

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Московский Физико-Технический Институт
(национальный исследовательский университет)
Кафедра инновационной педагогики



Кафедра
Инновационной
Педагогики **МФТИ**

**ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО КУРСУ
«ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ»**

Долгопрудный 2019

Аннотация

Курс «Введение в математический анализ» является фундаментальным курсом, обязательным для студентов первого курса МФТИ. Успех дальнейшего обучения во многом зависит от освоения данного курса. Методика ведения данного курса является классической для МФТИ и во многом неизменной. Выглядит она следующим образом: чтение лекций для общего потока студентов, ведение семинаров по группам, сдача трёх заданий по группам согласно календарному плану и коллоквиума. Экзамен состоит из письменной и устной частей.

Целью данной экспертизы является анализ альтернативной методики ведения курса «Введение в математический анализ».

Схема экспертизы

Экспертиза курса проходила в несколько этапов. На первом этапе данный курс был интегрирован в учебный процесс группы Б06-801 Физтех-школы биологической и медицинской физики. Студенты данной группы обучались исключительно по альтернативной методике. На втором этапе студенты группы Б06-801 писали общий письменный экзамен с потоком студентов первого курса Физтех-школы биологической и медицинской физики. Контрольные задания были едиными для всех участников экзамена и составлялись преподавателями кафедры высшей математики МФТИ. Все работы участников экзамена были проверены преподавателями кафедры высшей математики, работы группы Б06-801 были переданы в экспертный совет. Затем студенты группы Б06-801 писали письменный экзамен по теоретической части курса, задачи этой части экзамена были составлены и проверены авторами альтернативной методики. Условия контрольных работ, правила проверки, результаты проверки также были переданы в экспертный совет с целью ознакомления. На третьем этапе состоялась очная встреча преподавателей курса и экспертного совета с целью презентации курса.

После трёх этапов экспертам предлагалось заполнить анкеты. Анкета эксперта состояла из четырех блоков: первый блок – оценка письменной контрольной работы, второй блок – оценка теоретической контрольной работы (теоретическая часть курса), третий блок – оценка команды образовательного проекта, четвертый блок – рецензия эксперта.

Описание проверяемой методики

Курс «Введение в метаматематический анализ» содержательно основан на классической программе МФТИ. Организационно курс делится на два модуля в семестре. Каждый модуль содержит семь учебных недель (две лекции и два воркшоп каждую неделю). По итогам каждого модуля проходит коллоквиум, а также практическая и теоретическая письменные работы. Контрольные точки по итогам второго модуля содержали в том числе все темы первого модуля.

В рамках лекций, помимо подробного изложения теории, решаются основные практические задачи. Вместе с этим теоремы с дублированным механизмом доказательств выносятся на воркшоп для самостоятельной работы студентов. На каждом воркшопе студенту предлагается написать входную теоретическую работу на 5 -10 минут. Работа содержала вопросы на знание определений, формулировок,

а также короткие вопросы на понимание пройденной теории. Всего от 7 до 10 вопросов (включая определения и формулировки).

После разбора этой работы студенты делятся на две подгруппы и получают карточки с индивидуальными заданиями. Вместе со студентами всё время воркшопа работают тьюторы (один на подгруппу). В задачи тьюторов входит приём задач, исправление ошибок и ответы на вопросы студентов. После воркшопа студенты получают лист с дополнительными индивидуальными задачами повышенной сложности. Эти задачи, а также оставшиеся с воркшопа задачи (в случае, если они были сделаны/защищены не полностью) защищаются на дополнительных сдачах, приводящихся в оговорённое заранее время. Время сдачи не входило в установленный объем учебной нагрузки курса.

Итоговой контроль состоял из двух этапов. На первом этапе студентам предлагалось решить контрольную работу (первый этап). На втором, теоретическую контрольную работу (второй этап).

Итоговая система выставления оценок выглядит следующим образом. Воркшопы (тесты и базовые задачи): 140 (не считая доп. баллов за задачи со «звездочками»), коллоквиумы 40, практические экзамены 60, письменная теория 60. То есть где-то 45 на 55 соотношение: работа в семестре/экзамены.

Финансирование проверяемой методики

Затраты, необходимые для реализации приведённой методики, состоят из зарплатного фонда преподавателей и тьюторов. При этом в реализованном курсе оплата тьюторов происходила через договоры гражданско-правового характера, также были произведены незначительные затраты на расходные материалы. Таким образом, для оценки бюджета проекта использовались исключительно фактические выплаты по заработным платам.

Таблица 1 Размер окладов участников проекта

Должность	Аудиторны е часы в неделю	Часы методическо й работы в неделю	Ауд. руб./ч ас	Метод. руб./ч ас	Итого в неделю	Кол-во недель	ИТОГО
Лектор курса, методист	4	8	1000	500	8000	16	128000
Тьютор, методист	4	8	500	250	4000	16	64000
Тьютор, методист	4	8	500	250	4000	16	64000

Из таблицы 1 видно, что суммарные затраты на проект составляют 256 000 рублей. Здесь следует отметить, что финансирование проекта происходило особым образом из программы создания новых и модернизации существующих образовательных программ и курсов, а значит полученная оценка бюджета является частным случаем и не может масштабировать на весь институт.

Для сравнения приведем две схемы оплаты педагогических работников: почасовая оплата труда (Таблица 2) и оплата труда при условии трудоустройства на полной ставке, принятых в МФТИ.

Таблица 2 Размер почасовой оплаты труда (руб./час)

Должность	Наличие ученого степени, ученого звания						
	без степени	к. н.	к.н., доцент	к.н., проф.	д. н.	д.н., доцент	д.н., проф.
Ассистент	370	430	710	710	830	950	950
Преподаватель	370	430	710	710	830	950	950
Старший преподаватель	370	430	710	710	830	950	950
Доцент	370	430	710	710	830	950	950
Профессор	370	430	710	710	830	950	950

Таблица 3 Размер оплаты труда на полной ставке (руб./месяц)

Должность	Наличие ученого степени, ученого звания						
	без степени	к.н.	к.н., доцент	к.н., проф.	д.н.	д.н., доцент	д.н., проф.
Учебный ассистент	7800						
Ассистент	40000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Преподаватель	40000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Старший преподаватель	45000	53000	55000	55000	55000	55000	55000
Доцент	45000	55000	60000	60000	60000	60000	60000
Профессор	45000	55000	60000	60000	63000	65000	70000

Рассмотрим ситуацию, при которой в группе проводились бы занятия по традиционной схеме 4 часа лекции (профессор) + 4 часа семинары (ассистент, кандидат наук). При почасовой оплате труда затраты составили бы $4 \text{ ч.} * 430 \text{ руб./час} + 4 \text{ ч.} * 950 \text{ руб./час} = 5520 \text{ руб.}$ в неделю. Что составит $5520 * 16 = 88\,320 \text{ руб.}$ за семестр. Поскольку 1 ставка на кафедре высшей математики соответствует 12 часов аудиторной нагрузке в неделю для профессора и 14 часов аудиторной нагрузки в неделю для ассистента, то проведение лекций и семинаров по математическому анализу в одной группе примерно соответствует 0,3 ставки профессора + 0,3 ставки ассистента. При оплате труда преподавателей, ведущих занятия по математическому анализу традиционным способом в 1 группе, потребовалось бы (с учетом методической работы - подготовки к занятиям, проверки контрольных работ по заданию и т.п.) $(70\,000 \text{ руб.} * 0,3 \text{ ставки} + 40\,000 \text{ руб.} * 0,3 \text{ ставки}) * 4 \text{ мес.} = 132\,000 \text{ руб.}$ Эти расчеты предполагают, что лектор читает лекции только в одной группе. В реальности лектор читает лекции для 5-10 групп. Поэтому в расчетах "лекционная" часть оплаты должны быть уменьшена по крайней мере в 5 раз. Это приводит нас к следующим суммам оплаты: при почасовой оплате — $(4*430+4*950*0,2)*16 = 39\,680 \text{ руб.}$, при работе "на окладе" — $(70*0,3*0,2+40*0,3)*4 = 64\,800 \text{ руб.}$ Таким образом, проведение обучения группы студентов по приведенной методике в 3-4 раза дороже обучения по традиционной методике.

Результаты эмпирических измерений

В качестве объективного параметра для измерений эффективности альтернативной методики был выбран результат письменной контрольной. Группа

Б06-801, которая обучалась по альтернативной методике, писала письменную контрольную работу вместе со студентами остального потока. Максимально возможный результат за контрольную работу составлял 30 баллов. Результаты контрольной работы приведены в таблице 4:

Таблица 4 Сводная таблица результатов письменной контрольной работы группы Б06-801

	Группа	Вступительные результаты				Результаты
	Б06-801	Математика	Физика/Химия /Информатика	Русский/Английский	СУММА	
1	Бакуменко Сергей Сергеевич	М - 84 - ЕГЭ 2018	И - 97 - ЕГЭ 2018	Р - 100 - ЕГЭ 2018	289	20
2	Балбек Кирилл Дмитриевич	М - 76 - ЕГЭ 2018	И - 94 - ЕГЭ 2018	Р - 94 - ЕГЭ 2018	268	6
3	Бинкевич Александр Сергеевич	Иностранные граждане в рамках квоты правительства РФ			0	25
4	Ведерникова Валерия Олеговна	БВИ (Олимпиада РСОШ, Математика, победитель)			310	26
5	Голиус Маргарита Евгеньевна	М - 88 - ЕГЭ 2018	Х - 100 - Открытая химическая олимпиада 2018	Р - 98 - ЕГЭ 2018	293	23
6	Гришкова Елизавета Александровна	М - 98 - ЕГЭ 2018	И - 97 - ЕГЭ 2018	Р - 100 - ЕГЭ 2018	301	30
7	Ермоленко Александр Андреевич	М - 84 - ЕГЭ 2018	И - 91 - ЕГЭ 2018	Р - 96 - ЕГЭ 2018	278	10
8	Захарова Анастасия Валерьевна	М - 88 - ЕГЭ 2017	Х - 98 - ЕГЭ 2017	Р - 98 - ЕГЭ 2017	292	19
9	Клюкин Михаил Александрович	М - 82 - ЕГЭ 2018	Х - 100 - ЕГЭ 2018	Р - 100 - ЕГЭ 2018	284	23
10	Коновалова Татьяна Юрьевна	Иностранные граждане в рамках квоты правительства РФ			0	27
11	Кренгауз Михаил Дмитриевич	БВИ (Олимпиада РСОШ, Физика, победитель)			310	11
12	Кузь Глеб Сергеевич	М - 82 - ЕГЭ 2018	И - 72 - ЕГЭ 2018	Р - 78 - ЕГЭ 2018	234	8
13	Лазарева Анастасия Андреевна	БВИ (Олимпиада РСОШ,			310	8

		Математика, победитель)				
14	Маркелова Екатерина Евгеньевна	М - 84 - ЕГЭ 2018	Х - 100 - ЕГЭ 2018	Р - 87 - ЕГЭ 2018	281	10
15	Синькин Александр Вадимович	М - 72 - ЕГЭ 2018	Х - 100 - Открытая химическая олимпиада 2018	Р - 96 - ЕГЭ 2018	278	26
16	Ступникова Галина Сергеевна	М - 100 - Олимпиада школьников "Физтех" 2018	И - 88 - ЕГЭ 2018	Р - 100 - ЕГЭ 2018	294	26
17	Тышевич Андрей Денисович	М - 100 - Олимпиада школьников "Физтех" 2018	И - 84 - ЕГЭ 2018	Р - 100 - ЕГЭ 2018	288	25
				СРЕДНЕЕ ПО ГРУППЕ:	287	19
				СРЕДНЕЕ ПО КУРСУ:	284	18,83
				МЕДИАНА Б06-801		23
				МЕДИАНА КУРСА		20

Из таблицы 4 видно, что средний результат вступительных испытаний по группе Б06-801 выше среднего результата по курсу на 1%, при этом средний итоговый результат письменной контрольной работы по данной группе составляет 19 баллов, что на 1% выше среднего результата по курсу. Медианное знание результата группы Б06-801 составляет 23 балла, что на 15% выше остального курса.

Рецензия эксперта 1

Основным недостатком новой формы образовательного процесса является его значительно большая трудозатратность по сравнению с традиционной формой образовательного процесса в МФТИ. Действительно, для ведения занятий в одной группе студентов вместо одного преподавателя требуется 3-4 преподавателя. Результаты экзаменов показали, что эти повышенные трудозатраты преподавателей не привели к значительному повышению уровня знаний и навыков студентов.

По результатам первой традиционной части экзамена по курсу «Введение в математический анализ» средний балл по группе Б06-801 получился 19,0, а средний балл по остальным студентам ФБМФ, писавших письменный экзамен, составил 18,83. Таким образом, отличие составило около 1%. Поэтому можно утверждать, что результаты группы Б06-801 с высокой точностью (с точностью до 1%) совпадают с результатами других студентов этого факультета. Для сравнения: средний балл за эту письменную работу по МФТИ составил 20,8, т.е. на 9% выше, чем в группе Б06-801 и на 10% выше, чем у остальной части ФБМФ.

Результаты второй нетрадиционной части экзамена не поддаются точному количественному сравнению, поскольку правила простановки баллов в традиционной и новой формах экзамена существенно отличаются. По моим субъективным ощущениям, основанным на выборочном анализе студенческих работ

2-го этапа, знания и навыки студентов группы Б06-801 по курсу «Введение в математический анализ» находятся на среднем уровне, примерно соответствующим уровню студентов физтех-школы БМФ.

Вместо необходимой и соответствующей правилам МФТИ процедуры показа работ и апелляций, студентам была предоставлена возможность переписать 2-ой этап работы с целью повышения оценки. Данная практика переписывания противоречит правилам проведения экзаменов в МФТИ и может привести к серьезным проблемам, если такая практика примет массовый характер.

При попытке масштабировать данный эксперимент, возникнет острая проблема нехватки преподавателей: придётся увеличивать численность преподавательского состава в 2-4 раза, что весьма невыгодно с экономической точки зрения, привлекать низкоквалифицированных преподавателей, что, в свою очередь, неизбежно приведет к падению качества образования в МФТИ.

Несмотря на то, что масштабирование данного эксперимента принесло бы большой вред, опыт, наработанный в ходе эксперимента, может принести ощутимую пользу. Сильной стороной данного эксперимента является большая вовлеченность добросовестных студентов в учебный процесс, более тесный контакт студентов с преподавателями. Используя эти идеи, кафедра высшей математики организовала практикум для студентов 1-го курса по математическим дисциплинам. Стилль занятий на практикуме близок к стилю воркшопов, проводимых командой С.А.Жесткова в группе Б06-801. Принципиальное отличие состоит в том, что практикум, организованный кафедрой высшей математики, проводится исключительно для желающих студентов. В осеннем семестре 2018-19 уч.г. этот практикум посещало около 5% первокурсников МФТИ. Результаты экзаменов этих студентов оказались значительно выше среднего уровня.

Таким образом, необходимо осваивать новые формы учебного процесса, но при этом обязателен контроль качества образования.

Рецензия эксперта 2

В позитив отношу, что в проекте использован ряд очень интересных педагогических идей: комбинация лекционного формата и «листочковой системы» с индивидуальным приемом задач, что безусловно дало более плотный контакт студентов и преподавателей. По сравнению со стандартной схемой «лекция-семинар» здесь была более гибкая и удобная для слушателей «ритмика» подачи и отработки нового материала.

С другой стороны, насколько я понял, при этом несколько пострадали такие важные формы ведения занятий, как решение задачи студентом у доски (при общем обсуждении) и общее обсуждение задачи группой и преподавателем (а ведь именно в этих формах работает общий высокий уровень студентов и конкурентность среды). Кроме того, слишком большое увеличение контакта преподавателя со студентами может нанести и вред, делая студентов менее самостоятельными и менее деятельными при отсутствии посторонней помощи.

Формат проведения занятий в проекте таков, что важно малое количество студентов, приходящееся на одного преподавателя. Поэтому проект принципиально не масштабируем без многократного увеличения количества задействованных

преподавателей высокой квалификации и увеличения нагрузки на каждого конкретного работника.

Результаты проекта уже начали использоваться – например, стартовал проект необязательных практикумов кафедры высшей математики, на которых студенты имеют возможность сдавать решения задач преподавателям (тем самым, обучаясь и проверяя правильность своих рассуждений) и консультироваться у них.

Хотя выше мной указан ряд негативных моментов, думаю, и для разных целей изменённый вариант подобного проекта мог бы быть реализован по разным дисциплинам и для разных небольших групп студентов. При этом считаю важным соблюдение баланса разных форм проведения занятий (см. начало), а также считаю необходимым постоянный контакт участников проекта с опытными учеными и педагогами и некий контроль качества со стороны последних, чтобы предупредить и сгладить возможные проблемы, отмеченные в 2 и 3.

Пункт 2 анкеты эксперта. Второй этап¹ не является достаточным для определения освоения программы курса. Формат контрольной работы 2 этапа очень трудный для составителей, так как по письменной работе требуется определить уровень владения курсом. В данной письменной работе 16 из 26 вопросов – на формулировку утверждений. Здесь в ответах студентов возможны формальные ошибки (и опечатки) при понимании сути дела студентом, и напротив, возможны воспроизведения зазубренных формулировок без фактического понимания. В работе замечено несколько неоднозначно понимаемых формулировок заданий.

Пункт 3 анкеты эксперта. Предоставленная информация мне кажется недостаточной для оценки уровня квалификации команды. Кроме того, квалификация подразумевает две стороны.

- 1) Как педагоги и организаторы – команда проекта выполнила на высоком уровне большой объем работы.
- 2) Как специалисты в преподаваемой дисциплины (математический анализ): по имеющейся информации есть больше оснований считать, что участники команды не обладают некоторыми необходимыми знаниями и навыками, так как:

¹ Здесь следует отметить, что итоговый контроль группы Б06-801 состоял из двух этапов. Первым этапом была письменная контрольная работа, которая группа писала вместе со всем курсом. Материалы для письменной работы составляла кафедра высшей математики. Вторым этапом шла ещё одна письменная контрольная работа для проверки теоретических знаний. Письменная теоретическая работа имеет четкую структуру. На примере второго модуля: 8 определений, 8 формулировок теорем, 4 теоремы с доказательствами, 5 задач на понимание/применение теории. Составляется 17 вариантов теоретической работы. Вариант составляется таким образом, что в нём охвачены все пройденные темы. Теоретическая работа по итогам второго модуля содержала все темы первого модуля

1. результаты студентов группы Б06-801 не выделяются на фоне других групп при том, что ресурсов (человеко-часов) на подготовку и проведение занятий было потрачено в разы больше, чем в группе, обучающееся по обычной схеме.
2. при проверке 2 части письменной работы был допущен ряд ошибок. Нет уверенности, что фактические принципиальные ошибки не допускались преподавателями и при объяснениях на занятиях и приеме задач у студентов (на презентации речь шла в основном о форме ведения занятий, поэтому трудно судить о содержательных моментах).
3. насколько мне известно, команда отказалась от продолжения проекта во 2 семестре, что косвенно говорит о неготовности команды к квалифицированному преподаванию матанализа 2 семестра.

Рецензия эксперта 3

Проект С.А. Жесткова представляет собой значительную модификацию методики ведения обучения курсу «Математический анализ» в 1-ом семестре, при сохранении программы курса в стандартном для МФТИ виде. Методические модификации состоят в значительно более глубоком, чем это обычно делается, вовлечении студентов в активный процесс изучения предмета, в особенности на семинарских занятиях. Уделяется значительное внимание установлению связей между теоретическим материалом и его применением на практике при решении задач, а также устранению самих возможностей для списывания при решении задач регулярных заданий.

Сравнение результатов письменной контрольной — общей по содержанию для всех групп факультета — показало эффективность предложенной методики. Хотя среднее значение баллов, полученных студентами группы С.А. Жесткова практически совпадает со средним по факультету (чуть-чуть выше), более адекватным критерием — в силу резко негауссова распределения баллов между студентами — является медиана распределения. Характер распределения баллов указывает на наличие двух резко различных кластеров (первый из 11, и второй из 6 студентов). Все 11 студентов из первого кластера получили отличные оценки (20 баллов и выше) на общей письменной контрольной. Все 6 студентов из второго кластера — удовлетворительные оценки (11 баллов и ниже, причём четверо из них имели при поступлении столь низкие баллы, что были зачислены на платной основе). Медиана для «экспериментальной» группы С.А. Жесткова равна 23 баллам, что значительно превышает медиану по остальным группам факультета (20 баллов).

Вторым отличием методики С.А. Жесткова является отказ от устного экзамена по теории в пользу письменного же экзамена (второго) по теоретическим вопросам. На эту тему я не готов давать комментарий — мне неясно, является ли этот способ экзаменования усвоения студентами понятий матанализа более или менее эффективным сравнительно с обычным устным экзаменом (есть доводы и в плюс, и в минус).

На мой взгляд, проект должен быть продолжен, и его заказчиком могут стать отдельные базовые кафедры МФТИ, заинтересованные в приучении студентов к активному исследовательскому подходу к обучению.

В то же время не следует заниматься поспешным масштабированием такого проекта, до создания для этого объективных условий: проект держится на сознательном энтузиазме его инициаторов, а при попытке навязать подобный метод работы произвольным преподавателям, не имеющим к нему интереса, произойдёт неизбежное выхолащивание сути и смысла дела. Расширение подобного проекта можно и нужно проводить только при наличии реальной заинтересованности вовлекаемых в него преподавателей и наличии профессионального «заказа» на эту работу.

С точки зрения финансовых затрат на проведение занятий: метод, предложенный С.А. Жестковым, подразумевает несколько большие расходы, т.к. с одной группой занимается не 1 преподаватель, а ещё и 2 его помощника. Однако, следует здесь заметить, что:

- а) в случае, когда эти помощники — дипломники или аспиранты, дополнительные затраты относительно невелики;
- б) качественный продукт обычно подразумевает большие расходы, это нормально;
- в) вопрос о дополнительных расходах должен быть решён заказчиками такого процесса (например, заинтересованными базовыми кафедрами, если таковые найдутся)

Заключение

Все эксперты отмечают большую и добросовестно проделанную работу участниками проекта. Отмечается, что предложенная методика несёт в себе ряд интересных педагогических идей: комбинация лекционного формата и «листочковой системы» с индивидуальным приёмом задач. Предложенная схема занятий приводит к большей вовлеченности добросовестных студентов в учебный процесс и тесному контакту студентов с преподавателями.

Однако заявленная методика при попытке масштабирования потребует количественного увеличения преподавательского состава, что, в свою очередь, потребует большего финансирования при результатах, сопоставимых с результатами, которые показывает «классическая» методика.

Кроме этого, эксперты отмечают отсутствие явного положительного эффекта от отказа от устной части экзамена и замены её на письменную теоретическую работу. При этом часть экспертов отмечает, что содержание предложенной теоретической работы требует переработки.

Рекомендуется довести до сведений базовых кафедр о наличии данной методики и в дальнейшем применять её при наличии заказа на курс от соответствующих базовых кафедр. При этом рекомендуется:

1. Проводить тщательный отбор и подготовку кандидатов на работу тьютором. Примером такой подготовки является проект «Мама, я Гейне», реализованный тьюторами данного проекта перед началом его выполнения.
2. Регламентировать правила приёма и сдачи итоговых контрольных работ. Правила должны соответствовать Положению о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации в МФТИ. В частности, необходимо обеспечить показ студентам их проверенных экзаменационных работ и в случае несогласия студента с оценкой проводить апелляцию. Недопустимо переписывание экзаменационной контрольной работы без выставления итоговой оценки.
3. Затраты, связанные с реализацией курса, должны быть возложены на заказчика.