

Протекание процессов инновационной деятельности на предприятиях молокоперерабатывающей отрасли приводит к тому, что применять на практике сбалансированную систему показателей деятельности сложно, учитывая накопленные научные знания, которые носят инновационный характер. При этом необходимо использовать комплексный подход, охватывающий не только производственную, но и инвестиционно-инновационную деятельность перерабатывающего предприятия. В механизм стратегического управления необходимо включить такую систему показателей, которая учитывает особенности деятельности отрасли, перспективы развития и возможности ее инновационного развития. В условиях инноватизации необходимо учитывать качественные показатели научно-образовательной деятельности, так как производство само по себе неконкурентоспособно без использования научных идей, внедрения передовых технологий, реализации инновационных проектов и т.д.

### Литература

1. Меркулова Е.В. Инструменты стратегического управления предприятием // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 4. – С. 114–116.
2. Подосийчук А.В. О совершенствовании условий инновационной деятельности // Экономист. – 2010. – № 9. – С. 23–27.



УДК 330.137.7

Ю.В. Булгаков, О.В. Зинина, З.Е. Шапорова

### КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА ИННОВАЦИОННОГО РИСКА

*Целью работы является конструирование визуальных моделей диагностики инновационного риска в системе Matlab/Simulink при различных предположениях о характере случайного процесса годовых денежных поступлений, которые по многим критериям обладают очевидными преимуществами в сравнении с традиционными методами анализа. Разработанные модели можно использовать, в частности, для активизации изучения предмета в виде лабораторных работ по соответствующим дисциплинам.*

**Ключевые слова:** компьютерная диагностика, конструирование, модель, риск, инвестиции.

*Yu. V. Bulgakov, O.V. Zinina, Z.E. Shapороva*

### INNOVATIVE RISK COMPUTER-AIDED DIAGNOSTICS

*The purpose of the article is to construct the visual models for the innovative risk diagnostics in the Matlab / Simulink systems in case of various hypotheses on the character of the annual cash flow random process, which according to many criteria has obvious advantages compared with the traditional analysis techniques. The developed models can be used, in particular, in order to promote the subject study in the form of laboratory work in relevant disciplines.*

**Key words:** computer-aided diagnostics, design, model, risk, investment.

---

Инновационный риск определяется вероятностью потерь при организации производства новых товаров или услуг, если они не найдут ожидаемого спроса на рынке. Поэтому принятие решений в сфере стратегического менеджмента всегда связано с оценкой эффективности и риска инноваций, а любые методы анализа инвестиций в инновации основаны на сравнении вложенного капитала с ожидаемыми доходами от реализации проекта. Экономическую целесообразность инвестирования определяют четыре параметра: объем инвестиций, чистый денежный поток, длительность жизненного цикла, остаточная стоимость. В качестве критериев выбора обычно используют чистый приведенный доход, индекс доходности, внутреннюю ставку доходности и срок окупаемости.

Главная проблема обоснования стратегических решений заключается в неопределённости будущих событий. Неопределёнными величинами на этапе экономического обоснования являются спрос, цена, пе-

ременные и постоянные издержки, налоги. Понятно, что предсказать значения этих величин на несколько лет вперед невозможно, так как они зависят от множества случайных факторов, меняющихся во времени. В этой ситуации обычно используют экспертные оценки вероятного диапазона их изменения, то есть возможные нижние и верхние границы, а иногда и наиболее вероятные значения. Затем выбирают простейшие законы распределения в зависимости от степени неопределённости ситуации (равномерное, нормальное, треугольное) и выполняют компьютерное моделирование по методу Монте-Карло при заданном числе реализаций. В результате расчётов получают прогнозные оценки среднего значения и стандартного отклонения годовых поступлений. При этом основная задача с точки зрения анализа риска заключается в оценке стандартного отклонения, то есть возможного разброса дохода относительно среднего ожидаемого значения.

Недостатком известных методик и компьютерных программ является необходимость работать с большими массивами информации и, как следствие, отсутствие наглядности, что осложняет восприятие и анализ результатов моделирования. Поэтому целью данной работы является конструирование визуальных моделей диагностики инновационного риска в системе *Matlab/Simulink*, которые по многим критериям обладают очевидными преимуществами в сравнении с традиционными методами анализа.

Расчётная величина предполагаемых годовых поступлений (чистого дохода)  $s_i$  от реализации проекта в общем случае определяется по формуле

$$s_i = p_i q_i - q_i z_i - c_i - A(1 - k)A, \quad (1)$$

где  $q_i$  – годовой объём продаж в натуральном измерении;  $p_i$  – цена за единицу товара;  $z_i$  – удельные переменные издержки;  $c_i$  – постоянные издержки без амортизации;  $k$  – ставка налога на прибыль в долях единицы;  $A$  – годовые амортизационные отчисления.

Чистый проведенный доход (эффект) от реализации проекта определяется как разница между дисконтированной стоимостью всех предполагаемых поступлений  $S$  и дисконтированной стоимостью инвестиций  $K$ . На рисунке 1 показана блок-схема диагностики риска реального проекта по организации производства молочной продукции, а на рисунке 2 – структура подсистемы, которая содержит результаты моделирования. Модель дискретная, модельное время принято за 5 лет с шагом 1 год. Можно использовать модель с непрерывным временем и любыми параметрами модельного времени и шага моделирования. В блоке *operating cash flow* по формуле (1) вычисляются случайные значения чистого годового дохода. Эффект случайности обеспечивают блок *constant* и умножители, которые на схеме имеют форму треугольника. В блоке *constant* записана формула *ones(10000,1)* для получения единичного вектора-столбца размером 10 тыс. строк, то есть этот блок задает требуемое число реализаций, которое может быть и на порядок больше.

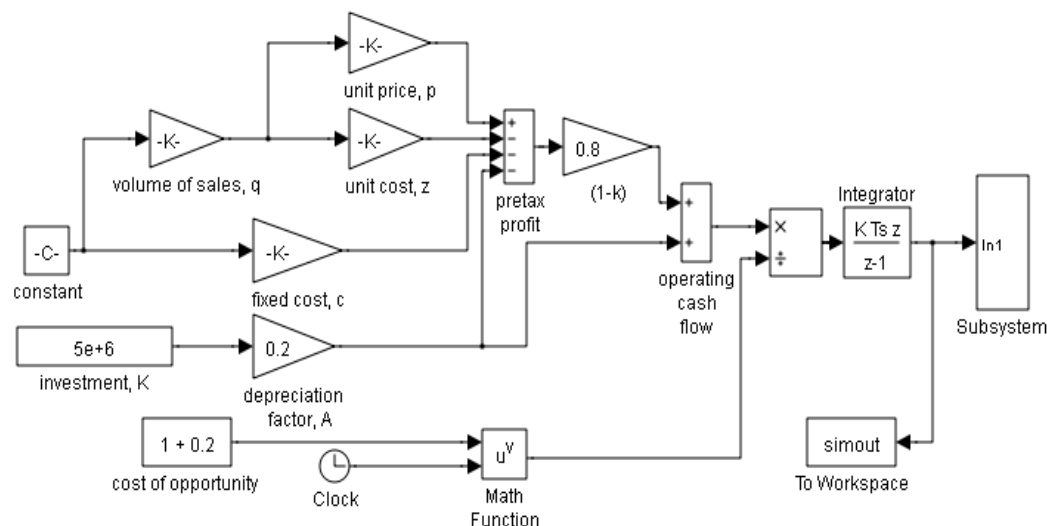


Рис. 1. Модель 1 диагностики риска

В блоках-умножителях записаны формулы для формирования случайных значений объема продаж, цены, переменных и постоянных издержек. В приведенной модели для всех параметров принято равномер-

ное распределение, то есть задан возможный диапазон вариации от нижнего  $\alpha$  до верхнего  $\beta$  предела:  $\alpha + (\beta - \alpha) \times \text{rand}(10000, 1)$ , где функция *rand* генерирует 10 тыс. равномерно распределенных случайных чисел в интервале от нуля до единицы. Если используется нормальное распределение, применяют функцию *normrnd* ( $m, s, 10000, 1$ ), где  $m$  и  $s$  – среднее и стандартное отклонения для данного параметра. Вместо одного блока, задающего случайные значения объема продаж, можно использовать произведение двух блоков, задающих емкость и долю рынка. В блоке *investment* задана величина требуемых инвестиций, записанная в экспоненциальной форме и равная 5 млн д.е. Годовой размер амортизационных отчислений при линейной амортизации в течение пяти лет вычисляет умножитель *depreciation factor*. Для дисконтирования денежного потока используются блоки *cost opportunity*, *clock*, *math function*. Блок *cost opportunity* задает дисконтную ставку, принятую 20%, блок *clock* формирует линейно изменяющийся временной сигнал, а блок *math function* вычисляет дисконтирующий делитель. Дискретный интегратор, где установлено начальное значение, равное размеру инвестиций с отрицательным знаком, вычисляет накопленный денежный поток, который можно передавать в рабочую область *Matlab* с помощью блока *simout*.

На рисунке 2 показаны результаты моделирования: минимальное, максимальное, среднее значения и стандартное отклонение NPV, а также гистограмма для NPV и риск проекта.

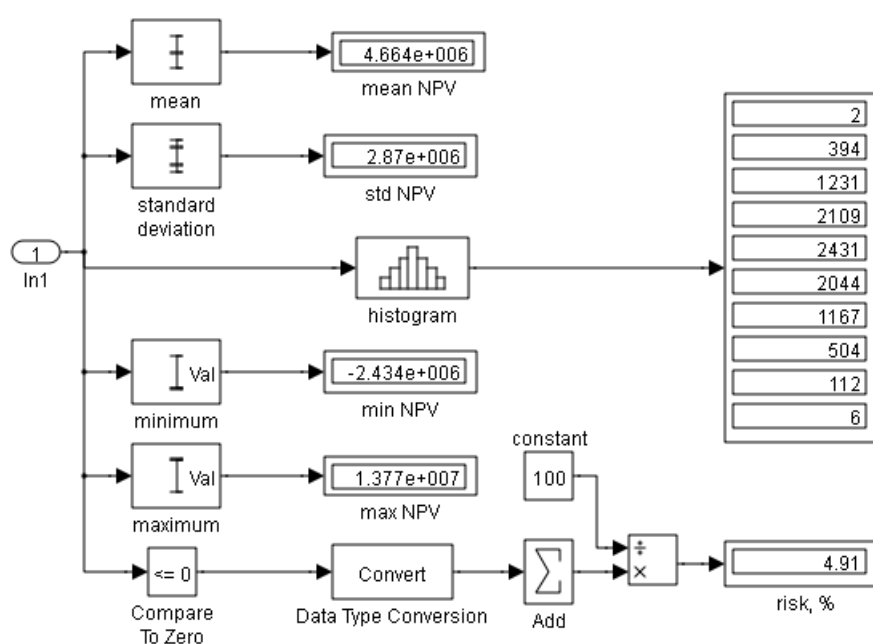


Рис. 2. Результаты имитации на модели 1

Риск в данной модели в связи с большим объемом выборки определяется как процент значений *NPV*, которые равны или меньше нуля. При этом используются стандартные блоки *Simulink* и *Signal Processing*, названия которых даны на схеме.

Возможны два варианта моделирования потока наличности. Первый, широко распространенный вариант основан на аннуитетной схеме, где в качестве постоянного члена финансовой ренты используется неизменная по периодам, но случайная по реализациям, величина годового дохода [1–3]. В данном случае распределение годового дохода также остается постоянным по годам, то есть нормированная автокорреляционная функция равна единице на протяжении всего жизненного цикла проекта. При этом дисконтированная стоимость  $\bar{S}$  ожидаемого денежного потока и стандартное отклонение  $\bar{\sigma}_S$  определяются по формулам для приведенной стоимости обыкновенной ренты. Например, если средний годового доход равен 2200 д.е., а стандартное отклонение 500 д.е., то соответствующие показатели для приведенного дохода при ставке дисконтирования 10% будут равны:

$$\bar{S} = \bar{s} \frac{1+i^n-1}{i(1+i)^n} = 2200 \frac{1+0,1^5-1}{0,1(1+0,1)^5} = 2200 \cdot 3,79 = 8340; \quad (2)$$

$$\bar{\sigma}_s = \sigma_s \frac{1+i^n-1}{i(1+i)^n} = 500 \cdot 3,79 = 1895, \quad (3)$$

где  $i$  – ставка дисконтирования;  $n$  – число периодов (лет);  $\sigma_s$  – стандартное отклонение годового дохода.

Среднее значение  $NPV$  равно разности среднего приведенного дохода и стоимости инвестиций, а стандартное отклонение  $NPV$  равно стандартному отклонению приведенного дохода, поскольку величина инвестиций постоянна. Зная статистические характеристики  $NPV$ , можно найти вероятность недопустимых отрицательных значений, то есть оценить уровень риска проекта

$$\chi = \frac{0 - \overline{NPV}}{\sigma_{NPV}} = -\frac{2340}{1895} = -1,23, \quad (4)$$

где  $\chi$  – аргумент стандартной функции нормального распределения, которому соответствует риск 0,1085, то есть 10,85%.

Однако выполненные статистические эксперименты показывают, что рассмотренная модель дает чрезмерно пессимистическую оценку риска из-за предположения о неизменности распределения годового дохода в течение всего жизненного цикла. Поэтому рассматривается и другой крайний вариант, при котором доходы по годам независимы, то есть нормированная автокорреляционная функция при сдвиге относительно первого года на любое число лет близка к нулю. Для этого варианта способ расчета приведенной стоимости  $\bar{S}$  остается прежним, а для оценки дисперсии приведенной стоимости денежного потока нами получена следующая формула:

$$\bar{\sigma}_s^2 = \sigma_s^2 \frac{1+i^{2n}-1}{1+i^{2n} \left[ \frac{1+i^{2n}-1}{1+i^2-1} \right]} = 500^2 \frac{1+0,1^{10}-1}{1+0,1^{10} \left[ \frac{1+0,1^2-1}{1+0,1^2-1} \right]} = 250000 \cdot 2,926 = 731496. \quad (5)$$

$$\bar{\sigma}_s = \sqrt{\bar{\sigma}_s^2} = \sqrt{731496} = 855.$$

Видно, что в зависимости от принятой схемы риск проекта по критерию разброса чистой приведенной стоимости отличается более чем в два раза. Формулы (3) и (5) построены по известному принципу, в соответствии с которым для независимых случайных величин складываются дисперсии, а для полностью зависимых – стандартные отклонения [4]. Для иллюстрации обоих вариантов разработана экспериментальная модель (рис. 3).

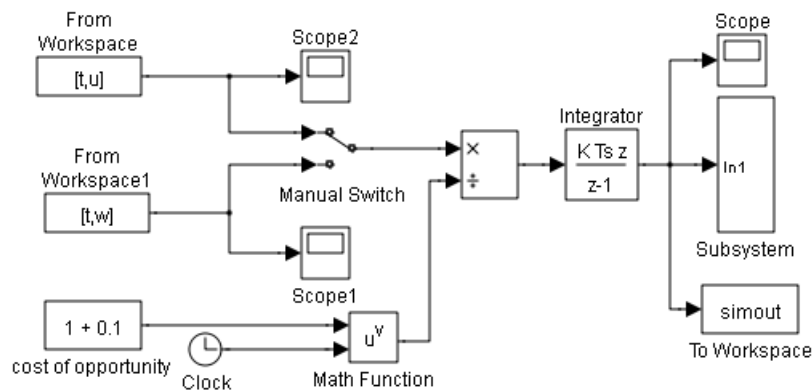


Рис. 3. Экспериментальная модель для условного проекта

На рисунке 3 показана схема, снабженная ручным переключателем *Manual Switch* для перехода от блока *From Worspace*, содержащего массив исходных данных с зависимыми годовыми доходами, к блоку *From Worspace1* – с независимыми доходами. Число реализаций равно 10, начальный размер инвестиций составляет 6000 д.е., ставка дисконтирования – 10%, модельное время – 5 лет. На схеме показаны подключенные осциллографы для контроля процесса моделирования.

На рисунке 4 показана осциллограмма денежного потока при сильной корреляции годовых доходов (*Score 2*). Видно, что этот поток по существующей классификации представляет собой линейный случайный процесс без перемешивания [4].

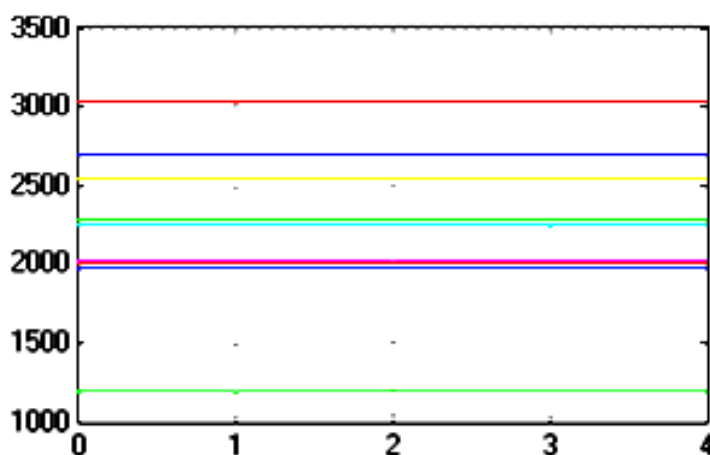


Рис. 4. Осциллограмма денежного потока при сильной корреляции

Результаты моделирования показаны на рисунке 5. На дисплеях видно, что все полученные показатели соответствуют расчетным значениям, а риск проекта составляет 10%.

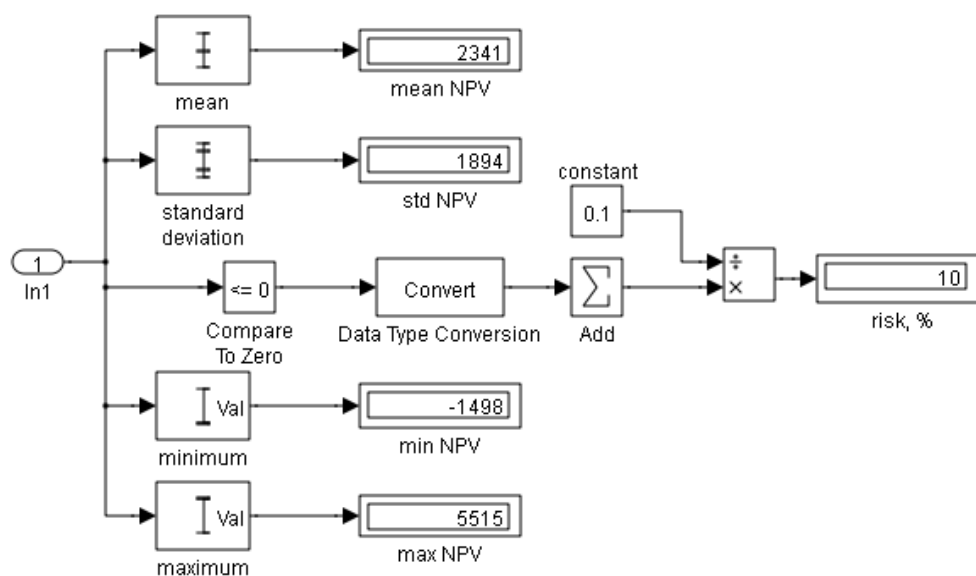


Рис. 5. Результаты моделирования при сильной корреляции доходов

На рисунке 6 показана осциллограмма денежного потока при отсутствии корреляции годовых доходов (*Score1*). Можно сделать вывод, что этот поток по существующей классификации представляет собой случайный процесс с сильным перемешиванием.

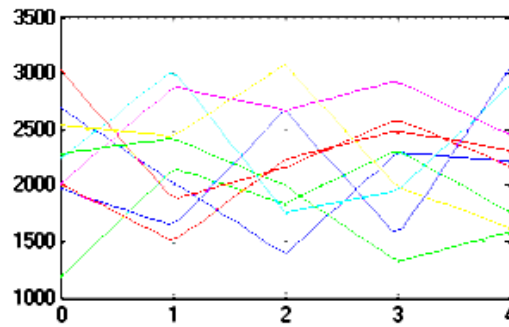


Рис. 6. Осциллограмма денежного потока при отсутствии корреляции

Результаты моделирования показаны на рисунке 7. На дисплеях видно, что стандартное отклонение годового дохода также соответствует расчетному значению, а риск проекта равен нулю.

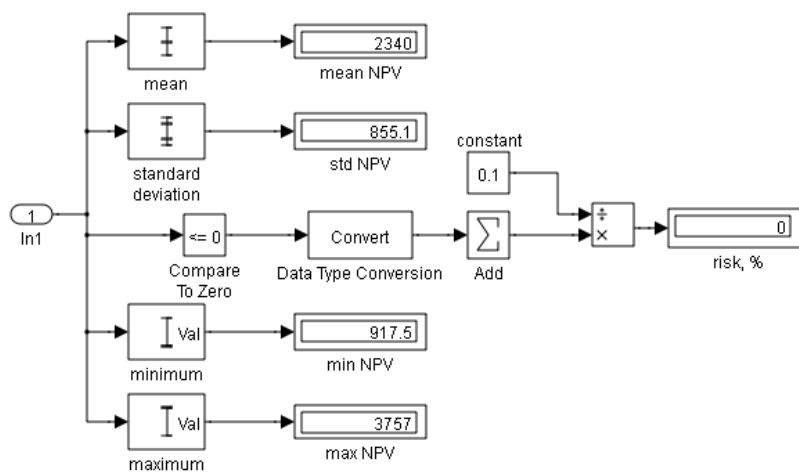


Рис. 7. Результаты моделирования при отсутствии корреляции доходов

Приведенные результаты показывают, что фактическое значение проектного риска находится внутри интервала между этими крайними вариантами. Поэтому разработана вторая имитационная модель, показанная на рисунке 8.

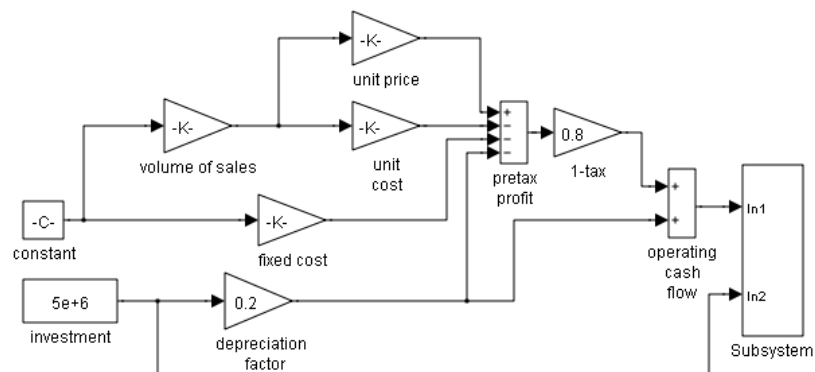


Рис. 8. Модель 2 диагностики риска

Результаты моделирования содержатся в подсистеме *Subsystem* (рис. 9). Основные отличия от первой модели (рис. 1) заключаются в том, что здесь нет специальных блоков для дисконтирования денежного

потока. Кроме того, имеется ручной переключатель *manual switch* для перехода от схемы с зависимыми годовыми доходами к схеме с независимыми доходами.

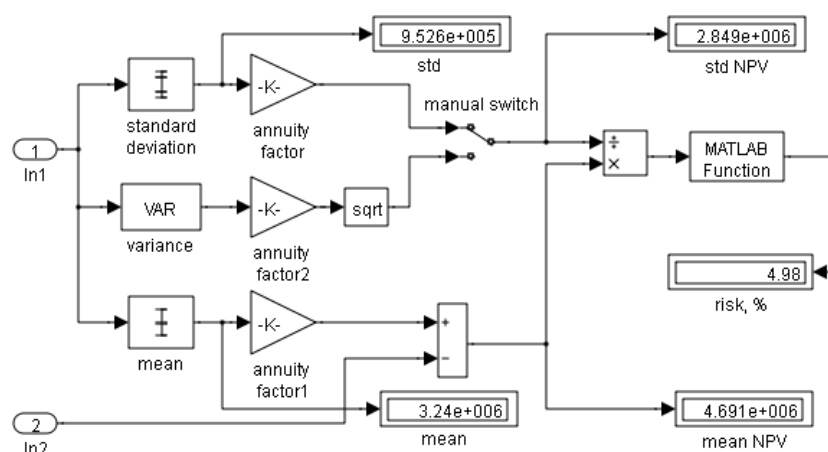


Рис. 9. Результаты имитации на модели 2

Средние значения годового дохода и его стандартное отклонение рассчитываются с помощью соответствующих блоков и отображаются на дисплеях *mean* и *std*. Для расчета среднего значения NPV, независимо от положения ключа, используется блок *annuity factor1*, в котором записано выражение для коэффициента рассрочки из формулы (2). Если ручной переключатель находится в верхнем положении, как показано на схеме, то для расчета стандартного отклонения, а значит и риска, используется такой же множитель из формулы (3), обозначенный на схеме *annuity factor*. Если переключатель перевести в нижнее положение, то расчет дисперсии выполняется с помощью блока *annuity factor2*, где записано выражение для коэффициента рассрочки из формулы (5), а блок *sqrt* вычисляет квадратный корень из дисперсии. Блок *Matlab Function* рассчитывает риск проекта по формуле  $cdf(\chi)$  для нормального распределения, где  $\chi$  вычисляется по выражению (4). Как видно на модели, риск составляет примерно 5%, а при переводе ключа на другую схему – всего 0,02%, то есть практически отсутствует.

Количественная оценка автокорреляционной функции годовых денежных поступлений на стадии проектирования, за исключением особых случаев, вряд ли возможна. Отсюда можно сделать вывод, что на построенной модели мы получаем две крайние оценки риска, а реальная оценка находится внутри этого диапазона. Очевидно, что для ЛПР с учетом его отношения к риску этот факт имеет существенное значение.

Предлагаемые модели позволяют выявить чувствительность выходных параметров проекта к вариации отдельных факторов и разработать меры по компенсации рисков, связанных с влиянием этих факторов на достижение планируемых результатов. Основными преимуществами визуального моделирования по сравнению с традиционными методами являются простота, наглядность, высокая точность, быстрое действие, возможность наблюдать за процессом с помощью виртуальных измерительных средств. Разработанные модели можно использовать, в частности, для активизации изучения предмета в виде лабораторных работ по соответствующим дисциплинам.

## Литература

1. Кельтон В.Д., Лоу А.М. Имитационное моделирование. Классика CS. – 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Изд. группа "BNV", 2004.
2. Крушвиц Л. Инвестиционные расчёты / пер. с нем. под общ. ред. В.В. Ковалёва и З.А. Сабова. – СПб.: Питер, 2001.
3. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. Методы, модели, техника вычислений. – М.: Финансы, 1998.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь, 1983.