

**Малмыгин М.В.,**  
аспирант кафедры прикладной математики и компьютерных технологий,  
Северо-Кавказский федеральный университет  
[maksimm@mail.ru](mailto:maksimm@mail.ru)

## **Возможности оценки долгосрочных энергетических инвестиционных проектов с применением модифицированной модели CAPM**

*В статье рассматривается проблема оценки эффективности инвестиционных проектов в области электроэнергетики. Рассмотрены недостатки общепринятого метода оценки. Для расчета ставки дисконтирования предлагается модифицированная модель CAPM.*

*Ключевые слова: электроэнергетика, инвестиции, ставка дисконтирования, прогнозирование, экономическая эффективность, модель.*

*Summary: In article the problem of evaluating the effectiveness of investment projects in the power sector is considered.. The shortcomings generally accepted evaluating method. For the calculation of the discount rate proposed a modified CAPM model.*

*Keywords: power sector, investment, “floating” discount rate, forecasting, economic efficiency, model.*

Проблема адекватной оценки привлекательности любого инвестиционного проекта, связанного с привлечением капитала, заключается в определении того, насколько будущие поступления (или экономия) оправдывают сегодняшние затраты. Поэтому при выполнении долгосрочных финансовых расчетов, таких как бизнес-план или инвестиционный проект, не вызывает сомнения необходимость учета изменяющегося характера стоимости денежных ресурсов.

Развивающийся экономический кризис, с периодами обострения и ослабления напряженности, который то увеличивает, то уменьшает стоимость привлечения кредитных ресурсов, обозначил важность адекватной оценки, как привлекательности инвестиционного проекта, так и стоимости его финансирования.

Обозначенная проблема усложняется тем, что анализ привлекательности и оценка стоимости могут прийти на период, например, ослабления, а реализация проекта – на период обострения, или наоборот. Соответственно, принимающиеся решения могут быть в равной мере или чрезмерно (неоправданно) консервативными, или опасно (чрезмерно) оптимистичными.

С тем, чтобы решение принималось максимально взвешенно, не бросаясь из одной крайности в другую, разумно учитывать динамический (циклический) характер развития кризиса, и соответственно настраивать математический аппарат на учет этой особенности.

Для перерасчета будущих денежных потоков в единую величину современной стоимости в практике финансового анализа применяется

специальный показатель - ставка дисконтирования.

Природа данного показателя, на первый взгляд, очевидна. Учитывая инфляционный характер экономики, можно утверждать, что одна и та же величина денежных средств в различные моменты времени имеет различную стоимость. И чем больше временной разрыв между «точкой отсчета» и «точкой прогноза», тем большей является и разница в стоимости денежных средств. Таким образом, в случае расчета среднесрочных, а тем более долгосрочных инвестиционных проектов, а также в условиях высоких темпов инфляции, проблема сопоставимости рассчитываемых финансовых показателей становится наиболее актуальной.

Тем не менее, в сущность ставки дисконтирования заложен не только показатель времени, но и показатель риска. Присутствие этого фактора объясняется тем, что инвестирование денежных средств всегда сопряжено с риском их потери в том случае, если инвестиционный проект не сможет принести ожидаемой прибыли.

Благодаря неоднозначности подходов к определению ставки дисконтирования, порядок ее расчета является одним из наиболее дискуссионных вопросов инвестиционного планирования и по праву назван «одной из самых сложных и, в то же время, крайне актуальных задач в процессе оценки инвестиционных проектов» [8].

В основе большинства дискуссий о выборе ставки дисконтирования содержится не только предрасположенность исследователей той или иной экономической школе, но и их более «приземленные» интересы. Например, инициатор инвестиционного проекта, заинтересован в обосновании минимальной ставки дисконтирования (при этом NPV повышается и в целом проект начинает казаться более привлекательным). Сторонний инвестор, напротив заинтересован в применении повышенной ставки, полноценно учитывающую инфляцию и риски. Таким образом, «"политический" интерес нередко формирует приверженность сторон тем или иным методам расчета» [12]. Однако научная сущность этой задачи сводится к тому, чтобы синтезировать формулу для расчета наиболее объективной нормы дисконта.

В мировой практике существует несколько основных подходов к выбору и расчету ставки дисконтирования, каждый из которых приемлем в тех или иных экономических условиях. Наиболее распространены следующие методы расчета данного показателя:

1) Модель средневзвешенной стоимости капитала или укрупненный метод расчета ставки дисконтирования (WACC), который основан на учете стоимости собственного (акционерного) капитала и стоимости заемных средств.

2) Метод кумулятивного построения (CCM), суть которого состоит в простом суммировании рисков, определенных, зачастую, экспертным путем.

3) Метод оценки капитальных активов (CAPM) основан на анализе изменения доходности свободно обращающихся на фондовом рынке акций. Модель CAPM утверждает, что ожидаемый доход, который потребуют инвесторы, равен сумме двух показателей: ставки по безрисковой ценной

бумаге и рисковой премии.

Еще автор данной модели У. Шарп указывал на ряд допущений, при которых возможно применение модели CAPM, основными из которых являются предположения о наличии эффективного рынка капитала и совершенной конкуренции инвесторов [13]. Но даже не смотря на эти поправки, по нашему мнению, именно данная модель является наиболее подходящей для расчета ставки дисконтирования при оценке энергетических инвестиционных проектов. Причиной этому является простота определения и возможность прогнозирования показателей, влияющих на значение нормы дисконта. Рассмотрим формулу расчета ставки дисконтирования по методу CAPM.

$$i = R_f + b(RM - R_f), (1)$$

где:

$i$  - значение ставки дисконтирования;

$R_f$  - ставка доходности по «безрисковой» инвестиции;

$\beta$  - измеритель риска вложений;

$RM$  - норма доходности сопоставимого типа актива или общая доходность рынка.

При этом значение выражение  $(RM - R_f)$  во многих источниках определяется, как премия за риск [3].

Весьма дискуссионным остается вопрос о том, какие ценные бумаги должны служить эталоном для определения «безрисковой» нормы доходности ( $R_f$ ). Принятие в качестве таковой российских государственных облигаций осложняется недостаточным историческим периодом их существования, а так же зависимостью от других величин. Это, в свою очередь, логично приводит к заключению, что именно эти величины и следует принять за «точку отсчета». Исторически сложилось, и большинство экспертов считает это оправданным, что «безрисковыми» ценными бумагами являются долгосрочные государственные облигации США, доходность которых в свою очередь напрямую зависит от ставки рефинансирования ФРС США. Нами были проанализированы значения этих величин за период с 1984 по 2012 гг., которые позволили получить значение коэффициента корреляции, равного 0,85. Примем во внимание тот факт, что по данным ЦБ РФ доля международных резервов в общем объеме золотовалютных резервов РФ в 2012 г. составила 65%, в которых наибольшую долю (30%) имеют государственные облигации США. Это еще один аргумент в пользу признания гособлигаций США в качестве безрисковой ценной бумаги.

Бета-коэффициент представляет собой ковариацию доходности актива с доходностью всего рынка, деленную на дисперсию доходности рынка. «Физический смысл» достаточно прост: чем выше «бета», тем более восприимчив проект к колебаниям экономики, и тем выше риск вложений.

Общая доходность рынка - это норма доходности индекса данного рынка. В США, таковым бы выступил индекс S&P 500, в России - индекс РТС. В случае выполнения расчетов по конкретному инвестиционному проекту в качестве нормы общей доходности можно использовать отраслевой индекс

РТС.

Таким образом, при расчете ставки дисконтирования по любой известной методике, в том числе и по методике CAPM, используются значения влияющих на неё переменных, взятые на определенный момент времени. Как было указано выше, такой подход не учитывает меняющегося характера экономических процессов, что отрицательно может сказаться на результате расчета ставки дисконтирования, а в итоге и показателей экономической эффективности от инвестиционного проекта. Конечно, для краткосрочных периодов (до 1 года) в условиях относительной стабильности мировой экономики данная особенность оказывает незначительное влияние на принятие инвестиционного решения. Однако в случае принятия решения по среднесрочным, а тем более долгосрочным инвестиционным проектам (к которым относятся проекты в энергетической отрасли), разница между прогнозным значением экономической эффективности проекта и его реальным значением, может значительно различаться. В таком случае даже объективно успешные инвестиционные проекты, рассчитанные на 10-15 лет в условиях кризиса, могут оказаться нерентабельными из-за неверно вычисленной ставки дисконтирования.

Всё вышесказанное приводит нас к выводу о необходимости применения «плавающей», т.е. изменяющейся ставки дисконтирования при оценке долгосрочных инвестиционных проектов. Для определения ставки дисконтирования с целью использования в расчете инвестпроекта длительностью, например, 10 лет, не достаточно знать значения нормы доходности по «безрисковой» инвестиции, бета-коэффициент и норму доходности сопоставимого типа актива на сегодняшний день, но и учесть, что значения данных переменных изменятся несколько раз в течение срока реализации проекта.

Поэтому необходимо четко представлять себе логику расчета или выбора ставки и понимать, о чем говорит полученная при этом величина NPV. Обратимся к формуле расчета NPV.

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad , (2)$$

где  $I_0$  - размер начальной инвестиции,  
 $CF_t$  - денежные потоки через  $t$  лет,  
 $N$  - продолжительность проекта (лет),  
 $i$  - ставка дисконтирования.

В формуле (2) ставка дисконтирования неизменна во времени. При условии, что норма дисконта в течение года может изменяться произвольное количество раз  $M$  в любой момент времени  $j$  и действовать на протяжении произвольного периода  $\Delta$ , то получим следующее значение годовой ставки дисконтирования:

$$i_t = \sum_{j=1}^M i_j \Delta_j \quad (3)$$

Подставив значение расчетной ставки  $i_t$  из выражения (3) вместо значения

ставки дисконтирования  $i$  в формулу (2), получим уточненную формулу расчета NPV:

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1 + \sum_{j=1}^M i_j \Delta_j)^t} - I_0 \quad (4)$$

Таким образом, формула (4) учитывает возможность изменения ставки дисконтирования в течение различных этапов реализации инвестиционного проекта. Для этого достаточно задать примерную динамику изменения ставки и продолжительность периода, в котором она будет действовать.

Возвращаясь к вопросу о возможности прогнозирования экономических процессов, не лишним будет вспомнить о циклическом характере мировой экономики, которому было посвящено немало научных работ. Среди множества трудов можно выделить как фундаментальные научные работы первой половины XX в. - учение о «волнах» Н.Д. Кондратьева, работа об экономических циклах Дж. Китчина, так и работы современных авторов - Л.Е. Гринина и А.В. Коротаева, А.А. Акаева, С. Фримена и многих других. Согласно теории экономических волн, мировая экономика развивается не равномерно, а подчинена законам цикличности, испытывая непрерывные колебания, когда рост производства сменяется спадом, повышение деловой активности - понижением. Цикличность характеризуется периодическими взлетами и падениями рыночной конъюнктуры. Периоды повышения экономической активности характеризуются преимущественно экстенсивным развитием, а периоды понижения экономической активности - началом преимущественно интенсивного развития. Следовательно, цикл является постоянной динамической характеристикой рыночной экономики.

В подтверждение вышеизложенному, на рисунке 1 приведем статистику изменения ставки рефинансирования ФРС США за последние полвека - с 1954 по 2012 гг.

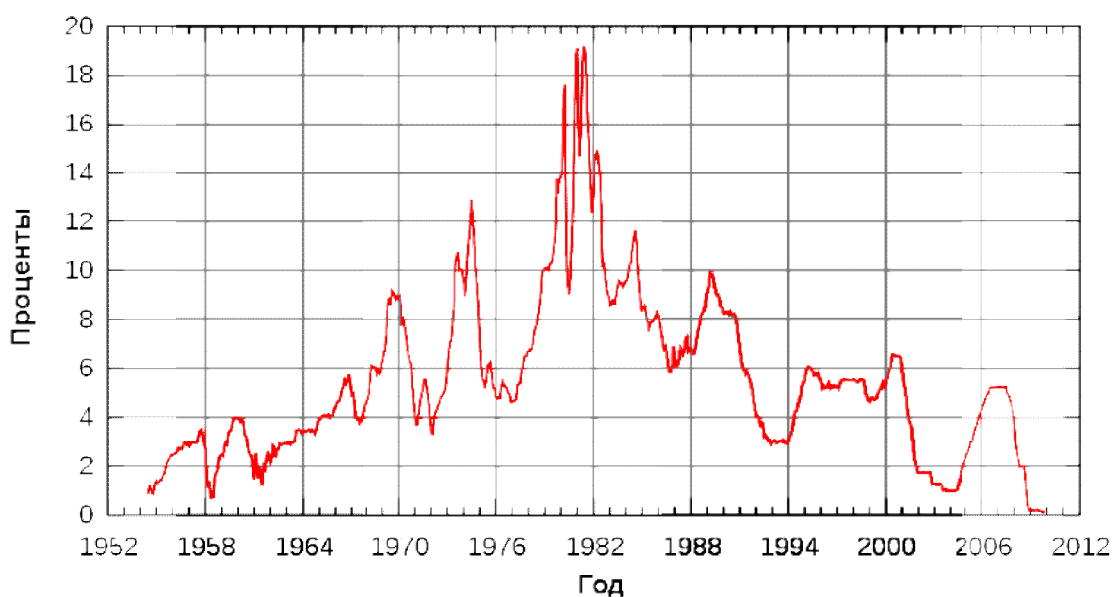


Рисунок 1– Динамика изменения ставки рефинансирования ФРС США в 1954 - 2012 гг. [5]

Данные, приведенные на рисунке 1, свидетельствуют, что за полувековой период можно выделить около десяти небольших циклов, в пределах которых значение ставки рефинансирования претерпевало резкий взлет и падение. Данное эмпирическое наблюдение еще раз подтверждает теорию экономических циклов.

Для создания полноценной и законченной математической модели необходимо обратиться к экономико-математическим методам прогнозирования, рассматривающим математические законы изменения национальной и мировой экономики. Применяя их на практике вместе с имеющейся информацией о динамике значений экономических показателей в прошедших периодах  $t_{n-x} \dots, t_{n-1}, t_n$  (где  $t_n$  - текущий момент времени), возможным является построение модели расчета прогнозного значения этого показателя для периодов  $t_{n+1} \dots t_{n+y}$ .

Среди известных нам методов прогнозирования социально-экономических процессов, использующих анализ временных рядов, наибольшее распространение имеют:

1) Метод главных компонент, называемый также «Гусеница», а в англоязычной литературе - SSA (Singular Spectrum Analysis). Целью метода является разложение временного ряда на интерпретируемые аддитивные составляющие. Метод не требует стационарности ряда, знания модели тренда, а также сведений о наличии в ряде периодических составляющих и их периодах. При этом с помощью метода главных компонент возможно решение самых различных задач - выделения тренда, обнаружения периодик, сглаживания ряда, построения полного разложения ряда в сумму тренда [2].

2) Метод клеточных автоматов, который наиболее эффективно используется для описания различных фазовых и бифуркационных переходов, где коллективное поведение системы определяется локальным поведением составляющих элементов. В настоящее время наибольшее применение клеточные автоматы нашли в задачах моделирования гидро- и газодинамических, эволюционных, поведенческих, колебательных и различных вероятностных процессов. Однако известные клеточные автоматы не обладают достаточным быстродействием для моделирования неоднородных динамических систем задач в больших масштабах. Кроме того, для его применения надо, чтобы выборки и ошибки измерений не подчинялись нормальному закону распределения [4].

3) Метод Брауна имеет в своей основе процедуру полиномиального экспоненциального сглаживания и является адаптивным, одношаговым методом прогнозирования временных рядов, однако полноценно может применяться для эволюционирующих процессов, т.е. для тех, которые меняют во времени качественные и количественные характеристики [9].

4) Адаптивная модель прогнозирования временного ряда, генерируемого авторегрессионной схемой с дрейфующими коэффициентами, предложенная Ю.П. Лукашиным [6]. Этот метод применяется, когда текущий член ряда связан с предыдущими членами этого же ряда линейным соотношением, в котором коэффициенты могут быть переменными.

Существует еще порядка двадцати различных моделей прогнозирования временных рядов, которые могут быть применены для рядов с различными свойствами и характеристиками. При выборе метода прогнозирования ставки рефинансирования ФРС США преимущество было отдано методу сингулярно-спектрального анализа («Гусеница»). На решение повлиял тот факт, что А.Ю. Соловьевым экспериментально было установлено преимущество данного метода над другими традиционными авторегрессионными моделями, количественно выраженное в меньшей ошибке прогноза и большем проценте правильного распознавания направления эволюции временных рядов [11].

В результате применения метода ряд раскладывается на простые компоненты: тренды, сезонные, периодические и колебательные составляющие, а также шумовые компоненты. Полученное разложение может служить как для прогноза ряда в целом, так и отдельных его компонент.

Алгоритм состоит из трех этапов:

1. Построение матрицы наблюдений;
2. Анализ главных компонент;
3. Прогноз.

На выбор метода прогнозирования значений величин, влияющих на значение ставки дисконтирования, также повлиял статистический анализ временного ряда, состоящего из значений нормы доходности десятилетних облигаций США (US treasuries). Анализ показал, что эксцесс временного ряда равен 4,41, что характеризует его как несглаженное остроконечное распределение. При относительно небольшом значении среднего квадратического отклонения (2,37), значение асимметрии не превышает эту величину. Это говорит о том, что асимметрия не является существенной, а распределение не является закономерным. Проведенный статистический анализ позволяет сделать вывод о невозможности применения в качестве средства прогноза никаких других методов, кроме метода главных компонент.

Для прогноза значения ставки доходности US treasuries нами был использован программный продукт Catepillar, находящийся в открытом доступе. В качестве базы прогноза были взяты значения за период с 1881 по 2012 гг., а прогноз строился на 10 лет вперед. При прогнозировании были определены следующие параметры: количество главных компонент - 30, главная матрица - нецентрированная. Результат прогнозирования представлен на рисунке 2.

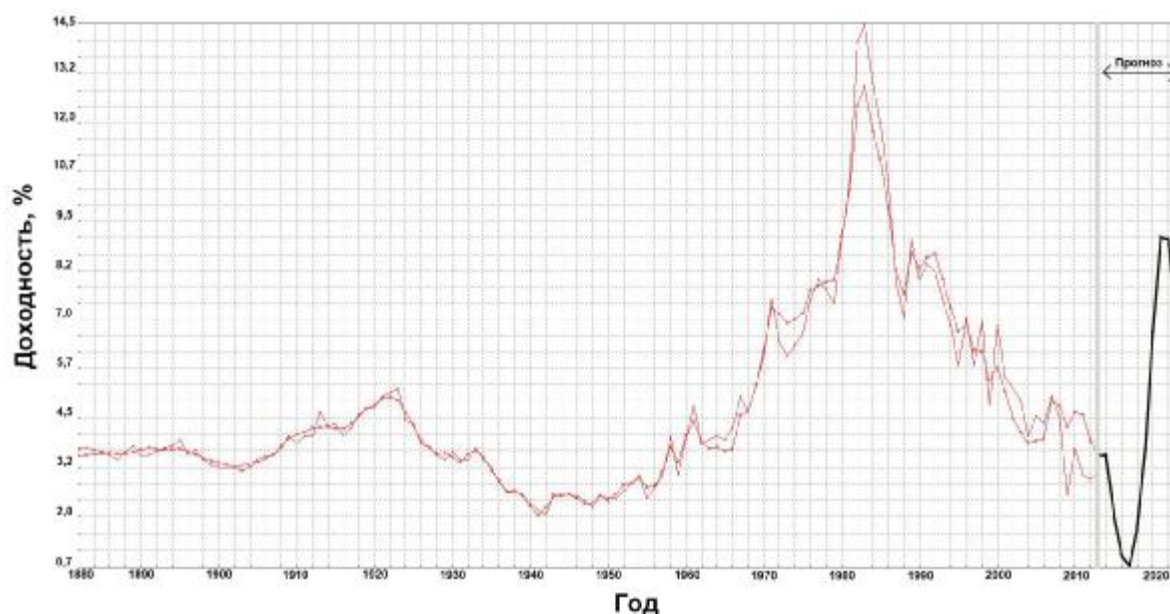


Рисунок 2 – Прогноз нормы доходности 10-летних гособлигаций США  
US treasuries

В качестве премии за риск, которая является разностью между «рискованной» доходностью сопоставимого типа актива и доходностью по «безрисковой» ценной бумаге, примем разницу между средней годовой ставкой доходов по акциям трех крупнейших генерирующих компаний РФ (ОАО «ОГК-2», ОАО «ТГК-3», ОАО «Э.ОН Россия») и по 10-летним казначейским облигациям США US treasuries. Конечно, доходность акций энергокомпаний - величина непостоянная, однако и она подвержена тем же колебаниям, что и US treasuries, которые, с определенной долей уверенности можно назвать «первоисточником» мирового фондового рынка. Поэтому условно примем разницу в доходности рассматриваемых ценных бумаг, как постоянную величину, равную 5% на начало 2013 г.

Коэффициент бета принято рассчитывать для каждого предприятия отдельно, однако в случае, когда инвестиционный проект предполагает создание нового предприятия, можно взять коэффициент бета, средний по отрасли, либо определить экспертным путем. Среднеотраслевой коэффициент бета для генерирующих предприятий электроэнергетики в России был рассчитан нами путем сопоставления коэффициентов порядка десяти крупнейших генерирующих компаний и составил 1,04.

Необходимо отметить, что каким бы совершенным не был метод прогноза, он все же является формализацией математических величин и не способен учитывать «форс-мажорные» обстоятельства - глобальные потрясения, вызванные, например, стихийными бедствиями, политическими событиями, научными прорывами. Прогноз строится лишь с тем допущением, что мировая экономическая система в ближайшем будущем не испытает серьезных непредсказуемых «встрясок». Поэтому для «оживления» формализованной модели расчета ставки дисконтирования мы считаем необходимым ввести коэффициент, отражающий экспертное мнение относительно стабильности развития мировой экономической системы. В



монографии П.В. Акинина и В.П. Акининой данный параметр был определен, как «турбулентность» [1]. Получим следующую формулу:

$$i' = (Rf + b(RM - Rf)) \times T,$$

где T - коэффициент турбулентности.

Таким образом, чем больше коэффициент турбулентности, тем более будет уменьшена реальная стоимость денег по сравнению с текущей стоимостью, что обязательно должно быть отражено при определении ставки дисконтирования.

Для перевода вербальных оценок в формализованные целесообразно использовать модифицированную вербально-числовую шкалу Харрингтона, основанную на следующем преобразовании (табл. 1).

Таблица 1 – Модифицированная шкала Харрингтона для перевода качественных оценок в количественные

Наименование градации	Числовой интервал	Точечная оценка
Очень высокая	1,70-2,00	1,85
Высокая	1,50-1,70	1,60
Средняя	1,30-1,50	1,40
Низкая	1,10-1,30	1,20
Очень низкая	0,80-1,10	0,95

Современный уровень турбулентности мировой экономической системы оценивается экспертным сообществом как «средний» [7], значит коэффициент T примем равным 1,4.

Имея все данные для определения ставки дисконтирования по предложенной модели, выполним расчет прогнозного значения этого показателя на ближайшие 10 лет (табл. 2).

Таблица 2 – Расчет ставки дисконтирования на 2013 - 2022 гг.

Год	Показатели				
	Rf, %	β	(RM - Rf), %	T	i', %
2013	3,5	1,04	5	1,4	12,18
2014	2,1				10,22
2015	1				8,68
2016	0,7				8,26
2017	1,6				9,52
2018	3,6				12,32
2019	6,6				16,52
2020	9,1				20,02
2021	9				19,88
2022	6,8				16,80

В качестве примера использования «плавающей» ставки дисконтирования при расчете инвестиционного проекта рассмотрим проект строительства ТЭЦ крупным промышленным предприятием Ставропольского края длительностью 10 лет.

На основе полученных значений ставки дисконтирования нами был произведен расчет эффективности данного проекта в программном продукте «Альт-Финанс 5» в двух вариантах: с постоянной (действующей на сегодняшний день) и с «плавающей» ставкой дисконтирования. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета проекта с двумя вариантами ставки дисконтирования.

Показатель	Ставка дисконтирования	
	Постоянная (12,18%)	Переменная (12,18 - 20,02%)
Чистая приведенная стоимость, тыс. руб.	627 797	664 341
Дисконтированный срок окупаемости, лет	3,60	3,49
Модифицированная внутренняя норма рентабельности, %	21,2	22,9
Норма доходности полных инвестиционных затрат, %	114,6	121,3
Изменение NPV к значению, рассчитанному по «плавающей» ставке, %	-5,50%	-
Изменение NPV к значению, рассчитанному по «плавающей» ставке, тыс. руб.	-36544	-

В приведенной таблице можно увидеть, что один и тот же энергетический инвестиционный проект длительностью 10 лет, рассчитанный с двумя вариантами ставки дисконтирования, показывает значительно отличающиеся результаты. Сумма NPV при использовании фиксированной ставки дисконтирования отличается на 5,5% (при  $i=15,4\%$ ) и от той же величины, рассчитанной с плавающей ставкой. В абсолютных цифрах эта разница составляет около 27 млн. руб.

Полученные данные еще раз подтверждают актуальность использования «плавающей» ставки дисконтирования, рассчитанной на основе макроэкономических показателей. А это, в свою очередь, приблизит формализованные модели к реальной жизни и в каких-то ситуациях позволит не отвергнуть выгодный проект, в других – наоборот избежать убытков с помощью учёта варианта негативного развития ситуации.

#### Литература:

1. Акинин, П.В. Эскиз современных трансформаций финансовой экономики [Текст] / П.В. Акинин, В.П. Акинина - Ставрополь: изд-во СГУ, 2007. – 80 с.
2. Голяндина, Н.Э. Метод «Гусеница»-SSA: анализ временных рядов [Текст]: учеб. пособие / Н.Э. Голяндина - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. - 76 с.
3. Касатов, А.Д. Развитие экономических методов управления интегрированными корпоративными структурами в промышленности: инвестиционный аспект [Текст] / А.Д. Касатов - М.: Изд. Дом «Экономическая газета», 2010. - 324 с.
4. Лиманова, Н.И., Мамзин Е.А. Дискретная математическая модель детерминированного клеточного автомата и ее программная реализация [Текст] / Н.И. Лиманова, Е.А. Мамзин // Информационные технологии. - 2010. - № 2. – С. 34 – 38.
5. Липин, А.С. Обзор мирового финансового кризиса: URL: [http://econom.nsu.ru/files/article\\_Lipin.doc](http://econom.nsu.ru/files/article_Lipin.doc) (дата обращения 20.03.2013)
6. Лукашин, Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов [Текст]: учеб. пособие / Ю.П. Лукашин - М.: Финансы и статистика, 2003. - 415 с.
7. Минин, Б.В. Новые планы «Группы 20» по обеспечению устойчивого роста и стабильности мировой экономики [Текст] / Б.В. Минин, Л.Г. Таранкова // Деньги и кредит. - 2012. - №3. - С.34 - 38.
8. Михайлова, Н. Обоснование ставки дисконтирования путем

использования основных рыночных финансовых индикаторов доходности капитала: URL: [http://www.cfin.ru/finanalysis/discount\\_rate.shtml](http://www.cfin.ru/finanalysis/discount_rate.shtml) (дата обращения 20.03.2013)

9. Светульников, С.Г. Запредельные случаи метода Брауна в экономическом прогнозировании / С.Г. Светульников, А.Т. Бутуханов, И.С. Светульников - СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2006. - 98 с.

10. Синадский, В.С. Расчет ставки дисконтирования [Текст] / В.С. Синадский // Финансовый директор. - 2003. - № 4. - С. 26-29.

11. Соловьев, А.Ю. О задаче прогнозирования самоподобных сетевых процессов / А.Ю.Соловьев // Труды Второй Международной научной интернет-конференции «Современные проблемы информатизации в системах моделирования, программирования и телекоммуникациях», 2009. URL: <http://econf.rae.ru/pdf/2009/11/7dcd340d84.pdf> (дата обращения 20.03.2013).

12. Черепанов, Д. Ставка дисконтирования: URL: <http://www.umito.ru/backoffice/257-diskontstavka> (дата обращения 20.03.2013).

13. Sharp, W. F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk // Finance. - 1964. Sept. - P. 425-442.