + py' + qy = P_n(x), \quad (5)$$

где

$$P_n(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-2} x^2 + a_{n-1} x + a_n \quad (6)$$

- многочлен n -го порядка с заданными коэффициентами.

Частное решение \tilde{y} ищем в виде

$$\tilde{y} = x^m \cdot u_n(x), \quad (7)$$

где m - неизвестное число, а

$$u_n(x) = A_0 x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \dots + A_{n-4} x^4 + A_{n-3} x^3 + A_{n-2} x^2 + A_{n-1} x + A_n \quad (8)$$

- многочлен n -го порядка с неизвестными коэффициентами.

Найдем производные \tilde{y}

$$\begin{aligned} \tilde{y}' &= m x^{m-1} \cdot u_n(x) + x^m \cdot u_n'(x) \\ \tilde{y}'' &= m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) + 2 \cdot m x^{m-1} \cdot u_n'(x) + x^m \cdot u_n''(x) \end{aligned}$$

и подставляя в уравнение (5) получим

$$\begin{aligned} &m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) + 2 \cdot m x^{m-1} \cdot u_n'(x) + x^m \cdot u_n''(x) + \\ &+ p[m x^{m-1} \cdot u_n(x) + x^m \cdot u_n'(x)] + q x^m \cdot u_n(x) = P_n(x) \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} &m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) + m x^{m-1} [2u_n'(x) + p \cdot u_n(x)] + \\ &+ x^m \cdot [u_n''(x) + p \cdot u_n'(x) + q \cdot u_n(x)] = P_n(x). \end{aligned} \quad (9)$$

Рассмотрим различные случаи:

А) Если $q \neq 0$, т. е. $k_1 \neq 0, k_2 \neq 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (8) $m = 0$, тогда из уравнения (8) получим

$$u_n''(x) + p \cdot u_n'(x) + q \cdot u_n(x) = P_n(x). \quad (10)$$

Далее найдем $u_n'(x), u_n''(x)$

$$\begin{aligned} u_n'(x) &= nA_0x^{n-1} + (n-1)A_1x^{n-2} + (n-2)A_2x^{n-3} + \dots + \\ &\quad + 4A_{n-4}x^3 + 3A_{n-3}x^2 + 2A_{n-2}x + A_{n-1} \\ u_n''(x) &= n(n-1)A_0x^{n-2} + (n-1)(n-2)A_1x^{n-3} + (n-2)(n-3)A_2x^{n-4} + \dots + \\ &\quad + 4 \cdot 3A_{n-4}x^2 + 3 \cdot 2A_{n-3}x + 2 \cdot 1A_{n-2} \end{aligned}$$

и, подставляя в уравнение (9), получим

$$\begin{aligned} &q \cdot A_0x^n + (q \cdot A_1 + p \cdot n \cdot A_0)x^{n-1} + [q \cdot A_2 + p \cdot (n-1) \cdot A_1 + n(n-1) \cdot A_0]x^{n-2} + \\ &+ [q \cdot A_3 + p \cdot (n-2) \cdot A_2 + (n-1)(n-2) \cdot A_1]x^{n-3} + \dots \\ &+ (q \cdot A_{n-2} + 3p \cdot A_{n-3} + 4 \cdot 3 \cdot A_{n-4})x^2 + (q \cdot A_{n-1} + 2p \cdot A_{n-2} + 3 \cdot 2 \cdot A_{n-3})x + \\ &(q \cdot A_n + p \cdot A_{n-1} + 2 \cdot 1 \cdot A_{n-2}) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \dots + a_{n-2}x^2 + a_{n-1}x + a_n. \end{aligned}$$

Приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях переменной x , получим следующую систему

$$\begin{aligned} x^n : & \quad q \cdot A_0 = a_0 \\ x^{n-1} : & \quad q \cdot A_1 + p \cdot n \cdot A_0 = a_1 \\ x^{n-2} : & \quad q \cdot A_2 + p \cdot (n-1) \cdot A_1 + n(n-1) \cdot A_0 = a_2 \\ x^{n-3} : & \quad q \cdot A_3 + p \cdot (n-2) \cdot A_2 + (n-1)(n-2) \cdot A_1 = a_3 \\ & \quad \dots \\ x^2 : & \quad q \cdot A_{n-2} + 3p \cdot A_{n-3} + 4 \cdot 3 \cdot A_{n-4} = a_{n-2} \\ x : & \quad q \cdot A_{n-1} + 2p \cdot A_{n-2} + 3 \cdot 2 \cdot A_{n-3} = a_{n-1} \\ x^0 : & \quad q \cdot A_n + p \cdot A_{n-1} + 2 \cdot 1 \cdot A_{n-2} = a_n \end{aligned}$$

Решая систему, найдем значения коэффициентов $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$.

Этот метод называется методом неопределенных коэффициентов.

Итак, при $q \neq 0$ частное решение уравнения (5) будет

$$\tilde{y} = A_0x^n + A_1x^{n-1} + A_2x^{n-2} + \dots + A_{n-2}x^2 + A_{n-1}x + A_n. \quad (11)$$

Б) Если $q = 0$, т. е. $k_1 = 0$ или $k_2 = 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (8) $m = 1$, тогда из уравнения (8) получим

$$2u_n'(x) + p \cdot u_n(x) + x \cdot [u_n''(x) + p \cdot u_n'(x)] = P_n(x)$$

или

$$x \cdot u_n''(x) + (2 + xp) \cdot u_n'(x) + p \cdot u_n(x) = P_n(x). \quad (12)$$

Далее, используя вышеизложенный метод неопределенных коэффициентов, находим $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$.

Итак, при $q = 0$ частное решение уравнения (5) будет

$$\tilde{y} = x(A_0x^n + A_1x^{n-1} + A_2x^{n-2} + \dots + A_{n-2}x^2 + A_{n-1}x + A_n)$$

или

$$\tilde{y} = A_0x^{n+1} + A_1x^n + A_2x^{n-1} + \dots + A_{n-2}x^3 + A_{n-1}x^2 + A_nx. \quad (13)$$

Иногда неизвестные коэффициенты $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$ можно найти \tilde{y} , подставляя в уравнение (5) и не используя уравнение (11).

Резюмируя вышеизложенное, приходим к следующей схеме нахождения частного решения неоднородного уравнения (9), т. е. для уравнения

$$y'' + py' + qy = a_0x^n + a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \dots + a_{n-2}x^2 + a_{n-1}x + a_n$$

$q \neq 0$	$\tilde{y} = A_0x^n + A_1x^{n-1} + A_2x^{n-2} + \dots + A_{n-2}x^2 + A_{n-1}x + A_n$
$q = 0$	$\tilde{y} = A_0x^{n+1} + A_1x^n + A_2x^{n-1} + \dots + A_{n-2}x^3 + A_{n-1}x^2 + A_nx$

Пример. Найти общее решение уравнения $y'' - 2y' = 12x^2 - 8$.

Решение: характеристическое уравнение имеет вид $k^2 - 2k = 0$, а его решение $k_1 = 0, k_2 = 2$, по условию задачи $q = 0$, тогда общее решение однородного уравнения $\bar{y} = C_1 + C_2 e^{2x}$, а частное решение \tilde{y} будем искать в виде

$$\tilde{y} = x(Ax^2 + Bx + D) = Ax^3 + Bx^2 + Dx.$$

Подставляя производные $\tilde{y}' = 3Ax^2 + 2Bx + D, \tilde{y}'' = 6Ax + 2B$ в уравнение, получим

$$6Ax - 2B - 6Ax^2 - 4Bx - 2D = 12x^2 - 8.$$

По методу неопределенных коэффициентов получим

$$\begin{array}{lll} x^2 : & -6A = 12 & A = -2 \\ x : & 6A - 4B = 0 & B = -3 \\ x^0 : & -2B - 2D = -8 & D = 1 \end{array} \quad \tilde{y} = -2x^3 - 3x^2 + x$$

Итак,

$$y = \bar{y} + \tilde{y} = C_1 + C_2 e^{2x} - 2x^3 - 3Bx^2 + x.$$

В частности, если $P_n(x) = a_0$, тогда частное решение \tilde{y} для уравнения $y'' + py' + qy = a_0$ будет иметь вид

$$\tilde{y} = \frac{a_0}{q}, \text{ при } q \neq 0, \quad \tilde{y} = \frac{a_0 x}{p}, \text{ при } q = 0.$$

Нахождение частного решения неоднородного уравнения $y'' + py' + qy = a_0 \cdot e^{ax}$

Рассмотрим неоднородное дифференциальное уравнение вида

$$y'' + py' + qy = a_0 \cdot e^{ax}, \quad (14)$$

где a_0, a – заданные числа.

Частное решение \tilde{y} ищем в виде

$$\tilde{y} = A \cdot x^m \cdot e^{ax}, \quad (15)$$

где m, A – неизвестные постоянные.

Найдем производные \tilde{y}

$$y' = A(mx^{m-1} + ax^m) \cdot e^{ax}$$

$$y'' = A[m(m-1)x^{m-2} + 2amx^{m-1} + a^2x^m] \cdot e^{ax}$$

и, подставляя в уравнение (14), получим

$$A[m(m-1)x^{m-2} + 2amx^{m-1} + a^2x^m + p(mx^{m-1} + ax^m) + qx^m]e^{ax} = a_0e^{ax}$$

или

$$A[m(m-1)x^{m-2} + m(2a+p)x^{m-1} + (a^2 + pa + q)x^m] = a_0. \quad (16)$$

Рассмотрим различные случаи:

А) Если a не является корнем характеристического уравнения (4), т. е. $k_1 \neq a, k_2 \neq a, a^2 + pa + q \neq 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (14) $m = 0$, из уравнения (14) получим

$$A(a^2 + pa + q) = a_0 \quad \text{или} \quad A = \frac{a_0}{a^2 + pa + q}.$$

Следовательно, частное решение уравнения (14) будет иметь вид

$$\tilde{y} = \frac{a_0}{a^2 + pa + q} e^{ax}. \quad (17)$$

Б) Если a является простым корнем характеристического уравнения (4), т. е. $k_1 = a$, $k_2 \neq a$, $a^2 + pa + q = 0$, $2a + p \neq 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (14) $m = 1$, из уравнения (14) получим

$$A(2a + p) = a_0 \quad \text{или} \quad A = \frac{a_0}{2a + p}.$$

В этом случае частное решение уравнения (14) будет иметь вид

$$\tilde{y} = \frac{a_0}{2a + p} x e^{ax}. \quad (18)$$

В) Если a является простым корнем характеристического уравнения (4), т. е. $k_1 = a$, $k_2 = a$, $a^2 + pa + q = 0$, $2a + p = 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (14) $m = 2$, из уравнения (14) получим

$$2A = a_0 \quad \text{или} \quad A = \frac{a_0}{2}.$$

Тогда частное решение уравнения (14) будет

$$\tilde{y} = \frac{a_0}{2} x^2 e^{ax}. \quad (19)$$

Резюмируя вышеизложенное, приходим к следующей схеме нахождения частного решения неоднородного уравнения (14), т. е. для уравнения $y'' + py' + qy = a_0 \cdot e^{ax}$

$k_1 \neq a, k_2 \neq a$	$\tilde{y} = \frac{a_0}{a^2 + pa + q} e^{ax}$
$k_1 = a, k_2 \neq a$	$\tilde{y} = \frac{a_0}{2a + p} x e^{ax}$
$k_1 = k_2 = a$	$\tilde{y} = \frac{a_0}{2} x^2 e^{ax}$

Рассмотрим следующие примеры.

1. Найти общее решение уравнения $y'' + 7y' - 8y = 4e^{2x}$.

Решение: характеристическое уравнение имеет вид $k^2 + 7k - 8 = 0$, а его решение $k_1 = 1, k_2 = -8$, по условию задачи $a_0 = 4, a = 2, k_1 \neq a, k_2 \neq a$, т. е. a не является корнем характеристического уравнения (4). Тогда общим решением однородного уравнения $y'' + 7y' - 8y = 0$ является $\bar{y} = C_1 e^x + C_2 e^{-8x}$, а частным решением будет

$$\tilde{y} = \frac{a_0}{a^2 + pa + q} e^{ax} = 0,4e^{2x}.$$

Отсюда общее решение данного неоднородного уравнения имеет вид

$$y = \tilde{y} + \tilde{y} = C_1 e^x + C_2 e^{-8x} + 0,4e^{2x}.$$

2. Найти общее решение уравнения $y'' - 3y' - 4y = 4e^{-x}$.

Решение: характеристическое уравнение имеет вид $k^2 - 3k - 4 = 0$, а его решение $k_1 = -1, k_2 = 4$, по условию задачи $a_0 = 4, a = -1, k_1 = a, k_2 \neq a$, т. е. a является простым корнем характеристического уравнения (4). Тогда общим решением однородного уравнения $y'' - 3y' - 4y = 0$ является $\bar{y} = C_1 e^{-x} + C_2 e^{4x}$, а частное решение имеет вид

$$\tilde{y} = \frac{a_0}{2a + p} x e^{ax} = -0,8x e^{-x}.$$

Отсюда общее решение данного неоднородного уравнения:

$$y = \tilde{y} + \tilde{y} = C_1 e^{-x} + C_2 e^{4x} - 0,8x e^{-x} = (C_1 - 0,8x) e^{-x} + C_2 e^{4x}.$$

3. Найти общее решение уравнения $y'' - 4y' + 4y = 6e^{2x}$.

Решение: характеристическое уравнение имеет вид $k^2 - 4k + 4 = 0$, а его решение $k_1 = k_2 = 2$, по условию задачи $a_0 = 6, a = 2, k_1 = k_2 = a$, т. е. a является кратным корнем характеристического уравнения (4). Тогда общим решением однородного уравнения $y'' - 4y' + 4y = 0$ является $\bar{y} = (C_1 x + C_2) e^{2x}$, а частное решение имеет вид

$$\tilde{y} = \frac{a_0}{2} x^2 e^{ax} = 3x^2 e^{2x}.$$

Отсюда получим общее решение данного неоднородного уравнения

$$y = \tilde{y} + \tilde{y} = (C_1 x + C_2) e^{2x} + 3x^2 e^{2x} = (3x^2 + C_1 x + C_2) e^{2x}.$$

Нахождение частного решения неоднородного уравнения
 $y'' + py' + qy = P_n(x) \cdot e^{ax}.$

Рассмотрим неоднородное уравнение вида

$$y'' + py' + qy = P_n(x) \cdot e^{ax}, \quad (20)$$

где $P_n(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-2} x^2 + a_{n-1} x + a_n$ - многочлен n -го порядка с заданными коэффициентами, a - постоянное заданное число.

Частное решение \tilde{y} ищем в виде $\tilde{y} = x^m \cdot u_n(x) \cdot e^{ax}$, где $u_n(x) = A_0 x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \dots + A_{n-2} x^2 + A_{n-1} x + A_n$ - многочлен n -го порядка с неизвестными коэффициентами, m - неизвестное постоянное число.

Найдем производные \tilde{y}

$$\begin{aligned} \tilde{y}' &= mx^{m-1} \cdot u_n(x) \cdot e^{ax} + x^m [u_n'(x) + au_n(x)] e^{ax}, \\ \tilde{y}'' &= m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) \cdot e^{ax} + 2mx^{m-1} [u_n'(x) + a \cdot u_n(x)] e^{ax} + \\ &+ x^m \cdot [u_n''(x) + 2a \cdot u_n'(x) + a^2 \cdot u_n(x)] e^{ax} \end{aligned}$$

и, подставляя в уравнение (20), получим

$$\begin{aligned} &[m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) + 2mx^{m-1}(u_n'(x) + a \cdot u_n(x)) + \\ &x^m \cdot (u_n''(x) + 2a \cdot u_n'(x) + a^2 \cdot u_n(x)) + p(mx^{m-1} \cdot u_n(x) + \\ &+ x^m(u_n'(x) + au_n(x))) + qx^m \cdot u_n(x)] e^{ax} = P_n(x) \cdot e^{ax} \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} &m(m-1)x^{m-2} \cdot u_n(x) + mx^{m-1} [2u_n'(x) + (2a + p)u_n(x)] + \\ &x^m \cdot [u_n''(x) + (2a + p)u_n'(x) + (a^2 + pa + q) \cdot u_n(x)] = P_n(x) \end{aligned} \quad (21)$$

Рассмотрим различные случаи:

А) Если a не является корнем характеристического уравнения (4), т. е. $k_1 \neq a, k_2 \neq a, a^2 + pa + q \neq 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (21) $m = 0$, из уравнения (21) получим

$$u_n''(x) + (2a + p) \cdot u_n'(x) + (a^2 + pa + q) \cdot u_n(x) = P_n(x). \quad (22)$$

Следовательно, частное решение уравнения (21) будет

$$\tilde{y} = u_n \cdot e^{ax} = (A_0x^n + A_1x^{n-1} + A_2x^{n-2} + \dots + A_{n-2}x^2 + A_{n-1}x + A_n) e^{ax}. \quad (23)$$

Б) Если a является простым корнем характеристического уравнения (4), т. е. $k_1 = a, k_2 \neq a, a^2 + pa + q = 0, 2a + p \neq 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (21) $m = 1$, из уравнения (21) получим

$$2u_n'(x) + (2a + p) \cdot u_n(x) + x[u_n''(x) + (2a + p) \cdot u_n'(x)] = P_n(x). \quad (24)$$

Следовательно, частное решение уравнения (21) будет

$$\begin{aligned} \tilde{y} &= x \cdot u_n \cdot e^{ax} = \\ &= (A_0x^{n+1} + A_1x^n + A_2x^{n-1} + \dots + A_{n-2}x^3 + A_{n-1}x^2 + A_nx) e^{ax}. \end{aligned} \quad (25)$$

В) Если a является простым корнем характеристического уравнения (4), т. е. $k_1 = a, k_2 = a, a^2 + pa + q = 0, 2a + p = 0$, то в этом случае, чтобы выполнялось уравнение (21) $m = 2$, из уравнения (21) получим

$$u_n(x) + 4x \cdot u_n'(x) + x^2 \cdot u_n''(x) = P_n(x). \quad (26)$$

Следовательно, частное решение уравнения (14) будет иметь вид

$$\begin{aligned} \tilde{y} &= x^2 \cdot u_n \cdot e^{ax} = \\ &= \left(A_0 x^{n+2} + A_1 x^{n+1} + A_2 x^n + \dots + A_{n-2} x^4 + A_{n-1} x^3 + A_n x^2 \right) e^{ax}. \end{aligned} \quad (27)$$

Далее, используя вышеизложенный метод неопределенных коэффициентов, находим $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$.

Резюмируя вышеизложенное, приходим к схеме нахождения частного решения неоднородного уравнения (20), т. е. для уравнения $y'' + py' + qy = P_n(x) \cdot e^{ax}$, где $P_n(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + a_2 x^{n-2} + \dots + a_{n-2} x^2 + a_{n-1} x + a_n$.

$k_1 \neq a,$ $k_2 \neq a$	$\tilde{y} = u_n \cdot e^{ax} =$ $= \left(A_0 x^n + A_1 x^{n-1} + A_2 x^{n-2} + \dots + A_{n-2} x^2 + A_{n-1} x + A_n \right) e^{ax}$
$k_1 = a,$ $k_2 \neq a$	$\tilde{y} = x \cdot u_n \cdot e^{ax} =$ $= \left(A_0 x^{n+1} + A_1 x^n + A_2 x^{n-1} + \dots + A_{n-2} x^3 + A_{n-1} x^2 + A_n x \right) e^{ax}$
$k_1 = k_2 =$ $= a$	$\tilde{y} = x^2 \cdot u_n \cdot e^{ax} =$ $= \left(A_0 x^{n+2} + A_1 x^{n+1} + A_2 x^n + \dots + A_{n-2} x^4 + A_{n-1} x^3 + A_n x^2 \right) e^{ax}$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ильин В. А., Куркин А. В. Высшая математика. - М.: Проспект, 2002. - 592 с.
 [2] Красс М. С. Математика для экономических специальностей. - М.: Наука, 1998. - 463 с.
 [3] Бейсебай П. Б., Мухамедиев Г. Х. Об одном подходе к построению частных решений линейного дифференциального уравнения // Вестник ПГУ. Серия «Физико-математические науки». – Петропавловск: ПГУ, 2011. - С. 32-39.
 [4] Бейсебай П. Б., Мухамедиев Г. Х. Об одной методике изложения темы «Построение частных решений линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами» // Вестник КазНПУ имени Абая. Серия «Физико-математические науки». – Алматы: КазНПУ, 2012. - № 2 (38). - С. 47-53.

REFERENCES

- [1] Il'in V. A., Kurkin A. V. Higher Mathematics. – M.: Prospekt, 2002. - 592 p. (in Russ.).
 [2] Krass M. S. Mathematics for economic specialties. Tutorial. – M.: Nauka, 1998. - 463 p. (in Russ.).
 [3] Beisebay P. B., Mukhamediyev G. Kh. About an approach to the construction of particular solutions of a linear differential equation. // Bulletin of PSU, series "Physics and mathematics". - Petropavlovsk: PSU, 2011. - P. 32-39. (in Russ.).
 [4] Beisebay P. B., Mukhamediyev G. Kh. About the technique of presentation of the theme "Construction of particular solutions of the second order linear differential equation with constant coefficients" // Bulletin of Abay KazNPU. Series "Physics and mathematics". - Almaty: KazNPU, 2012. - № 2 (38). - P. 47-53. (in Russ.).

ТҰРАҚТЫ КОЭФФИЦИЕНТТІ СЫЗЫҚТЫҚ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІҢ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ШЕШІМДЕРІН ҚҰРУ

Е. Ә. Ақжігітов¹, Ә. Б. Аруова¹, П. Б. Бейсебай¹, М. Ш. Тілеpieв¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ., Қазақстан

Аңдатпа. Екінші ретті тұрақты коэффициентті сызықты дифференциалдық теңдеулер қарапайым дифференциалдық теңдеулер теориясының зерттеу нысаны болып табылады. Жұмыста екінші ретті тұрақты коэффициентті дифференциалдық теңдеулердің және олардың жүйелерінің шешімдерін дәстүрлік әдістемеден ерекшеленетін жолмен құру ұсынылады. Олар дифференциалдық теңдеулер немесе теңдеулер жүйесіндегі сипаттамалық теңдеудің дискриминанты теріс болған жағдайында қолданылатын дәстүрлік есептелулердегі комплекс сан ұғымының қолданбауымен ерекшелінеді. Ұсынылған әдістің мағынасы бойынша біртекті теңдеулер жағдайында, екінші ретті сызықтық теңдеулердің сызықтық тәуелсіз дербес шешімдерін құруда бірінші ретті сызықтық теңдеулерді шешуде кездесетін Бернуллі әдісінің көмегімен енгізілуінде, сондай-ақ алынған алгоритм біртекті теңдеулер жүйесінің шешімін құруда да қолданылады.

Кілттік сөздер: дифференциалдық теңдеу, дифференциалдық теңдеулер жүйесі, сипаттамалық теңдеулер, теңдеудің дербес шешімі, комплекс сан.

A METHOD FOR SOLVING NONHOMOGENEOUS LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE SECOND ORDER WITH CONSTANT COEFFICIENTS

E. A. Akzhigitov¹, A. B. Aruova¹, P. B. Beysebay¹, M. Sh. Tilepiev¹

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, Kazakhstan

Abstract. The paper is devoted to the questions of solution of the second order linear differential equations with constant coefficients. The work offers ways of constructing the second order differential equations with constant coefficients, which differ from the classical method for constructing these solutions. The difference is that they do not use the definition of a complex number in the traditional methods in the case of a negative discriminant of the characteristic equations of a differential equation. In the case of the homogeneous equation are proposed method is to use in the construction of linearly independent particular solutions of the second order linear equation Bernoulli method used to solve the linear equation of the first order, obtained by this algorithm is applied in the construction of solutions of homogeneous equations.

Key words: differential equation, nonhomogeneous differential equation, characteristic equation, particular solution.

МРНТИ 14.35.07

Л. Х. Мажитова¹, Р. Н. Сыздыкова¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

ПРЕЗЕНТАЦИИ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Аннотация. В статье даны результаты использования разработанных на кафедре технической физики АУЭС лекционных презентаций в целях совершенствования подготовки студентов, указаны основные положения методики и примеры разработки таких лекций. Описана структура лекций, представленная на основе современных дидактических задач, получена новая методика построения лекций и результаты их внедрения в учебный процесс. Данный лекционный курс с использованием презентаций разработан на трёх языках (казахском, русском и английском) в контексте Послания Президента о переходе на трёхязычие и эквивалентен по содержанию и методике осуществления. Содержание, цели и задачи лекций ориентированы на профессионализацию обучения, приближение учебного материала к практическому использованию его в будущей деятельности бакалавра. Предлагаемая нами технология обучения физике на лекциях в техническом университете позволяет улучшить качество подготовки, благодаря опоре на современные средства предоставления учебного материала. Раскрыты новые возможности установления интерактивного диалога и обратную связь с аудиторией, а также определено развитие интеллектуального потенциала студентов по формированию различных стилей мышления, необходимых будущим выпускникам в их практической деятельности.

Ключевые слова: мультимедийные презентации, лекции, учебный материал, дидактические задачи, учебный процесс, профессионализация обучения.

Обеспечение высокого качества подготовки специалистов в техническом университете невозможно без создания оптимального использования новых научно-обоснованных технологий обучения, ориентированных на развитие интеллектуального потенциала студентов, на формирование творческих способностей приобретать знания в новом информационном обществе [1]. Такие технологии должны способствовать сближению и взаимодействию преподавателей и студентов на новом уровне. В действительности, в учебном процессе технических университетов обучение физике в большей степени основано на традиционных методах организации учебной деятельности. Налицо противоречие между необходимостью внедрения современных технологий обучения и недостаточным уровнем имеющихся методик обучения. Следовательно, существует проблема обоснования и внедрения новых подходов к лекционным занятиям, что усугубляется еще и тем, что их число значительно уменьшилось в связи с усилением роли самостоятельной работы студентов [2]. Цели и задачи лекционного курса в таких условиях претерпевают определенные изменения.

С этой точки зрения представляются интересными и значимыми для совершенствования учебного процесса те методы информационно-деятельностного обучения и соответствующие им дидактические материалы, которые созданы на кафедре технической физики АУЭС в результате наших исследований: электронные лекции и мультимедийные презентации, виртуальный лабораторный практикум. В данной статье остановимся на особенностях разработки и использования мультимедийных презентаций к лекционному изложению материала в новых условиях.

Если традиционная вузовская лекция является организационной формой и методом обучения, то лекцию с использованием мультимедийной презентации можно рассматривать и как организационную форму, и как метод обучения, и как дидактический материал-источник учебной информации. Электронная презентация лекции отличается от традиционной, так как взаимодействие студентов и преподавателей опосредовано

средствами электронной коммуникации с использованием на занятии компьютерных технологий и формирует готовность студента к будущей жизни в новой инфосфере.

Организация и управление учебной деятельностью студента осуществляется преподавателем благодаря особым требованиям к внешней (через презентации) и внутренней (решение дидактических задач) структуре излагаемой лекции. [1] Внешняя структура лекции предполагает наличие глоссария (в связи с переходом обучения на многоязычие), введения, основного текста с гиперссылками, заключения. Все это должно быть отражено в мультимедийном представлении, т. е. в презентации.

Введение обязательно в кратком виде содержит цель, задачи, проблемы и включает структурно-логическую схему излагаемого материала, позволяющую наглядно показать частные вопросы в их связи и взаимоотношениях, указать общую цель лекции, роль и место данной темы в общей структуре курса. В качестве примера такой схемы, определяющей направление и содержание лекционных презентаций, можно привести тему «Тепловое излучение. Гипотеза и формула Планка» (рисунок 1).

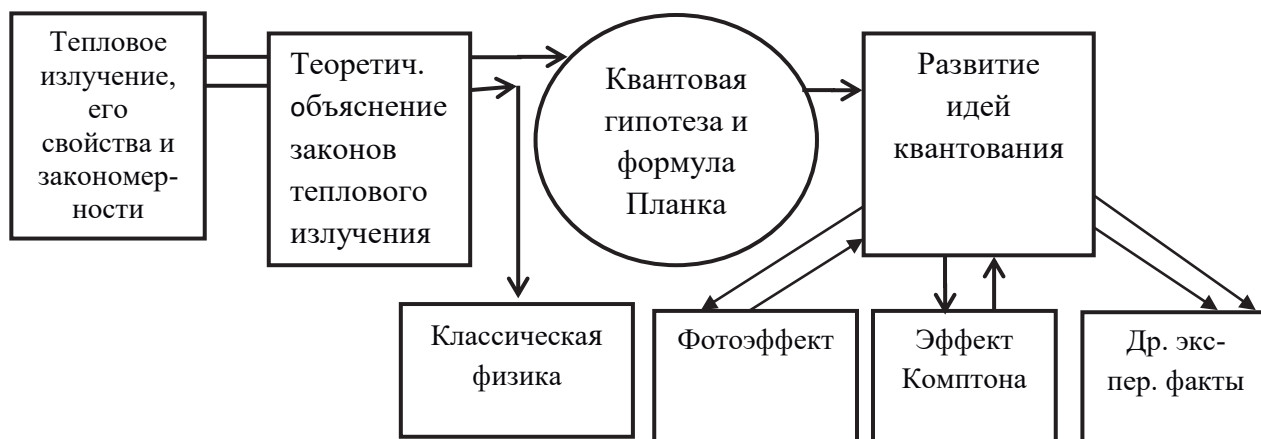


Рисунок 1 - Логическая структура лекции «Тепловое излучение. Гипотеза и формула Планка»

Главная идея данной лекции представить квантовую гипотезу и формулу Планка как разрешение возникшего противоречия между экспериментальными результатами законов теплового излучения и их теоретического объяснения с позиций классической физики. Возможность просматривания слайдов в прямом и обратном направлении позволяет использовать метод проблемного построения лекции и неоднократно рефлексировать к пройденному материалу, что невозможно сделать в обычной лекции. При нынешнем временном отрезке, отведенном для лекции, такая подача материала с использованием презентации становится крайне актуальной. Представленная схема не только способствует систематизации осваиваемого учебного материала, но и заставляет студентов быть сосредоточенными при ознакомлении и усвоении материала на основе мультимедийных презентаций, включающих текстовые материалы, фото, рисунки, видеофрагменты, анимацию, слайд-шоу, звуковое оформление. Кроме того, схема позволяет осуществлять лекцию не как набор видео, а как взаимосвязанную цепочку учебного материала, объединенного единой целью. Основное отличие такой лекции состоит в том, что она ориентирована на решение также дидактических задач, а именно: 1) ввод знания, формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала; 2) наглядное представление о всех существенных свойствах изучаемого явления, наличие качественных и количественных его характеристик и зависимостей между ними; 3) сопоставление выводов теории с наблюдаемой действительностью и практикой, формулировка общих выводов [2].

Последовательное решение дидактических задач, обуславливающих внутреннюю структуру лекций, осуществляется на основе нескольких дидактических принципов

(системности, информативности, наглядности, доступности), которые мы рассматриваем в сравнении с положениями современной дидактики как способов достижения педагогических целей с учетом закономерностей учебной деятельности. Соблюдение принципа системности требует естественно системного изложения учебного материала через мультимедийные презентации в соответствии с иерархией целей, взаимосвязанности и взаимообусловленности всех его элементов. Необходим тщательный подбор материала для презентаций, обеспечивающих понимание и усвоение рассматриваемого вопроса студентами.

Строгий, обоснованный отбор лекционного материала для основного текста и презентаций по освещению наглядных доказательных примеров темы лекции позволяет выполнить основное требование к лекции - соединение научного и учебного начала. Такая лекция в системе методов и дидактических средств обучения в вузе нацелена на то, чтобы обеспечить достаточно эффективную познавательную деятельность студентов как будущих специалистов. Способом реализации принципа такого соединения в лекции является умение лектора при разработке компьютерных презентаций обратить внимание на них студентов с помощью вопросов (риторических, контрольных, занимательных, эвристических). Это дает возможность студентам высказать собственную точку зрения, т. е. вступить во взаимодействие, активировать учебную деятельность. При этом использование презентаций обеспечивает студентов более полной, достоверной информацией о физических явлениях и процессах, позволяет в большей степени повысить роль наглядности и удовлетворить интерес и представление о современной картине физического мира, экономит учебное время, что особенно актуально при большом объеме рассматриваемых вопросов и сокращении учебной лекционной нагрузки.

Применение мультимедийных презентаций в обучении обладает определенными достоинствами: допускает использование цветной графики, анимаций, звукового сопровождения и их постоянного обновления, позволяет копировать и переносить части лекции для цитирования и изучения материала благодаря множеству гиперссылок, устанавливает связь с дополнительной литературой в электронных библиотеках и на сайтах [3].

В нашем случае использована программа MS PowerPoint, которая позволила объединить различные цифровые ресурсы в единый интегрированный ряд. Применение текстовых и графических редакторов, инструментов для создания диаграмм и иллюстраций, звукового сопровождения, видеофрагментов позволило нам создать презентации, придав ему статус индивидуального средства обучения с сохранением всех дидактических принципов и задач педагогики.

Вместе с тем возникли и определенные трудности при разработке электронных презентаций: постоянная переработка учебного курса для его компьютеризации; построение самого учебного процесса с применением компьютерной технологии; распределение учебного материала по степени его представления с использованием таких презентаций. В этой связи нами разработано научно-методическое обеспечение по применению мультимедийных презентаций на основе изложенных выше целей и дидактических принципов в условиях трёхязычия. Кроме того, были использованы известные формы отбора содержания лекции, методы и средства организации учебного процесса, а также работа с текстом, дискуссия по формированию презентационной компетентности самих студентов, медиакультуры будущего профессионала. Отличительная сторона данного исследования заключается в работе со студентами одновременно на трёх языках, в процессе которой происходит формирование интереса как к содержанию материала, так и к переводческой деятельности самих студентов.

Таким образом, чтобы лекция с использованием мультимедийных презентаций выполняла свои функции по осуществлению взаимодействия преподавателей и студентов как метода обучения и источника новейшей информации о современной физической картине мира, необходимо реализовать следующие уровни ее разработки:

- 1) теоретический - наличие общей модели обучения, разработка целей обучения;
- 2) технологический - определение и распределение содержания лекции с учетом использования компьютерной технологии, структуры лекции, выявление способов управления учебной деятельностью;
- 3) педагогический и собственно программный - использование MS PowerPoint [1, 4].

Вывод

Результаты внедрения указанных презентаций в учебный процесс на лекциях по физике в техническом университете указывают на пути повышения качества подготовки, благодаря опоре на современные средства предоставления учебного материала, раскрывают новые возможности установления интерактивного диалога и обратную связь с аудиторией, а также развитие интеллектуального потенциала студентов по формированию различных стилей мышления, необходимых будущим выпускникам в практической деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Мажитова Л. Х. и др. Роль педагогических исследований в повышении качества обучения физике в техническом университете // Вестник АУЭС. - Алматы: НАО «АУЭС», 2017. - № 2 (37). - С. 58-64.
- [2] Мажитова Л. Х., Саламатина А. М., Беделбаева Г. Е. Научно-методические основы обучения физике в техническом университете // Вестник АУЭС. - Алматы: НАО «АУЭС», 2017. - № 2 (37). - С. 50-55. (англ.).
- [3] Руэ Д. Искусство презентации. - М.: Гранд-Фаир, 2010. - 384 с.
- [4] Губина Т. Н. Мультимедиа презентации как метод обучения // Молодой ученый. - Казань: Молодой ученый, 2012. - № 3. - С. 345-347.

REFERENCES

- [1] Mazhitova L. H. et al. The role of pedagogical research in improving the quality of teaching physics at a technical university // Herald AUPET. - Almaty: NAO "AUES", 2017. - № 2 (37). - P. 58-64. (in Russ.).
- [2] Mazhitova L. H., Salamatina A. M., Bedelbayeva G. E. Scientific methods of teaching physics at technical universities // Herald AUPET. - Almaty: NAO "AUES", 2017. - № 2 (37). - P. 50-55.
- [3] Rouet D. The Art of Presentation. – M.: Grand-Fair, 2010. - 384 p. (in Russ.).
- [4] Gubina T. N. Multimedia presentations as a method of teaching // Young Scientist. - Kazan: Young Scientist, 2012. - № 3. - P. 345-347. (in Russ.).

ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТТЕ ФИЗИКАНЫ ОҚЫТУДА ПРЕЗЕНТАЦИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Л. Х. Мәжитова¹, Р. Н. Сыздықова¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада студенттердің дайындық деңгейін жоғарлату мақсатында АЭЖБУ техникалық физика кафедрасында әзірленген дәрістік презентациялардың нәтижелері ұсынылған, әдістемелердің негізгі ережелері мен осындай дайындалған дәрістердің мысалдары келтірілген.

Заманауи дидактикалық мәселелер негізінде әзірленген дәрістердің құрылымы сипатталды және дәрістер құрудың жаңа әдістемесі мен оларды оқу үрдісінде жүзеге асырудың нәтижелері алынды.

Ұсынылып отырылған үш тілдегі (қазақ, орыс және ағылшын тілдерінде), презентацияны қолданылып жасалынған дәріс курсы Президентіміздің Жолдауын жүзеге асыру мақсатында үштілді және мазмұны мен әдісі бойынша эквивалентті. Дәрістің мазмұны, мақсаттары мен міндеттері оқытудың кәсіпқойлығына, оқыту материалдары бакалаврдың келешектегі қызметінде практикалық қолдануға жақындатуға бағытталған. Техникалық университетінде дәріс оқу үшін ұсынылып отырылған физиканы оқытудың технологиясы оқу материалдарын ұсынудың заманауи құралдарына сүйеніп, интерактивті диалогты қалыптастырудың жаңа мүмкіндіктерін ашып, аудиториямен кері байланыс жасау арқылы болашақ түлектердің әртүрлі ойлау стилін қалыптастыруда студенттердің зияткерлік әлеуетін дамыту арқылы оқыту сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Кілттік сөздер: мультимедиялық презентациялар, дәрістер, оқу материалдары, дидактикалық мәселелер, оқу үрдісі, тренингтерді кәсібилендіру.

PRESENTATIONS IN TEACHING PHYSICS AT A TECHNICAL UNIVERSITY

L. H. Mazhitova¹, R. N. Syzdykova¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article deals with the results of using lecture presentations developed at the Department of Technical Physics of AULP to improve students training. The main provisions of the methodology and examples of the development of such lectures are presented. The structure of lectures developed on the basis of modern didactic tasks is described and a new method for constructing lectures and the results of their implementation in the educational process is obtained. This lecture course using presentations was developed in three languages (Kazakh, Russian and English) in the context of the President's Message on the transition to trilingualism and is equivalent in content and methodology of implementation. The content, goals and objectives of the lectures are focused on the professionalization of teaching, the approximation of educational material to the practical use of it in the future activity of the bachelor. The presented technology of teaching physics to lectures at the technical university allows improving the quality of the training by relying on modern means of providing educational material, revealing new opportunities for establishing an interactive dialogue and feedback to the audience, and developing the intellectual potential of students in shaping the different styles of thinking needed by future graduates in practical activities in the future.

Key words: multimedia presentations, lectures, educational material, didactic tasks, educational process, professionalization of training.

IRSTI 378.016:802.0:004

Zh. Erzhanova¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

IT IN LANGUAGE TEACHING

Abstract. The article deals with the role and place of IT in language teaching in a technical university. In the article the peculiarities and didactic functions of IT affecting the formation of practical skills of students in technical specialties were discussed. It was emphasized that technology of teaching is subjected to its content. The forms, methods and means of study affecting the purposeful educational work of a teacher and a student were underlined. This helps to improve students' knowledge, to form and activate their cognitive skills and to broaden their professional experience. Special attention was paid to the technology of project activity, which is the basis of the methodology of teaching a professionally-oriented language in a technical university. Besides, the experimental training on the approbation of the developed methodology was described, the results of the study were presented, general conclusions were formulated, and prospects for further study of the problem were outlined.

Key words: foreign language, information technologies, professionally-oriented, technical university, technical specialties.

Insufficient usage of IT during the process of teaching a foreign language in non-linguistic universities is the main theme of this article. As practice shows, teachers experience a number of difficulties caused by objective factors, among which is that students rarely use a computer as a means of working with information and, accordingly, teachers don't use information technologies in the process of teaching a foreign language in technical universities. Most students use the global Internet network either to obtain authentic materials for abstracts, term papers and diploma papers, or to communicate in chat. The lack of a system in the use of information technology in the process of teaching a foreign language in a technical university leads to the fact that students do not sufficiently master such practical skills as working with electronic sources of information for professional purposes. At the same time, an analysis of the requirements for the minimum of knowledge of a foreign language, as defined by the State standards of higher professional education for technical universities and, in particular, in the areas of training graduates in the field of engineering ('Design and technical support of machine-building production', 'Engineering protection of the environment', etc.) showed that the teachers were not able to form necessary skills for future specialists to solve problems related to their professional activities. According to the standards, such skills include collection, analysis, processing and systematization of scientific and technical information on the direction of professional activity using modern information [1].

The basis of formation of these skills is 'simple pragmatic texts and texts on the wide and narrow profile of the specialty'. Annotations, abstracts, reports, private letters, business letters, biographies are provided as speech products.

Familiarization with the sample program of the discipline 'Teaching foreign languages (in universities of non-linguistic specialties)' made it possible to identify the fact that a foreign language is recognized as an obligatory component of the professional training of a modern specialist of any profile. In addition, the program indicates that the university course of teaching a foreign language is communicative and professionally-oriented. As for interpersonal communication, the Sample Program reads: 'When teaching oral and written forms of communication, the standard is the modern literary and spoken language, that is, the language used by educated speakers in formal and informal communication situations'. The program provides training in reading texts of various genres of scientific and reference literature, while the basic skill is 'the ability to work with literature'.

An approximate program in foreign languages for universities of non-linguistic specialties determines the final requirements for the mastery of a foreign language with a standard volume of the audience load (170 hours): ‘the availability of linguistic and communicative competence sufficient for further educational activities, for studying foreign experience in a particular (major) field of science and technology, as well as for conducting business contacts at the elementary level’.

Thus, the analysis of the Sample Program also showed a discrepancy between the requirements for the level of students’ knowledge of a foreign language and the content of the teaching presented in the textbooks.

At the same time, the processes of modernization of higher professional technical education also affect such a disciplinary area as a foreign language. First of all, this is connected with the new goals and tasks of the Russian language policy pursued in the context of the language policy of the Council of Europe. The preamble of the Recommendations of the Committee of Ministers of the Council of Europe states: Europe’s rich linguistic and cultural heritage is a valuable common resource that must be protected and developed. Education is designed to overcome the situation when linguistic diversity of languages should become an instrument of mutual enrichment and understanding.

Only by improving the study of modern languages, it is possible to promote communication and mutual communication of Europeans speaking different languages, increasing freedom of movement of population, development of mutual understanding and cooperation, overcoming prejudices and discrimination.

Participating countries, developing and approving national programs in the field of language learning, can coordinate their policies and actions at the European level [2].

Consequently, as the main political tasks in the field of foreign languages, tasks aimed at preparing children, youth and adults for life and work in a democratic society Conference of Ministers of Education of 33 European countries, including those from Russia, which took place on September 19, 2003 in Berlin, confirmed the relevance of modern language policy and adopted a number of decisions aimed at preparing higher education institutions, primarily technical universities, to implement this policy. Technical universities require the training of specialists who know a foreign language and are capable of professional communication. This is facilitated by a large labor market - the existence of joint ventures and the fact that about 17 million Russians work in private firms, many of which have reached the international level.

The foregoing calls specialists for a rethinking of the content of standards and exemplary programs for teaching a foreign language in a technical university. Consequently, it becomes obvious that today there are a number of contradictions: between the modern content of language policy and its inadequate reflection in normative documents intended for technical universities; between the labor market demand in specialists-graduates of technical universities that can communicate in a foreign language and use information technologies in their practical activities and the unavailability of technical universities to train such specialists; between personal and professionally oriented expectations of students to master a foreign language as a means of intercultural communication (including using Internet) and the lack of appropriate pedagogical conditions adequate to these needs. Thus, there are all grounds to consider the problem of choosing the most effective method of professionally-oriented teaching a foreign language relevant and requiring special study.

The problem of professionally-oriented instruction in a foreign language and the use of information technologies in a technical university is the subject of numerous scientific studies of native and foreign scientists.

Despite the variety of scientific researches to the issues of vocational training of a foreign language and the use of new information technologies in the process of teaching a foreign language, the problem of choosing the most effective methods of professionally-oriented teaching of a foreign language in a technical university remains poorly researched.

Thus, the relevance of the problem and its weak practical solvability in relation to the technical university became the basis for addressing the research topic: 'Information technologies for professionally-oriented foreign language teaching for students of technical specialties'.

The purpose of the study is to develop a methodology for using information technologies for professionally-oriented teaching of a foreign language in a technical college.

The problem of the study is to find a solution to the contradiction between the specifics of the subject, the person-oriented pedagogical technologies of teaching a foreign language and traditional methods used in real practice, which do not take into account the specifics of the future professional activity of students.

The object of the study is the process of professionally-oriented instruction in a foreign language.

The subject of the study is the methodology of using information technologies in professionally-oriented teaching of a foreign language in a technical college.

Research hypothesis: the effectiveness of professionally-oriented instruction in a foreign language in a technical university using information technology can be achieved provided that: the analysis of positive and negative phenomena in the organization of teaching a foreign language in a technical university was conducted. On this basis ways of improving the quality of educational process were explored; professionally-oriented skills of students, formed by means of information technologies were revealed.

The methodology of professionally-oriented foreign language teaching for students of a technical university is developed taking into account the didactic properties and functions of information technologies used in the educational process; the use of information technology in the process of professionally-oriented teaching of a foreign language for students of technical specialties is based on the method of project activity.

For scientific confirmation of the correctness of the proposed hypothesis, the following tasks were to be solved.

It was necessary to analyze the positive and negative phenomena in the organization of teaching a foreign language in a technical university and identify ways to improve the quality of teaching and learning a foreign language; consider the didactic properties and functions of information technologies as a means of personally-oriented learning of a foreign language.

To identify the professionally-oriented skills of students formed with the use of information technology.

Determine the features of the new pedagogical technologies in the context of the technology of modern language education in a non-linguistic institution.

To reveal the essence of the concept, the role and place of technology of project activity in the system of professionally-oriented teaching of students to a foreign language; to develop a methodology for using information technologies in the communicative practice of teaching students a foreign language and conduct its testing.

To solve the tasks and test the hypothesis, the following methods of scientific research were used. To study and analysis of psychological, pedagogical, methodological, linguistic, technical literature;

Analysis of the regularity and legal and regulatory framework for teaching foreign languages in non-linguistic universities; concepts, programs, educational and methodological kits and recommendations of authors-developers of textbooks on the use of information technologies in universities; questioning, interviewing students and teachers; experiential training in approbation of the methodology of using information technologies in a technical university.

The theoretical significance of the research is that it has developed a methodology for professionally-oriented teaching of foreign languages for students of technical specialties using information technologies [3].

Practical significance of the research is for introduction of the developed methodology into the practice of professionally-oriented teaching of a foreign language in a technical college.

The following provisions are made for protection: the quality of mastering students with practical skills to use a foreign language as a means of professional communication is ensured by introducing modern information technologies in the educational process that are adequate to the professionally-oriented content of teaching a foreign language in a technical university; didactic properties and functions of information technologies allow interactive, activity-oriented and personal-oriented nature of tasks and exercises aimed at the formation of professionally-oriented skills and abilities of students, among which are the skills to work with information, independently solve problems, analyze and apply foreign experience in the professional field, the ability to think critically, creativity and self-realization; the technology of project activity, which is the basis of the methodology of professionally-oriented foreign language teaching for students of technical specialties, corresponds to their personal and professional expectations and contributes to the formation of professionally significant personal qualities of the future specialist of the technical profile.

The teaching of foreign languages in a technical university acquires a new sound in connection with the transition to an open information society, the internationalization of education with the extensive use of information technologies in many spheres of human activity. This is largely due to the forms and methods of practical activity that are being applied today, which are a consequence of the introduction of modern computer technology and the means of transferring information to various spheres of human activity in order to increase its effectiveness. These methods, based on the extensive use of the basic capabilities of computer technology for the processing, storage, transmission and presentation of information, are integrated into the concept of new information technology. Computerization of the sphere of communications, informatization of professional activity, education, and science caused the need to exchange messages in telecommunication networks, work with information that is presented in a foreign language. Taking this into account, the process of the teaching a foreign language cannot be reduced only to the formation of the speech and linguistic competence of students of technical universities, in modern conditions, foreign language instruction should ensure entry into foreign culture and informative practice of activities. This can be achieved with the help of information technologies, which first, ensure the dynamism and mobility of information exchange; secondly, information technologies make it possible to realize a person-oriented approach in teaching. Modern society requires from future specialists, in addition to profound professional knowledge and skills to apply this knowledge in their practical activities, also such knowledge, mastering of which is carried out in conditions of foreign communication with the use of various sources of information, which is unthinkable without resorting to the global Internet network.

The term 'technology' was applied in education relatively recently and first appeared in Western Europe, but today it is almost universally accepted. Teaching technology is considered as a systematic method of creating, applying and defining the whole process of teaching and learning, taking into account technical and human resources and their interaction, which aims to optimize the forms of education.

Systematic. Technology must have all the attributes of the system, the logic of the process, the interconnection of all its parts, integrity.

Controllability. It presupposes the possibility of diagnostic goal-setting, planning, designing the learning process, phased diagnostics, variation by means and methods with the aim of correcting the results.

Efficiency. Modern educational technologies exist in competitive conditions and must be effective in terms of results and cost-effective, guaranteeing the achievement of a certain standard of training.

Reproducibility. It implies the possibility of using (repeating, reproducing) pedagogical technology in other similar educational institutions, other subjects.

Educational effect. Educational technology should be morally justified, contribute to the humanistic and creative development of the student.

The technology of the project activity is based on the project method. Conscious perception and active use of this method in the practice of professionally-oriented teaching of a foreign language in a technical university requires the study of the initial base, goals, structure and content, as well as analysis of the results obtained in the course of communicative-cognitive (research) activities of students on its basis.

The word 'project' comes from the Latin and is used in modern language in the sense of 'plan', 'develop'. Using pedagogical terminology, a project is understood as the totality of certain actions, documents, preliminary texts; a plan for creating a real object, a different kind of theoretical product. The educational project is a joint educational-cognitive activity, creative task or a game, having a common goal. The project method is a developed technology for the use of an educational project. Coordinated methods, methods of activity, are aimed at achieving a common result for solving a problem that is significant for the project participants.

Fundamentally important, according to scientists, is that the design method should fit into the overall concept of the discipline or its sections.

'Project method' assumes the fact that in the center of the learning process is an active independent activity of the student, aimed at creating a specific product, as a result of solving a particular problem, taken from real life.

The solution of the problem involves the use of a variety of methods, teaching aids and the necessary integrated knowledge and skills: application of knowledge from various fields of science, technological and creative fields [4].

According to the data of many researchers students should possess certain intellectual skills: work with information, highlight the main idea, search for necessary information in foreign language, analyze, make conclusions, have creative skills and knowledge of different areas, be able to develop an idea, suggest solutions to the problem, predict the consequences of a decision and have communicative skills: the ability to discuss, listen and hear the interlocutor, express their point of view, take part in arguments, the ability to find a compromise with the interlocutor and laconically state their thoughts.

Conclusion

The technology of learning is subordinated to its content. This is the way (or methods) of implementing the content of teaching, including the forms, methods and means of teaching, with the help of which the purposeful educational activity of the teacher and student is carried out, resulting in knowledge, skills, development of cognitive abilities and mastery of professional experience and skill. In effective educational technologies, appropriate, optimal steps, steps to achieve specific and common goals of education in their hierarchy and continuity are recorded. Different technologies of professionally-oriented learning a foreign language, as studies and educational practice show, affect the student's attitude to the subject in different ways and master the communicative competencies in the course of classes.

REFERENCES

- [1] Barybin A. V. Information technologies of professionally-oriented foreign language teaching for students of technical specialties. – M.: Ventana-Graff, 2015. - 81 p. (in Russ.).
- [2] Ruzhentseva T. S. Application of new technologies in teaching English to students of IT specialties. - M.: BALASS, 2017. - 48 p. (in Russ.).
- [3] Steven H. K. Designing intelligence: a framework for smart systems. – Oxford, 1991. - 263 p.
- [4] Yaminsky A. V. IT in improvement of English for special purposes of engineers. - M.: Ast-Press School, 2006. - 285 p. (in Russ.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Барыбин А. В. Информационные технологии профессионально-ориентированного обучения иностранному языку студентов технических специальностей. – М.: Вентана-Граф, 2015. – 81с.
- [2] Руженцева Т. С. Применение новых технологий в обучении английскому языку студентов информационно-технологических специальностей. – М.: БАЛАСС, 2017. – 48 с.
- [3] Стивен Х. К. Создание информации: основа для smart систем. – Оксфорд, 1991. – 263 с. (англ.).
- [4] Яминский А. В. IT в совершенствовании профессионального английского языка инженерной элиты. – М.: Аст-Пресс Школа, 2006. – 285 с.

ТЕХНИКАЛЫҚ ЖОО-ДА ШЕТ ТІЛІН КӘСІБИ-БАҒЫТТАЛҒАН ОҚЫТУДА ӨТЕТІН АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ ОРНЫ МЕН РӨЛІ

Ж. Ержанова¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада шет тілді кәсіби бағытталған оқыту үдерісіндегі ақпараттық технологиялар қарастырылған. Техникалық мамандық студенттерінің практикалық икемділік жасалуына әсері, олардың ерекшелігі және дидактикалық қызметі зерттеледі. Оқыту технологиясы оқу барысының мазмұнына тәуелділігіне ерекше көңіл аударылады. Оқытушы мен студенттің мақсатқа бағытталған оқыту қызметіне әсер ететін оқыту формалар, әдістер және құралдар белгіленген. Бұл студенттердің білімін толықтыруға, икемділік пен дағдыларды қалыптастыруға, танымдық қабілеттерді жеделдетуге және кәсіби тәжірибе мен шеберлікті кеңейтуге мүмкіндік береді. Техникалық жоо-да шет тілді кәсіби бағытталған оқыту негізінде жобалық әрекетінің технологиясына ерекше назар аударылады. Бұдан басқа құрастырылған әдістеменің нәтиже апробациясы келтірілген, жалпы қорытынды тұжырымдалған, мәселені зерттеудің келешегі баяндалған.

Кілттік сөздер: шет тілі, ақпараттық технология, кәсіби-бағытталған, техникалық жоғары оқу орны (ЖОО), техникалық мамандықтар.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

Ж. Ержанова¹

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

Аннотация. В статье рассматриваются информационные технологии в процессе профессионально-ориентированного обучения иностранному языку. Исследуется их специфика и дидактические функции, влияющие на формирование практических умений студентов технических специальностей. Подчеркивается, что технология обучения подчинена содержанию учебного процесса. Выделены формы, методы и средства обучения, которые влияют на целенаправленную учебную деятельность преподавателя и студента. Это позволяет углубить знания студентов, сформировать умения и навыки, активизировать познавательные способности и расширить профессиональный опыт и мастерство. Особое внимание обращается на технологию проектной деятельности, в основу которой положена методика профессионально-ориентированного обучения иностранному языку в техническом вузе. Кроме этого, приведены результаты по апробации разработанной методики, сформулированы общие выводы, изложены перспективы дальнейшего изучения проблемы.

Ключевые слова: иностранный язык, информационные технологии, профессионально-ориентированный, технический вуз, технические специальности.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Требования к оформлению статьи

1. Статья должна быть оформлена в строгом соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов».

2. Материалы предоставляются в печатном (1 экз.) и электронном виде, в редакторе Word А4: поля - верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см, шрифт Times New Roman, кегль 12, интервал одинарный.

Последовательность элементов издательского оформления материалов следующая:

- код МРНТИ (Межгосударственный рубрикатор научно-технической информации) ставится в верхнем левом углу первой страницы;
- первая строчка, по центру - инициалы и фамилии авторов (не более 4 авторов, жирный шрифт, кегль 12);
- вторая строчка, по центру – название организации(ий), в которой выполнена работа, город, страна (шрифт обычный, кегль 12);
- третья строчка, по центру - заглавие статьи (публикуемого материала) (прописные буквы, полужирный шрифт, кегль 12);
- Аннотация (100-150 слов, приводится на языке текста публикуемого материала, кегль 11);
- Ключевые слова (примерно 6 одиночных слов или 3-4 словосочетания, кегль 11);
- текст статьи (обычный шрифт, кегль 12);
- СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» (не более 12 наименований);
- список литературы на английском языке (REFERENCES) для других БАЗ ДАННЫХ полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. В конце в скобках указать язык статьи;
- необходимо наличие полного пристатейного списка литературы в латинской транскрипции (если цитируемый источник не имеет оригинального названия на английском, то рекомендуется использование транслитерации вместо перевода).
- Аннотация (100-150 слов, на двух языках, отличающихся от языка статьи). Посередине страницы пишется: 1) название статьи; 2) авторы; 3) название организации; с красной строки – Аннотация, после – Ключевые слова (кегль 11).

3. Рисунки и графики должны располагаться по тексту, после ссылки на них, без сокращения: например: "Рисунок 1 - Название (под рисунком)". Рисунки выполняются в режиме Paint (Paintbrush). Графики, диаграммы, гистограммы - в режиме Microsoft Excel, с разрешением не менее 300 dpi. Математические, физические и другие обозначения и формулы набираются в режиме редактора формул Microsoft Equation, наклонным шрифтом и располагаются по центру. Номера формул проставляются у правого края страницы в круглых скобках.

4. Общий объем рукописи, включая аннотации, список литературы, рисунки и таблицы, составляет не более 8 страниц.

5. Статья подписывается в обязательном порядке всеми авторами в нижнем правом углу каждой страницы текста, там же ставится дата. В случае переработки статьи техническим редактором датой поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта.

6. На отдельном листе следует привести сведения об авторах: Ф.И.О. полностью, почтовый адрес, e-mail, место работы, должность, служебный и домашний телефоны.

7. К статье обязательно прилагаются рецензии 2-х независимых ученых (внешняя и внутренняя), которые не входят в состав редакционной коллегии журнала и ведут исследования в областях, близких с тематикой статьи.

8. Для каждой статьи заполняется экспертное заключение о возможности опубликования, утвержденное проректором по НР.

9. На основании экспертных заключений редколлегии принимается решение: о публикации материала в представленном виде; о необходимости доработки; об отклонении.

10. Рукопись, направленная авторам на доработку, должна быть возвращена в исправленном виде в срок не более 10 рабочих дней. По истечении этого срока она рассматривается как вновь поступившая. К переработанной рукописи необходимо приложить письмо от авторов, описывающее сделанные исправления и содержащее ответы на все замечания рецензентов.

11. Рукопись, получившая отрицательные оценки при рецензировании, отклоняется, как не соответствующая уровню публикаций. Рукописи авторам не возвращаются. Редакция вправе не вступать в переписку с автором относительно причин (оснований) отказа в публикации статьи. Редакция оставляет за собой право, в необходимых случаях, проводить сокращения и редакторскую правку статей. После публикации автор может получить копию статьи в формате PDF. Редакция соблюдает редакционную этику и не раскрывает без согласия автора процесс работы над статьей в издательстве (не обсуждает с кем-либо достоинства или недостатки работы, замечания и исправления в них, не знакомит с внутренними рецензиями).

Реквизиты для оплаты:

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи»

050013, г. Алматы, ул. Байтурсынулы, дом 126/1

ИИК KZ60856000000005121 в АО «Банк ЦентрКредит», г. Алматы

БИК КСЖВКЗКХ

БИН 030 640 003 269

КБЕ 17, КНП 851

the same time, the *Journal of Applied Behavior Analysis* has been the most influential journal in the field of behavior analysis.

There are a number of reasons for the success of these journals. One reason is that they have been published for a long time, and have a long history of being read by a wide range of researchers and practitioners. Another reason is that they have a high level of quality, and are well respected in the field.

There are a number of other journals in the field of behavior analysis, but none have reached the same level of success as these two.

The success of these journals is a testament to the quality of the research they publish, and to the dedication of the editors and publishers who have made them what they are today.

It is hoped that this information will be helpful to you in your research, and that you will find the information you need in the *Journal of Applied Behavior Analysis* and the *Journal of Experimental and Applied Behavior Analysis*.

Thank you for your interest in these journals, and for your contribution to the field of behavior analysis.

Sincerely,
John M. Hayes

Editor, *Journal of Applied Behavior Analysis*
Editor, *Journal of Experimental and Applied Behavior Analysis*

Department of Psychology
University of California, Santa Barbara
Santa Barbara, CA 93106

Phone: (805) 893-3100
Fax: (805) 893-3101
E-mail: hayes@psych.ucsb.edu

Internet: <http://www.psych.ucsb.edu/~hayes/>

For more information on these journals, please contact the publishers:
Sage Publications, Inc., 2455 Teller Road, Thousand Oaks, CA 91320
Phone: (805) 499-9700
Fax: (805) 499-9701
E-mail: subscriptions@sagepub.com

For more information on the field of behavior analysis, please contact the American Psychological Association:
750 First Street, N.E., Washington, DC 20002
Phone: (202) 336-6000
Fax: (202) 336-6001
E-mail: info@apa.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Society for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@sba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Association for Behavior Analysis International:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@abi.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the European Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@eaba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Japanese Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@jaba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Korean Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@kaba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Mexican Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@maba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the New Zealand Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@nzaba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Portuguese Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@paba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Spanish Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@saba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the United Kingdom Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@ukaba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the European Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@eaba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the International Association for Behavior Analysis:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@iaba.org

For more information on the field of behavior analysis, please contact the Association for Behavior Analysis International:
1000 North 17th Street, Tallahassee, FL 32310
Phone: (904) 839-1234
Fax: (904) 839-1235
E-mail: info@abi.org