

Учебно-методический комплекс дисциплины**Физика вязкоупругих магнитных материалов***(полное наименование дисциплины)*

разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «25» августа 2014 г. номер приказа «866» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры «Механика деформируемого твёрдого тела», утверждённой «10» 09 2015 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры «Механика деформируемого твёрдого тела», утверждённой «10» 09 2015 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин

1. Теория механодиффузионных явлений
2. Линейная наследственная теория термовязкоупругости

участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

д.ф.-м. н.
(учёная степень, звание)

(подпись)

Райхер Ю.Л.
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д.ф.-м. н.
(учёная степень, звание)

(подпись)

Плехов О.А.
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учёным советом ИМСС УрО РАН
«10» 09 2015 г., протокол № 6-15

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины – формирование системы знаний и основных понятий по современным быстро развивающимся разделам механики смарт-материалов (феррогели, мягкие магнитные эластомеры, магнитные резины). Отличительной особенностью этих композиционных сред является возможность эффективно управлять их свойствами в бесконтактном режиме: за счет приложения внешнего магнитного поля. Настоящий курс является междисциплинарным, он опирается на понятия и концепции как механики деформированного твердого тела, так и физики магнитных явлений в конденсированном веществе.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие компетенции:

- способность проводить научные исследования в области механики деформируемого твёрдого тела (ПК-1);
- способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях (ПК-2);
- способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (ПК-3);
- способность планировать, проводить и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (ПК-5).

1.2. Задачи учебной дисциплины:

- **изучение**
 - основных проблем магнитомеханики мягких магнитных эластомеров, дать адекватные качественные формулировки и физически обоснованные соотношения, описывающие поведение этих систем при совместном воздействии механических нагрузок и внешних магнитных полей, однородных и неоднородных;
 - направлений исследования мягких магнитных эластомеров, разрабатываемых в настоящее время в мировой науке;
 - современного уровня эксперимента в этой области, достоверно обнаруженных эффектов, которые открывают уникальные возможности для практического использования мягких магнитных эластомеров.
- **формирование умения и формирование навыков:**
 - овладение методами и приемами постановки и решения теоретических задач магнитомеханики этих существенно многомасштабных систем.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- основные понятия и определения основных разделов механики деформируемого твердого тела;
- физико-механические основы и физические механизмы, ответственные за поведение вязкоупругих магнитных материалов;

- подходы и методы построения моделей поведения вязкоупругих магнитных материалов;

1.4. Место учебной дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина «Физика вязкоупругих магнитных материалов» относится к *вариативной* части блока 1 и является *дисциплиной по выбору аспирантов* при освоении ООП ВО по направлению подготовки 01.06.01 – «Математика и механика», направленность «01.02.04 – механика деформируемого твердого тела».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить следующие компетенции и продемонстрировать следующие результаты:

• знать:

- методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале);
- методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела;
- методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;
- современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов.

• уметь:

- ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности;
- ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения;
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов.

Связь с предшествующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по высшей математике, уравнениям математической физики, вариационному исчислению, общей физике в объёме программы высшего профессионального образования.

Связь с последующими дисциплинами

Знания и навыки, полученные аспирантом при изучении данного курса, необходимы при работе над и при написании диссертации по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5.

2.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1	Формулировка компетенции Способность проводить научные исследования в области механики деформируемого твёрдого тела
Код ПК-1. Б1.В.02.03	Формулировка дисциплинарной части компетенции Знание основных проблем магнитомеханики мягких магнитных эластомеров, соотношения, описывающие поведение этих систем при совместном воздействии механических нагрузок и внешних магнитных полей, однородных и неоднородных.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: - методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале) (3 ПК-1);	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности (У ПК-1).	Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачет для итогового контроля

2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции Способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях.
Код ПК-2. Б1.В.02.03	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения мягких магнитных эластомеров, разрабатываемых в настоящее время в мировой науке.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: - методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела (3 ПК-2).	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.

2.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции Способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения
Код ПК-3. Б1.В.02.03	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность анализировать и формулировать связи между структурой мягких магнитных эластомеров, характером воздействия механических нагрузок и внешних магнитных полей.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: - методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (3 ПК-3);	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.

Умеет: - ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения (У ПК-3).	Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачет для итогового контроля
--	--	--

2.3 Дисциплинарная карта компетенции ПК-5

Код ПК-5	Формулировка компетенции Способность планировать, проводить и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов
Код ПК-5. Б1.В.02.03	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность планировать и проводить эксперименты по магнитомеханике.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: - современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (З ПК-5).	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (У ПК-5).	Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачет для итогового контроля

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		4й семестр	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная работа	14	14
	- лекции (Л)	14	14
	- лабораторные работы (ЛР)	0	0
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	3	3

Тема 1. Электрический заряд, ток и токовый диполь. Уравнения Максвелла в вакууме. Энергия диполя во внешнем магнитном поле.

Тема 2. Электродинамика атома, орбитальный и спиновый магнитные моменты, характер микроскопических полей в конденсированном веществе. Переход к макроскопическому описанию поля в среде, индукция, напряженность и поляризация / намагниченность. Уравнения Максвелла, тензоры проводимости, восприимчивости и проницаемости вещества.

Тема 3. Стационарное магнитное поле в вещества, размагничивающее поле и тензор размагничивающих коэффициентов. Энергия намагниченного тела, тензор напряжений Максвелла, пондеромоторные силы. Представление магнитного поля через потенциал, уравнение Лапласа.

Раздел 2. Физическая природа магнитного упорядочения в веществе, магнитные частицы.

Л – 5ч., КСР – 1 ч., СРС – 6ч.

Тема 4. Квантовая природа обменного взаимодействия спинов, гамильтониан Гейзенберга. Кооперативный характер магнитного упорядочения спинов, ферромагнетики, ферримагнетики (ферриты) и антиферромагнетики. Температура Кюри, появление спонтанной намагниченности как фазовый переход. Теория среднего поля, ее результаты; модель Ландау — обобщенный подход, основанный на анализе симметрии параметра порядка.

Тема 5. Макроскопическая электродинамика ферромагнетиков, обменная энергия, энергия спин-орбитального взаимодействия (магнитная анизотропия), магнитостатическая энергия (размагничивание). Теория доменной структуры, толщина и поверхностное натяжение доменной стенки для разных типов материалов. Микромагнетизм как обобщение теории доменной структуры.

Тема 6. Теория кривых намагничивания: магнитомягкие и магнито жесткие материалы, петли магнитного гистерезиса и безгистерезисные режимы, потери энергии при намагничивании.

Тема 7. Однодоменные частицы, энергетические оценки размера однодоменности. Суперпарамагнитное поведение наночастиц: неелевская релаксация, температура блокировки, зависимость времени релаксации от приложенного поля.

Тема 8. Диполь-дипольное взаимодействие между однодоменными частицами. Принципиальные различия при взаимодействии частиц на малых расстояниях.

Раздел 3. Уравнения равновесия и движения мягких магнитных эластомеров.

Л – 5ч., КСР – 1ч., СРС – 5ч.

Тема 9. Базовые представления о структуре ММЭ, примеры реальных систем и типичных экспериментов, демонстрирующих смарт-поведение изучаемых материалов. Связь мезоскопического рассмотрения с континуальным описанием.

Тема 10. Построение общей системы уравнений магнитоупругости. Вывод выражения для свободной энергии ММЭ без учёта перекрестных эффектов. Механизм взаимного влияния намагниченности и деформации через пондеромоторные силы. Задача о магнитодеформационном эффекте в сферическом образце, положительность «нелокальной» магнитострикции.

Тема 11. Мезоскопическая постановка задачи деформации ММЭ, содержащего магнитомягкие частицы. Стержневые модели и модели частиц, погруженных в упругую матрицу, вывод об отрицательности магнитодипольной стрижки.

Тема 12. Результаты 2D и 3D численного моделирования, доказательство важной роли эффектов ближнего пространственного порядка частиц, устранение противоречий между мезоскопическим и макроскопическим подходами. Поправки к магнитострикционным коэффициентам, обусловленные учётом взаимодействия магнитомягких частиц на малых расстояниях.

Тема 13. Уравнения движения ММЭ в континуальном приближении. Учёт внутренней вязкоупругости в тензоре напряжений, зависимость упругих и вязких коэффициентов от приложенного поля. Решение базовых реометрических задач (циклическое растяжение, осциллирующий сдвиг), расчет зависимости комплексного модуля упругости ММЭ от частоты деформаций и величины поля.

4.3. Перечень тем практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

4.4. Перечень тем лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.5. Виды самостоятельной работы студентов

Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	изучение теоретического материала	2
2	изучение теоретического материала	2
3	изучение теоретического материала	2
4	изучение теоретического материала	2
5	изучение теоретического материала	1
6	изучение теоретического материала	1
7	изучение теоретического материала	1
8	изучение теоретического материала	1
9	изучение теоретического материала	1
10	изучение теоретического материала	1
11	изучение теоретического материала	1
12	изучение теоретического материала	1
13	изучение теоретического материала	1
	Итого: в ч / в ЗЕ	17/0,47

4.5.1. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно

Тема 1. Энергия диполя во внешнем магнитном поле.

Тема 2. Переход к макроскопическому описанию поля в среде, индукция, напряженность и поляризация / намагниченность. Уравнения Максвелла, тензоры проводимости, восприимчивости и проницаемости вещества.

Тема 3. Энергия намагниченного тела, тензор напряжений Максвелла, пондеромоторные силы. Представление магнитного поля через потенциал, уравнение Лапласа.

Тема 4. Кооперативный характер магнитного упорядочения спинов, ферромагнетики, ферримагнетики (ферриты) и антиферромагнетики. Температура Кюри, появление спонтанной намагниченности как фазовый переход. Теория среднего поля, ее результаты; модель Ландау — обобщенный подход, основанный на анализе симметрии параметра порядка.

Тема 5. Теория доменной структуры, толщина и поверхностное натяжение доменной стенки для разных типов материалов. Микромагнетизм как обобщение теории доменной структуры.

Тема 6. Теория кривых намагничивания: безгистерезисные режимы, потери энергии при намагничивании.

Тема 7. Суперпарамагнитное поведение наночастиц: неелевская релаксация, температура блокировки, зависимость времени релаксации от приложенного поля.

Тема 8. Принципиальные различия при взаимодействии частиц на малых расстояниях.

Тема 9. Связь мезоскопического рассмотрения с континуальным описанием.

Тема 10. Механизм взаимного влияния намагниченности и деформации через пондеромоторные силы. Задача о магнитодеформационном эффекте в сферическом образце, положительность «нелокальной» магнитострикции.

Тема 11. Стержневые модели и модели частиц, погруженных в упругую матрицу, вывод об отрицательности магнитодипольной стрикции.

Тема 12. Поправки к магнитострикционным коэффициентам, обусловленные учётом взаимодействия магнитомягких частиц на малых расстояниях.

Тема 13. Учёт внутренней вязкоупругости в тензоре напряжений, зависимость упругих и вязких коэффициентов от приложенного поля. Решение базовых реометрических задач (циклическое растяжение, осциллирующий сдвиг), расчет зависимости комплексного модуля упругости ММЭ от частоты деформаций и величины поля.

4.5.2. Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект не предусмотрен.

4.5.3. Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.5.4. Расчётно-графические работы

Расчётно-графические работы не предусмотрены.

5. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы

преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Участие в научных мероприятиях различного уровня

№ п/п	Полное название мероприятия
1	Научный семинар Лаборатории кинетики анизотропных жидкостей, научный семинар ИМСС УрО РАН
2	Зимняя школа по механике сплошных сред, г. Пермь, ИМСС УрО РАН (ежедвухгодичная)
3	Всероссийская конференция молодых ученых «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь, ПНИПУ (ежегодная)
4	Всероссийская конференция молодых ученых «Неравновесные процессы в сплошных средах», г. Пермь, ПГНИУ (ежегодная)
5	Международной школа-семинар «Новые магнитные материалы микроэлектроники», г. Москва, физфак МГУ (ежедвухгодичная)
6	Участие в проектах РФФИ Лаборатории кинетики анизотропных жидкостей (индивидуально)

6. Управление и контроль освоения компетенций

6.1. Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:

- устного опроса.

6.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании разделов дисциплины в следующих формах:

- устного опроса.

6.3. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и самостоятельной работы.

2) Экзамен

Не предусмотрен.

6.4. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	ТК	ПК	ЛР	Диф. зачёт
В результате освоения компетенции студент:				
Знает:				
- методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале (ПК-1);	+	+		
- методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела (ПК-2);	+	+		
- методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (ПК-3);	+	+		
- современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (ПК-5).	+	+		
Умеет:				
- ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности (ПК-1);				+
- ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения (ПК-3);				+
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (ПК-5).				+

ТК – текущий контроль в форме устного опроса по темам (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме устного опроса по модулю (контроль знаний по теме);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и навыков).

7. График учебного процесса по дисциплине

4-й семестр

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого, ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	В	Р1					Р2					Р3							
Лекции	1		2			1	2		2			1		2		2	1		14
Лабораторные работы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КСР						1						1					1		3
Изучение теоретического материала			2	2	2			2	2	2				2	2	1			17
Модуль:	М1																		
Устный опрос						+						+					+		
Дисциплинарный Контроль																		+	диф. зачёт
																		(2)	
Итого за семестр:																		36	

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Физматлит, 2003, 616 с.	1
2	Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Теория электромагнитных явлений в веществе. Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005, 848 с.	1
3	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред М.: Физматлит, 2005, 656.	0
4	Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред М.: Мир, 1991, 560 с.	1
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Алексеев А.Г., Корнев А.Е. Эластичные магнитные материалы. М.: Химия, 1976. 198 с.	1
2	Алексеев А.Г., Корнев А.Е. Магнитные эластомеры. М.: Химия, 1987. 238 с.	1

3	Райхер Ю.Л., Столбов О.В. Деформационное поведение эллипсоидального образца феррогеля в однородном магнитном поле // Прикладная механика и техническая физика. 2005. №3. С.153–164.	1
2.2. Периодические издания		
1	Журнал «Вычислительная механика сплошных сред»	
2.3. Нормативно-технические издания		
2.4. Официальные издания		
2.5. Электронные информационно-образовательные ресурсы		
1	Наукометрическая и реферативная база данных Scopus	
2	Электронная база данных Web of Science	

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1. Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1.	Лекционная мультимедийная аудитория	ИМСС, корп. А	ауд.321	72	30
2.	Лекционная мультимедийная аудитория	ИМСС, корп. Б	ауд.233	72	30
3.	Компьютерный класс	ИМСС, корп. А	ауд.220	72	10

9.2. Основное учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютеры	10	оперативное управление	220