

Повышение эффективности освоения практических компетенций студентами IT-специальностей на основе кросс-предметных научных исследований

Новикова Светлана Владимировна
доцент, д. т. н., профессор кафедры Прикладной математики и информатики,
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А. Н. Туполева (КАИ),
ул. Большая Красная, 55, г. Казань, 420015, (843)2310086
SVNovikova@kai.ru

Тунакова Юлия Алексеевна
профессор, д.х.н., заведующая кафедрой Общей химии и экологии,
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А. Н. Туполева (КАИ),
ул. ул. Четаева, 18, г. Казань, 421001, (843) 2310262
YuATunakova@kai.ru

Новикова Ксения Николаевна
студент института Компьютерных технологий и защиты информации,
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А. Н. Туполева (КАИ),
ул. Большая Красная, 55, г. Казань, 420015, (843)2310086
ksushanow@mail.ru

Кремлева Эльмира Шамильевна
старший преподаватель кафедры Прикладной математики и информатики,
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А. Н. Туполева (КАИ),
ул. Большая Красная, 55, г. Казань, 420015, (843)2310086
e-smile29.04@mail.ru

Аннотация

В статье предложен способ повышения практических и научно-исследовательских навыков студентов IT-направлений путем выполнения ими НИРС на кафедры других, непрофильных, специальностей. Обоснованы причины, повышающие эффективность НИРС, приведены практические рекомендации по организации подобных кросс-предметных студенческих обменов. Приведен пример успешной реализации предложенного подхода на двух кафедрах КНИТУ-КАИ.

The article's authors offer a way to improve the practical and scientific skills of students research in IT areas by performing students research at departments of other, non-core, specialties. The reasons for effectiveness increase of scientific research work are substantiated, practical recommendations for organizing such cross-subject student exchanges are given. Example of successful implementation of the proposed approach at two departments of KNRTU-KAI is given.

Ключевые слова

практические компетенции, НИРС, студенческий обмен, кросс-предметные исследования

practical competencies, students research, student exchange, cross-subject research

Введение

Современное техническое образование предполагает наличие у студентов не только базовых теоретических знаний по классическим предметам, но и, в первую очередь, высокую степень практической подготовки. В европейских и американских технических ВУЗах и колледжах навыки практического использования знаний являются приоритетными, та же тенденция наблюдается и в России [1-7]. Именно наличие УМЕНИЙ и НАВЫКОВ практических компетенций, достигаемых при обучении, обеспечивает выпускникам востребованность и конкурентоспособность на рынке труда [8-11].

Практические навыки студенты IT-направлений должны получать в процессе выполнения лабораторных и практических работ, выполнения курсовых проектов [12-20]. Даже теоретические курсы сегодня как правило имеют компьютерную поддержку преподавания, позволяя студентам кроме ознакомления с материалом и ответами на вопросы тестов выполнять и практические задания [21-30]. Кроме того, в процессе обучения для повышения уровня практических компетенций студенты проходят производственную практику. Предполагается, что именно на этом этапе обучения они воплощают полученные теоретические знания в реальные проекты [31-38]. Однако зачастую практика проходит формально, студенты не успевают за отведенное время по-настоящему вникнуть в работу, и их пребывание на предприятии ограничивается формальным посещением рабочего места либо выполнением несложных поручений. Для студентов-программистов это особенно актуально, так как реальная работа в IT-индустрии требует уже сформированных навыков и умений, компьютерные фирмы-разработчики неохотно берут на практику неподготовленных в этом плане студентов.

Обладая высоким потенциалом применения навыков математических расчетов и программирования, студенты ИВТ зачастую не могут четко представить все возможности его реализации в практических проектах.

В то же время, любой технический университет является мультидисциплинарной образовательной площадкой, где на базе различных кафедр, институтов и факультетов ведется множество научно-практических исследований. Абсолютное большинство из них, в свою очередь, нуждается в математической и программной поддержке.

Обоюдовыгодным решением может стать привлечение студентов ИВТ-специальностей к работе над проектами научных коллективов других направлений университета. Такие кросс-предметные исследования позволят обучающимся расширить круг общения, поработать в коллективе реальных потребителей программного продукта, познакомиться с новыми задачами для исследований. Однако самым главным плюсом является возможность самостоятельной разработки в реальной среде, реализация на практике полученных знаний, поиск новых нестандартных решений.

Организация кросс-предметных исследований в рамках НИРС

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева ведет подготовку студентов более чем по 40 специальностям, как естественнонаучным, так и гуманитарным. Являясь одним из крупнейших технических университетов страны, КНИТУ-КАИ представляет собой полноценную

самодостаточную среду для реализации научных исследований, в том числе междисциплинарных.

Институт Компьютерных технологий и защиты информации Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева готовит студентов по семи IT-специальностям. На кафедре Прикладной математики и информатики ИКТЗИ обучается 355 будущих бакалавров и магистров, более 80% которых активно участвуют в НИРС. Основные направления НИРС кафедры – оптимизация, автоматическое управление, искусственный интеллект и машинное обучение, стохастические системы. Специфика научной деятельности по данной тематике дает студентам возможность применить свои знания и как математиков, и как программистов, однако решаемые задачи в подавляющем большинстве носят фундаментальный характер, не затрагивая аспекты практического применения полученных знаний.

Вместе с тем, преподаватели различных кафедр и институтов активно взаимодействуют между собой, успешно реализуя совместные научные проекты. Так, на кафедре Прикладной математики и информатики ведутся совместные разработки с учеными кафедр Систем интеллектуальной безопасности, Автоматических систем управления, а также кафедр Радиоэлектроники и Общей химии и экологии, не относящихся к IT-подготовке. Однако на НИРС подобная практика распространяется крайне редко. Такая искусственная изоляция сужает научный кругозор студентов, лишая возможности применить достижения из других научных сфер в собственной области.

Решением может стать сотрудничество кафедр различных направлений в вопросах вовлечения в собственные научные исследования студентов других специальностей. Для студентов-программистов такой подход особенно актуален – их знания применимы и, собственно, и должны быть применены, в любых других, не IT областях. Математик-программист, способный формализовать задачу, определить метод ее решения и затем реализовать такое решение программно – ценный научный сотрудник для любого коллектива исследователей, не исключая и НИРС. Присутствие такого специалиста в непрофильной (для IT) разработке, безусловно, даст мощный импульс к развитию такой работы. А сам студент-программист получит уникальный опыт практического применения своих знаний «во внешней среде», за пределами собственной кафедры или института.

Для обеспечения подобных кросс-предметных НИРС у студента должно быть два научных руководителя; с собственной кафедры, и с кафедры, на которой ведутся непрофильные для него научные исследования. Несмотря на это, студенты должны проявить гораздо большую самостоятельность, чем их сверстники, ведущие разработки на собственной кафедре, так как вынуждены будут адаптировать свои знания под особенности конкретной предметной области. Это позволит в полной мере реализовать идею ПРОЕКТНОГО обучения, когда студент получает практические навыки в процессе самостоятельной работы над проблемой.

Пример реализации кросс-предметных исследований в КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

Идея участия студентов в НИРС других кафедр пока не получила достаточного распространения. Более того, администрации институтов и факультетов зачастую неохотно поощряют подобный опыт, считая успехи «своих» студентов в проектах «чужих» кафедр своеобразной «утечкой мозгов».

Однако редкие примеры применения подобного подхода демонстрируют его высокую эффективность: студенты повышают успеваемость, добиваются

значительных успехов в своих научных изысканиях, а главное значительно возрастает мотивированность к дальнейшему обучению и научной деятельности. Основная причина – устранения эффекта оторванности изучаемых дисциплин от реальности, когда обучающиеся не видят не только связи между различными дисциплинами, но и не представляют возможности их применения на практике.

Студентка 4-го курса бакалавриата направления 01.03.02- «Прикладная математика и информатика» Ксения Новикова выполняет НИРС в рамках проекта кафедры Общей химии и экологии по расчетным методикам определения загрязнения объектов окружающей среды. Основой явилось взаимодействие преподавателей кафедр Прикладной математики и Общей химии в рамках совместного исследовательского проекта, составной частью которого являлись расчетные методы экологического мониторинга. В качестве эксперимента было принято решение привлечь к исполнению данного этапа студента-программиста, так как студенты специальности «Экология» не обладали достаточными компетенциями для проведения математического моделирования и расчетов, а также не обучались программированию.

Привлечение студента IT-специальности к экологической задаче потребовало некоторой предварительной подготовки, дабы познакомить студента с особенностями предметной области, обучить терминологии, познакомить с действующими ограничениями и нормативными актами, в рамках которых выполняется проект.

Перед студенткой была поставлена задача формирования математической модели расчета содержания вредных примесей в атмосфере в зависимости от интенсивности автотранспортного потока. Для выполнения задачи Новикова К.Н. самостоятельно выполнила следующие этапы исследований:

1. Анализ имеющейся информации о системе. Для выполнения работ студентке были предоставлены следующие материалы: в период с 14.08 по 27.08 2018 года были проведены натурные измерения интенсивности автотранспортного потока на пересечении ул. Газовая и ул. Назарбаева в непосредственной зоне автоматического поста измерений загрязнения атмосферы АСКЗА-2 (ул. Павлюхина, 57). Измерения проводились с двадцатиминутным интервалом в светлое время суток с 10-00 до 16-00 часов. Измерялись следующие показатели интенсивности автотранспортного потока (количество проездов по обеим сторонам дороги за 20 минут):

- 1) Легковых автомобилей
- 2) Микроавтобусов
- 3) Грузовых автомобилей менее 12т.
- 4) Грузовых автомобилей свыше 12т.
- 5) Автобусов свыше 3,5т.
- 6) Скорость движения - км/ч

В этот же период были сняты показания загрязнения атмосферы на АСКЗА-2 в те же периоды с 20-ти минутным осреднением по следующим ЗВ:

- A. Азот II оксид (NO) – мг/м³
- B. Азота диоксид (NO₂) – мг/м³
- C. Углерода оксид (CO) – мг/м³
- D. Пыль– мг/м³

Таким образом, всего получено 120 кортежей данных, содержащих измерения шести параметров интенсивности автотранспортного потока и четырех загрязняющих веществ. Примеры фрагментов кортежей данных приведены на Рис.1.

№	A Дата	B Время	C Л	D АМ	E Г≤12	F Г>12	G А>3,5	H Скорость движения	I NO знач.	J NO2 знач.	K Пыль знач.	L CO знач.
1												
2	14.08.2018	10.00-10.20	844	36	15	8	33	60	0,001	0,072	0,003	0,5
3	14.08.2018	10.20-10.40	844	36	15	8	33	60	0,001	0,071	0,004	0,5
4	14.08.2018	10.40-11.00	844	36	15	8	33	60	0,001	0,098	0,003	0,5
5	14.08.2018	11.00-11.20	844	36	15	9	33	60	0	0,077	0,003	0,5
6	14.08.2018	11.20-11.40	844	36	15	9	32	60	0	0,054	0,003	0,4
7	14.08.2018	11.40-12.00	844	36	16	9	33	60	0,001	0,055	0,003	0,4
8	14.08.2018	12.00-12.20	840	30	26	11	33	60	0,001	0,052	0,003	0,4
9	14.08.2018	12.20-12.40	840	30	26	11	33	60	0	0,041	0,003	0,3
10	14.08.2018	12.40-13.00	840	30	26	11	33	60	0	0,04	0,002	0,3
11	14.08.2018	13.00-13.20	840	30	26	11	33	60	0,001	0,034	0,003	0,3
12	14.08.2018	13.20-13.40	840	30	26	10	33	60	0,001	0,035	0,002	0,3
13	14.08.2018	13.40-14.00	840	30	26	11	33	60	0	0,04	0,002	0,3
14	14.08.2018	14.00-14.20	857	20	16	11	25	60	0,001	0,042	0,003	0,3
15	14.08.2018	14.20-14.40	861	20	19	8	25	60	0,001	0,064	0,002	0,4
16	14.08.2018	14.40-15.00	924	20	15	10	25	60	0	0,043	0,002	0,3
17	14.08.2018	15.00-15.20	831	20	13	10	25	60	0	0,046	0,002	0,3
18	14.08.2018	15.20-15.40	923	20	20	3	25	60	0,001	0,04	0,002	0,3

Рис.1. Сформированные для построения регрессионных моделей кортежи данных зависимости «параметры автотранспортного потока – загрязняющие вещества в атмосфере»

2. Определение типа модели. На основании имеющихся в распоряжении команды кафедры Общей химии и экологии данных и после консультаций с научными руководителями по профильной (ПМиИ) и непрофильной (ОХиЭ) кафедрам, было принято решение о построении регрессионной модели. На данном этапе студентом были реализованы на практике знания, полученные в курсе «Компьютерное моделирование процессов и систем». В качестве типа модели была определена множественная линейная модель. Всего решено построить четыре линейные регрессионные модели (для каждого загрязняющего вещества-ЗВ) вида:

$$f_i(X) = 3Z_i \quad (1)$$

Здесь:

$X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ – вектор входных параметров модели – характеристики автотранспортного потока:

x_1 - количество легковых автомобилей (шт.)

x_2 - количество микроавтобусов(шт.)

x_3 - количество грузовых автомобилей менее 12т. (шт.)

x_4 - количество грузовых автомобилей свыше 12т. (шт.)

x_5 - количество автобусов свыше 3,5т. (шт.)

x_6 - средняя скорость движения автомобильного потока (км/ч)

$3Z_i$ - содержание в воздухе i -того ЗВ ($i = \overline{1,4}$)

$$f_i(X) = a_0 + \sum_{k=1}^6 a_k x_k \quad (2)$$

- линейная регрессионная модель процесса загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта для i -того ЗВ.

3. Этап практического моделирования. На данном этапе Новикова К.Н. применила знания, полученные в курсах «Основы информатики и программирование», «Программирование на языках высокого уровня», выбрав программную среду для определения коэффициентов регрессионной модели по методу наименьших квадратов (МНК) - Statistica 6.1. При реализации МНК были использованы знания, полученные в курсе «Методы оптимизации». В качестве примера приведем здесь линейную модель зависимости содержания оксида азота (NO) в атмосферном воздухе от интенсивности автотранспортного потока.

а) Вид зависимости:

$$f_{NO}(X) = 0,004487 + 0,000001x_1 - 0,000012x_2 + 0,000136x_3 - 0,000247x_4 - 0,000087x_5 - 0,000031x_6 \quad (3)$$

б) Графическое представление отношения измеренных и рассчитанных по модели (3) данных:

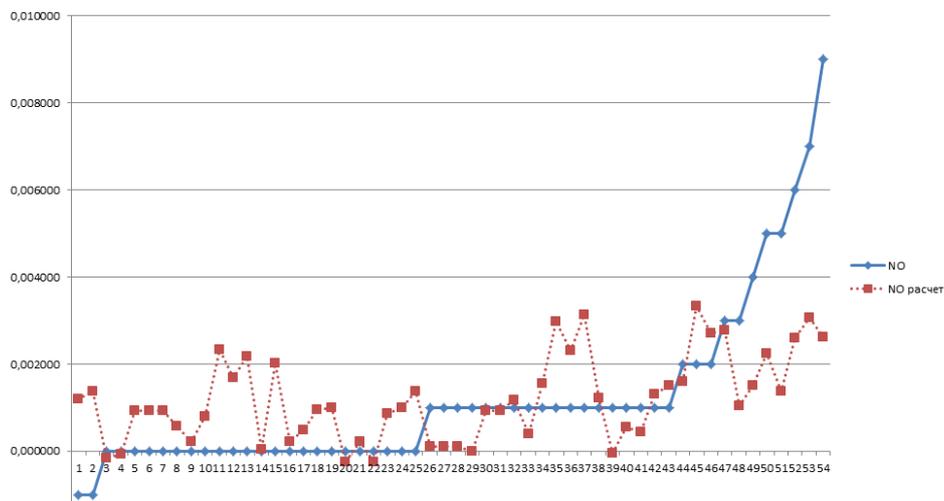


Рис. 2. Разница между измеренными и рассчитанными согласно линейной модели (3) данными о содержании NO в атмосфере

4. Анализ построенных моделей на адекватность. В соответствии с требованиями к анализу моделей, изучаемыми студентами направления «Прикладная математика и информатика» в курсе «Компьютерное моделирование процессов и систем», Ксения Новикова произвела оценку адекватности моделей по значению коэффициента детерминации R^2 . Анализ показал низкую степень адекватности для всех четырех построенных моделей - от 0,45 для оксида углерода (CO) до 0,12 для мелкодисперсной пыли. Подобный результат мотивировал студентку вновь обратиться к научному руководителю от профильной (ПМИИ) кафедры. В процессе консультаций было принято решение о необходимости расширения

состава входных переменных, то есть об увеличении размерности входного вектора модели, за счет учета метеофакторов. Таким образом, на данном этапе реализованы сразу два положительных момента проектного обучения – *самостоятельный анализ результатов, и выработка коллегиального решения в процессе консультаций.*

- Повторное моделирование системы на основе расширенного вектора входных параметров. Студенты кафедры ОХиЭ, участвующие в данных научных исследованиях, на основании натуральных измерений добавили в кортежи данных по интенсивностям автотранспортного потока с экспериментально измеренными значениями концентрации примесей ЗВ в атмосфере данные о метеоусловиях с поста наблюдения АСКЗА-2 с интервалом в 20 минут, соответствующие периодам экспериментальных замеров ЗВ в атмосфере и количества автотранспорта, проехавшего в зоне измерения АСКЗА с детализацией по типам автотранспорта.

Примеры фрагментов кортежей данных, дополненных метеоусловиями, приведены на Рис.3.

А	В	С	Д	Е	Г	Н	И	К	Л	М	О	Р	Q			
Дата	Время	Л	АМ	Г±12	Г>12	А>3,5	Скорост % движения	Атмосферно е давление	Направле ние ветра	Относительная влажность	Скорость ветра	Температура воздуха	NO знач.	NO2 знач.	Пыль знач.	СО знач.
14.08.2018	10.00-10.20	844	36	15	8	33	60	753,5	273	61	0,9	19,6	0,001	0,072	0,003	0,5
14.08.2018	10.20-10.40	844	36	15	8	33	60	753,6	287	61	1	19,6	0,001	0,071	0,004	0,5
14.08.2018	10.40-11.00	844	36	15	8	33	60	753,6	274	59	0,4	19,8	0,001	0,098	0,003	0,5
14.08.2018	11.00-11.20	844	36	15	9	33	60	753,6	288	57	0,4	20,3	0	0,077	0,003	0,5
14.08.2018	11.20-11.40	844	36	15	9	32	60	753,7	280	54	1,2	20,6	0	0,054	0,003	0,4
14.08.2018	11.40-12.00	844	36	16	9	33	60	753,6	272	53	1	20,9	0,001	0,055	0,003	0,4
14.08.2018	12.00-12.20	840	30	26	11	33	60	753,6	288	50	1,2	21,4	0,001	0,052	0,003	0,4
14.08.2018	12.20-12.40	840	30	26	11	33	60	753,6	284	47	1,4	21,9	0	0,041	0,003	0,3
14.08.2018	12.40-13.00	840	30	26	11	33	60	753,5	280	47	1,5	22,4	0	0,04	0,002	0,3
14.08.2018	13.00-13.20	840	30	26	11	33	60	753,5	274	45	2	22,7	0,001	0,034	0,003	0,3
14.08.2018	13.20-13.40	840	30	26	10	33	60	753,5	280	44	1,8	23,2	0,001	0,035	0,002	0,3
14.08.2018	13.40-14.00	840	30	26	11	33	60	753,3	295	45	1,7	23,1	0	0,04	0,002	0,3
14.08.2018	14.00-14.20	857	20	16	11	25	60	753,4	280	45	2,2	22,6	0,001	0,042	0,003	0,3
14.08.2018	14.20-14.40	861	20	19	8	25	60	753,3	253	43	1,3	23,5	0,001	0,064	0,002	0,4
14.08.2018	14.40-15.00	924	20	15	10	25	60	753,4	276	45	1,8	22,8	0	0,043	0,002	0,3
14.08.2018	15.00-15.20	831	20	13	10	25	60	753,5	286	45	2,4	22,5	0	0,046	0,002	0,3
14.08.2018	15.20-15.40	923	20	20	3	25	60	753,5	298	44	1,9	22,8	0,001	0,04	0,002	0,3
14.08.2018	15.40-16.00	969	20	11	7	25	60	753,7	143	55	0,6	21	0	0,086	0,001	0,3
14.08.2018	16.00-16.20	785	14	25	2	34	60	753,7	218	56	0,8	20,7	0,007	0,114	0,001	0,5
14.08.2018	16.20-16.40	827	13	24	3	39	60	753,7	287	51	1,1	21,9	0,001	0,068	0,001	0,4
14.08.2018	16.40-17.00	794	18	23	2	39	60	753,7	293	48	0,9	22,7	0	0,065	0,001	0,4
14.08.2018	17.00-17.20	973	12	21	0	35	60	753,8	264	47	1,1	22,9	0,001	0,043	0,001	0,4
14.08.2018	17.20-17.40	928	11	13	2	34	60	753,9	269	48	1,6	22,5	0,002	0,049	0,001	0,4
14.08.2018	17.40-18.00	1093	15	19	3	40	60	754	249	43	1,4	22,8	0	0,038	0,001	0,4
15.08.2018	8.00-8.20	943	12	10	8	4	62,5	758,1	279	67	0,5	17,8	0,005	0,056	0,003	0,6
15.08.2018	8.20-8.40	774	13	22	4	30	57,5	758,2	279	62	0,5	18,6	0,006	0,063	0,003	0,6
15.08.2018	8.40-9.00	616	6	19	1	34	55	758,1	243	57	0,5	19,7	0,009	0,06	0,002	0,6
15.08.2018	9.00-9.20	744	10	29	6	27	57,5	758,2	272	55	0,7	20,2	0,002	0,053	0,002	0,5
15.08.2018	9.20-9.40	575	6	26	6	27	59	758,2	288	53	1,1	20,3	0,003	0,048	0,003	0,5
15.08.2018	9.40-10.00	525	14	21	2	32	52,5	758,2	292	54	1,3	20,5	0,002	0,054	0,004	0,5
15.08.2018	12.00-12.20	647	14	7	3	20	37,5	758	259	45	1,3	23,7	0	0,046	0,003	0,4
15.08.2018	12.20-12.40	676	29	6	2	30	39	758	265	45	1,3	23,5	0,001	0,036	0,003	0,4
15.08.2018	12.40-13.00	668	26	2	5	30	39	757,9	291	43	1,5	24	0,001	0,035	0,002	0,4
15.08.2018	13.00-13.20	655	22	3	5	31	39	757,8	298	41	1,1	24,4	0	0,031	0,002	0,3

Рис.3. Сформированные для построения регрессионных моделей кортежи данных зависимости «параметры автотранспортного потока + метеопараметры – загрязняющие вещества в атмосфере»

Повторное моделирование позволило получить более адекватные модели: коэффициенты детерминации составили от 0,82 для оксида углерода до 0,56 для оксида азота. Пример модели для оксида азота:

- Вид зависимости:

$$f_{NO}(X) = -0,298317 + 0,000002x_1 + -0,000007x_2 + 0,000096x_3 - 0,000193x_4 - 0,000013x_5 - 0,000032x_6 + 0,000398x_7 - 0,000013x_8 + 0,000131x_9 + 0,000761x_{10} - 0,000175x_{11} \quad (4)$$

- б) Коэффициент детерминации: $R^2 = 0,567934$
- в) Графическое представление отношения измеренных и рассчитанных по модели (4) данных:

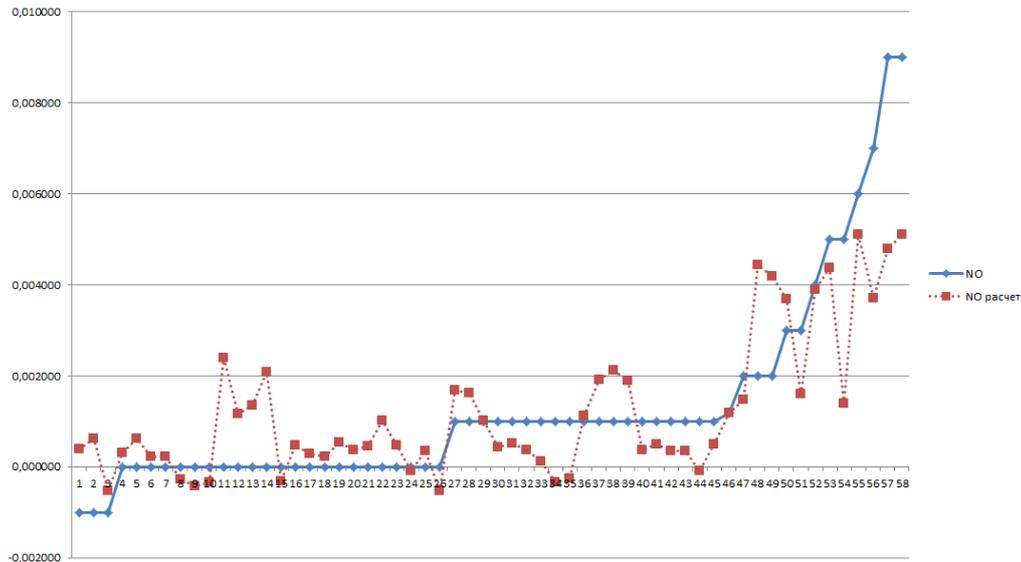


Рис. 4. Разница между измеренными и рассчитанными согласно линейной модели (4) данными о содержании NO в атмосфере

Данный этап позволил студентке *участвовать в командной работе* со студентами другого института и другой специальности, *выработать командные навыки*, а также *усовершенствовать знания и терминологию по исследуемой предметной области*.

6. Анализ полученных результатов. Так как, с математической точки зрения, полученные результаты отвечали условиям приемлемой адекватности, студентка Новикова обратилась к научному руководителю кафедры ОХиЭ для получения дальнейших рекомендаций по исследованиям. В процессе консультаций было принято решение о продолжении работы над моделью, так как в практическом плане полученные результаты нельзя считать полностью удовлетворительными в силу значительных расхождений отдельных результатов измерений и теоретически предсказанных значений, хотя в среднем разница и невелика. Данный этап позволил студентке на практике познакомиться с важнейшим этапом моделирования – ПРИМЕНИМОСТИ НА ПРАКТИКЕ, когда лицо, принимающее решение (в данном случае – специалист кафедры ОХиЭ), обладая неформализуемой информацией в предметной области, принимает окончательное решение о возможности реализации полученного математического решения задачи. Данный этап подробно освещался в курсе «Теория игр и исследование операций», однако в практическом плане студенты никогда не сталкиваются с данной ситуацией при выполнении лабораторных, практических работ и курсовых проектов.

Руководитель от непрофильной кафедры раскрыл перед студенткой возможные причины низкой (с точки зрения специалиста) точности модели. Проведя *самостоятельный анализ* и переосмыслив информацию с точки зрения математика, Новикова приняла решение строить модели других типов – нелинейные модели. При консультации с научным руководителем профильной кафедры, было принято решение о построении квадратичных моделей.

7. Практическое моделирование квадратичных моделей. При реализации принятой стратегии моделирования в программной среде Statistica 6.0 возникли трудности технического характера: современные математические и статистические программные пакеты не позволяют строить нелинейные модели с числом входных параметров более трех, в то время как в предполагаемой модели их должно быть шесть. Студенткой Новиковой были проведены *самостоятельные изыскания* по подбору подходящих программных сред для реализации таких моделей, однако в результате был применен прием, рассматриваемый студентами-программистами в курсе «Компьютерное моделирование процессов и систем» по замене нелинейных слагаемых модели предварительно вычисленными линейными членами: так квадраты параметров были добавлены в качестве дополнительных столбцов-входных переменных в набор измеренных данных.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
1	Дата	Время	L	L ²	AM	AM ²	G±12	(G-12) ²	G±12	(G-12) ²	A>3,5	(A>3,5) ²	Скорост ь	Скоор ²	Атмосфе рное давление	Направле ние ветра	Относитель ная влажность	Скорост ь ветра	Температ ура воздуха	NO знач.	NO2 знач.	Пыль знач.	CO знач.
2	14.08.2018	10:00-10:20	844	712336	36	1296	15	225	8	64	33	1089	60	3600	753,5	273	61	0,9	19,6	0,001	0,072	0,003	0,5
3	14.08.2018	10:20-10:40	844	712336	36	1296	15	225	8	64	33	1089	60	3600	753,6	287	61	1	19,6	0,001	0,071	0,004	0,5
4	14.08.2018	10:40-11:00	844	712336	36	1296	15	225	8	64	33	1089	60	3600	753,6	274	59	0,4	19,8	0,001	0,098	0,003	0,5
5	14.08.2018	11:00-11:20	844	712336	36	1296	15	225	9	81	33	1089	60	3600	753,6	288	57	0,4	20,3	0	0,077	0,003	0,5
6	14.08.2018	11:20-11:40	844	712336	36	1296	15	225	9	81	32	1024	60	3600	753,7	280	54	1,2	20,6	0	0,054	0,003	0,4
7	14.08.2018	11:40-12:00	844	712336	36	1296	16	256	9	81	33	1089	60	3600	753,6	272	53	1	20,9	0,001	0,055	0,003	0,4
8	14.08.2018	12:00-12:20	840	705600	30	900	26	676	11	121	33	1089	60	3600	753,6	288	50	1,2	21,4	0,001	0,052	0,003	0,4
9	14.08.2018	12:20-12:40	840	705600	30	900	26	676	11	121	33	1089	60	3600	753,6	284	47	1,4	21,9	0	0,041	0,003	0,3
10	14.08.2018	12:40-13:00	840	705600	30	900	26	676	11	121	33	1089	60	3600	753,5	280	47	1,5	22,4	0	0,04	0,002	0,3
11	14.08.2018	13:00-13:20	840	705600	30	900	26	676	11	121	33	1089	60	3600	753,5	274	45	2	22,7	0,001	0,034	0,003	0,3
12	14.08.2018	13:20-13:40	840	705600	30	900	26	676	10	100	33	1089	60	3600	753,5	280	44	1,8	23,2	0,001	0,035	0,002	0,3
13	14.08.2018	13:40-14:00	840	705600	30	900	26	676	11	121	33	1089	60	3600	753,3	295	45	1,7	23,1	0	0,04	0,002	0,3
14	14.08.2018	14:00-14:20	857	734449	20	400	16	256	11	121	25	625	60	3600	753,4	280	45	2,2	22,6	0,001	0,042	0,003	0,3
15	14.08.2018	14:20-14:40	861	741321	20	400	19	361	8	64	25	625	60	3600	753,3	253	43	1,3	23,5	0,001	0,054	0,002	0,4
16	14.08.2018	14:40-15:00	924	853776	20	400	15	225	10	100	25	625	60	3600	753,4	276	45	1,8	22,8	0	0,043	0,002	0,3
17	14.08.2018	15:00-15:20	831	690561	20	400	13	169	10	100	25	625	60	3600	753,5	286	45	2,4	22,5	0	0,046	0,002	0,3
18	14.08.2018	15:20-15:40	923	851929	20	400	20	400	3	9	25	625	60	3600	753,5	298	44	1,9	22,8	0,001	0,04	0,002	0,3
19	14.08.2018	15:40-16:00	969	938861	20	400	11	121	7	49	25	625	60	3600	753,7	143	55	0,6	21	0	0,086	0,001	0,3
20	14.08.2018	16:00-16:20	785	616225	14	196	25	625	2	4	34	1156	60	3600	753,7	218	56	0,8	20,7	0,007	0,114	0,001	0,5
21	14.08.2018	16:20-16:40	827	683929	13	169	24	576	3	9	39	1521	60	3600	753,7	287	51	1,1	21,9	0,001	0,068	0,001	0,4
22	14.08.2018	16:40-17:00	794	630436	18	324	23	529	2	4	39	1521	60	3600	753,7	293	48	0,9	22,7	0	0,065	0,001	0,4
23	14.08.2018	17:00-17:20	973	946729	12	144	21	441	0	0	35	1225	60	3600	753,8	264	47	1,1	22,9	0,001	0,043	0,001	0,4
24	14.08.2018	17:20-17:40	928	861184	11	121	13	169	2	4	34	1156	60	3600	753,9	269	48	1,6	22,5	0,002	0,049	0,001	0,4
25	14.08.2018	17:40-18:00	1033	1067089	15	225	19	361	3	9	40	1600	60	3600	754	249	43	1,4	22,8	0	0,038	0,001	0,4
26	15.08.2018	8:20-8:40	843	899369	12	144	19	361	8	64	4	16	63,5	3906,25	758,1	279	67	0,5	17,8	0,005	0,056	0,003	0,6
27	15.08.2018	8:20-8:40	774	599076	13	169	22	484	4	16	30	900	57,5	3306,25	758,2	279	62	0,5	18,6	0,006	0,063	0,003	0,6

Рис. 5. Наборы исходных данных, дополненные столбцами с предварительно вычисленными квадратами параметров автотранспортного потока

Впоследствии такие преобразованные параметры использованы в качестве линейных слагаемых, что позволило построить нелинейные квадратичные модели как линейные для всего набора входных данных. Таким образом, были построены линейные модели, по факту представляющие собой квадратные полиномы.

8. Анализ результатов моделирования квадратичных моделей. Значения коэффициентов детерминации достигли значений от 0,92 для оксида углерода до 0,63 для оксида азота. Графики зависимости также демонстрируют значительное увеличение адекватности. Так, для оксида углерода: Квадратичная модель содержания оксида углерода (CO) в атмосферном воздухе в зависимости от интенсивности автотранспортного потока и метеоусловий.

а) Коэффициенты функции регрессии:

Таблица 1

Регрессионные коэф-ты квадратичной модели распространения оксида углерода (CO)

Обозначение коэф-та	Физический смысл коэф-та	Значение
a ₀	Свободный член	-42,8542
a ₁	L	-0,0000
a ₂	L ²	-0,0000
a ₃	AM	-0,0319
a ₄	AM ²	0,0006
a ₅	Г≤12	-0,0674
a ₆	(Г<12) ²	0,0012
a ₇	Г>12	-0,0322
a ₈	(Г>12) ²	0,0044
a ₉	A>3,5	0,0240
a ₁₀	(A>3,5) ²	-0,0001
a ₁₁	Скорость	-0,0345
a ₁₂	Скор ²	0,0005
a ₁₃	Атмосферное давление	0,0524
a ₁₄	Направление ветра	-0,0017
a ₁₅	Относительная влажность	0,0443
a ₁₆	Скорость ветра	0,0684
a ₁₇	Температура воздуха	0,1195

- b) Коэффициент детерминации: $R^2 = 0,9215$
- c) Графическое представление отношения измеренных и рассчитанных по модели данных:

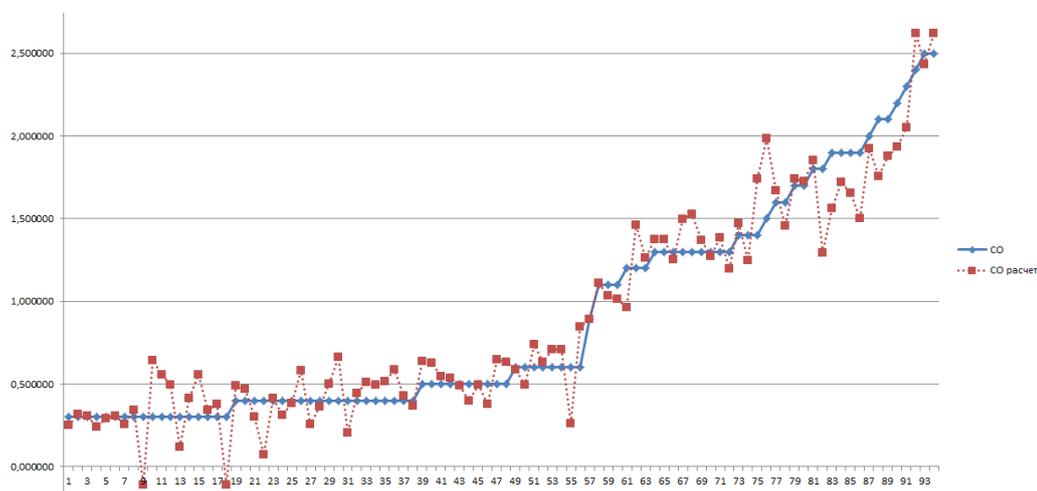


Рис. 6. Разница между измеренными и рассчитанными согласно квадратичной модели данными о содержании CO в атмосфере

Данные модели были признаны специалистами кафедры ОХиЭ достаточно точными для практической реализации. *Описанный этап НИРС был завершён публикацией результатов в журнале перечня ВАК [39]*

Заключение

Кросс-предметные исследования в рамках НИРС положительно сказываются на освоении обучающимися практических компетенций по проведению самостоятельных проектных исследований. Рассмотренный подход позволяет студентам IT-специальностей реализовать свои знания в незнакомой предметной области, что является своеобразным моделированием их будущей реальной профессиональной деятельности. В отличие от учебных задач, НИРС, выполняемые на непрофильной по отношению к IT кафедре, знакомят студента с полным перечнем возможных этапов проектирования, в том числе и с необходимостью корректировки план исследований и исправлением возникающих ошибок. Также студенты обнаруживают прямую связь изученных ранее теоретических предметов с практикой, применяя имеющиеся у них знания, полученные по профильной специальности, для решения реальных задач. Кросс-предметные НИРС формируют навыки работы в команде и расширяют кругозор будущего IT-специалиста.

Литература

1. Захарова И.В., Сыромясов А.О. Отечественные стандарты высшего образования: эволюция математического содержания и сравнение с финскими аналогами // Вестник ТвГУ. Серия Педагогика и психология. 2016. № 2. С. 140-155.
2. Кузенков О.А., Тихомиров В.В. Использование методологии "Tuning" при разработке национальных рамок компетенций в области ИКТ// Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2013. № 9. С. 77-87.
3. Кузенков О.А., Захарова И.В. Взаимосвязь между проектом Metamath и продолжающейся реформой высшего образования в России // Образовательные технологии и общество. 2017. Т. 20. № 3. С. 279-291
4. Захарова И.В., Дудаков С.М., Язенин А.В. О разработке магистерской программы по УГНС «Компьютерные и информационные науки» в соответствии с профессиональными стандартами // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2016. № 3. С. 114-126.
5. Kuzenkov O.A., Zakharova I.V. Mathematical programs modernization based on Russian and International standards//Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14. № 1. С. 233-244.
6. Soldatenko I.S., Balandin D.V., Kuzenkov O.A., Zakharova I.V., Biryukov R.S., Kuzenkova G.V., Yazenin A.V., Novikova S.V. Modernization of math-related courses in engineering education in Russia based on best practices in European and Russian universities. В книге: 44th Annual Conference of the European Society for Engineering Education - Engineering Education on Top of the World: Industry-University Cooperation, SEFI 2016 44, Engineering Education on Top of the World: Industry-University Cooperation. 2016. С. 131.
7. Zakharova I.V., Kuzenkov O.A., Soldatenko I.S., Yazenin A.V., Novikova S.V., Medvedeva S.N., Chukhnov A.S. Using SEFI framework for modernization of requirements system for mathematical education in Russia. В книге: 44th Annual Conference of the European Society for Engineering Education - Engineering Education

- on Top of the World: Industry-University Cooperation, SEFI 2016 44, Engineering Education on Top of the World: Industry-University Cooperation. 2016. С. 164.
8. Захарова И.В., Дудаков С.М., Солдатенко И.С. Проектирование образовательных программ в области ИКТ с учетом профессиональных стандартов // Инженерное образование. 2017. № 21. С. 140-144.
 9. Zakharova I., Kuzenkov O. Experience in implementing the requirements of the educational and professional standards in the field of ICT in russian education. В сборнике: CEUR Workshop Proceedings Selected Papers of the 11th International Scientific-Practical Conference Modern Information Technologies and IT-Education, SITITO 2016. С. 17-31.
 10. Петрова И.Ю., Зарипова В.М., Ишкина Е.Г., Маликов А.В., Варфоломеев В.А., Захарова И.В., Кузенков О.А., Курмышев Н.В., Милицкая С.К. Ключевые ориентиры для разработки и реализации образовательных программ в предметной области «Информационно-коммуникационные технологии». Бильбао, 2013.
 11. Захарова И.В., Кузенков О.А. Опыт актуализации образовательных стандартов высшего образования в области ИКТ// Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13. № 4. С. 46-57.
 12. Bedny A., Erushkina L., Kuzenkov O. Modernising educational programmes in ICT based on the Tuning methodology//Tuning Journal for Higher Education, 2014, V. 1. № 2. С. 387-397.
 13. Медведева С.Н. Разработка интерактивных электронных образовательных ресурсов для e-learning.//Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Новые технологии, материалы и оборудование российской аэрокосмической отрасли» АКТО-2016 10-11 августа 2016 г. -С. 977-980
 14. Медведева С. Н. Проектирование дистанционного обучающего курса в среде Lotus Learning Space//Educational Technology & Society.2005. ¹ 8(1). ISSN 1436-4522, P. 148-164.
 15. Новикова С.В. Проблемы интеграции практико-лабораторных модулей в дистанционный обучающий комплекс среды Learning Space.//Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)». 2014. -V.17. -№4. -С.543-554.
 16. Медведева С.Н., Дубовский К.П. Проектирование электронного курса сложной логической структуры в системе дистанционного обучения Blackboard//Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" -2011. -V.14. -№4. -С.329-341. - ISSN 1436-4522
 17. Кремлева Эльмира Шамильевна, Новикова Светлана Владимировна Программные средства поддержки самостоятельной работы студентов в рамках курса «Компьютерное моделирование процессов и систем» для студентов технических ВУЗов// Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2018. - Т.21. - №1. - С.363-387.
 18. Медведева С.Н. К методике проектирования информационных технологий обучения на основе компьютерных учебников.//Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева, -Казань: 1999. № 2-С. 76-79.

19. Кузенков О.А., Кузенкова Г.В., Бирюков Р.С. Разработка фонда оценочных средств с использованием пакета MathBridge // Образовательные технологии и общество. 2016. Т. 19. № 4. С. 465-478.
20. Сыромясов А. О. Выравнивающие курсы по математике для студентов естественнонаучных и инженерных направлений специальностей / А. О. Сыромясов, Д. К. Егорова, М. В. Козлов, И. И. Чучаев, С. А. Федосин // Образовательные технологии и общество. – 2017. – Т. 20. – №1. – С. 393–399..
21. Ларин С.В. Алгебра и математический анализ с GeoGebra.//Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. -2013. -№1(23). -С.236-240.
22. Валитова Наталья Львовна, Новикова Светлана Владимировна Внедрение интерактивных демонстраций в статичные элементы обучения системы MathBridge// Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2017. - Т.20. - №1. - С.381-392. - ISSN 1436-4522.
23. Савкина А.В., Нуштаева А.В., Борискина И.П. Информатизация курса "Алгебра и геометрия" с помощью интеллектуальной обучающей системы Math-Bridge Образовательные технологии и общество. 2016. Т. 19. № 4. С. 479-487.
24. Савкина А.В., Немчинова Е.А., Макарова Н.В. Реализация многоуровневых алгоритмов сортировки при создании динамических упражнений в интеллектуальной обучающей системе Math-Bridge. В сборнике: XLV Огарёвские чтения Материалы научной конференции. В 3-х частях. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. 2017. С. 745-749.
25. Макарова Н.В., Немчинова Е.А., Савкина А.В., Федосин С.А. Возможности интеллектуальной системы Math-Bridge при обучении студентов методам сортировки массивов Инженерное образование. 2017. № 21. С. 110-116.
26. Новикова С.В. Нестандартные элементы e-learning курсов системы Math-Bridge// Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2016. - Т.19. - №3. - С.440-464. - ISSN 1436-4522
27. Кремлева Эльмира Шамильевна, Новикова Светлана Владимировна Использование интерактивных формул и выражений в динамических тест-объектах e-learning системы MathBridge // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2017. - Т.20. - №1. - С.366-380. - ISSN 1436-4522.
28. Новикова С.В., Снегуренко А.П. К вопросу создания мультязычных электронных обучающих курсов// Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2016. - Т.19. - №4. - С.429-439. - ISSN 1436-4522
29. Novikova S.V., Sosnovsky S.A., Yakhina R.R., Valitova N.L., Kremleva E.Sh. The specific aspects of designing computer-based tutors for future engineers in numerical methods studying. Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education. 2017; 2(21):322-343. DOI: 10.15507/1991-9468.087.021.201702.322-343
30. Snegurenko A.P., Sosnovsky S.A., Novikova S.V., Yakhina R.R., Valitova N.L., Kremleva E.Sh. Using E-Learning Tools to Enhance Students-Mathematicians' Competences in the Context of International Academic Mobility Programmes.

- Integratsiya obrazovaniya = Integration of Education. 2019; 23(1):8-22. DOI: 10.15507/1991-9468.094.023.201901.008-022
31. Новикова С.В., Новикова К.Н. Инструменты оценки эффективности обучения по стандартам SEFI в e-learning системе Math-Bridge // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2016. - Т.19. - №3. - С.496-508. - ISSN 1436-4522.
 32. Kremer, M., Brannen, C., & Glennerster, R. The challenge of education and learning in the developing world. // Science, 2013, 340(6130), 297–300. DOI: 10.1126/science.1235350
 33. Валитова Наталья Львовна, Новикова Светлана Владимировна, Кремлева Эльмира Шамильевна Разработка электронного образовательного ресурса в поддержку курса Software and Systems Engineering на платформе Blackboard для студентов Германо-Российского института новых технологий // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2018. - Т.21. - №1. - С.305-321.
 34. Савкина А.В., Савкина А.В., Федосин С.А. Виртуальные лаборатории в дистанционном обучении. Образовательные технологии и общество. 2014. Т. 17. № 4. С. 507-517.
 35. Савинов И.А., Савкина А.В. Виртуальные лаборатории как средство обучения студентов В сборнике: Проблемы и достижения в науке и технике сборник научных трудов по итогам III международной научно-практической конференции. 2016. С. 14-16.
 36. Савкина А.В., Нуштаева А.В., Шарамазанов Р.М. Виртуальная лаборатория для определения длины световой волны с помощью колец Ньютона В сборнике: Современные проблемы управления и регулирования: инновационные технологии и техника сборник статей Международной научно-практической конференции. 2016. С. 12-20.
 37. Савинов И.А., Савкина А.В. Виртуальный лабораторный практикум: технологии создания и реализации В сборнике: Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2017. С. 13-15.
 38. Нуштаева А.В., Савкина А.В., Тихонова Н.П., Макарова Н.В., Немчинава Е.А., Пыресева О.С. Разработка виртуального лабораторного комплекса для определения горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли В сборнике: Лучшая научно-исследовательская работа 2017 сборник статей XI Международного научно-практического конкурса. 2017. С. 68-73.
 39. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Шагидуллин А.Р., Новикова К.Н., Кузнецова О.Н. Компьютерное моделирование влияния выбросов автотранспорта на локальном участке мегаполиса (сообщение 1) // Вестник Казанского технологического университета. – Т.22. – Казань: Изд-во Казанского государственного технологического университета – 2019 (Т.22, №5, с.147-151)