Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО
Зав. кафедрой ММИТ_УЭФ
аббревиатура кафедры
В.В. Шишов
подпись, инициалы, фамилия
" 19 " декабря 2017 г.
Торгово-экономический институт
полное наименование института
Кафедра математических методов и информационных технологий
и кафедры, реализующей дисциплину

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю) **Б1.В.ДВ.1.1**
индекс и наименование дисциплины (модуля)

Экономико-математическое моделирование в бизнес-системах
или практики (на русском и иностранном языке (при реализации на иностранном языке)) в соответствии с ФГОС ВО и учебным планом

Направление подготовки/специальность 38.04.02 Менеджмент
код и наименование направления подготовки/специальности

Направленность (профиль) 38.04.02.17 "Управление проектом (в том числе по отраслям)"
код и наименование направленности (профиля)

Красноярск 2017 г.

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, описание показателей и критериев оценивания компетенций

Курс[1]	Семестр[2]	Код и содержание компетенции	Результаты обучения (компоненты компетенции)[3]	Оценочные средства[4]
1	1	ПК-4: способностью использовать количественные и качественные методы для проведения прикладных исследований и управления бизнес-процессами, готовить аналитические материалы по результатам их применения	Знать: основные принципы системного анализа и моделирования социально-экономических систем Уметь: готовить аналитические материалы по результатам их применения на основе проведения прикладных исследований и управления бизнес- процессами Владеть: навыками количественного и качественного анализа для принятия оптимальных управленческих решений	Разноуровневые задания Контрольные вопросы к зачету Разноуровневые задания Разноуровневые задания
1	1	СПК-2: владением методами количественного анализа и математического моделирования в социально-экономических системах и современными информационными технологиями в науке	Знать: содержание, характерные черты и методы всех этапов экономико-математического моделирования в бизнес-процессах Уметь: четко выполнять экономическую постановку задачи и сформулировать на её основе экономико-математическую модель для реальных задач в сфере бизнеса Владеть: методами математического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов	Разноуровневые задания Контрольные вопросы к зачету Разноуровневые задания Разноуровневые задания
1	1	СПК-6: владением знаниями оценки и выбора информационных технологий и программных продуктов в стратегическом управлении	Знать: современные программные продукты, необходимые для решения прикладных и исследовательских задач Уметь: делать выводы на основе статистических моделей и проводить количественное прогнозирование и моделирование для управления бизнес-процессами с применением современных информационных технологий и программных продуктов Владеть: информационными технологиями и программными продуктами для прогнозирования и управления бизнес – системами	Разноуровневые задания Контрольные вопросы к зачету Разноуровневые задания Разноуровневые задания

[1] Курсы указываются по порядку, для каждой компетенции
[2] Семестры указываются по порядку, для каждой компетенции
[3] Указываются составляющие компетенции (знания, умения, владения), при необходимости указывается уровень формирования компетенции.
[4] Указывается оценочные средства для каждой составляющей компетенции

2 Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций на различных этапах их формирования, а также краткая характеристика этих средств

Способ реализации форм контроля (процедуры оценивания)	Краткая характеристика содержания	Представление оценочного средства в ФОС
1	2	3
Основные		
Разноуровневые задачи и задания	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения	Комплект разноуровневых заданий (задач)
Зачет	Вопросы по темам курса	перечень контрольных вопросов к зачету

3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки владений, умений, знаний, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру оценивания.

3.1 Разноуровневые задания: практические задания (лабораторные работы)

3.1.1 Комплект разноуровневых заданий с решениями (примеры)

Комплект заданий предназначен для отработки определенных навыков и умений обработки прикладных исследований и моделирования социально- экономических систем в MS Excel и использованием дополнительных надстроек программы, а результат владение навыками количественного и качественного анализа для принятия оптимальных управленческих решений,методами математического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов, а также информационными технологиями и программными продуктами для прогнозирования и управления бизнес – системами и бизнес-процессами.

ЗАДАНИЕ НА ОПТИМИЗАЦИЮ (ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ)

Ранее мы рассмотрели задачу поиска значения параметра, позволяющего достичь конкретной цели. Например, количество копий на одну копировальную машину, для достижения точки безубыточности.

Решаемые задачи могут быть более сложными. Например, поиск нескольких параметров, обеспечивающих некоторый наперед заданный результат.

Кроме того, иногда интересует не конкретный результат, а минимально или максимально возможный. Например, как минимизировать затраты на содержание персонала или максимизировать прибыли от реализации продукции?

Такие задачи в Excel решают с помощью *Поиска решения*.

ПОЛУЧЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРИБЫЛИ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ РЕСУРСЕ

Очень часто в быту и в производстве перед нами стоит проблема максимального удовлетворения потребности, соизмеряясь с ограниченными возможностями. Это планирование штата сотрудников, фонда зарплаты, составление оптимального плана производства, планирование рекламной компании по продвижению продукции на рынок… и оптимизация капиталовложений.

Несмотря на все многообразие таких задач, встречающихся в жизни и экономике на каждом шагу, Excel предлагает единый мощный инструмент их решения - средство поиска решения. Нужно только грамотно сформулировать для Excel задачу, а оптимальное решение будет найдено быстро и точно.

Рассмотрим эту задачу например планирования производства красок. Небольшая фабрика выпускает два типа красок для внутренних (**I**) и наружных (**E**) работ. Продукция обоих видов поступает в оптовую продажу. Для производства красок используется два исходных продукта **A** и **B**. Максимально возможные суточные запасы этих продуктов составляют 6 и 8 тонн, соответственно. Расходы продуктов **A** и **B** на 1 тонну соответствующих красок (Рис. 1).

Изучение рынка сбыта показало, что суточный спрос на краску I никогда не превышает спроса на краску Е более, чем на 1т.

Исходный продукт	Расход на 1 тонну краски, т.		Макс. запас, т.
	Краска E	**Краска I**	
A	1	2	6
B	2	1	8

Рис. 1

Кроме того, установлено, что спрос на краску I никогда не превышает 2 т в сутки. Оптовые цены одной тонны красок равны 3000 руб. для краски Е и 2000 руб. для краски I.

Какое количество краски каждого вида должна производить фабрика, чтобы доход от реализации продукции был максимальным?

Для решения этой задачи необходимо построить математическую модель. Начнем с ответа на 3 вопроса.

Для определения каких величин строится модель (каковы переменные модели)?

В чем состоит цель оптимизации модели?

Каким ограничениям должны удовлетворять неизвестные?

В нашем случае необходимо спланировать объем производства красок, поэтому переменными являются $\mathbf{X_I}$ - суточный объем производства краски **I** и $\mathbf{X_E}$ - суточный объем производства краски **E**.

Суммарная суточная прибыль от производства красок равна $\mathbf{Z} = 3000\ \mathbf{X_E} + 2000\ \mathbf{X_I}$. Целью оптимизации модели фабрики является определение таких величин суточного производства каждой краски, которые максимизируют суммарную прибыль, то есть целевую функцию **Z**.

Перейдем к ограничениям, которые налагаются на $\mathbf{X_E}$ и $\mathbf{X_I}$.

Объем производства красок не может быть отрицательным, следовательно $\mathbf{X_E}, \mathbf{X_I} \geq 0$.

Расход исходного продукта не может превосходить его максимально возможный запас, следовательно

$$\begin{cases} X_E + 2 \cdot X_I \leq 6 \\ 2 \cdot X_E + X_I \leq 8 \end{cases}$$

Кроме того, ограничения на величину спроса на краски таковы:

$$\begin{cases} X_I - X_E \leq 1 \\ X_I \leq 2 \end{cases}$$

Таким образом, мы составили математическую модель, состоящую из целевой функции, которую надо максимизировать и ограничений.

Заметьте, что если бы мы исходили из стоимости исходного продукта для производства красок, то целевую функцию надо было бы минимизировать.

Данная модель является линейной, так как все уравнения этой модели линейные.

Эта задача решается с помощью команды **Данные** ⇒ **Поиск решения**. Если в меню команда Поиск решения отсутствует, для ее установки необходимо выполнить команду **Надстройки** ⇒ **Поиск решения**.

1. Для упрощения Вашей работы при поиске решения сначала все исходные данные, целевую функцию и ограничения оформите в табличном виде (Рис. 2).
2. В ячейки "Значение" (переменные $\mathbf{X_I}$ и $\mathbf{X_E}$) введите пока нули, Это результаты поиска решения, на начальном этапе они могут быть пустыми, но их адреса должны входить в формулу целевой функции и ограничений, если это необходимо.
3. Целевую функцию запишите в ячейке **F9** в виде формулы (Рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Планирование производства красок						
2								
3	Имя	Кр. E	Кр. I		Продукт	Расход		Макс.
4	Сут. произв.	Xe	Xi			Кр. E	Кр. I	запас
5	Цена	3000	2000		A	1	2	6
6					B	2	1	8
7	Ограничения							
8	Лев. часть	Знак	Прав. ч.			Целевая функция		
9	=B4	>=	0			=B4*B5+C4*C5		
10	=C4	>=	0					
11	=B4*F5+C4*G5	<=	=H5					
12	=B4*F6+C4*G6	<=	=H6					
13	=C4-B4	<=	1					
14	=C4	<=	2					

Рис. 2

4. Ограничения также запишите в табличном виде, где есть левая и правая части ограничения и знак между ними. Потом эти части легко вставляются в диалоговое окно "Поиск решения".
5. Подготовив все данные, выполните команду Данные ⇒ *Поиск решения*. Появляется диалоговое окно "Поиск решения" (Рис. 3).

- В строку "Установит целевую ячейку" установите курсор и щелкните мышью по ячейке **F9**.
- Переключатель "Равной" устанавливаем в соответствующее задаче положение - "Максимальному значению".

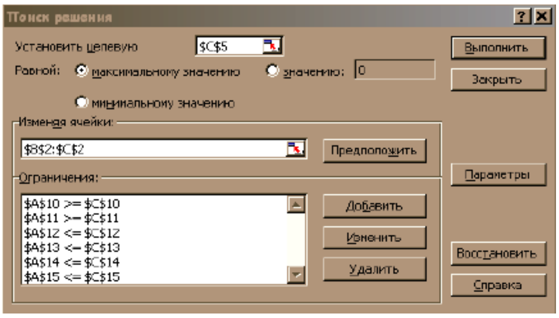


Рис. 3

- В строку "Изменяя ячейки" укажите ячейки, которые должны изменяться в процессе поиска решения задачи, то есть ячейки, отведенные под переменные задачи (**XE** и **XI**) В данном случае это ячейки **B4** и **C4**.

Ограничения вводятся в соответствующее поле в виде равенств, неравенств, также можно ввести требование целочисленности значения. Ограничения добавляются по одному. Для начала ввода ограничений щелкните по кнопке "**Добавить**". Появляется диалоговое окно

- "Добавление ограничения", состоящее из трех частей (Рис.49).

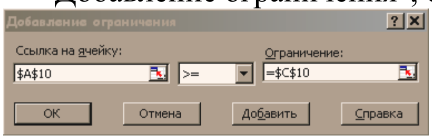


Рис. 4

- "Ссылка на ячейку" - введите мышью адрес ячейки ***A10***, где записаны условия левой части ограничения. В поле "Ограничение" введите мышью адрес ячейки ***C10***, правая часть ограничения. Для установки знака ограничения щелкните по кнопке списка и выберите знак >=.
- Далее можно нажать кнопку "Добавить" и аналогичным способом вводить следующее ограничение (Рис. 12) После ввода всех ограничений нажать кнопку "ОК".

6. Теперь нажмите кнопку "Параметры" в диалоговом окне "Поиск решения" и ознакомьтесь с ним.

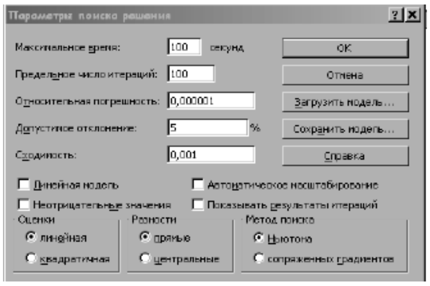


Рис. 5

В диалоговом окне "Параметры поиска (Рис. 5) решения" можно изменять условия и варианты поиска решения исследуемой задачи, а также загружать и сохранять оптимизируемые модели. Большинство задач решаются при установке параметров по умолчанию.

Поле **Максимальное время ограничивает время** решения задачи.
Поле **Предельное число итераций** ограничивает число промежуточных вычислений.
Поле **Относительная погрешность** и **Допустимое отклонение** задают точность решения задачи. Рекомендуется (особенно для задач с требованием целочисленности переменных) повторить вычисления с большей точностью и сравнить результаты.
Флажок **Линейная модель** служит для поиска решения линейной задачи оптимизации или линейной аппроксимации нелинейной задачи. При несоответствии положения флажка решаемой задаче можно получить неверный результат.
Флажок **Показывать результаты итераций** приостанавливает поиск решения и позволяет просмотреть результаты отдельных итераций.
Флажок **Автоматическое масштабирование** автоматически нормализует входные и выходные значения, качественно различающиеся по величине, например, при максимизации прибыли в процентах по отношению к вложениям, исчисляемым в миллионах рублей.
Группа **Оценка** - выбор метода экстраполяции.
Группа **Производные** - выбор метода численного дифференцирования.
Группа **Метод** - выбор алгоритма оптимизации.

7. Закройте окно «Параметры поиска решения», нажав кнопку «**ОК**».
8. Нажмите кнопку «**Выполнить**».

В появившемся диалоговом окне «Результаты поиска решения» можно выбрать требуемый тип отчета **Результаты**, **Устойчивость**, **Пределы,** чтобы вывести отчет о результатах решения задачи

9. Ничего, не выбирая, нажмите кнопку «**ОК**».

Решение найдено. Все ограничения и условия выполнены. $\mathbf{X_I}$ = 3.333 и $\mathbf{X_E}$ = 1.333
Очень важно при составлении математической модели вообще и решения задачи с помощью средства Поиск решения в частности все параметры, на которые вводятся ограничения, должны входить в целевую функцию.

ЗАДАНИЕ НА ПЛАНИРОВАНИЕ ШТАТНОГО РАСПИСАНИЯ

Рассмотрим задачу оптимального размещения сотрудников по должностям (рабочим местам)
Часто в практике руководителя возникает проблема: как разместить сотрудников по разным рабочим местам, чтобы и сотрудник мог проявить свои творческие возможности, и предприятие повысило свою производительность.
Будем считать, что каждый сотрудник может выполнять все виды планируемых работ, но опыт, квалификация, а, соответственно и производительность различаются для разных видов деятельности.
Для каждого работника **Ai** известна его производительность **Bj** на каждом рабочем месте. Производительность может выражаться как во времени, необходимом для выполнения данной работы, так и по шкале экспертных оценок.

1. Составьте матрицу производительности труда всех претендентов при выполнении конкретных видов работы. При этом если работник **Ai** назначен на работу **Bj**, то переменная назначения **Xij**=1, или **Xij**=0, если он на эту работу не назначен (Рис. 6).

	A	B	C	D	E	F
2	**Назначение сотрудников**					
3		B1	B2	B3	B4	Σ
4	A1	1	0	0	0	1
5	A2	0	1	0	0	1
6	A3	0	0	1	0	1
7	A4	0	0	0	1	1
8	Σ	1	1	1	1	

Рис. 6

2. В ячейках ***B8:E8*** и ***F4:F7*** введите формулы суммы по столбцам и по строкам.

Если составить таблицу предварительного распределения сотрудников по видам работы (должностям), то из нее видно, что если сотрудник **А1** назначен на выполнение работы **В1** (**В3**=1), то остальные ячейки строки и столбца имеют значение =0 (Рис 7).

Из этого следует, что сумма переменных любой строки или столбца должна быть равна 1.

Примем, что если работник Ai назначен на работу **Bj,** то его производительность **Aij.**

В качестве критерия оптимальности (целевой функции) выберем суммарную производительность работников на различных участках работы (должностях).

$$Y = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} A_{i,j} * X_{i,j} \rightarrow \max$$

10	**Производительность труда**				
11	**сотрудников на разных работах**				
12		**Виды работ**			
13		B1	B2	B3	B4
14	A1	9	3	5	3
15	A2	3	5	7	4
16	A3	2	4	6	5
17	A4	4	4	5	2

Рис. 7

1. Заполните таблицу производительностей труда сотрудников на разных работах (рис 12).
2. В ячейку ***D9*** рабочего листа введите формулу целевой функции, которая для нашего примера будет иметь вид:

=B4*B14+C4*C14+D4*D14+E4*E14+B5*B15+C5*C15+D5*D15+E5*E15+B6*B16+C6*C16+ D6*D16+E6*E16+B7*B17+C7*C17+D7*D17+E7*E17

Это выражение проще ввести в ячейку целевой функции с использованием функции СУММПРОИЗВ, которая позволяет перемножать массивы данных.

=СУММПРОИЗВ(B4:E7;B14:E17)

3. Далее выполните команду ***Данные $\Rightarrow$ Поиск решения*** и установите соответствующие параметры в диалоговом окне Поиск решения (Рис. 8).

- Укажите целевую ячейку ***D9***.
- Установите флажок "Максимальному значению".
- Укажите диапазон изменяемых ячеек ***B4:E7.***
- Введите ограничения

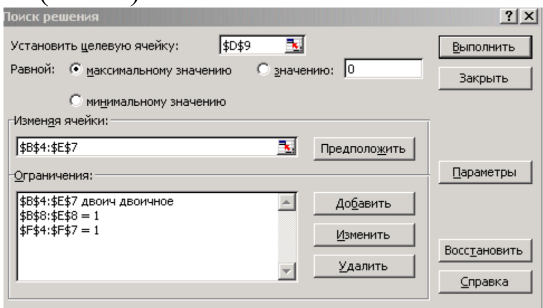


Рис. 8

B4:E7=двоичное
F4:F7=1
B8:E8=1

- В диалоговом окне "Параметры поиска решения" укажите, что решаемая модель линейна $\Rightarrow$ ОК.

4. Нажмите кнопку «**Выполнить**».

Программа выдаст оптимальное размещение сотрудников по должностям (Рис. 9).

Отметим, что данная задача сбалансирована, так как число сотрудников совпадает с числом работ. Если задача не сбалансирована, то перед началом решения ее необходимо сбалансировать, введя недостающее число фиктивных строчек или столбцов с нулевой производительностью.

	A	B	C	D	E	F
2	Назначение сотрудников					
3		B1	B2	B3	B4	Σ
4	A1	1	0	0	0	1
5	A2	0	0	1	0	1
6	A3	0	0	0	1	1
7	A4	0	1	0	0	1
8	Σ	1	1	1	1	
9	Целевая функция		25			

Рис. 9

ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА

В ходе производственной деятельности достаточно часто приходится решать задачи оптимизации перевозок грузов. Груз может быть размещен на разных базах, доставка его должна производиться в разные адресаты. При этом нежелательны простои транспорта, порожние пробеги, встречные и нерациональные перевозки.

Для составления оптимального плана перевозок существует особый класс математических методов линейного программирования - транспортные задачи.

Допустим, на трех торговых базах сосредоточен однородный груз в количествах соответственно равных 600, 450 и 500 тонн. Этот груз необходимо перевезти в три торговые точки в количествах соответственно равных 260, 520 и 420 тонн. Стоимость перевозок 1 тонны груза с каждой базы в каждую торговую точку приведены в таблице (Рис. 15).

Требуется составить план перевозок, обеспечивающих удовлетворение всех заявок торговых точек таким образом, чтобы затраты на осуществление перевозок были минимальными.

	A	B	C	D	E	F
6	**Стоимость перевозок**					
7	**Базы**	**Торговые точки**			**Кол-во товара на базе**	
8		**ТТ1**	**ТТ2**	**ТТ3**	**запас**	**остаток**
9	**Б1**	8	4	3	600	0
10	**Б2**	7	5	8	450	110
11	**Б3**	3	5	7	500	240
12	**Заявки**	260	520	420		

Рис. 10

1. Составьте таблицу стоимость перевозок (Рис. 10.
2. Составьте таблицу плана перевозок грузов от баз к торговым точкам (Рис. 11). В ячейках ***B16:D18*** проставим произвольные величины количества перевозимых грузов.

	A	B	C	D	E	F
14	**Базы**	**Торговые точки**			**Кол-во перевезенного товара**	
15		**ТТ1**	**ТТ2**	**ТТ3**		
16	**Б1**	1	1	1	3	
17	**Б2**	1	1	1	3	
18	**Б3**	1	1	1	3	
19	**Доставка**	3	3	3		
20	**Целевая функция**			**=СУММПРОИЗВ(B9:D11;B16:D18)**		

Рис. 11

3. В строку "Доставка" и столбец ""Кол-во перевезенного груза" запишите формулы, суммирующие соответствующие значения. В столбец "Остаток" также запишем формулу ***=E9-E16***.
4. В ячейку ***D20*** разместите формулу целевой функции, определяемую как сумму произведений стоимости перевозок и количества перевезенного груза.
5. Выполните команду ***Данные ⇒ Поиск решения*** и в окне "Поиск решения" сделаем следующие установки:

- Укажите ячейку целевой функции ***D20***.
- Установить флажок, минимизирующий расходы на перевозку.
- Укажите адрес диапазона изменяемых ячеек ***B16:D18***.

6. Ведите ограничения:
   - Количество перевезенного груза не может быть отрицательным числом (***B16:D18***>=0).
   - Заявки торговых точек должны быть удовлетворены (***B12:D12=B19:D19***).
   - Количество груза, вывозимого с каждой базы, ограничено его запасом (***E16:E18<=E9:E11***).
7. Нажмите кнопку "Параметры" и укажем, что решаемая модель линейна ⇒ ОК.
8. Нажмите кнопку «**Выполнить**».

Программа выведет на экран оптимальный план перевозки грузов (Рис. 12).

Мы решали задачу с тремя торговыми точками и тремя базами, но их число может быть и неодинаковым. Естественно, таким же образом можно планировать вывоз продукции с нескольких предприятий разным потребителям или на склады.

Если требуется перевозить два или более типов грузов, надо составлять две или более пары таблиц, в целевой функции суммировать затраты на перевозки всех грузов (=СУММПРОИЗВ1+ СУММПРОИЗВ2…) и вводить два или более комплектов аналогичных ограничений.

Базы	Торговые точки			Кол-во перевезенного товара
	ТТ1	ТТ2	ТТ3	
Б1	0	180	420	600
Б2	0	340	0	340
Б3	260	0	0	260
Доставка	260	520	420	
Цел. Функция		4460		

Рис. 22

МИНИМИЗАЦИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Практически любую задачу хотелось бы свести к получению максимальной прибыли при минимальном расходе ресурса. Поиск решения не может решить такую абстрактную задачу, а только такую, в которой четко сформулирована целевая функция, которую нужно максимизировать или минимизировать, а также точно определены ограничения для поставленной задачи. Иными словами для корректного поиска решения нужно составить корректную модель решения, чтобы все параметры задачи были связаны уравнениями модели.

В данном разделе мы будем сводить к минимуму расход ресурса для получения результата, предельные значения которого определены ограничениями.

Предположим, мы имеем какой-то набор продуктов, входящих в потребительскую корзину. Каждый продукт содержит определенное количество питательных веществ, указанных в таблице (Рис. 13).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Питательные вещества	Содержание питательных веществ в 1 кг продуктов								
2		мясо	рыба	молоко	масло	сыр	крупа	картофель	хлеб	фрукты
3	белки (г)	180	190	30	70	260	130	21	65	8
4	жиры (г)	20	3	40	805	310	30	2	10	0
5	углеводы (г)	0	0	50	8	2	650	200	460	200
6	мин. соли (г)	9	10	7	12	60	20	70	0,406	0,384
7	стоим. 1 кг (р)	40	20	8	45	45	10	7	3	20
8	запас продуктов (кг)									
9	кол-во в рационе	0	0	0	0,048	0	0	0,0960407	1,733	0

Рис. 13

Для поддержания жизнедеятельности потребителей этой корзины необходимы предельные минимальные количества питательных веществ. Здесь они сведены в таблицу ограничений (Рис. 14). Нужно найти такой состав потребительской корзины, чтобы ее стоимость была минимальной, но требования по предельно минимальному количеству питательных веществ выполнялись.

1. Составьте таблицу (Рис. 13).

2. Составьте таблицу ограничений (Рис. 14).

11	Ограничения				Стоимость потреб. корзины	8,022
12	белки	118	>=	118		
13	жиры	56	>=	56		
14	углеводы	816,7	>=	500		
15	мин. соли	8	>=	8		
16	рацион		>=	0		
17	фрукты	0	>=	0,25 кг		
18	картофель	0,096	>=	0,2 кг		

Рис. 14

Для каждого вида питательных веществ в левую часть ограничения запишем сумму произведений количества продуктов в рационе на содержание этих питательных веществ в продуктах.

Для белков это будет ***СУММПРОИЗВ(B3:J3;B9:J9).*** Аналогично для других питательных веществ. Естественно, количество продуктов в рационе не может быть отрицательным. Это также надо записать в ограничения. Если в задаче есть дополнительные условия на содержание каких-либо питательных веществ или продуктов, их также надо записать в ограничения.

3. Поскольку нам нужно минимизировать стоимость потребительской корзины, эту стоимость запишите в ***I11 =СУММПРОИЗВ(B7:J7;B9:J9).***
4. Выполните команду ***Данные ⇒ Поиск решения*** и в окне "Поиск решения" сделаем следующие установки:

- Укажите ячейку целевой функции ***I11***.
- Установите флажок, минимизирующий стоимость потребительской корзины.
- Укажите адрес диапазона изменяемых ячеек ***B9:J9***.
- Ведите ограничения (Рис. 23).

5. Нажмите кнопку «**Выполнить**».

При поиске оптимального решения не забудьте установить в параметрах, что решаемая модель линейна.

ЗАДАНИЕ НА ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ (КОРРЕЛЯЦИОННО - РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ)

Рассмотрим условные данные об уровне доходов человека и его затратами на приобретение книг, представленные в таблице 1.

Соответствующая точечная диаграмма представлена на рисунке 1. На этом же рисунке представлена линия, дающая наилучшую линейную аппроксимацию данных. Тангенс угла наклона аппроксимирующей прямой близок к нулю $k=2{,}8\cdot10^{-4}$. Параметр b=149,75. Коэффициент корреляции r=0,04.

Таблица 1 - Условные данные об уровне доходов людей и их затратами на приобретение книг.

Годовой доход, тыс. руб.	18,2	22,0	23,6	25,5	27,3	29,4	30,1	34,7	36,8	39,9	44,0	46,8	50,1	52,3
Расходы на литературу, руб.	0	120	150	140	170	220	215	250	265	240	190	100	120	50

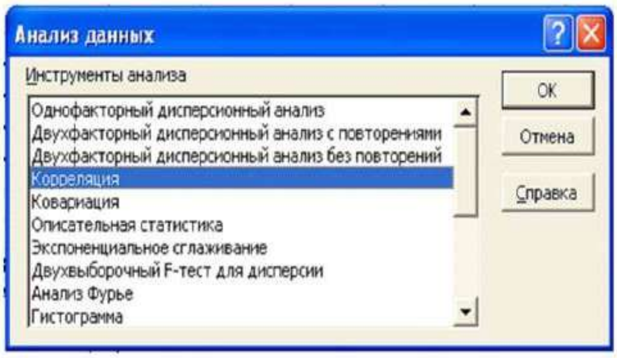


Рис. 6.2. Окно команды **Анализ данных**.

Значение коэффициента корреляции можно получить средствами Excel. Для этого необходимо занести данные таблицы 6.1 на лист Excel. Затем в меню Данные выбрать команду Анализ данных. Если этой команды в меню нет, то необходимо установить надстройку **Пакет анализа** с помощью команды **Надстройки** меню Параметры Excel. В окне команды **Анализ данных** (рис. 6.2) необходимо выбрать функцию **Корреляция** и заполнить диалоговое окно (рис. 6.3).

Если исходные данные были сгруппированы по строкам, т.е. так же как в таблице 6.1, то необходимо сделать соответствующую установку в диалоговом окне функции **Корреляция**. При расположении данных в столбик, необходимо выбрать вариант **Группирование: по столбцам**.

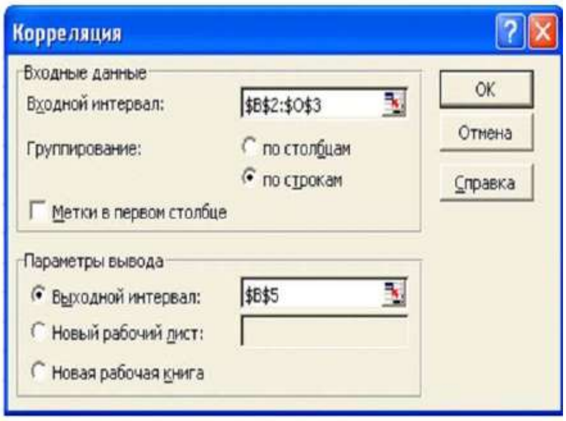
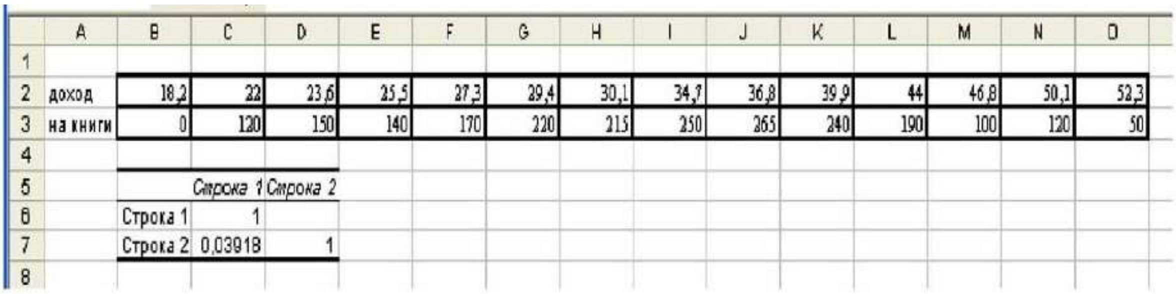


Рис. 6.3. Диалоговое окно команды **Корреляция**.

Если установки были сделаны правильно, то на листе Excel появится таблица, в одной из ячеек которой можно найти искомое значение коэффициента корреляции (рис. 6.4). Другой способ заключается в использовании функции Excel =КОРРЕЛ.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2	доход	18,2	22	23,6	25,5	27,3	29,4	30,1	34,7	36,8	39,9	44	46,8	50,1	52,3
3	на книги	0	120	150	140	170	220	215	250	265	240	190	100	120	50
4															
5			Строка 1	Строка 2											
6		Строка 1	1												
7		Строка 2	0,03918	1											
8															

Рис. 6.4. Нахождение коэффициента корреляции с помощью команды **Анализ данных**.

На основании малости коэффициента корреляции можно было бы заключить, что между доходами человека и его расходами на приобретение книг нет взаимосвязи. Однако, глядя на рисунок 6.1, мы можем заметить, что такая связь всё же существует и она не монотонная. При увеличении доходов расходы сначала увеличиваются, а потом уменьшаются. Иными словами, существует группа людей со средними доходами, которые читают больше, чем люди более бедные и более богатые.

В примере 6.1 мы использовали линейную функцию, дающую наилучшую аппроксимацию данных. Поясним, что означает условие наилучшей аппроксимации, и какая взаимосвязь существует между линейной аппроксимацией и корреляцией данных. Как известно, линейная функция имеет следующий общий вид:

$$Y=kX+b. \quad (6.2)$$

Уравнение 6.2 называется **уравнением линейной регрессии**, а параметр k – **коэффициентом регрессии**.

Параметры k и b находятся следующим образом. Представим каждое наблюдаемое значение Y_i в виде суммы аппроксимирующей величины $Y_a(X_i)$ и остатка R_i:

$$Y_i=Y_a(X_i)+R_i, \quad (6.3)$$

где $Y_a(X_i)$ означает значение функции 6.2 в точке X_i. Рисунок 6.5 поясняет взаимосвязь между Y_i, $Y_a(X_i)$ и R_i

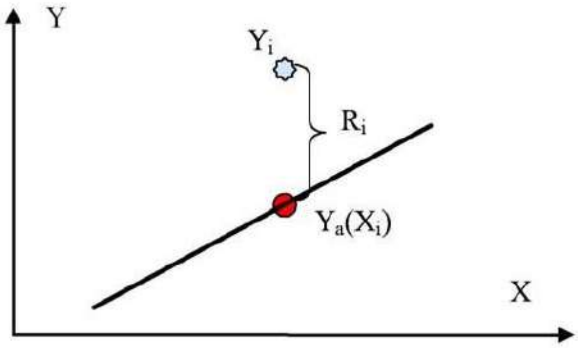


Рис. 6.5. взаимосвязь между Y_i, $Y_a(X_i)$ и R_i.

Условие наилучшей линейной аппроксимации заключается в том, что мы должны найти такую функцию 6.2, что сумма квадратов остатков будет минимальной:

$$\sum_{i=1}^{n} R_i^2 = \min \quad (6.4)$$

Покажем, как с помощью этого условия можно определить параметры k и b. Подставляя Y из равенства 6.2 в качестве Y_a в выражение 6.3, выражая R_i и подставляя в сумму 6.4, получим:

$$\sum_{i=1}^{n} R_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - (kX_i + b))^2 \quad (6.5)$$

Необходимым условием минимума функции 6.5 является равенство нулю её первых частных производных по k и b:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial(\sum_{i=1}^{n} R_i^2)}{\partial k} = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - (kX_i + b))X_i = 0 \\ \dfrac{\partial(\sum_{i=1}^{n} R_i^2)}{\partial b} = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - (kX_i + b)) = 0 \end{cases} \quad (6.6)$$

Из последнего уравнения системы 6.6 выразим b:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - kX_i)}{n} = \overline{Y} - k\overline{X} \qquad (6.7)$$

подставим его в первое уравнение системы 6.6 и, сделав преобразования, получим уравнение:

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i X_i - \overline{Y}X_i) = k\sum_{i=1}^{n}(X_i X_i - \overline{X}X_i) \qquad (6.8)$$

Добавим в левую часть равенства 6.8 сумму:

$$\sum_{i=1}^{n}(\overline{Y}\,\overline{X} - Y_i\overline{X}) = n\overline{Y}\,\overline{X} - \sum_{i=1}^{n} Y_i\overline{X} = n\overline{Y}\,\overline{X} - \overline{X}\sum_{i=1}^{n} Y_i = n\overline{Y}\,\overline{X} - n\overline{Y}\,\overline{X} = 0 \qquad (6.9)$$

а в правую часть равенства 6.8 сумму:

$$\sum_{i=1}^{n}(X_i\overline{X} - \overline{X}\,\overline{X}) = \sum_{i=1}^{n} X_i\overline{X} - n\overline{X}\,\overline{X} = \overline{X}\sum_{i=1}^{n} X_i - n\overline{X}\,\overline{X} = n\overline{X}\,\overline{X} - n\overline{X}\,\overline{X} = 0 \qquad (6.10)$$

Этот приём позволит нам сделать необходимые преобразования:

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i X_i - \overline{Y}X_i + \overline{Y}\,\overline{X} - Y_i\overline{X}) = k\sum_{i=1}^{n}(X_i X_i - \overline{X}X_i + X_i\overline{X} - \overline{X}\,\overline{X}) \qquad (6.11)$$

Выражения в правой и левой частях равенства 6.11 можно представить в виде суммы произведений:

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})(X_i - \overline{X}) = k\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2 \qquad (6.12)$$

Выражая из этого соотношения параметр k, получим:

$$\mathbf{k} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\mathbf{Y}_i - \overline{\mathbf{Y}})(\mathbf{X}_i - \overline{\mathbf{X}})}{\sum_{i=1}^{n}(\mathbf{X}_i - \overline{\mathbf{X}})^2} = \mathbf{r}_{XY}\frac{\mathbf{s}_Y}{\mathbf{s}_X} \qquad (6.13)$$

Таким образом, мы видим, что коэффициент k, равный тангенсу угла наклона аппроксимирующей прямой, пропорционален коэффициенту корреляции. Поэтому, в примере 6.1 мы можем использовать k как показатель взаимосвязи между двумя величинами. Параметр b в формуле 6.2 не несёт большого смысла, он просто определяет

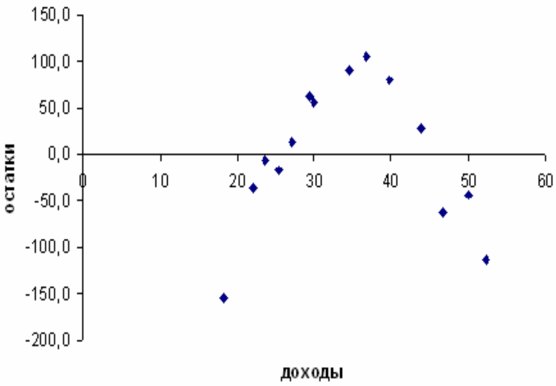


Рис. 6.6. диаграмма остатков.

положение аппроксимирующей прямой. Он численно равен значению, в котором эта прямая пересекает ось Y.

Ещё один способ оценки того, насколько линейная регрессия позволяет охарактеризовать данные, является анализ остатков R. Этот анализ можно провести в графическом виде, отложив на точечной диаграмме значения остатков, как это показано на рисунке 6.6 для данных представленных в примере 6.1. Показателем того, что линейная регрессия даёт хороший способ аппроксимации, является хаотичное расположение точек по обе стороны от линии R=0 без видимых закономерностей. Из рисунка 6.6 мы видим, что в этом примере такой вывод сделать нельзя. Представленные данные группируются выше или ниже линии R=0. Существуют численные параметры, позволяющие оценить качество аппроксимации. Один из них – **стандартная погрешность оценки** (standard error of estimate):

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - \overline{R})^2}{n-2}} \qquad (6.14)$$

Более популярной величиной является **достоверность аппроксимации** (coefficient of determination):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(R_i - \overline{R})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})^2} \qquad (6.15)$$

Достоинством параметра R^2 является то, что он имеет значения в диапазоне от 0 до 1 и может быть интерпретирован как доля изменения зависимой переменной, обусловленная изменением независимой переменной. Поэтому, показателем высокого качества аппроксимации является близость параметра R^2 к единице. Оказывается так же, что этот параметр равен квадрату коэффициента корреляции между имеющимися значениями зависимой переменной $Y(X_i)$ и аппроксимирующими их значениями $Y_a(X_i)$. Покажем это на данных из этого примера. В таблице 2 представлены соответствующие значения зависимой переменной и величины, полученные при её линейной аппроксимации.

Таблица 2 -Данные для расчета параметров аппроксимации.

независимая переменная (x)	18,2	22,0	23,6	25,5	27,3	29,4	30,1	34,7	36,8	39,9	44,0	46,8	50,1	52,3
зависимая переменная (y)	0	120	150	140	170	220	215	250	265	240	190	100	120	50
Аппроксимация (умод)	154,8	155,9	156,3	156,8	157,3	157,9	158,1	159,4	160,0	160,8	162,0	162,8	163,7	164,3
Остатки (e)	-54,8	-35,9	-6,3	-16,8	12,7	62,1	56,9	90,6	105,0	79,2	28,0	-62,8	-43,7	-114,3

Среднее значение остатков оказывается равным нулю. Расчет по формуле 6.15 даёт R^2=0,0015. С другой стороны, расчет коэффициента корреляции r_{YY_a} между зависимой переменной и её аппроксимацией по формуле 6.13 даёт r_{YY_a}=0,039, а $(r_{YY_a})^2$=0,0015. Мы видим, что действительно выполняется равенство $(r_{YY_a})^2 = R^2$.

3.1.2 Методические рекомендации и критерии оценивания

При практическом выполнении заданий необходимо определить к какому типу задач относится задание и реализовать его, применяя предложенные рекомендации, а также современные информационные технологии и программные продукты для решения прикладных исследовательских задач в стратегическом управлении.

Критерии оценивания разноуровневых заданий: практические задания (лабораторные работы)

Оценка	Критерии
оценка «зачтено»	выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, использует в ответе теоретический материал при необходимости, правильно обосновывает принятое решение, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, а также обучающийся самостоятельно выполнил все этапы решения задач на ПК; работа выполнена полностью и получен верный ответ или иное требуемое представление результата работы Элементы компетенций в основном сформированы на среднем, но достаточно высоком уровне;
оценка «не зачтено»	выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, а также допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями, умениями и навыками работы на ПК или значительная часть работы выполнена не самостоятельно, задание (работа) показала полное отсутствие у обучающегося обязательных знаний и навыков работы на ПК Элементы компетенций не сформированы.

3.2 Промежуточная форма контроля

Промежуточной формой контроля по дисциплине является зачет, а формами оценочных средств – контрольные вопросы.

3.2.1 Перечень контрольных вопросов к зачету

1. Определение экономико-математического моделирования и прогнозирования. Этапы экономико-математического моделирования
2. Экономико-математическое моделирование: сфера применения. Место метода моделирования в системе методов теории систем.
3. Границы познавательных возможностей экономико- математического моделирования.
4. Значение экономико-математического моделирования для экономической науки и практики.
5. Этапы экономико-математического моделирования.
6. Классификация экономико-математических методов и моделей.
7. Что такое регрессионная модель? Какие вам известны регрессионные модели? Классификация переменных.
8. Что такое тренд временного ряда.
9. Модели для прогнозирования временных рядов.
10. Экономико-математические методы прогноза
11. Регрессионные модели прогноза
12. Методы сглаживания и их применение на примерах прогноза спроса
13. Что такое выравнивание временного ряда?

14. Суть метода простой скользящей средней и экспоненциального сглаживания
15. Понятие о системе массового обслуживания (СМО). Основные элементы Понятие о СМО. Модели систем массового обслуживания
16. Потоки случайных событий. Понятие простейшего потока. Графическая модель СМО.
17. Понятие о системе массового обслуживания (СМО). Основные элементы СМО. Модели систем массового обслуживания
18. Потоки случайных событий. Понятие простейшего потока. Графическая модель СМО.
19. Классификация моделей СМО.
20. СМО с отказами (потерями). Особенности функционирования.
21. Основные характеристики СМО с отказами.
22. СМО с ожиданием. Особенности функционирования. Основные характеристики СМО с ожиданием.
23. СМО с ограничением на длину очереди. Особенности функционирования.
24. Основные характеристики СМО с ограничением на длину очереди.
25. Определение оптимальных параметров систем массового обслуживания.
26. Как рассчитываются вероятности событий при отсутствии очереди, при наличии очереди?
27. Дать экономическую интерпретацию полученным результатам
28. Основные характеристики СМО с ограничением на длину очереди.
29. Определение оптимальных параметров систем массового обслуживания.
30. Есть ли практически очередь в системе?
31. Эффективно ли работает данная СМО и что нужно сделать, чтобы повысить ее эффективность?
32. Принцип оптимальности Беллмана и условия его применимости для решения экономических задач.
33. Алгоритм поиска кратчайшего пути на графе.
34. Алгоритм поиска минимального срока выполнения последовательности работ.
35. Алгоритм решения задачи выпуклого программирования методом наискорейшего спуска.
36. Трудности, возникающие в связи с численным решением задач невыпуклого программирования.
37. Правила пользования средством «Поиск решения» табличного процессора MicrosoftExcel.
38. Решение задач выпуклого программирования при помощи линейной аппроксимации.
39. Приближённое решение задач математического программирования методом сепарабельного программирования.
40. Экономические приложения динамического программирования.
41. Алгоритм поиска минимального срока выполнения последовательности работ.
42. Определение размеров производства, необходимых для достижения заданных параметров конечного потребления.
43. Свойства функции полезности, применяемой при анализе потребительского спроса.
44. Постановка и экономическая интерпретация задачи о назначениях.
45. Методика численного решения задачи о назначениях.
46. Постановка и экономическая интерпретация общей задачи математического программирования.
47. Свойства функциональной матрицы задачи математического программирования в точке оптимума.
48. Бюджетное ограничение: математическая форма, экономическая интерпретация, роль в анализе потребительского спроса.
49. Модели управления запасами. Классическая задача экономического размера партии
50. Модели управления запасами. Система с конечной интенсивностью поступления заказа.
51. Модели управления запасами. Модель с учетом неудовлетворенных требований
52. Модели управления запасами. Модели управления многоменклатурными запасами.
53. Применение имитационных моделей в теории управления запасами (на примере).
54. Оптимизация моделей. Методы оптимизации моделей. Задачи оптимизации

55. Допустимые и оптимальные решения. Причины их возможного отсутствия.
56. Определения максимума и минимума на допустимом множестве.
57. Итерационная схема построения оптимального решения через допустимые. Эквивалентные, или взаимные задачи оптимизации (например, задача максимизации прибыли при ограниченных сверху затратах эквивалентна задаче о минимизации затрат при ограниченной снизу прибыли на том же допустимом множестве).
58. Краткие сведения о методах стохастической оптимизации.
59. Классификация моделей и методов принятия решений.
60. Модели линейного упорядочивания. Метод анализа иерархий.
61. Методы принятия решений при нечеткой исходной информации.
62. Качественные методы принятия решений

3.2.2 Методические рекомендации и критерии оценивания

Цель проведения зачета заключается в проверке уровня овладения компетенциями по дисциплине. Зачет проводится в форме устного собеседования преподавателя и студента по заранее установленным вопросам. Зачет проводится в соответствии с регламентирующими документами СФУ.

Критерии оценивания на зачете по дисциплине (модулю)

Оценка	Критерии
«зачтено»	«зачтено» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а также имеет достаточно полное представление о значимости знаний по дисциплине.
«не зачтено»	«не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной дисциплине.

ФОС по дисциплине Экономико-математическое моделирование в бизнес-системах

разработан в соответствии с ПВД ФОС-2017 Университета, ФГОС ВО направления подготовки 38.04.02 Менеджмент и учебным планом 38.04.02.17 "Управление проектом (в том числе по отраслям)" очная форма обучения, 2017 год набора

Разработчик(и) В. В. Шишов

подпись, инициалы, фамилия

И.Н. Конюченко

подпись, инициалы, фамилия