

МАИ

Дипломная работа

Расчет кривой бескупонной доходности государственных облигаций

Сорокин Дмитрий

28.01.2013

## РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 61 страницу, 8 рисунков, 10 таблиц. Список использованных источников содержит 21 позицию.

КРИВАЯ ДОХОДНОСТИ, КУБИЧЕСКИЕ СПЛАЙНЫ, В-СПЛАЙНЫ, МОДЕЛЬ НЕЛЬСОНА-СИГЕЛЯ, АЛГОРИТМ ЛЕВЕНБЕРГА-МАРКВАРДТА.

В данной дипломной работе исследованы алгоритмы построения кривой бескупонной доходности государственных облигаций.

В ходе работы был разработан программный продукт, позволяющий рассчитывать кривую доходности и сравнивать ее с кривой, ежедневно рассчитываемой на бирже ММВБ.

Был проведен расчет по параметрической модели Нельсона-Сигеля, используемой на московской бирже.

Для альтернативных расчетов были использованы сплайновые методики и алгоритм Левенберга-Марквардта.

Реализация алгоритмов проводилась на реальных данных на 2 даты расчета. В качестве базы расчета использовалась 21 облигация, торгуемая на ММВБ. После всех расчетов был проведен сравнительный анализ всех реализованных алгоритмов. Был сделан вывод о преимуществах и недостатках каждого из алгоритмов.

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Основная часть.....	6
1.1. Введение .....	7
1.2. Постановка задачи.....	9
1.3. Методы решения .....	11
1.3.1. Метод на основе модели Нельсона-Сигеля.....	11
1.3.2. Сглаживание кубическими сплайнами.....	14
1.3.3. Сглаживание В-сплайнами.....	17
1.3.4. Построение нелинейной регрессионной модели .....	29
1.4. Практическая часть.....	21
1.4.1. Сравнение полученных результатов .....	21
1.4.2. Выводы.....	27
3. Экономическая часть.....	30
3.1. Общие положения .....	31
3.2. Построение сетевой модели.....	32
3.2.1. Перечень событий и работ .....	32
3.2.2. Графическое представление сетевой модели.....	36
3.2.3. Расчет параметров сетевой модели .....	37
3.2.4. Анализ сетевой модели .....	38
3.3. Расчет затрат на создание программного комплекса .....	40
3.4. Оценка экономической эффективности .....	44
4. Охрана труда и окружающей среды.....	46
4.1. Введение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.2. Организация рабочего места.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4.3. Организация и оборудование рабочих мест с ПЭВМ .....	53
4.4. Обеспечение электробезопасности .....	55
4.5. Противопожарная защита .....	57
5. Заключение .....	59
6. Список использованных источников .....	60

# **1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

## 1.1. ВВЕДЕНИЕ

Моделирование кривой доходности непосредственно связано с определением временной структуры процентных ставок. Эта информация важна для всех участников финансового рынка. Государству, как крупнейшему эмитенту, она позволяет более эффективно управлять своим долгом. Для Центрального банка кривая доходности служит индикатором стоимости денег и ожиданий в экономике, а также позволяет оценить последствия монетарной политике в сложившейся рыночной конъюнктуре и корректировать свою политику в ответ на изменение ситуации на рынке. Участники финансового рынка используют эту информацию для оценки финансовых активов. Для работников инвестиционных компаний, торгующих на рынке ценных бумаг, кривая доходности может служить в качестве безрисковой ставки. Безрисковая ставка требуется для расчета различных финансовых показателей, в том числе для расчета эффективности управления активами, и чаще всего в качестве безрисковой ставки используется значение кривой бескупонной доходности. Интерпретация кривой бескупонной доходности следующая: под какую ставку можно разместить денежные средства в государственные облигации на определенный срок, считая, что никаких выплат до погашения не предусматривается.

Существует несколько основных общепринятых моделей для построения кривой доходности. В работе были рассмотрены базовые понятия, используемые при построении кривой доходности, и подробно описаны основные модели, применяемые Центральными банками разных стран для приближения кривой доходности. Рассмотрены факторы, влияющие на выбор модели в условиях конкретного рынка, и плюсы и минусы моделей при решении стоящих перед ними задач. Был произведен сравнительный анализ кривых доходностей, полученных с помощью различных методик с кривой, используемой на Российской фондовой бирже ММВБ. Несмотря на отсутст-

вие полной биржевой информации (количество сделок за день, спреды в котировках) были получены достаточно точные результаты.

## 1.2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

### 1.2.1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Кривой доходности* называют взаимосвязь между процентными ставками и сроком погашения долговых обязательств. В зависимости от того, какие именно процентные ставки используются при построении кривой доходности, различают *кривую спот-ставок*, *форвардную кривую* и собственно *кривую доходности (yield curve)* [6]. В соответствии с названиями, кривая спот-ставок – это зависимость текущих рыночных ставок спот от времени, форвардная кривая отражает временную структуру краткосрочных форвардных ставок. Кривая доходности – есть зависимость доходности к погашению облигаций одного кредитного класса от срока погашения. Естественно, несмотря на различие отображаемых показателей, все типы кривых связаны между собой и характеризуют *структуру процентных ставок во времени*. Для описания временной структуры стоимости денег во времени часто используют также *кривую цен* простых дисконтных облигаций.

Формы кривых доходности могут быть различными. Если долгосрочные ставки превышают краткосрочные, говорят о *возрастающей* или *нормальной* кривой доходности. Равенство процентных ставок с различным временем погашения означает *плоскую* кривую доходности. Кривую доходности, в которой долгосрочные ставки меньше краткосрочных, называют *обратной*. Часто кривые доходности имеют более сложную форму: например когда процентные ставки при увеличении срока вначале возрастают, а затем снижаются.

*Государственные облигации (далее - облигации)* - государственные краткосрочные облигации и облигации федеральных займов, допущенные к обращению в Закрытом акционерном обществе «Фондовая биржа ММВБ» (далее – ЗАО «ФБ ММВБ»).

*Бескупонная доходность* - доходность к погашению дисконтной облигации.

*Кривая бескупонной доходности (КБД)* – функция, определяющая зависимость величины процентных ставок (бескупонных доходностей), действующих на долговом рынке, от срока инвестирования (функция, задающая временную структуру процентных ставок).

*Расчетная цена* – сумма цены и накопленного купонного дохода облигации, выраженная в процентах от номинальной стоимости облигации, рассчитанная на основе сведений о денежных выплатах, предусмотренных условиями выпуска облигации, и значений процентных ставок, соответствующих срокам указанных денежных выплат, определенных с помощью КБД.

### 1.2.2. Сглаживание кривой доходности.

Сложностью при построении кривой доходности является то, что большая часть реальных инструментов характеризуется не единственным (как в случае простой дисконтной облигации), а несколькими денежными потоками. Пусть есть информация о  $K$  инструментах с фиксированным доходом,  $P_k$  – цена  $k$ -го инструмента ( $k = 1, 2, \dots, K$ ),  $C_{ki}$  – выплата по  $k$ -му инструменту в моменты времени  $t_i$ . Рассматриваются все моменты времени, в которые возникают выплаты хотя бы по одному инструменту, всего  $n + 1$  моментов времени:  $t_0 = 0, t_1, \dots, t_n = T$ . Задачей является определение оценок значений коэффициентов дисконтирования  $\delta(t_i)$  для каждого момента времени, чтобы цены рассчитанные с помощью этих коэффициентов

$$\hat{P}_k = \sum_{i=1}^n \delta(t_i) C_{ik}, \quad (1)$$

как можно более точно соответствовали фактическим рыночным ценам  $P_k$ .

Если количество рассматриваемых моментов времени равно количеству инструментов ( $n = K$ ), коэффициенты дисконтирования, соответствующие фактическим рыночным ценам могут быть определены точно. Обозначим:

$\delta = \{\delta(t_i)\}_{i=1, \dots, n}$  – вектор искомых коэффициентов дисконтирования,  
 $P = \{P_k\}_{k=1, \dots, K}$  – вектор фактических рыночных цен,  $C = \{C_{ki}\}_{k=1, \dots, K}^{i=1, \dots, n}$  –



матрицу выплат. Тогда вектор  $\delta$  является решением системы линейных уравнений

$$P = C\delta, \quad (2)$$

$$\delta = C^{-1}P. \quad (3)$$

На практике случай  $n = K$  как правило не встречается. Если  $n < K$  решение системы (2) может не существовать и возможна лишь приближительная оценка вектора  $\delta$ . Решением этой проблемы является выбор  $\delta$  методом наименьших квадратов: таким образом, чтобы сумма квадратов отклонений расчетных значений цен инструментов от фактических рыночных цен была минимальной:

$$\min_{\delta} \sum_{i=1}^n (\hat{P}(\delta, t_i) - p_i)^2 \quad (4)$$

### 1.3. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Для нахождения параметров модели Нельсона-Сигеля будем использовать нелинейный метод Ньютона, для сглаживания кривой доходности будем использовать метод кубических и В-сплайнов. Также построим нелинейную регрессионную модель, оценив параметры с помощью Алгоритма Левенберга-Марквардта.

#### 1.3.1. МОДЕЛЬ НЕЛЬСОНА-СИГЕЛЯ

В 1987 г. Чарльзом Нельсоном и Эндрю Сигелем была предложена формулировка кривой доходности, популярная ныне среди участников финансового рынка. На Российской фондовой бирже (ММВБ) [1] основе расчета Кривой бескупонной доходности, также заложена модель Нельсона-Сигеля. Первоначальный вид модели Нельсона-Сигеля следующий:

$$R(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\tau}{t} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] - \beta_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right).$$

На данный момент на Российской фондовой бирже ММВБ используется модель Нельсона-Сигеля с добавлением корректирующих членов:

$$R(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\tau}{t} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] - \beta_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + g_1 \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) + g_2 \exp\left(-\frac{(t-1)^2}{2}\right) + g_3 \exp\left(-\frac{(t-2)^2}{2}\right).$$

Корректирующие члены были добавлены для более точного приближения, с учетом специфики Российского рынка госбумаг.

Параметры  $\beta_0$  и  $\beta_1$  имеют явную экономическую интерпретацию:

$\beta_0$  – долгосрочная ставка

$\beta_0 + \beta_1$  – краткосрочная ставка

Исходные данные:

Все расчеты делаются на дату: 22-10-2012

В качестве базы расчета используется 21 облигация федерального займа (ОФЗ) с реальными рыночными ценами [p1....p21]:

Таблица №1 «База расчета облигаций и их параметры»

Код в торговой системе	Рыночная цена	Дата погашения
SU25065RMFS2	102,664	27.03.2013
SU25068RMFS6	109,1137	20.08.2014
SU25071RMFS0	102,9022	26.11.2014
SU25072RMFS8	100,2901	23.01.2013
SU25075RMFS1	100,1883	15.07.2015
SU25076RMFS9	100,8203	13.03.2014
SU25077RMFS7	101,446	20.01.2016
SU25078RMFS5	100,2227	06.02.2013
SU25079RMFS3	100,5224	03.06.2015
SU25080RMFS1	101,8756	19.04.2017
SU26202RMFS0	109,2966	17.12.2014
SU26203RMFS8	100,1336	03.08.2016
SU26204RMFS6	102,8245	15.03.2018
SU26205RMFS3	102,655	14.04.2021
SU26206RMFS1	102,0142	14.06.2017
SU26207RMFS9	104,39	03.02.2027
SU26208RMFS7	102,3123	27.02.2019
SU46017RMFS8	98,4265	03.08.2016
SU46018RMFS6	95,9867	24.11.2021
SU46020RMFS2	88,4181	06.02.2036
SU46021RMFS0	92,5715	08.08.2018

По каждой облигации необходимо перечислить все даты выплат (выплаты купонов, погашения номинала) и проценты по ним. Перевести эти значения во временной индекс  $t$ , выраженный в долях года.

Таблица №2 «Потоки платежей по облигациям»

isin	Процент по купону	Дата начала купонного периода	Дата окончания купонного периода	t
SU25065RMFS2	12	26.09.2012	26.12.2012	0,178082
SU25065RMFS2	12	26.12.2012	27.03.2013	0,427397
SU25068RMFS6	12	22.08.2012	20.02.2013	0,331507
SU25068RMFS6	12	20.02.2013	21.08.2013	0,830137
SU25068RMFS6	12	21.08.2013	19.02.2014	1,328767
SU25068RMFS6	12	19.02.2014	20.08.2014	1,827397
SU25071RMFS0	8,1	30.05.2012	28.11.2012	0,10137
SU25071RMFS0	8,1	28.11.2012	29.05.2013	0,6
SU25071RMFS0	8,1	29.05.2013	27.11.2013	1,09863
SU25071RMFS0	8,1	27.11.2013	28.05.2014	1,59726
SU25071RMFS0	8,1	28.05.2014	26.11.2014	2,09589
SU25072RMFS8	7,15	25.07.2012	23.01.2013	0,254795
SU25075RMFS1	6,88	18.07.2012	16.01.2013	0,235616
SU25075RMFS1	6,88	16.01.2013	17.07.2013	0,734247
SU25075RMFS1	6,88	17.07.2013	15.01.2014	1,232877
SU25075RMFS1	6,88	15.01.2014	16.07.2014	1,731507
SU25075RMFS1	6,88	16.07.2014	14.01.2015	2,230137
SU25075RMFS1	6,88	14.01.2015	15.07.2015	2,728767
SU25076RMFS9	7,1	13.09.2012	14.03.2013	0,391781
SU25076RMFS9	7,1	14.03.2013	12.09.2013	0,890411
SU25076RMFS9	7,1	12.09.2013	13.03.2014	1,389041
SU25077RMFS7	7,35	25.07.2012	23.01.2013	0,254795
SU25077RMFS7	7,35	23.01.2013	24.07.2013	0,753425
SU25077RMFS7	7,35	24.07.2013	22.01.2014	1,252055
SU25077RMFS7	7,35	22.01.2014	23.07.2014	1,750685
SU25077RMFS7	7,35	23.07.2014	21.01.2015	2,249315
SU25077RMFS7	7,35	21.01.2015	22.07.2015	2,747945
SU25077RMFS7	7,35	22.07.2015	20.01.2016	3,246575
SU25078RMFS5	6,7	08.08.2012	06.02.2013	0,293151
SU25079RMFS3	7	06.06.2012	05.12.2012	0,120548
SU25079RMFS3	7	05.12.2012	05.06.2013	0,619178
SU25079RMFS3	7	05.06.2013	04.12.2013	1,117808
SU25079RMFS3	7	04.12.2013	04.06.2014	1,616438
SU25079RMFS3	7	04.06.2014	03.12.2014	2,115068
SU25079RMFS3	7	03.12.2014	03.06.2015	2,613699
SU25080RMFS1	7,4	25.04.2012	24.10.2012	0,005479
SU25080RMFS1	7,4	24.10.2012	24.04.2013	0,50411
SU25080RMFS1	7,4	24.04.2013	23.10.2013	1,00274
SU25080RMFS1	7,4	23.10.2013	23.04.2014	1,50137
SU25080RMFS1	7,4	23.04.2014	22.10.2014	2
SU25080RMFS1	7,4	22.10.2014	22.04.2015	2,49863

**Алгоритм расчета [3]:**

Требуется оценить параметры  $\theta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau, g_1, g_2, g_3)$ .

Для этого необходимо:

Задать начальные значения параметров:  $\theta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau, g_1, g_2, g_3)$ .

Посчитать значения  $R(\theta, t)$  для всех выплат по формуле:

$$R(\theta, t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\tau}{t} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] - \beta_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + g_1 \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) + g_2 \exp\left(-\frac{(t-1)^2}{2}\right) + g_3 \exp\left(-\frac{(t-2)^2}{2}\right). \quad (5)$$

Используя (1) считаем значения  $Y(\theta, t)$  для всех выплат:

$$Y(\theta, t) = 10000 \left[ \exp\left(\frac{R(\theta, t)}{10000}\right) - 1 \right], \quad (6)$$

Для определения расчетной стоимости облигации пользуемся следующей записью дисконтной функцией, подставляя (2):

$$\delta(\theta, t) = \exp\left(-\frac{R(\theta, t)}{10000} t\right) = \frac{1}{\left(1 + \frac{Y(\theta, t)}{10000}\right)^t}. \quad (7)$$

Считаем расчетную стоимость каждой облигации, используя (1) и (7):

$$\hat{P}(\theta, t_i) = \sum_{i=1}^N \delta(\theta, t_i) C_i, \quad (8)$$

где:

$\delta(\theta, t_i)$  – значение дисконтной функции, соответствующее  $i$ -ой выплате по облигации и вычисляемое с использованием значений параметров КБД

$$\theta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau, g_1, g_2, g_3);$$

$C_i$  – величина  $i$ -ой выплаты по облигации, выраженная в процентах от непогашенной части номинальной стоимости облигации;

$N$  – количество оставшихся выплат, предусмотренных условиями выпуска облигации, приходящееся на дату совершенной  $n$ -ой сделки.

Вычисляем сумму квадратов ошибок в калькуляции цен (рыночной и расчетной)

$$\sum_{i=1}^n (\hat{P}(\theta, t_i) - p_i)^2,$$

где  $n$  – количество облигаций, участвующих в расчете.

Подставляя (8) в (4), используя метод Ньютона, подбираем оптимальные значения параметров  $\theta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \tau, g_1, g_2, g_3)$ , минимизируя сумму квадратов ошибок в калькуляции цен:

$$\sum_{i=1}^n (\hat{P}(\theta, t_i) - p_i)^2 \rightarrow \min_{\theta}$$

### 1.3.2. СГЛАЖИВАНИЕ КУБИЧЕСКИМИ СПЛАЙНАМИ

Использование *кубических сплайнов* – один из самых распространенных методов сглаживания кривой доходности, т.к. он обеспечивает достаточную точность и одновременно непрерывность производных первого и второго порядка. Использование полиномов более высокого порядка дает лучшую точность, но получаемые кривые доходности могут иметь чрезмерно сложную форму и быть слишком чувствительными к изменениям исходных данных. В случае использования сплайнов, оцениваемая функция определяется кусочно. Во-первых, необходимо определить количество и продолжительность интервалов времени, для каждого из которых будут оцениваться свои значения параметров. Однозначных правил здесь не существует. Количество так называемых *узловых точек* (точек на оси времени, где одна функция сменяется другой) должно быть достаточным, чтобы обеспечить необходимый уровень точности оценки (в качестве критериев могут выступать, например, максимальное абсолютное отклонение «теоретической» цены от фактической или сумма квадратов отклонений), но, в то же время не должно быть *слишком* большим, обеспечивая гладкость кривой доходности.

Пусть выбрано  $S+1$  узловых точек, соответствующих моментам времени  $\tau_0 = 0, \tau_1, \dots, \tau_S$ . Кривая коэффициентов дисконтирования  $\delta(t, \lambda)$  определяется как

$$\delta(t, \lambda) = \delta_s(t, \lambda), t \in [\tau_{i-1}, \tau_i), s = 1, \dots, S. \quad (9)$$

Функции  $\delta_s(t)$  и  $(\delta(t))$  в целом) должны быть непрерывными и, как минимум, дважды дифференцируемы, для чего, в частности, в узловых точках должны выполняться условия

$$\delta_s(\tau_s) = \delta_{s+1}(\tau_{s+1}), s = 1, \dots, S - 1. \quad (10)$$

$$\frac{d\delta_s(\tau_s)}{dt} = \frac{d\delta_{s+1}(\tau_s)}{dt}, s = 1, \dots, S - 1. \quad (11)$$

$$\frac{d^2\delta_s(\tau_s)}{dt^2} = \frac{d^2\delta_{s+1}(\tau_s)}{dt^2}, s = 1, \dots, S - 1. \quad (12)$$

Кроме того, коэффициент дисконтирования для сегодняшнего дня ( $\tau = 0$ ) должен равняться единице

$$\delta_1(\tau_0) = \delta_1(0) = 1 \quad (13)$$

Если в качестве функций  $\delta_s(t)$  используются полиномы третьей степени

$$\delta_s(t) = a_s + b_s t + c_s t^2 + d_s t^3, s = 1, \dots, S - 1. \quad (14)$$

Ограничения (2)-(4) запишутся

$$\begin{aligned} a_s + b_s \tau_s + c_s \tau_s^2 + d_s \tau_s^3 = \\ = a_{s+1} + b_{s+1} \tau_s + c_{s+1} \tau_s^2 + d_{s+1} \tau_s^3, s = 1, \dots, S - 1. \end{aligned} \quad (15)$$

$$b_s + 2c_s \tau_s + 3d_s \tau_s^2 =$$

$$b_{s+1} + c_{s+1} \tau_s + 3d_{s+1} \tau_s^2, s = 1, \dots, S - 1. \quad (16)$$

$$2c_s + 6\tau_s d_s = 2c_{s+1} + 6d_{s+1} \tau_s, s = 1, \dots, S - 1. \quad (17)$$

Условие (13) означает  $a_1 = 1$ . Если известна краткосрочная ставка  $x_0$ , естественно потребовать, чтобы оценка краткосрочной ставки равнялась ее фактическому значению. Принимая во внимание, что  $x_0 = \varphi(0)$ , где  $\varphi(t)$  - мгновенная форвардная ставка, а также тот факт, что  $\varphi(t) = -\left(\frac{1}{p(t)}\right)\left(\frac{dp(t)}{dt}\right)$ , для функции

$$\delta_1(t) \text{ при } t = 0 \text{ и } p(0) = 1 \text{ получим } x_0 = \varphi(0) = -\frac{1}{p(0)}(b_1 + 2c_1 t + 3d_1 t^2) = -b_1.$$

Тем самым, если известна краткосрочная ставка – известно и значение параметра  $b_1 = -x_0$ . В целом, вектор оцениваемых параметров может быть представлен как

$$\lambda = (c_1, d_1, a_2, b_2, c_2, d_2, \dots, a_s, b_s, c_s, d_s)',$$

т.е. всего оценивается  $4S - 2$  параметров, при этом общее количество ограничений, накладываемых на параметры (условия (15) – (17)) равно  $3(S - 1)$ .

Сократить количество параметров, и одновременно – избавиться от накладываемых ограничений, можно используя обобщенную формулу для кубического сплайна (см. [4]).

$$\delta(t) = \sum_{i=0}^3 \tilde{a}_i t_i + \sum_{s=1}^{S-1} \tilde{b}_s (t - \tau_s)_+^3, \quad (18)$$

где  $(t - \tau_s)_+ = \max(0, t - \tau_s)$ . Если представить  $\delta(t)$  в виде (9), то функции  $\delta_s(t)$  запишутся:

$$\delta_1(t) = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 t + \tilde{a}_2 t^2 + \tilde{a}_3 t^3, t \in [0, \tau_1),$$

$$\delta_1(t) = \sum_{i=0}^3 \tilde{a}_i t_i + \sum_{s=1}^{S-1} \tilde{b}_j (t - \tau_j)_+^3,$$

$$t \in [\tau_s, \tau_{s+1}), s = 1, 2, \dots, S - 1. \quad (19)$$

Несложно заметить, что ограничения (10)-(12) (равенство значений  $\delta_s(t)$ , а также их первых и вторых производных в узловых точках) для данных функций выполняются независимо от значений параметров: фактически, (10) получено простой подстановкой ограничений (15)-(17) в выражение (14). Если, как и ранее, считать  $\delta(0) = \tilde{a}_0 = 1$  и  $\tilde{a}_1 = -x_0$ , количество оцениваемых параметров сокращается до  $S + 1$ , вектор параметров можно представить как:

$$\lambda = (\tilde{a}_2, \tilde{a}_3, \tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_{S-1})', \quad (20)$$

причем дополнительные ограничения на  $\lambda$  не накладываются. Оценки вектора  $\lambda$  определяются как решение задачи безусловной оптимизации:

$$\min_{\tilde{\lambda}} (\tilde{P} - V\tilde{\lambda})' (\tilde{P} - V\tilde{\lambda}), \quad (21)$$

где  $\tilde{P} = \{\tilde{P}_k\}_{k=1, \dots, K}$ ,

$$\tilde{P}_k = P_k - \tilde{a}_0 \sum_{i=1}^n C_{iK} - \tilde{a}_1 \sum_{i=1}^n t_i C_{iK} = P_k - \sum_{i=1}^n C_{iK} + x(0) \sum_{i=1}^n t_i C_{iK},$$



( $P_k$  как и прежде - фактические цены инструментов,  $C_{ik}$ - платежи по  $k$ - му инструменту в моменты времени  $t_i$ ). Матрицу  $V$ , используя (18) и представляя расчетную цену облигации как:

$$\tilde{P}_k = \sum_{i=1}^n C_{iK} \delta(t_i, \tilde{\lambda})$$

можно представить как:

$$V = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n C_{i1} t_i^2 & \sum_{i=1}^n C_{i1} t_i^3 & \sum_{i=1}^n C_{i1} (t_i - \tau_1)_+^3 & \cdots & \sum_{i=1}^n C_{i1} (t_i - \tau_{S-1})_+^3 \\ & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n C_{iK} t_i^2 & \sum_{i=1}^n C_{iK} t_i^3 & \sum_{i=1}^n C_{iK} (t_i - \tau_1)_+^3 & \cdots & \sum_{i=1}^n C_{iK} (t_i - \tau_{S-1})_+^3 \end{pmatrix}.$$

Решением (21) является вектор:

$$\tilde{\lambda} = (V'V)^{-1} V' \tilde{P}.$$

### 1.3.3. СГЛАЖИВАНИЕ В-СПЛАЙНАМИ

Методом, свободным от недостатков кубических сплайнов (в частности, неограниченности функций  $\delta_s(t)$ ), является сглаживание  $B$  – сплайнами. Функция  $\delta(t)$  представляется как линейная комбинация  $B$  – сплайнами  $\delta_s(t)$  [7]:

$$\delta(t) = \sum_{s=-2}^S \lambda_s \delta_s(t), \quad (22)$$

где  $\lambda_s$  ( $s = -2, -1, 0, 1, \dots, S$ ) – параметры, которые необходимо оценить, всего  $S+3$  параметров),

$$\delta_s(t) = \sum_{i=s-1}^{s+3} b_{si} (t - \tau_i)_+^3, \quad s = -2, -1, 0, 1, \dots, S, \quad (23)$$

$$b_{si} = \prod_{\substack{j=s-1 \\ j \neq i}}^{s+3} \frac{1}{\tau_j - \tau_i}.$$

Для расчета  $B$ -сплайнов, помимо выбранных узловых точек  $\tau_0 = 0, \tau_1, \dots, \tau_S$ , необходимо определить 6 фиктивных узлов: отрицательные  $\tau_{-3}, \tau_{-2}, \tau_{-1}$  (слева от оцениваемого интервала времени) и  $\tau_{S+1}, \tau_{S+2}, \tau_{S+3}$  – за границей горизонта  $\tau_S$ .

Как и в случае кубических сплайнов, потребуем, чтобы коэффициент дисконтирования для сегодняшнего момента времени ( $t=0$ ) равнялся единице

$$\delta(0) = \lambda_{-2}\delta_{-2}(0) + \lambda_{-1}\delta_{-1}(0) + \lambda_0\delta_0(0) = \lambda_{-2}(b_{-2,-3}(-\tau_{-3})^3 + b_{-2,-2}(-\tau_{-2})^3 + b_{-2,-1}(-\tau_{-1})^3) + \lambda_{-1}(b_{-1,-2}(-\tau_{-2})^3 + b_{-1,-1}(-\tau_{-1})^3) + \lambda_0 b_{0,-1}(-\tau_{-1})^3 = 1.$$

(24)

Кроме того, мгновенная ставка в модели должна равняться фактической краткосрочной ставке  $x_0$

$$\frac{-1}{\delta(t)} \frac{d\delta(t)}{dt} \Big|_{t=0} = x_0,$$

т.е.

$$\begin{aligned} -x_0 &= \lambda_{-2} \frac{d\delta_{-2}}{dt} \Big|_{t=0} + \lambda_{-1} \frac{d\delta_{-1}}{dt} \Big|_{t=0} + \lambda_0 \frac{d\delta_0}{dt} \Big|_{t=0} = \\ &= 3[\lambda_{-2}(b_{-2,-3}(-\tau_{-3})^3 + b_{-2,-2}(-\tau_{-2})^3 + b_{-2,-1}(-\tau_{-1})^3) + \\ &+ \lambda_{-1}(b_{-1,-2}(-\tau_{-2})^3 + b_{-1,-1}(-\tau_{-1})^3) + \\ &+ \lambda_0 b_{0,-1}(-\tau_{-1})^3]. \end{aligned} \quad (25)$$

Оценка параметров В-сплайна может, как и ранее, осуществляться методом наименьших квадратов. Определим матрицу  $V$  размерности  $K \times (S+3)$

$$V = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n C_{i1} \delta_{-2}(t_i) & \sum_{i=1}^n C_{i1} \delta_{-1}(t_i) & \cdots & \sum_{i=1}^n C_{i1} \delta_S(t_i) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n C_{iK} \delta_{-2}(t_i) & \sum_{i=1}^n C_{iK} \delta_{-1}(t_i) & \cdots & \sum_{i=1}^n C_{iK} \delta_S(t_i) \end{bmatrix},$$

или

$$V = CB',$$

где  $B = \{\delta_s(t_i)\}_{i=1, \dots, n}^{s=-2, \dots, S}$ . Для введения в модель ограничений (24), (25)

определим матрицу  $U$  размерности  $2 \times (S+3)$ :

$$U = \begin{bmatrix} \delta_{-2}(0) & \delta_{-1}(0) & \delta_0(0) & 0 \dots 0 \\ \frac{d\delta_{-2}}{dt} \Big|_{t=0} & \frac{d\delta_{-1}}{dt} \Big|_{t=0} & \frac{d\delta_0}{dt} \Big|_{t=0} & 0 \dots 0 \end{bmatrix},$$

и вектор  $q = (1, -x(0))'$ . Оценки

$$\tilde{\lambda} = (\tilde{\lambda}_{-2}, \tilde{\lambda}_{-1}, \dots, \tilde{\lambda}_S)',$$

Рассчитываются в соответствии с формулой:

$$\tilde{\lambda} = \tilde{\lambda}_u - (V'V)^{-1}U'[U(V'V)^{-1}U']^{-1}(U\tilde{\lambda}_u - q), \text{ где } \tilde{\lambda}_u = (V'V)^{-1}V'P.$$

#### 1.3.4. ПОСТРОЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ

Алгоритм Левенберга-Марквардта [5] предназначен для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей. Предполагается, что в качестве критерия оптимизации используется среднеквадратичная ошибка модели на обучающей выборке. Алгоритм заключается в последовательном приближении заданных начальных значений параметров к искомому локальному оптимуму.

Задана регрессионная выборка — множество пар  $D = \{(x_n, y_n)\}_{n=1}^N$  свободной переменной  $x \in \mathbb{R}^M$  и зависимой переменной  $y \in \mathbb{R}$ . Задана регрессионная модель — функция  $f(\omega, x_n)$  непрерывно дифференцируемая в области  $W \times X$ .

Требуется найти такое значение вектора параметров  $\omega$ , которое бы доставляло локальный минимум функции ошибки

$$E_D = \sum_{n=1}^N (y_n - f(\omega, x_n))^2.$$

Требуется оценить параметры в модели Нельсона-Сигеля:

$$R(t) = \beta_0 + (\beta_1 + \beta_2) \frac{\tau}{t} \left[ 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right] - \\ - \beta_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) + g_1 \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) + g_2 \exp\left(-\frac{(t-1)^2}{2}\right) + g_3 \exp\left(-\frac{(t-2)^2}{2}\right).$$

Исходные данные:  $(x, y)$ , где  $x$  — время до погашения облигации в годах,  $y$  — доходность к погашению)

Таблица №2 «Рыночные данные по облигациям»

x	y
0,2548	5,93
0,2932	5,96
0,4274	6,03
1,3890	6,56
1,8274	6,74
2,0959	6,84
2,1534	6,84
2,6137	6,89
2,7288	6,89
3,2466	6,85
3,7836	6,83
3,7836	6,85
4,4932	6,89
4,6466	6,91
5,3973	7,03
5,7973	7,03
6,3534	7,18
8,4822	7,42
9,0959	7,4
14,2932	7,76
23,3068	7,95

## 1.4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.4.1. СРАВНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведем сравнительный анализ методов построения кривой доходности. Все расчеты будем проводить в математической среде Matlab [2].

Сравнивать будем с кривой доходности, ежедневно рассчитываемой на бирже ММВБ [8].

Расчетная дата: 22-10-2012

Сравним кривую доходности, посчитанную на бирже, с кривой, полученной по модели Нельсона-Сигеля.

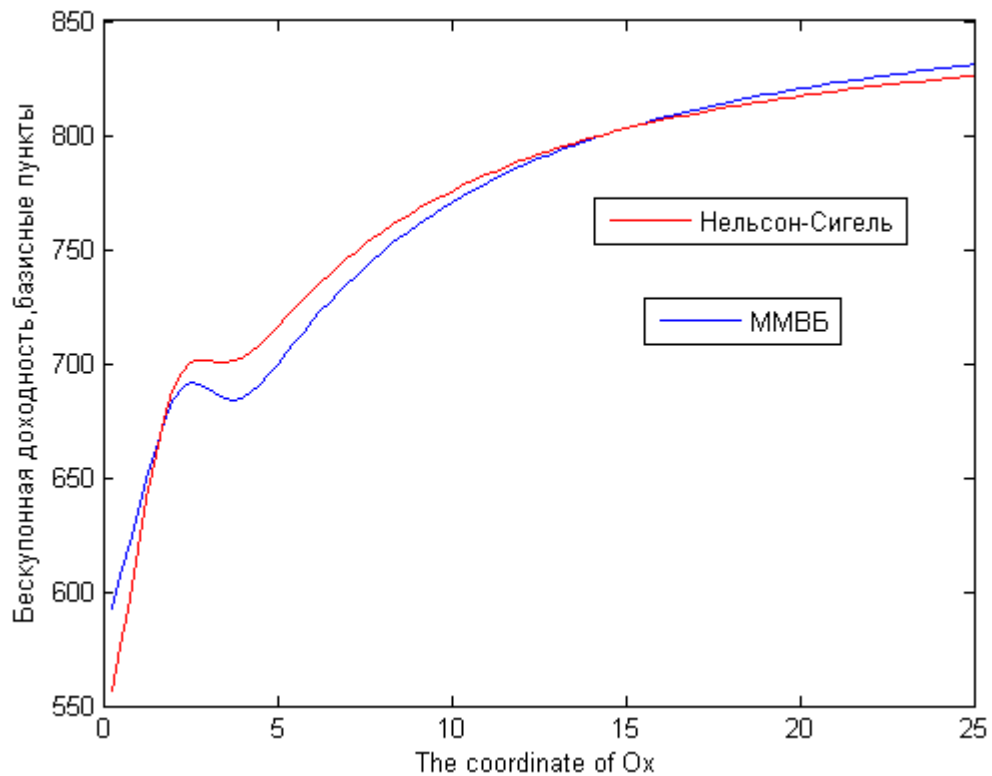


Рис.1. Сравнение биржевых расчетов и полученных по методике Нельсона-Сигеля

Как мы видим, получаются достаточно точные результаты, в обоих случаях значение штрафной функции

$$\sum_{i=1}^n (B_i - p_i)^2 \approx 6.$$

Отличие оцененной кривой доходности от биржевой обуславливается отсутствием полной информации по сделкам.

Сравним сглаженную с помощью кубических сплайнов кривую доходности с кривой, полученной на бирже:

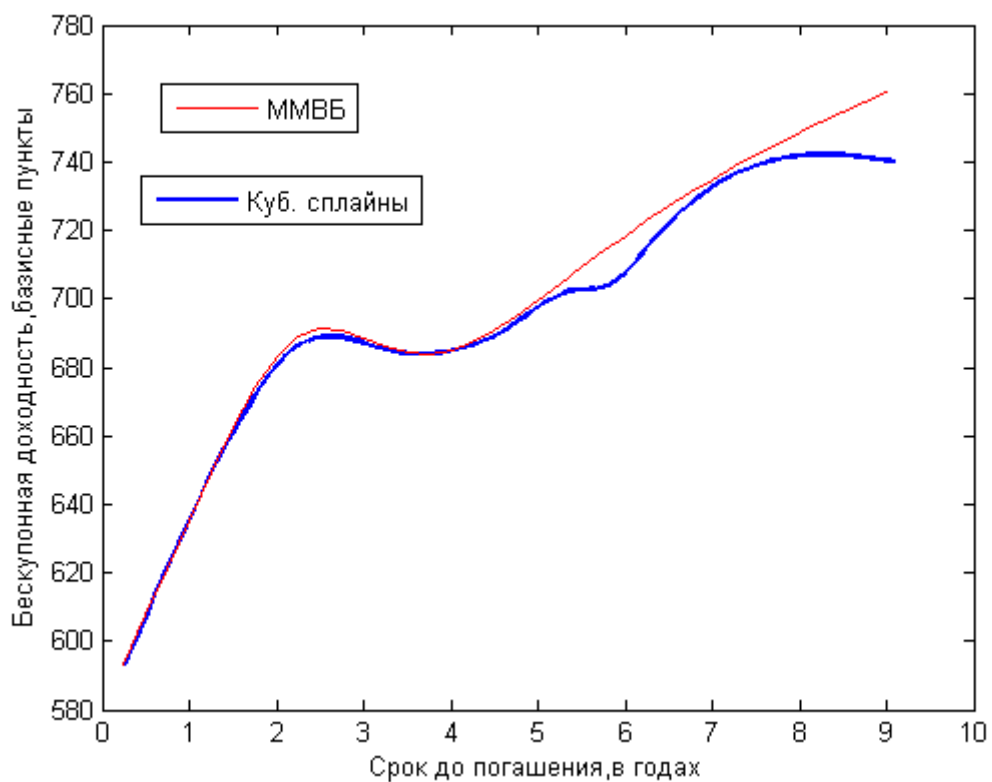


Рис.2. Сравнение биржевых расчетов и полученных по методике кубических сплайнов

Сравним сглаженную с помощью В-сплайнов кривую доходности с кривой, полученной на бирже:

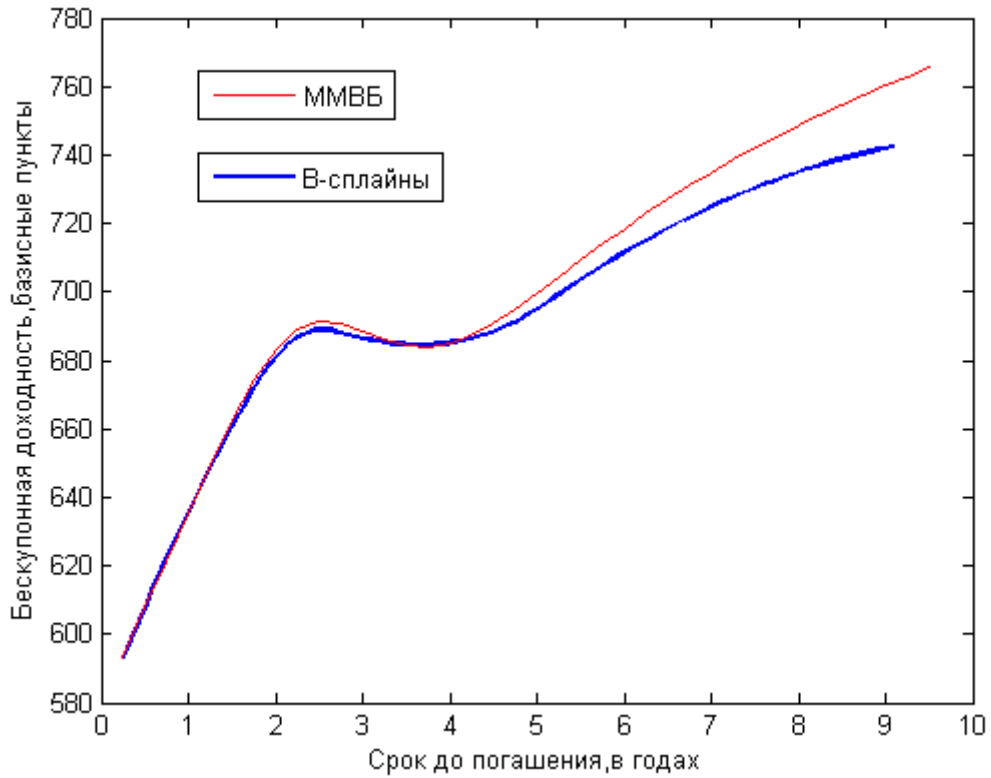


Рис.3. Сравнение биржевых расчетов и полученных по методике В-сплайнов

Кривая, параметры которой были оценены методом Левенберга-Марквардта:  
Сравним кривую, параметры которой оценены методом Левенберга-Марквардта с кривой, полученной на бирже:

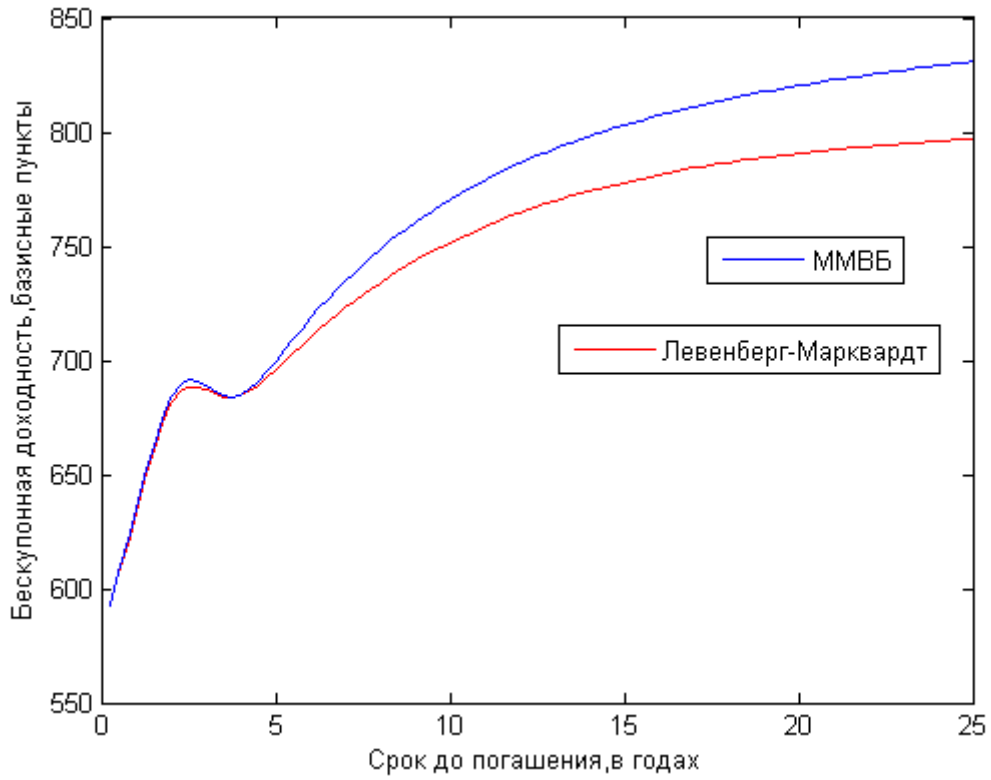


Рис.4. Сравнение биржевых расчетов и полученных методом Левенберга-Марквардта

Теперь сведем все полученные результаты на 1 график:



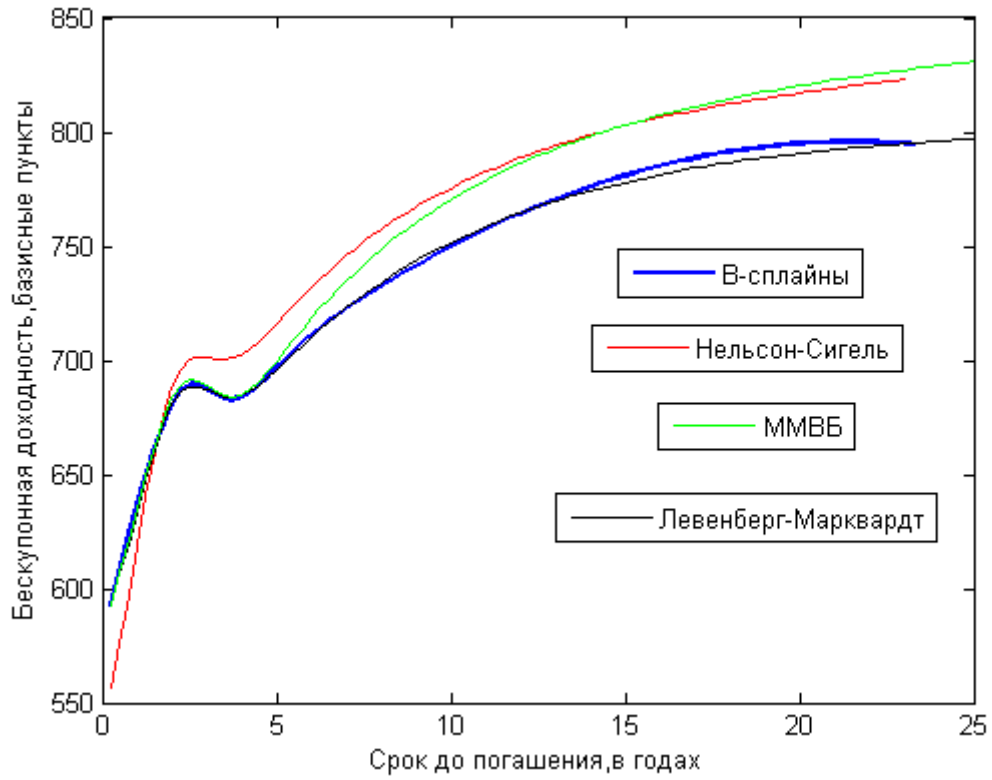


Рис.5. Сравнение всех полученных результатов с биржевыми на 22-10-2012

Посмотрим, как изменяется кривая доходности во времени. Ее изменение прежде всего связано с изменением рыночных ставок. Сравним кривые доходности, посчитанные на бирже на 22-10-2012 и 28-12-2012

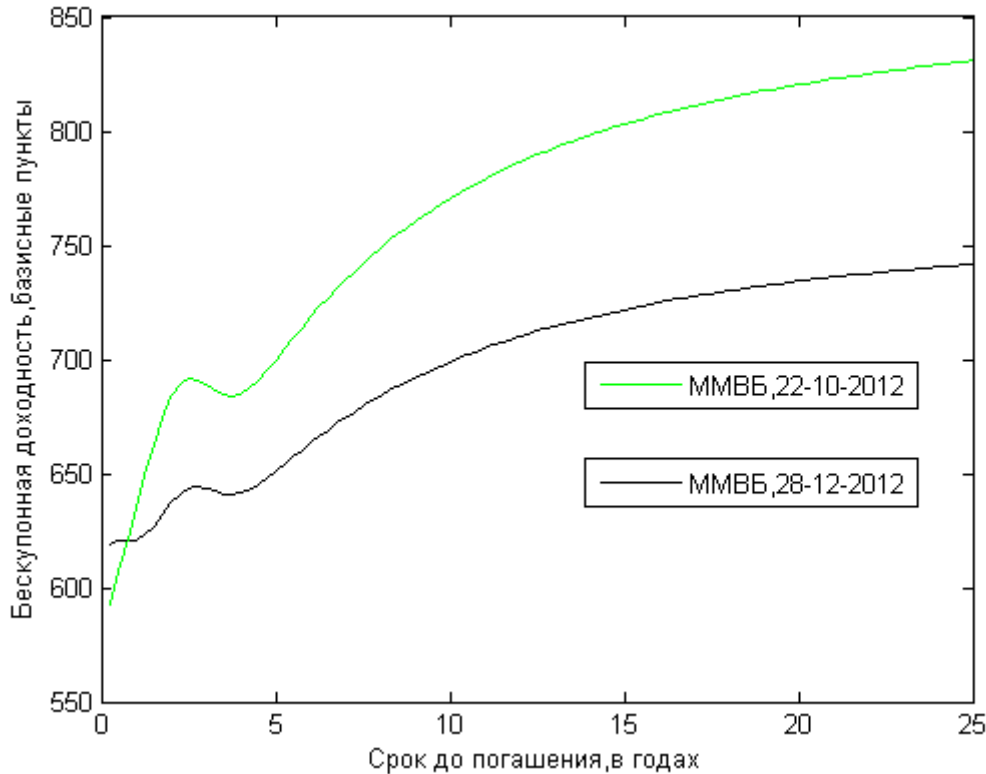


Рис.6. Сравнение биржевых результатов на 22-10-2012 и 28-12-2012

Мы видим, что значения кривой бескупонной доходности на 28-12-2012 меньше, чем на 22-10-2012. Это объясняется повышенным интересом на консервативные инструменты, в условиях нестабильности на финансовых рынках. Также в 2012 году рынок ОФЗ фактически был открыт для торговли нерезидентами. Для сравнения, в 2012 году инвестиции в различные инструменты дали следующие результаты: Золото + 5%, Индекс акций ММВБ + 5%, пара доллар/рубль – 5%. Как мы видим, в этих условиях оправдан повышенный спрос на консервативные бумаги, коими являются Облигации федерального займа РФ.

Для сравнения проведем расчет на 28-12-2012.

Сравнение кривых доходностей, посчитанных на 28-12-2012:

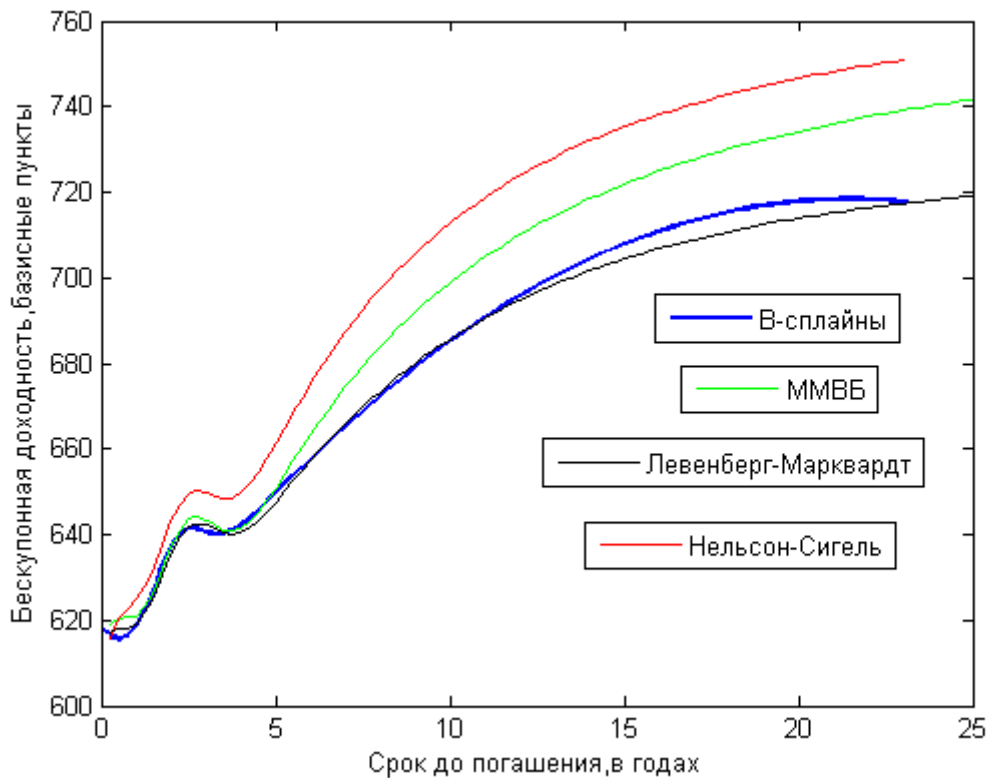


Рис.6. Сравнение всех полученных результатов с биржевыми на 28-12-2012

#### 1.4.2. ВЫВОДЫ

В данной работе были описаны различные модели и методы построения кривой доходности, а также ее применение при анализе финансовых рынков и формировании портфеля активов. На выбор конкретной модели оказывают влияние множество факторов, и на рынке рублевых облигаций более применимой является оценка модели Нельсона-Сигеля.

Выбор модели для приближения кривой доходности на конкретном рынке определяется несколькими факторами. Важным фактором является количество торгуемых облигаций, на основе данных по которым оценивается кривая доходности. Функциональные модели хорошо подходят для экстраполяции – они позволяют достаточно точно оценить ставки для тех сроков погашения, близко к которым не погашается ни одна бумага. Также они позволяют получить адекватные оценки ставок между сроками погашения торгуемых бумаг, если существуют большие разрывы данных. Сплайновые мо-

дели дают хорошие результаты при большом количестве торгуемых бумаг, достаточно равномерно распределенных по срокам погашения. Однако их можно использовать только для интерполяции – для оценки ставок на сроках в диапазоне между минимальным и максимальным сроком среди торгующихся бумаг.

Другим критерием, тесно связанным с первым, является ликвидность рынка. Большое число сделок и большие объемы торгов минимизируют возможность нерыночного ценообразования и появления случайных скачков цен и доходностей, связанных с единичными сделками. В таком случае выбор модели может зависеть от целей анализа. Если определение временной структуры ставок требуется для макроэкономического анализа, оценки ожиданий ставок и инфляции, то функциональные модели имеют преимущество за счет своей гладкости, экстраполирующих возможностей и простоты оценки. Если же определение структуры ставок требуется для оценки финансовых активов, например для определения стоимостей торгующихся облигаций, и выявления арбитражных возможностей, то сплайновые модели имеют преимущество. При выполнении первого ограничения на значительное количество одновременно торгуемых ценных бумаг, сплайновые модели позволяют оценить особенности каждого временного участка кривой доходности и получить более точные оценки справедливых стоимостей ценных бумаг. Если рынок низколиквидный, и по некоторым бумагам в день проходят единичные сделки, или сделки отсутствуют, то это чревато появлением значительных случайных выбросов данных, из-за чего сплайновые модели могут дать необоснованный изгиб на определенных участках. Функциональные модели благодаря своей сравнительной жесткости позволяют сгладить такие выбросы, добавляя кривым доходности преемственности, которая предполагает возможность сравнения кривых, построенных в разные моменты времени (торговые дни).

### **3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### 3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

*Кривой доходности* называют взаимосвязь между процентными ставками и сроком погашения долговых обязательств. В зависимости от того, какие именно процентные ставки используются при построении кривой доходности различают *кривую спот-ставок*, *форвардную кривую* и собственно *кривую доходности (yield curve)*. Кривая доходности есть зависимость доходности к погашению облигаций одного кредитного класса от срока погашения. Она характеризуют *структуру процентных ставок во времени*.

Данная работа состоит в исследовании методов построения кривой бескупонной доходности государственных облигаций. Рассматриваются 2 основные модели: это параметрическая модель Нельсона-Сигеля, и метод кубических сплайнов.

Основная часть работы – это разработка моделей, реализующих рассматриваемые методы построения кривой доходности.

В данной главе будет рассмотрена экономическая сторона вопроса. Вначале будет построена сетевая модель работ над проектом и её графическое представление. Будут рассчитаны ранние и поздние сроки начала и завершения работы над проектом, найден критический путь и его продолжительность. После этого будет рассчитана сумма расходов на разработку проекта. В итоге, будет рассчитана вероятность завершения комплекса работ по проекту в срок. Кроме того, необходимо оценить затраты на проект. Будет рассчитана цена разработанной системы, капитальные вложения, связанные с её внедрением, а также расходы, связанные с её эксплуатацией.

Разработанная система представляет из себя ежедневный автоматически обновляемый, расчет кривой бескупонной доходности государственных облигаций.

## 3.2. ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Сложность и комплексность разработки и реализации описанного проекта, необходимость параллельного выполнения работ, зависимость начала многих работ от результатов других, значительно осложняют планирование разработки.

Наиболее удобными в условиях наличия множества зависимых работ являются системы сетевого планирования и управления (СПУ), основанные на применении сетевых моделей планируемых процессов, допускающих использование современной вычислительной техники, позволяющих быстро определить последствия различных вариантов управляющих воздействий и находить наилучшие из них. Они дают возможность своевременно получать достоверную информацию о состоянии дел, о возникших задержках и возможностях ускорения хода работ, концентрируют внимание на «критических» работах, определяющих продолжительность проведения разработки в целом, заставляют совершенствовать технологию и организацию работ, непосредственно влияющих на сроки проведения разработки, помогают составлять рациональные планы работ.

### 3.2.1. ПЕРЕЧЕНЬ СОБЫТИЙ И РАБОТ

Составим полный перечень событий и работ по разработке программного комплекса. Результаты представлены в таблице 3.1. Каждая работа имеет определенную продолжительность. Однако не всегда заранее известно точное время выполнения работ, для этого зададим для продолжительности каждой работы две вероятностные оценки:  $t_{\min}$  – минимальную (оптимистическую) и  $t_{\max}$  – максимальную (пессимистическую). Эти величины являются исходными для расчета ожидаемого времени выполнения работ  $t_{\text{ож}}$ :

$$t_{\text{ож}} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5} \quad (3.1)$$

Также рассчитаем дисперсии работ по формуле:

$$\delta^2 = \left( \frac{t_{\max} - t_{\min}}{6} \right)^2 \quad (3.2)$$

Таблица 3.1

Перечень событий и работ

№	Наименование событий	Код работы	Наименование работы	Продолжительность (дни)			$\delta^2$
				$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
0	Начало работ	0 – 1	Анализ проблемы и составление плана-графика Составление технического задания (ТЗ) и анализ плана разработки ПП	3	6	4,2	0,36
1	Завершение анализа и составления плана	1 — 2	Исследование существующих алгоритмов, реализующих рассматриваемые методы оценивания	3	6	4,2	0,36



№	Наименование событий	Код работы	Наименование работы	Продолжительность (дни)			$\delta^2$
				$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
		1 — 3	Исследование существующих коммерческих программных продуктов, реализующих рассматриваемые методы оценивания	6	8	6,8	0,16
2	Завершение разработки методологического обеспечения и концептуальной модели ПП	2 – 4	Выбор алгоритмов решения	1	3	1,8	0,16
		2 – 5	Разработка интерфейса работы с данными	5	8	6,2	0,36
3	Завершение исследования коммерческих ПП	3-10	Выбор и исследование возможностей коммерческих программных продуктов, реализующих рассматриваемые методы оценивания	3	5	3,8	0,16
4	Начало технической реализации алгоритмов	4 – 5	Техническая реализация алгоритмов применительно к выбранной модели	3	5	3,8	0,16

№	Наименование событий	Код работы	Наименование работы	Продолжительность (дни)			$\delta^2$
				$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
5	Начало согласования модели с заказчиком	5 – 6	Согласование с заказчиком созданной модели	3	5	3,8	0,16
6	Начало разработки ПП	6 – 7	Реализация разработанного численного алгоритма	10	12	10,8	0,16
		6 – 8	Разработка общего интерфейса ПП	4	7	5,2	0,36
		6 – 9	Разработка справочного материала для ПП	2	5	3,2	0,36
7	Завершение работ по разработке ПП	7 – 8	Тестирование ПП	11	16	13	1
		7 – 9	Формирование ПП	2	3	2,4	0,04
8	Начало тестирования ПП на решении примеров с известным решением.	8 – 9	Устранение ошибок, допущенных при реализации алгоритмов	10	13	11,2	0,36
9	Завершение комплекса работ по созданию программного комплекса	9 – 10	Сдача программного комплекса в эксплуатацию	3	5	3,8	0,16
10	Начало разработки плана сравнитель-	10-11	Анализ возможностей ПП и составление	2	3	2,4	0,04

№	Наименование событий	Код работы	Наименование работы	Продолжительность (дни)			$\delta^2$
				$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
	ного анализа ПП		требований				
11	Начало тестирования ПП	11-12	Проведение сравнительного анализа	11	14	12,2	0,36
12	Окончание работ						

### 3.2.2. ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

График сетевой модели, построенный на основании составленного перечня событий и работ и рассчитанной ожидаемой длительности работ представлен на рисунке 3.1.

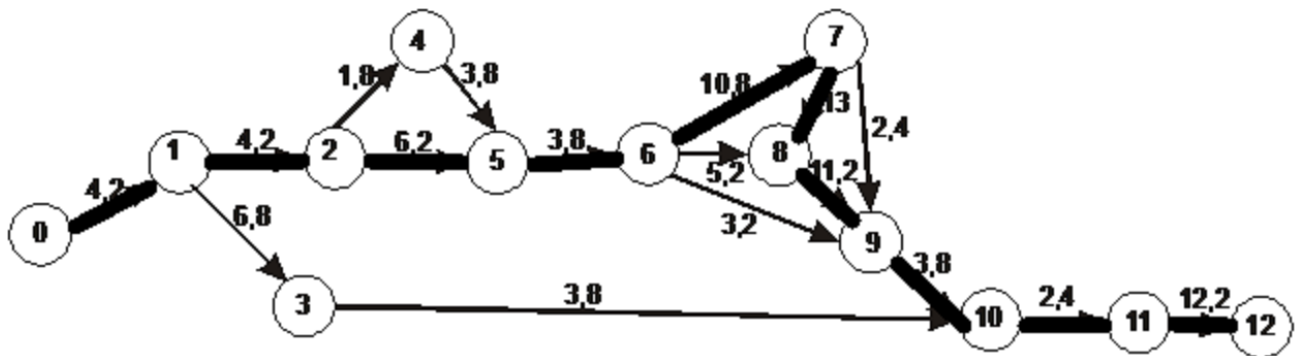


Рисунок 3.1. Сетевой график.

Сетевая модель состоит из двенадцати событий и семнадцати работ (вершины графа соответствуют событиям, а дуги – работам). На дугах указана продолжительность соответствующих им работ.



1	2	3	4 = 2 +	5 = 6-	6	7 = 5-3	8	9	10
0 – 1	4,2	0	4,2	0	4,2	0	0	4,2	0,36
1 – 2	4,2	4,2	8,4	4,2	8,4	0	0	4,2	0,36
1 – 3	6,8	4,2	11,0	46,6	53,4	42,4	0	0	0
2 – 4	1,8	8,4	11,2	9,0	10,8	0,6	8,6	0	0
2 – 5	6,2	8,4	14,6	8,4	14,6	0	0	6,2	0,36
3 – 10	3,8	11,0	14,8	55,4	59,2	44,4	42,4	0	0
4 – 5	3,8	10,2	14,0	10,8	14,6	0,6	0	0	0
5 – 6	3,8	14,6	18,4	14,6	18,4	0	38,4	3,8	0,16
6 – 7	10,8	18,4	29,2	18,4	29,2	0	0	10,8	0,16
6 – 8	5,2	18,4	23,6	40,8	46,0	22,4	18,6	0	0
6 – 9	3,2	18,4	21,6	50,2	53,4	31,8	31,8	0	0
7 – 8	13,0	29,2	42,2	31,2	42,2	0	0	13,0	1,00
7 – 9	2,4	29,2	31,6	51,0	53,4	21,8	21,8	0	0
8 – 9	11,2	42,2	53,4	42,2	53,4	0	0	11,2	0,36
9 – 10	3,8	53,4	57,2	53,4	57,2	0	0	3,8	0,16
10 –									
11	2,4	57,2	59,6	57,2	59,6	0	0	2,4	0,04
11 –									
12	12,2	59,6	71,8	59,6	71,8	0	0	12,2	0,36
<b>Суммарные время и дисперсия критического пути:</b>								71,8	3,32

### 3.2.4. АНАЛИЗ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Проведем анализ сетевого графика на основе рассчитанных выше (таблица 3.2) временных характеристик.

Критическим путём является путь, состоящий из событий с нулевым запасом времени, т.е. это:  $L_{кр} = 0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 12$ .

Продолжительность критического пути равна  $T_{кр} = 71,8$  дня, его суммарная дисперсия — 3,32.

Необходимо, чтобы продолжительность критического пути  $T_{кр}$  не превышала продолжительности заданного директивного срока  $T_д$ . Если  $T_{кр} > T_д$ , то необходимо принять меры по уплотнению графика работ. В нашем случае директивный срок создания программного комплекса  $T_д = 75$  дня, а продолжительность критического пути  $T_{кр} = 71,8$  дня, т.е.  $T_{кр} < T_д$ .

Рассмотрим сумму дисперсий работ по критическому пути:  $\sum \sigma_{i-j}^2 = 3,32$ , т.е. среднеквадратичное отклонение для продолжительности критического пути равно  $\sigma_{кр} = \sqrt{\sum \sigma_{i-j}^2} = \sqrt{3,32} \approx 1,82$ .

Построим доверительный интервал:  $ДТ = T_{кр} \pm 3\sigma_{кр} = [66,33; 77,27]$ .

Вычислим вероятность выполнения проекта в директивный срок по формуле:

$$P = \Phi\left(\frac{T_д - T_{кр}}{\sigma_{кр}}\right) = 0,95; \quad (3.3)$$

Таким образом, вероятность завершения работы в срок составляет 0,95

### 3.3. РАСЧЕТ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Классифицируем затраты на создание дипломного проекта:

- материальные;
- заработная плата;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация;
- прочие затраты.

#### 1. Материальные затраты.

Материальные затраты – часть издержек производства, затрат на производство продукции, товаров, услуг, в которую включаются затраты на сырье, основные и вспомогательные материалы, топливо, энергию и другие затраты, приравняемые к материальным. Материальные затраты образуют часть себестоимости продукции.

Материальные затраты дипломного проекта приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

#### Материальные затраты

№	Показатель	Сумма (рублей)
1	2	3
1	Картридж для принтера SAMSUNG ML–2015D3	2100,0
2	Набор канцелярских товаров	150,0
3	Бумага листовая для офисной техники Svetocopy A4 (500 листов)	180,0
4	Оплата интернета за 3 месяца	1800,0
ИТОГО:		4230,0

#### 2. Расходы на оплату труда.

Дипломник получает каждый месяц стипендию в размере 1500 руб. И, как следствие, за весь период выполнения дипломного проекта дипломник полу-

чает 4500 руб. Среднемесячная заработная плата руководителя и консультантов составляет 32500 рублей. Научный руководитель 24 часа консультирует дипломника. За один час консультаций научный руководитель получает 203,125 руб. Консультанты по экономической части дипломного проекта и по охране труда получают за два часа консультаций 406,25 руб. Сводные данные по заработной плате сотрудников, занятых разработкой дипломного проекта приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4

## Расходы на оплату труда

№	Показатель	Сумма за проект* (рублей)
1	2	
1	Заработная плата студента	6000,0
2	Заработная плата руководителя	4875,00
3	Заработная плата консультанта по разделу «Охрана труда и БЖД»	406,25
4	Заработная плата консультанта по разделу «Экономическая часть»	406,25
ИТОГО		11687,50

\* - принято, что в месяце 160 рабочих часов.

## 3. Отчисления на социальные нужды

Таблица 3.5

## Отчисления на социальные нужды.



№	Показатель	Сумма
1	2	3
1	Общий фонд оплаты труда	11687,50
2	Ставка отчислений на социальные нужды	30%
3	Сумма налога	3038,75

#### 4. Амортизационные отчисления.

Амортизация — процесс перенесения по частям стоимости основных средств и нематериальных активов по мере их физического или морального износа на стоимость производимого продукта.

Для разработки использовались открытые продукты и пробные версии коммерческих продуктов, поэтому затрат на закупку программного обеспечения нет. Сводные данные по амортизационным отчислениям представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

#### Амортизационные отчисления

№	Показатель	Стоимость (рублей)	Месячная норма амортизации** (рублей)	Сумма за про- ект (рублей)
1	2	3	4	
1	Ноутбук Samsung	30000,0	1250,0	6000,0
2	Принтер Samsung	3000,0	125,0	600,0
ИТОГО				6600,0

\*\* - принято, что срок полезного использования для ноутбука и принтера составляет 24 месяца

#### 5. Прочие расходы.

Статьи расходов, которые не вошли в вышеописанные затраты, связанные с поездками в институт на консультации на общественном транспорте в течение заданного директивного срока, приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7

## Прочие расходы

№	Показатель	Стоимость за единицу (рублей)	Количество единиц	Сумма за проект (рублей)
1	2	3	4	
1	Проездной на электричку	1225,0	3	3675,0
2	Проездной на метро	255	3	765,0
3	Накладные расходы			3506,1
ИТОГО				7946,1

## 6. Расчет отпускной цены за программный продукт.

Таблица 3.8

## Расчет отпускной цены

№	Показатель	Стоимость (рублей)
1	2	3
1	Материальные расходы	4230,00
2	Расходы на оплату труда	11687,50
3	Отчисления на социальные нужды	3038,75
4	Амортизационные отчисления	6600,00
5	Прочие расходы	7946,1
Себестоимость		33502,35
Цена с учетом рентабельности 15%		38527,7
Отпускная цена с учетом НДС 18%		45462,69

### 3.4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Результаты данной работы могут оказаться полезными при анализе поведения рыночных ставок в финансах. Потенциальными покупателями являются аналитики, экономисты, трейдеры. Срок полезного использования программы будем считать 30 месяцев. Предположим, организации необходимо при решении части своих задач использовать расчеты кривой доходности. Средняя цена базового комплекта коммерческой программы составляет 20000,0 рублей. Однако, как правило, в этот комплект входят не все методы необходимые при экспериментальном анализе данных. Таким образом, компании порой необходимо закупать несколько базовых комплектов различных коммерческих программ, что негативно сказывается на эффективности работы и увеличении трудозатрат. Предположим, организация закупила две коммерческие программы, дополняющие друг друга, и планирует использовать их в течение года. Эксплуатационный расход  $C_s$  составит:

1. зарплата инженера – 480000,0 рублей;
2. отчисления на социальные нужды – 124800,0 рублей.

Таким образом,  $C_s = (1) + (2) = 604800$  (рублей).

Инвестиционный расход  $C_1$  составит:

1. закупка двух программ – 40000,0 рублей;

Предположим, при использовании результатов дипломного проекта организации необходимо закупить только одну программу, но стоимостью 25000,0 рублей. Тогда эксплуатационный расход  $C_6$  составит:

1. зарплата инженера – 360000,0 рублей;
2. отчисления на социальные нужды – 93600,0 рублей;

Следовательно,  $C_0 = (1) + (2) = 453600$  (рублей).

Инвестиционный расход  $C2$  составит:

- 1 закупка коммерческой программы – 25000,0 рублей;
- 2 покупка дипломного проекта – 45462,69 рублей.

Следовательно,  $C2=(1)+(2)=70462,69$

Годовая экономия эксплуатационных расходов потребителя определяется по формуле:

$$\Delta = C_s - C_0 = 151200 \text{ (рублей)}.$$

Дополнительные капитальные вложения вычисляются по формуле:

$$C = C2 - C1 = 30462,9$$

Срок окупаемости капитальных вложений в новом варианте, по сравнению с прежним, определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{C}{\Delta} = \frac{30462,9}{151200} = 0,201 \text{ (года)},$$

где  $C$  – дополнительные капитальные вложения,  $\Delta$  – экономический эффект.

Расчетный коэффициент эффективности капитальных вложений:

$$E_p = \frac{1}{T_{ок}} = 4,96$$

Следовательно, потребитель с каждого вложенного рубля будет получать 4,96 рубля прибыли, а это означает, что представленный проект обладает высокой рентабельностью.

## **4. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## 4.1. ВВЕДЕНИЕ

Повсеместное внедрение компьютерных технологий как в профессиональной деятельности человека, так и в его обыденной жизни должно сопровождаться мерами защиты от возможного воздействия опасных факторов, вызывающих травмы, и вредных факторов, вызывающих различные заболевания, компьютера.

Опасные и вредные производственный факторы (ГОСТ 12.0.003-74) подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизические. При работе с персональным компьютером (ПК) человек сталкивается с воздействием таких физически опасных и вредных производственных факторов, как повышенный уровень шума, повышенная температура внешней среды, отсутствие или недостаточная освещенность рабочей зоны, электрический ток, статическое электричество и другие.

Многие пользователи ПК связаны с воздействием таких психофизических факторов, как умственное перенапряжение, перенапряжение зрительных и слуховых анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки. Воздействие указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению работоспособности, вызванное развивающимся утомлением. Появление и развитие утомления связано с изменениями, возникающими во время работы в центральной нервной системе, с тормозными процессами в коре головного мозга.

Многочисленные медицинские исследования показали, что помимо снижения производительности труда высокие уровни шума приводят к ухудшению слуха. Длительное нахождение человека в зоне комбинированного воздействия различных неблагоприятных факторов может привести к профессиональному заболеванию.

Рассмотрим в данном разделе основные вопросы техники безопасности и экологии труда к помещениям и рабочим местам компьютерных пользователей.

## 4.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Для обеспечения нормальных условий деятельности человека в производственном помещении необходимо предусмотреть выполнение следующих условий: размеры помещения (площадь, объем) должны соответствовать количеству работающих и размещаемому в них комплексу технических средств; в них предусматриваются соответствующие параметры температуры, освещения, чистоты воздуха, обеспечивают изоляцию, от производственных шумов и т.п.

Санитарные нормы СН 245-71 устанавливают на одного работающего, объем производственного помещения не менее  $15 \text{ м}^3$ , площадь помещения выгороженного стенами или глухими перегородками не менее  $4,5 \text{ м}^2$ .

Для эксплуатации ЭВМ следует предусматривать следующие помещения:

- машинный зал, помещение для размещения сервисной и периферийной аппаратуры, помещение для хранения запасных деталей, инструментов, приборов (ЗИП);
- помещения для размещения приточно-вытяжных вентиляторов;
- помещение для персонала;
- помещение для приема-выдачи информации.

К помещению машинного зала и хранения магнитных носителей информации предъявляются особые требования. Площадь машинного зала должна соответствовать площади необходимой по заводским техническим условиям данного типа ЭВМ.

Высота зала над технологическим полом до подвесного потолка должна быть 3-3,5 м. Расстояние подвесным и основным потолками при этом должно быть 0,5-0,8 м. Высоту подпольного пространства принимают равной 0,2-0,6 м.

Вентиляция - это комплекс устройств для обеспечения нормальных метеорологических условий и удаления вредных веществ из производственных помещений.

Вентиляция может быть естественной (аэрация) и механической в зависимости от способа перемещения воздуха. В зависимости от объема вентилируемого помещения различают обще обменную и местную вентиляцию. Обще обменная вентиляция обеспечивает удаление воздуха из всего объема помещения. Местная вентиляция обеспечивает замену воздуха в месте его загрязнения. По способу действия различают вентиляцию приточную, вытяжную и приточно-вытяжную, а также аварийную. Аварийная предназначена для устранения загазованности помещения в аварийных ситуациях.

Независимо от типа вентиляции к ней предъявляются следующие общие требования: объем приточного воздуха должен быть равен объему вытяжного воздуха; элементы системы вентиляции должны быть правильно размещены в помещении; потоки воздуха не должны поднимать пыль и не должны вызывать переохлаждения работающих; шум от системы вентиляции не должен превышать допустимого уровня.

Отопление предназначается для поддержания нормальных метеорологических условий в производственных помещениях. Система отопления необходима в помещении, где тепловые потери  $Q_{\text{п}}$  превышают выделение теплоты от технологического оборудования  $Q$ , то есть  $Q_{\text{п}} > Q$ . Для обогрева помещений используют паровые, воздушные, водяные, электрические системы отопления.

В производственных помещениях предусматривается естественное, искусственное и совмещенное освещение. Помещения с постоянным пребыванием персонала должны иметь естественное освещение. При работе в темное время в производственных помещениях используют искусственное освещение. В случаях выполнения работ наивысшей точности применяют совмещенное освещение. В свою очередь, освещение естественное может быть в зависимости от расположения световых проемов (фонарей) боковым, верх-



ним и комбинированным. Искусственное освещение бывает общим (при равномерном освещении помещения), локализованным (при расположении источников света с учетом размещения рабочих мест), комбинированным (сочетание общего и местного освещения). Помимо этого, выделяют аварийное освещение (включаемое при внезапном отключении рабочего освещения). Аварийное освещение должно быть не менее 2 лк внутри здания. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. При устройстве отраженного освещения в административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении ПЭВМ. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом, ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

В соответствии со "Строительными нормами и правилами" СНиП 23-05-95 освещение должно обеспечить: санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость в поле зрения, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещенности по времени и правильность направления светового потока. Освещенность на рабочих местах и в производственных помещениях должна контролироваться не реже одного раза в год. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Фактическая освещенность в производственном помещении должна быть больше или равна нормируемой освещенности. При несоблюдении требований к освещению развивается утомление зрения, понижается общая ра-

ботоспособность и производительность труда, возрастает количество брака и опасность производственного травматизма. Низкая освещенность способствует развитию близорукости. Изменения освещенности вызывают частую перадаптацию, ведущую к развитию утомления зрения.

Блескость вызывает ослепленность, утомление зрения и может привести к несчастным случаям.

Рациональное цветовое оформление помещения направленно на улучшение санитарно-гигиенических условий труда, повышение его производительности и безопасности, а также используется как средство информации и ориентации, как фактор психологического комфорта и как композиционной средство. Цвет оказывает влияние на работоспособность человека, на утомление, ориентировку, реакцию. Холодные цвета (голубой, зеленый, желтый) действуют успокаивающе на человека, теплые цвета (красный, оранжевый) действуют возбуждающе. Темные цвета оказывают угнетающее действие на психику.

При выборе цвета, цветовом оформлении интерьера нужно руководствоваться указаниями по рациональной цветовой отделке поверхностей производственных помещений и технологического оборудования ГОСТ 26568-85\* и ГОСТ 12.4.026-76\* ССБТ.

При выборе цветового решения интерьеров нужно учитывать категорию работы, ее точность, санитарно-гигиенические условия. Значительная роль в интерьере принадлежит выбору коэффициентов отражения (R) поверхностей.

Практически во всех отраслях народного хозяйства шум является одним из основных вредных факторов.

Шум является общебиологическим раздражителем, влияет не только на слуховой анализатор, но и на структуры головного мозга, вызывает сдвиги в различных функциональных системах организма, нарушение периферического кровообращения, изменение артериального давления. Шум способствует развитию утомления, снижению производительности труда, появлению шу-

мовой патологии тугоухости. Развитие тугоухости длительный и постепенный процесс. При действии интенсивного шума изменения со стороны нервной системы значительно более выражены, чем развитие тугоухости.

Основой мероприятий по снижению производственного шума является гигиеническое нормирование. Регламентация шума определяется "Санитарными нормами допустимых уровней шума" 3223-85, ГОСТ ССБТ 12.1.003-83. Требования к шумовым характеристикам машин определяется ГОСТ ССБТ 12.1.023-80.

Допустимый уровень шума устанавливается с учетом характера работы, характера шума и продолжительности действия. Для непостоянных шумов эквивалентный (по энергии) уровень звука устанавливается в дБ (А). Допустимый уровень постоянного шума на рабочих местах задается предельным спектром, т.е. в каждой активной полосе спектра задается допустимый уровень звукового давления. Причем для тонального и импульсивного шума допустимые уровни уменьшаются на 5 дБ. Шум от кондиционеров, вентиляции, воздушного отопления должен быть меньше допустимого на 5 дБ. В любом случае максимальный уровень звука непостоянного шума на рабочих местах не должен превышать 110 дБ (А), а импульсного шума 125 дБ (А).

Для снижения шума создаваемого на рабочих местах внутренними источниками, а также шума, проникающего из вне следует:

- ослабить шум самих источников (применение экранов, звукоизолирующих кожухов);
- снизить эффект суммарного воздействия отраженных звуковых волн (звукопоглощающие поверхности конструкций);
- применять рациональное расположение оборудования;
- использовать архитектурно-планировочные и технологические решения изоляций источников шума.

#### 4.3.ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ С ПЭВМ

Требования к организации и оборудованию рабочего места сотрудника приведены в ГОСТ 12.2.032-78. Высота рабочей поверхности стола для пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии таковой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1200, 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также – расстоянию спинки до переднего края сиденья.

Рабочее место необходимо оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300лк, а комбинированная - 750лк;

аналогичные требования при выполнении работ средней точности - 200 и 300 лк соответственно.

Кроме того все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

#### 4.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо - и нетоковедущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности.

В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропро-

водки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть компьютеры, осветительные приборы, другие электроприборы.

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок – токоведущие проводники, корпуса стоек ЭВМ и прочего оборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения (пробоя) изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждают человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека. Исключительно важное значение для предотвращения электротравматизма имеет правильная организация обслуживания действующих электроустановок, проведения ремонтных, монтажных и профилактических работ.

В зависимости от категории помещения необходимо принять определенные меры, обеспечивающие достаточную электробезопасность при эксплуатации и ремонте электрооборудования.

Разрядные токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении к любому из элементов ЭВМ. Такие разряды опасности для человека не представляют, но кроме неприятных ощущений они могут привести к выходу из строя ЭВМ. Для снижения величины возникающих зарядов статического электричества покрытие технологических полов следует выполнять из однослойного поливинилхлоридного антистатического линолеума. Другим методом защиты является нейтрализация заряда статического электричества ионизированным газом. В промышленности широко применяются радиоактивные нитризаторы. К общим мерам защиты от статического электричества можно отнести общие и местное увлажнение воздуха.

#### 4.5. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

Предотвращение пожаров и взрывов и успех борьбы с ними обеспечиваются, прежде всего, пожарно-профилактическими мероприятиями. Пожарная профилактика является наиболее важной частью противопожарной защиты и представляет собой комплекс мероприятий, проводимых как в период проектирования и строительства предприятий, так и в процессе их эксплуатации. Эти мероприятия должны предотвратить возникновение пожаров, создать препятствия распространению огня, обеспечить тушение пожаров, а также эвакуацию людей и материальных ценностей из горящих зданий.

Мероприятия, устраняющие причины возникновения пожаров на предприятии, разделяются на: строительные-технические и организационные.

К строительным-техническим мероприятиям относятся надлежащая планировка территории предприятия и размещение на ней производственных зданий и сооружений; выбор строительных материалов и конструкций с учетом их огнестойкости; соблюдение противопожарных разрывов; устройство в зданиях специальных преград, препятствующих распространению огня; правильное устройство и размещение выходов, аварийного освещения, надлежащая планировка в зданиях промышленного оборудования и правильная его эксплуатация и т.п.

К организационным мероприятиям относятся запрещение курения и пользования открытым огнем при производстве работ в пожароопасных помещениях или около огнеопасных материалов; ограничение запасов сгораемого сырья, полуфабрикатов, готовой продукции; удаление из производственных помещений легковоспламеняющихся материалов и веществ, способных к самовозгоранию; разработка планов эвакуации людей и имущества из

помещений; организация добровольных пожарных дружин и ячеек; обучение рабочих и служащих мерам пожарной безопасности.

Мероприятиями, направленными на быструю ликвидацию очага пожара, предусматриваются устройство специальных дорог и удобных подъездов к зданиям и специальных проходов к труднодоступным местам; устройство противопожарных лестниц, водопровода, сигнализации и связи; оборудование цехов первичными пунктами пожаротушения с необходимым набором пожарных средств и техники; создание на предприятии пожарной охраны.



## 5.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Была рассмотрена задача расчета кривой бескупонной доходности облигаций.
2. Были изучены методы построения кривой бескупонной доходности облигаций.
3. Составлена и отлажена программа, позволяющая строить кривую доходности с помощью различных методов.
4. Проведен сравнительный анализ методов построения кривой бескупонной доходности.
5. В экономической части приведена оценка экономической эффективности разработанного программного продукта.
6. Меры безопасности при работе на ПК рассмотрены в разделе по охране труда и окружающей среды.

## 6. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методика расчета Кривой бескупонной доходности по государственным ценным бумагам-ММВБ, Москва, 2011
2. Ануфриев И.Е. -Matlab 7.-СПБ.:БХВ-Петербург, 2005. -1104с.
3. Шон Кляйн, Дональд Р. ван Девентер. Нельсон-Сигель против сплайновых методик, 2009
4. Jessica James, Nick Webber. Interest Rate Modelli, 2000
5. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессии. М.: Финансы и статистика, 1981. - 304 с.
6. Люу Ю.-Д. Методы и алгоритмы финансовой математики. М.: Бином; Лаборатория знаний, 2007. – 751 с.
7. Darryl Foo, Methodology For Constructing the Zero Coupon Yield Curve, 2008
8. <http://www.micex.ru/marketdata/indices/state/yieldcurve/chart>
9. Ковалев А.М., Ковалев В.А. Основы управления проектами в области информационных технологий: Учеб. пособие. – М.: Доброе слово, 2007 – 102 с.: ил.
10. Дегтярев А.В., Вдовин В.А., Ковалев А.М., Кущенко Б. К. Информационные технологии в менеджменте. Учебное пос. – М.: Доброе слово, 2011. – 152с.
11. Вдовин В.А., Дегтярев А.В., Оганов В.А., Экономическая эффективность разработки информационных систем и технологий. Учебное пособие: под ред. Дегтярева А.В., – М.: МАИ – Доброе Слово, 2006. – 60 с.

- 12.Моисеева Н.К., Конышева М.В. Управление маркетингом: теория, практика, информационные технологии. М., Финансы и статистика, 2002.
- 13.Ньюэл Майкл В. Управление проектами для профессионалов. Руководство к сдаче сертификационных экзаменов / Пер. с англ. М.: Кудиц-Пресс, 2008. – 416 с.
- 14.ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- 15.ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум Общие требования безопасности.
- 16.ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно - гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
- 17.Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – М: Медицина, - 1998.
- 18.Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч.2 /Е.А. Резчиков, В.Б. Носов, Э.П. Пышкина, Е.Г. Щербак, Н.С. Четверкин /Под редакцией Е.А. Резчикова. – М.: МГИУ, - 1998.
- 19.Дайнов М.И., Метечко Л.Б. ,Толоконникова В.В. Методические указания к дипломному проектированию «Экологические платежи за загрязнение окружающей природной среды» - М.:Изд-во МАИ, 2001г
- 20.Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М., Энергоиздат, 1982.
- 21.Иванов Б.С. Человек и среда обитания: Учебное пособие, – М.: МГИУ, 1999.
- 22.Охрана труда в машиностроении: Учебник /Под редакцией Е.Я. Юдина и С.В. Белова, – М.1983.