КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

Якушин Дмитрий Иванович,
кандидат технических наук, доцент кафедры общих математических и естественнонаучных дисциплин ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», Тульский филиал, г. Тула
yd220174@yandex.ru

Архипов Игорь Константинович,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общих математических и естественнонаучных дисциплин ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», Тульский филиал, г. Тула
iarh@list.ru

Абрамова Влада Игоревна,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экономики и предпринимательской деятельности ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого», г. Тула
iarh@list.ru

Румянцева Инна Ивановна,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общих математических и естественнонаучных дисциплин ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», Тульский филиал, г. Тула
inivna@mail.ru

Степанов Вадим Григорьевич,
кандидат экономических наук, доцент, директор по исследованиям и разработкам, руководитель проектов INFORT Group, заведующий кафедрой общих математических и естественнонаучных дисциплин ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», Тульский филиал, г. Тула
svg@infort-group.ru

Степанова Татьяна Викторовна,
руководитель консалтинговой фирмы INFORT Group, старший преподаватель кафедры общих математических и естественнонаучных дисциплин ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», Тульский филиал, г. Тула
stv@infort-group.ru

Юдин Сергей Владимирович,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общих математических и естественнонаучных дисциплин ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», Тульский филиал, г. Тула
svjudin@rambler.ru

Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab

Аннотация*. В работе рассмотрено применение пакета визуального моделирования Simulink для описания основных операций финансовой математики. Перечислены преимущества и возможности данного инструмента. Изложены основные этапы моделирования. Построены модели расчета наращенной суммы при ис-*

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

пользовании схемы начисления простых и сложных процентов, а также модели операций с потоками платежей.

***Ключевые слова**: MatLab, Simulink, визуальное моделирование, финансовые операции, простые и сложные проценты, потоки платежей.*
***Раздел:** (04) экономика.*

Цель настоящего исследования состоит в том, чтобы показать возможности использования пакета визуального моделирования *Simulink* для описания финансовых операций.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы **задачи исследования,** заключающиеся в построении моделей некоторых наиболее распространенных финансовых операций с использованием пакета *Simulink.*

Объектом исследования в работе послужили некоторые базовые финансовые операции, составляющие основу количественных финансов.

Предметом изучения в работе выступают количественные финансы.

Simulink – это программа имитации реальных процессов. Она является приложением к пакету *MatLab* [1, 2].

При использовании системы ***Simulink*** реализуется принцип **визуального моделирования**, в соответствии с которым пользователь создает динамическую модель исследуемого объекта из стандартных блоков на экране компьютера и выполняет расчеты с имитацией различных внутренних параметров и внешних воздействий.

Рассмотрим основные преимущества использования системы *Simulink/MatLab* при решении экономических, и, в частности, финансовых задач.

Вначале изложим положительные стороны пакета *MatLab,* поскольку, как было уже отмечено выше, *Simulink* является его составной частью (приложением).

К преимуществам *MatLab* следует отнести:

1. **Мощность**. Огромное количество встроенных математических функций (около 600). Высокая скорость вычислений. Большие графические возможности.
2. **Надежность**. Все возможности *MatLab* задокументированы и поэтому почти полностью исключается возможность появления неожиданных (некорректных) результатов расчетов.
3. **Прозрачность**. Программный код всех функций является открытым для пользователя. С ним можно ознакомиться и, при необходимости, внести в него коррективы.
4. **Универсальность.** *Matlab* широко используется при проведении вычислений в любой области науки и техники, в том числе и экономике, финансах.
5. **Гибкость**. Наличие встроенного языка программирования высокого уровня дает возможность создавать пользовательские функции, приспособленные к решению конкретных прикладных задач.
6. **Расширение возможностей** достигается за счет использования большого количества специально разработанных пакетов расширения, наборов инструментов.

Перейдем к возможностям программы *Simulink*:

1. Возможность моделирования линейных и нелинейных, дискретных и непрерывных, детерминированных и случайных динамических систем.

2. Реализация принципа визуального моделирования.

3. Автоматизация процесса программирования математической модели системы. (При моделировании простых систем нет необходимости знать язык программирования)

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

4. Визуализация результатов моделирования.

5. Наличие обширной, открытой для изучения и модификации, библиотеки компонентов (блоков).

Далее рассмотрим технологию работы с пакетом *Simulink* при построении модели и проведении с ней имитации.

Как уже было отмечено ранее, *Simulink* располагает большой библиотекой блоков, из которых строится модель. На рис. 1 представлен внешний вид этой библиотеки.

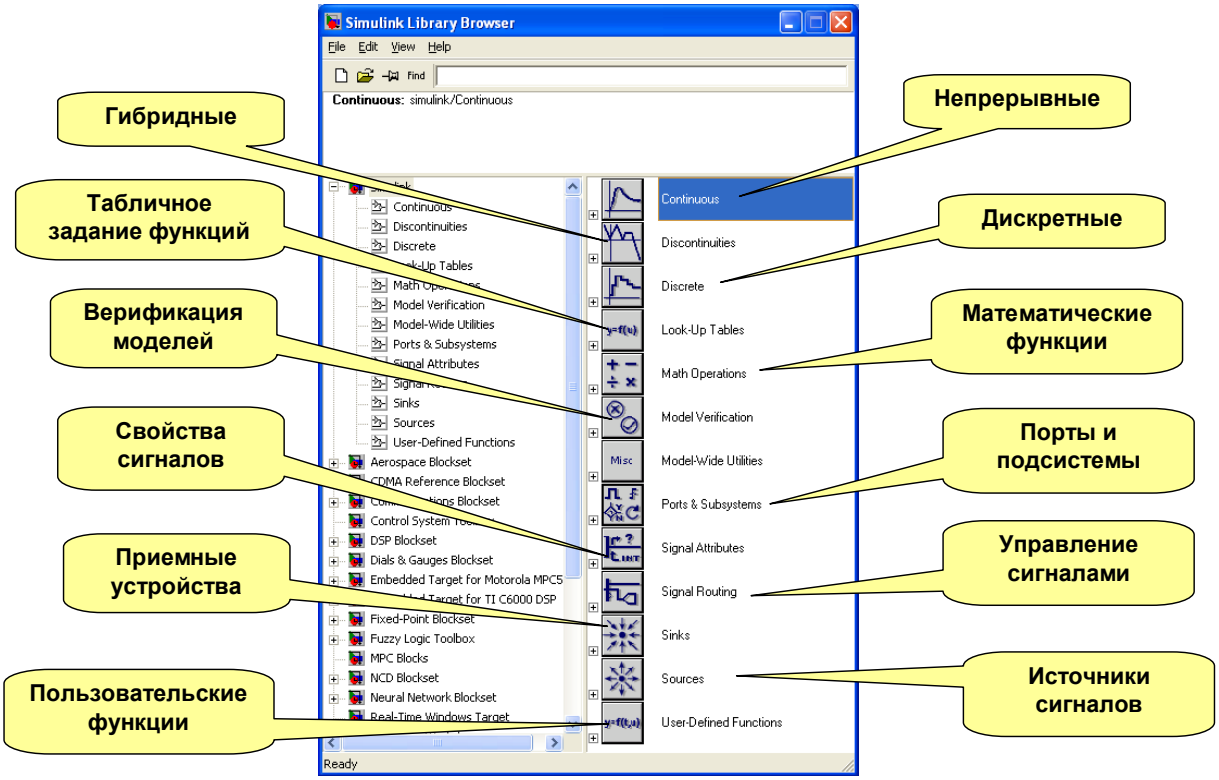


Рис. 1. Библиотеки блоков Simulink

Как видно, она включает в себя наборы блоков, предназначенные для:

1. Моделирования непрерывных систем
2. Моделирования дискретных систем.
3. Табличного задания функций.
4. Выполнения математических операций.
5. Верификации моделей.
6. Управления сигналами.
7. Создания подсистем.
8. Описания источников сигналов.
9. Задания приемников сигналов.
10. Написания пользовательских функций.

На рис. 2 для примера представлено содержание библиотеки блоков, предназначенных для моделирования непрерывных систем. Как видно, здесь имеются блоки для дифференцирования, интегрирования, описания пространства состояний системы, задания задержки и др.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

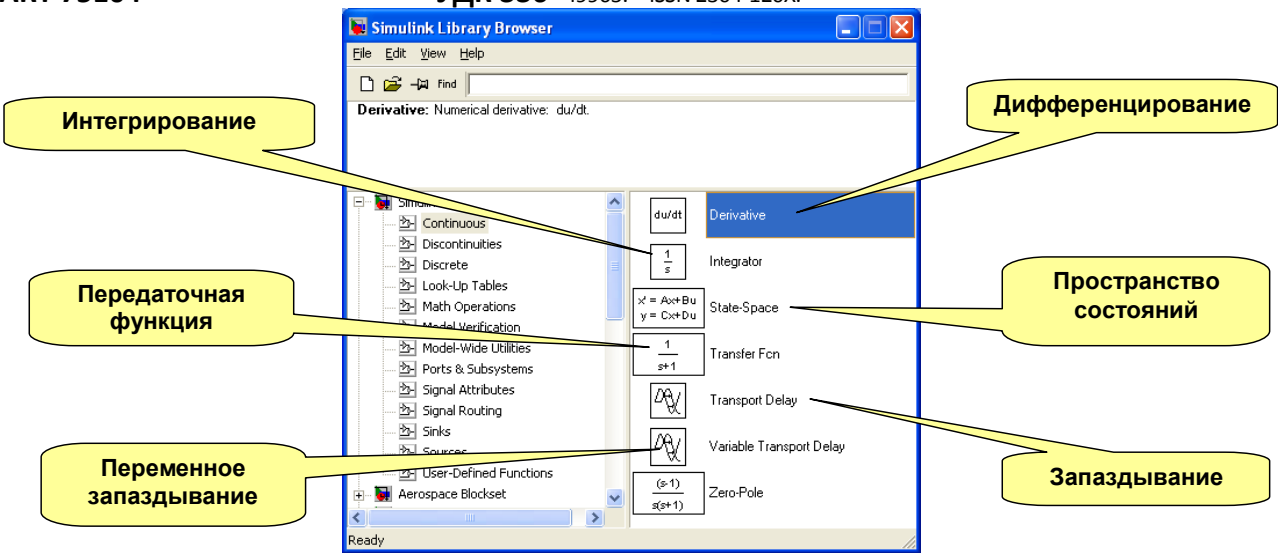


Рис. 2. Блоки библиотеки Continious для моделирования непрерывных систем

Процесс моделирования систем с помощью *Simulink* состоит из следующих этапов:

1. Перетаскивание с помощью мыши необходимых блоков из библиотек в окно модели.
2. Соединение блоков информационными связями.
3. Задание начальных значений и параметров блоков.
4. Задание параметров имитации.
5. Проведение имитации.
6. Анализ полученных результатов.
7. Изменение параметров блоков, структуры модели в случае получения неудовлетворительных результатов. Переход к этапу 5.

Далее основные из этих этапов будут рассмотрены более подробно.

Рис. 3 иллюстрирует процесс перетаскивания блока «Константа» (*Constant*) из библиотеки «Источники сигналов» (*Sources*) в окно модели.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

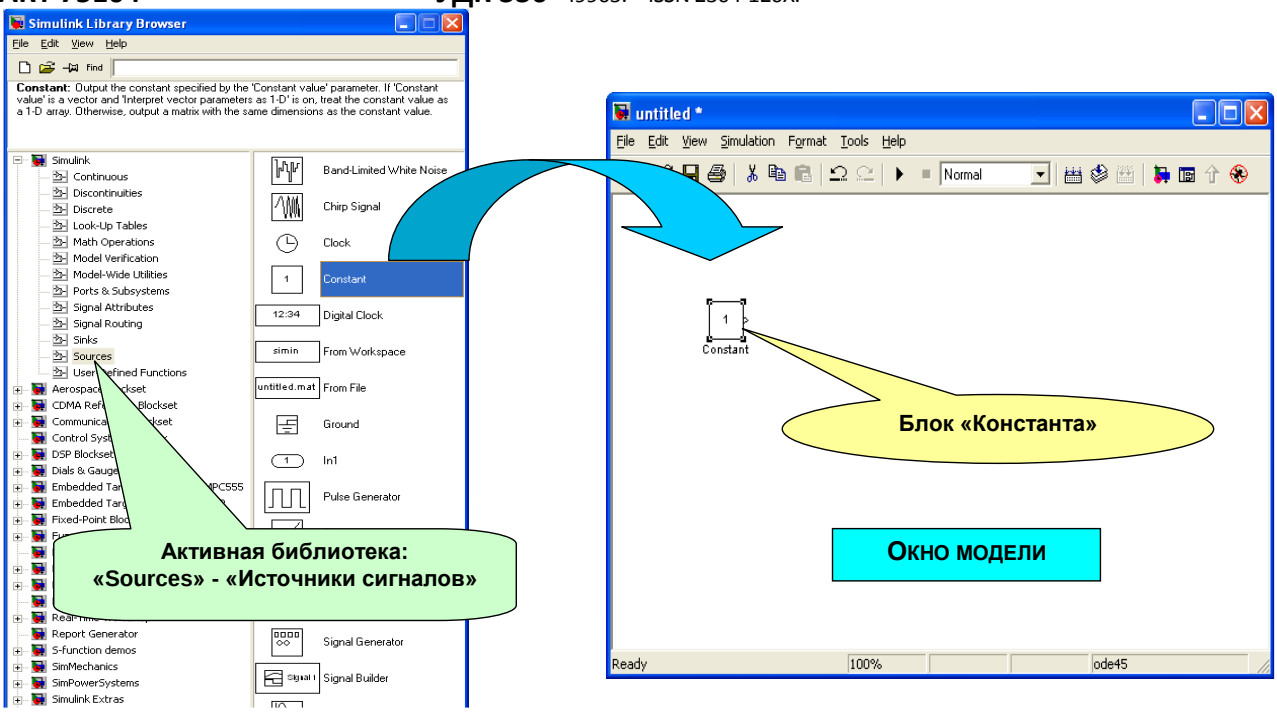


Рис. 3. Перетаскивание блоков

На рис. 4 представлен процесс соединения блоков «Константа» и «Усиление» (*Gain*) связью.

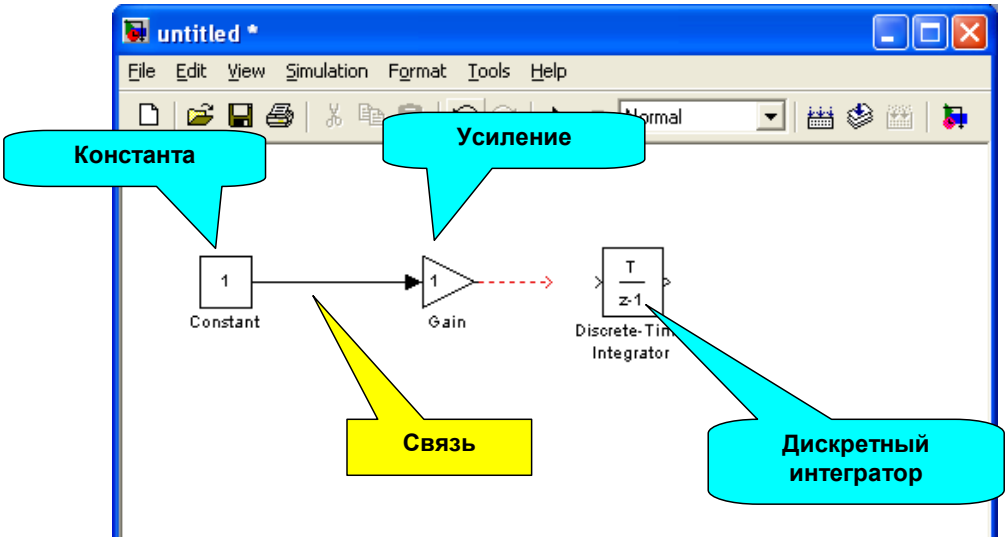


Рис. 4. Соединение блоков связями

Следующим этапом построения модели является задание параметров и начальных значений блоков. На рис. 5. показано задание параметра блока «Константа», а также задание параметров блока «Дискретный интегратор» *(Discrete-Time Integrator*).

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

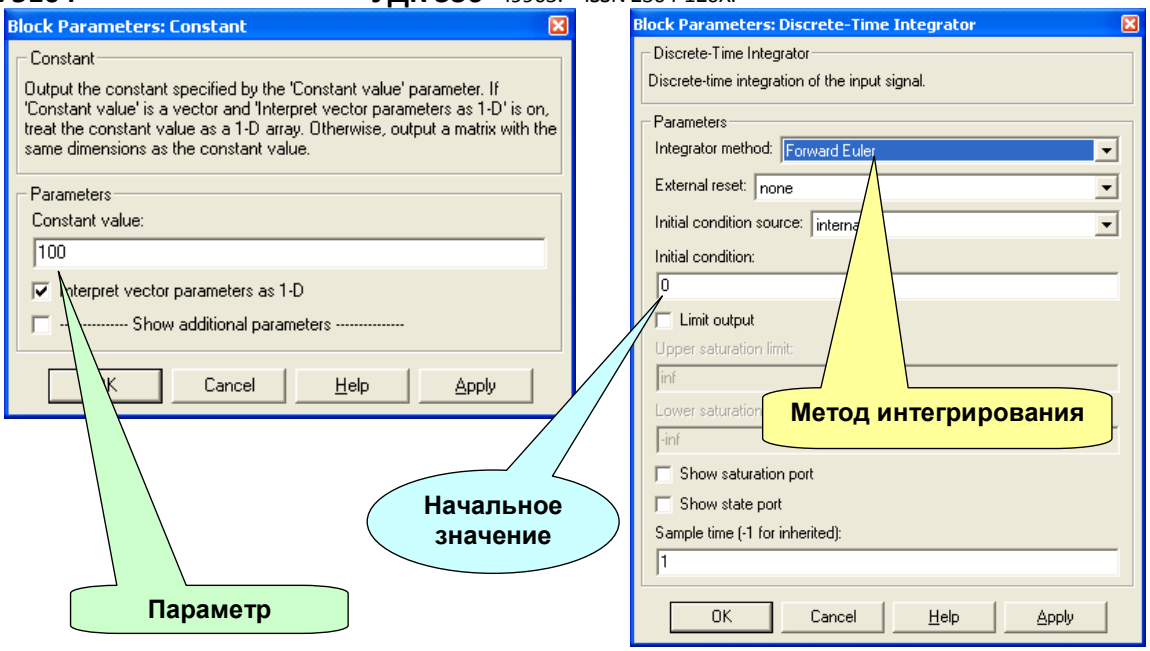


Рис. 5. Задание начальных значений и параметров блоков

На рис. 6. показан процесс задания параметров имитации, таких как начальное и конечное время, шаг и метод интегрирования.

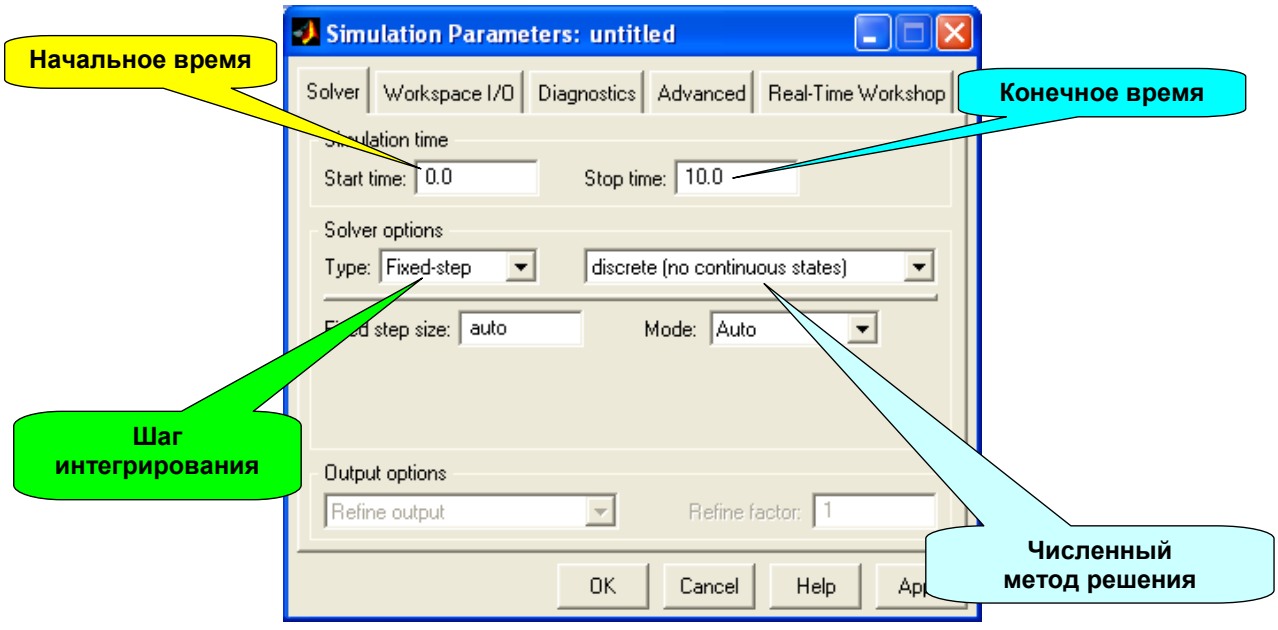


Рис. 6. Задание параметров имитации

Окончательным этапом является проведение имитации с помощью построенной модели. Рис. 7 иллюстрирует этот этап. Как видно результаты вычислений в *Simulink* могут быть представлены как числовой, так и в графической форме.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

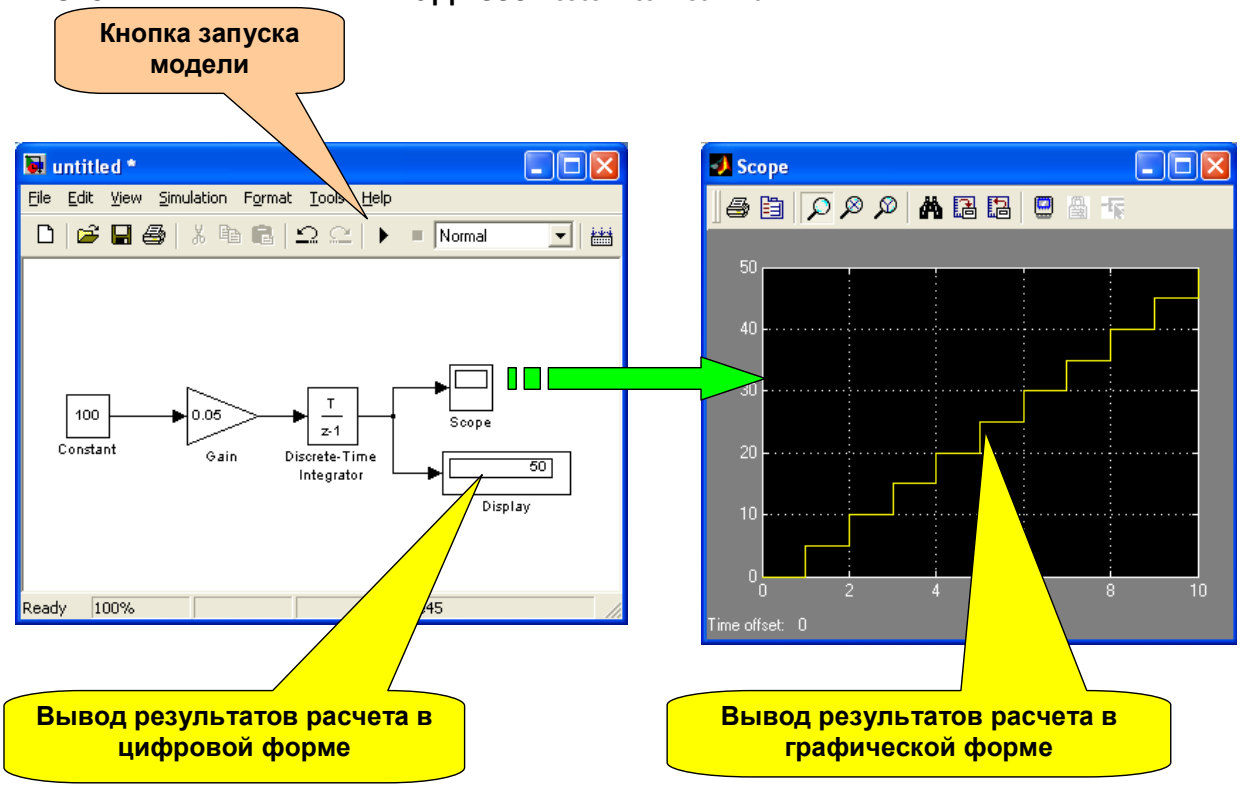


Рис. 7. Проведение имитации

После некоторого беглого знакомства с пакетом *Simulink* перейдем непосредственно к цели исследования.

Начнем решать поставленные задачи с построения моделей наиболее простых финансовых операций, а именно с операций начисления простых и сложных процентов.

Простые и сложные проценты являются основой любых финансовых вычислений. В частности, они широко применяются при описании операций по банковским вкладам.

Формулы вычисления наращенной (будущей) суммы имеют следующий вид [3]:

– простые проценты

$$S = P(1 + i \cdot n);$$

– сложные проценты

$$S = P(1 + i)^n,$$

где ***P*** – первоначальная сумма,

S – наращенная сумма,

i – годовая процентная ставка (в долях),

n – срок операции в годах.

На рис. 8 показана модель операции начисления простых и сложных процентов в *Simulink.*

Первоначальная сумма (например, величина банковского вклада в начальный момент времени), равная в данном случае 100 денежным единицам, задается как параметр в блоке «Константа». Процентная ставка, равная в данном случае 0.1 (т. е. 10% годовых), указывается в блоке «Усиление». В блоке «Дискретный интегратор» осуществляется процесс накопления начисленных процентов. Блоки без названия, представленные в виде прямоугольников с двумя плюсами, представляет собой

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

сумматоры, функциональное назначение которых понятно из названия. Блок «Переключатель» (*Manual Switch*) позволяет менять режим начисления простых процентов на режим начисления сложных процентов и наоборот (положение переключателя, представленное на рис. 8, соответствует начислению сложных процентов). Результаты вычислений отражаются в числовой форме в блоках «Дисплей» (*Display*) и в графической форме – в блоках «Монитор» (*Scope*). В блоки *Scope* и *Display* выводится информация о наращенной сумме, а в блоки *Scope1* и *Display1* – данные о начисленных процентах. Так на рис. 8 представлена ситуация, когда за 10 лет на сумму в 100 денежных единиц были начислены проценты в Размере 159.4 денежных единиц. Соответственно наращенная сумма составила 259.4 денежных единиц.

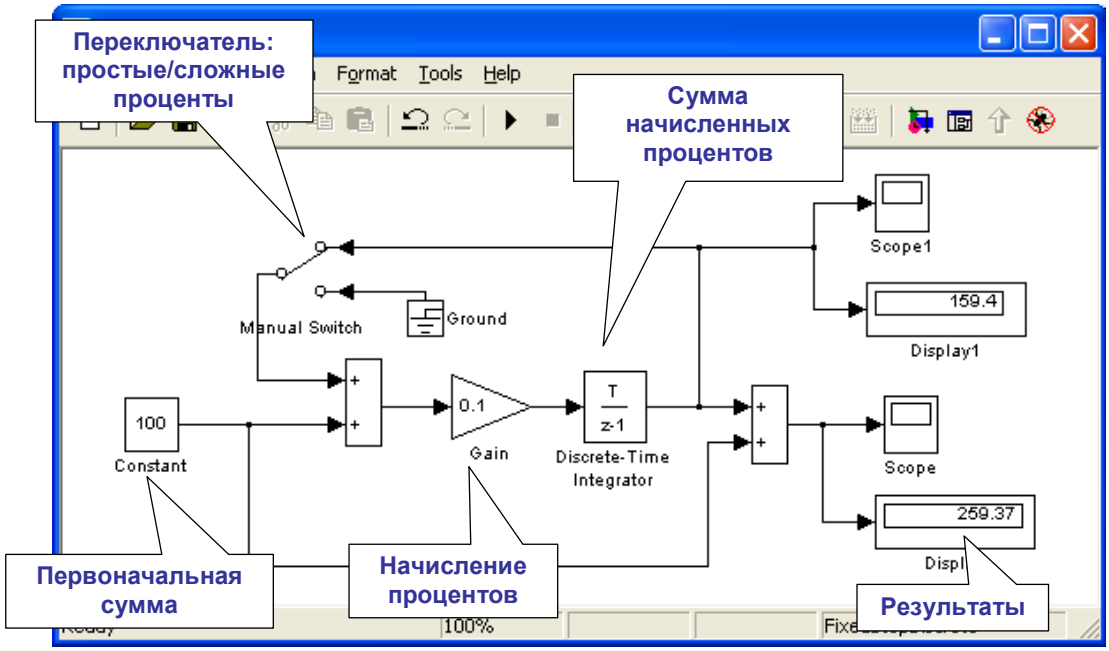
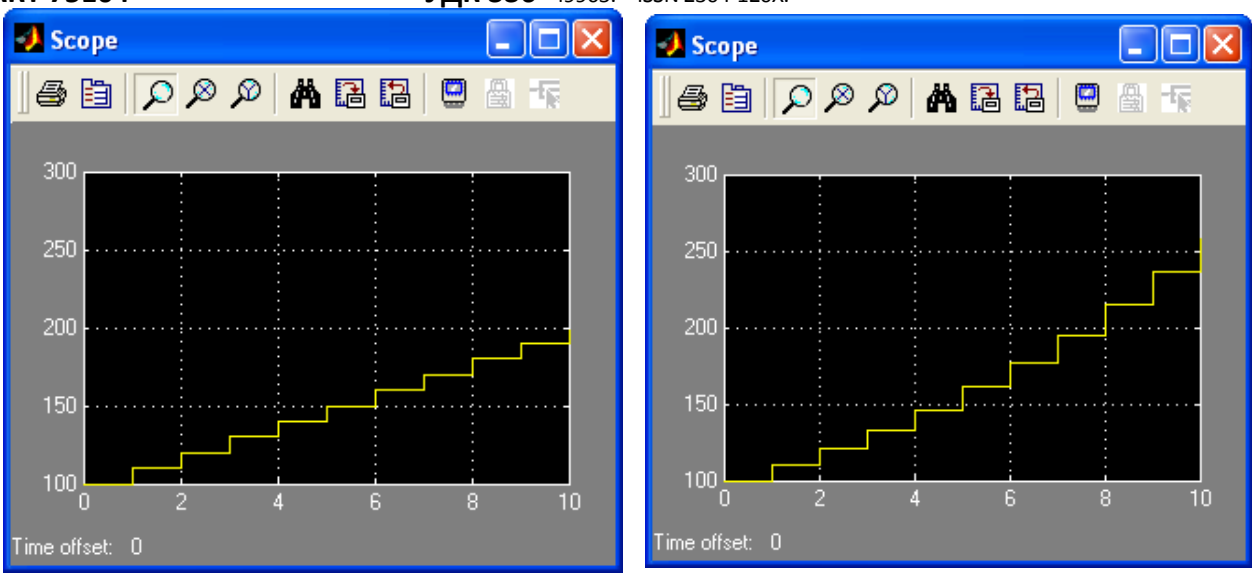


Рис. 8. Моделирование операции начисления простых и сложных процентов в Simulink

На рис. 9 приведены результаты расчетов наращенной суммы в графическом виде для простых и сложных процентов. По оси абсцисс отложено время в годах, а по оси ординат – наращенная сумма.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.



Простые проценты **Сложные проценты**

Рис. 9. Результаты моделирования операции начисления простых и сложных процентов в Simulink

Далее рассмотрим операции с потоками платежей.

Начнем с операции определения современной стоимости денежного потока. Данный показатель вычисляется по следующей формуле:

$$A = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t},$$

где C_t – размер платежа в конце года t,

i – годовая процентная ставка (в долях),

n – срок операции в годах.

Областями применения современной стоимости денежного потока, например, являются:

1. Определение чистой современной стоимости инвестиционного проекта.
2. Вычисление справедливой цены акции.
3. Расчет рыночной (текущей) цены облигации.

Модель операции определения современной стоимости потока платежей в *Simulink* представлена на рис. 10.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

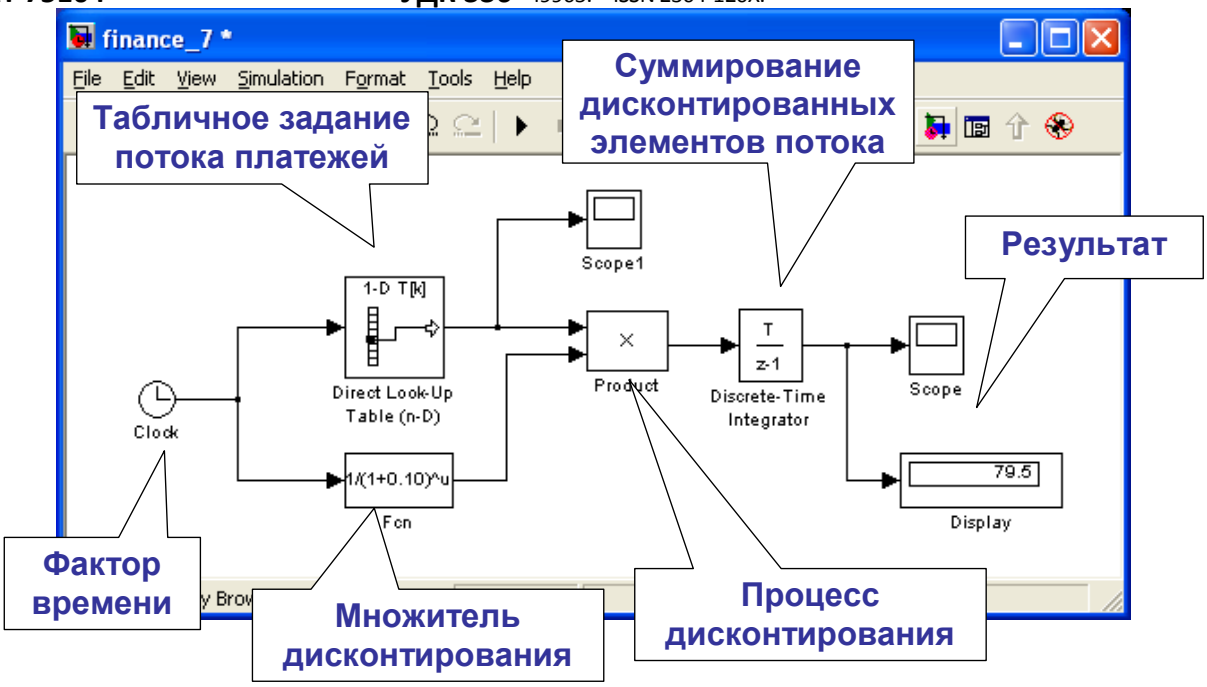


Рис. 10. Моделирование операции определения современной стоимости потока платежей в Simulink

В данной модели элементы исходного денежного потока задаются в блоке *Direct Look-Up Table (n-D)*, как показано на рис. 11.

Множитель дисконтирования $1/(1+i)^t$ вычисляется в блоке «Функция» (*Fcn*) по ставке 0.1 (10% годовых). Как видно формула данного множителя отражена на самом блоке.

Блок «Произведение» (*Product*) в данной модели предназначен для умножения элемента потока платежей на дисконтирующий множитель.

Функции других блоков модели указаны на рис. 10, по этому в каких либо подробных пояснениях не нуждается.

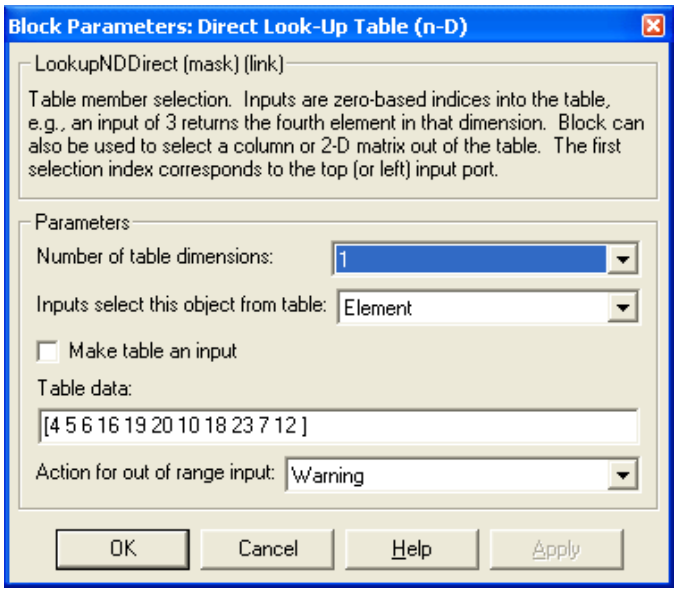


Рис. 11. Табличное задание элементов исходного потока платежей

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

На рис. 12 приведены исходные данные и результаты моделирования операции определения современной стоимости потока платежей в *Simulink.*

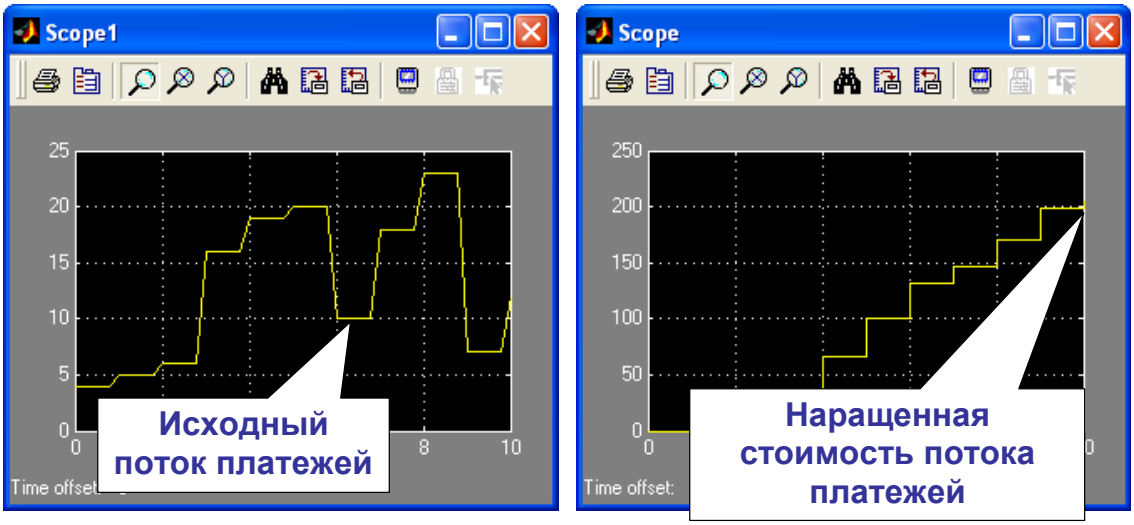


Рис. 12. Исходные данные и результаты моделирования операции определения наращенной стоимости потока платежей в Simulink

Следующей операцией, которая применяется при анализе потов платеж, является определение наращенной суммы.

Данный показатель вычисляется по следующей формуле:

$$S = \sum_{t=1}^{n} C_t \cdot (1+i)^{n-t} .$$

Области применения:

1. Определение стоимости накопительного фонда.
2. Вычисление величины суммы на банковском счете с возможностью пополнения.

Модель операции определения наращенной стоимости потока платежей в *Simulink* представлена на рис. 13. Функции основных блоков указаны на рисунке, и поэтому модель в каких-либо подробных пояснениях не нуждается.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

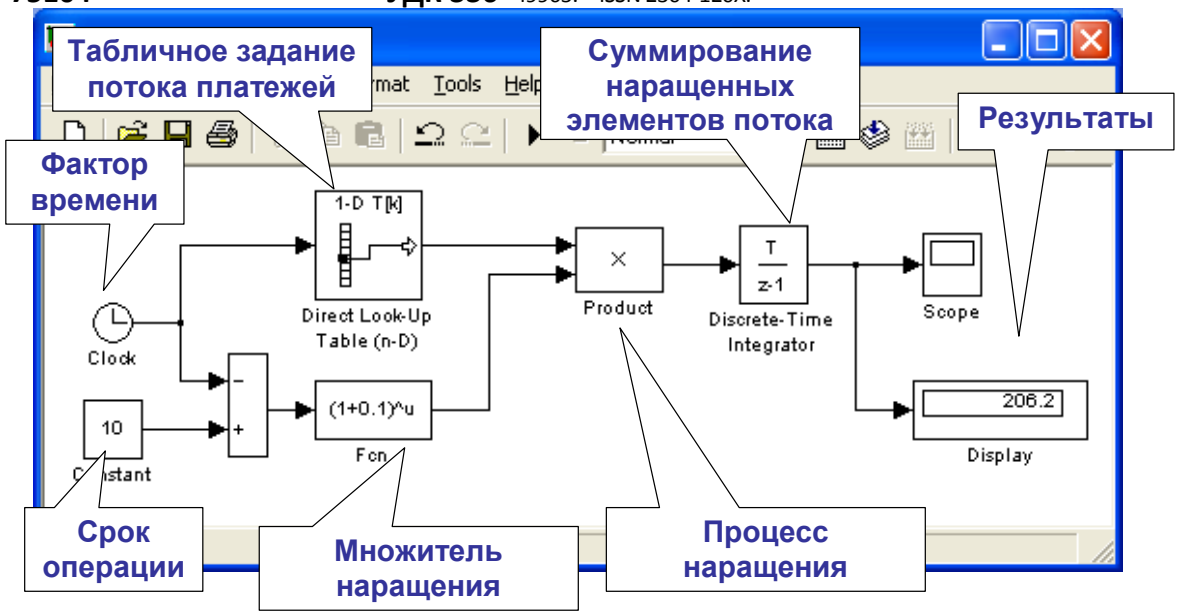


Рис. 13. Моделирование операции определения наращенной стоимости потока платежей в Simulink

На рис. 14 приведены исходные данные и результаты моделирования операции определения наращенной стоимости потока платежей в *Simulink.*

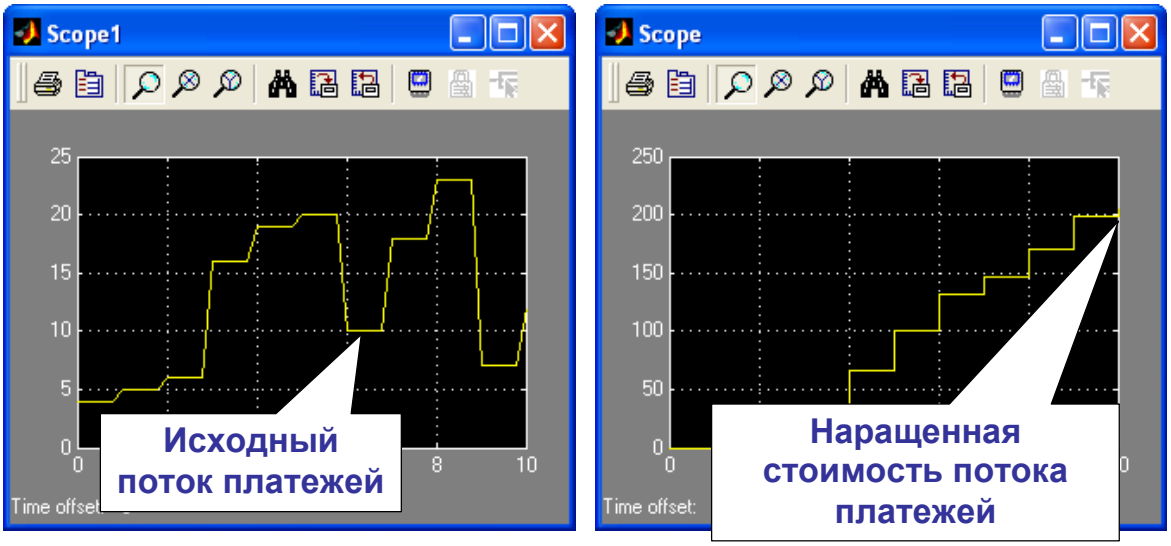


Рис. 14. Исходные данные и результаты моделирования операции определения наращенной стоимости потока платежей в Simulink

В заключение следует отметить, что в работе были рассмотрены только самые простые и распространенные детерминированные финансовые операции. В стороне остались операции, результат которых является случайным.

Как было показано, *Simulink* обладает большими возможностями по визуальному моделированию различных финансовых операций.

Ссылки на источники

1. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.
2. Дьяконов В. П. Simulink: специальный справочник. – СПб.: Питер. 2002 – 528 с.
3. Четыркин Е. М. Финансовая математика: учеб. – М.: Дело, 2004. – 400 с.

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 75104 УДК 336
Якушин Д. И., Архипов И. К., Абрамова В. И., Румянцева И. И., Степанов В. Г., Степанова Т. В., Юдин С. В. Визуальное моделирование финансовых операций в среде Simulink / Matlab // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 06. – ART 75104. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75104.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.
ISSN 2304-120X

Dmitry Yakushin,
Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department of the General mathematical and natural-science disciplines Plekhanov Russian University of Economics, Tula branch, Tula
yd220174@yandex.ru
Igor Archipov,
Doctor of Engineering, professor, professor of the department of the General mathematical and natural-science disciplines Plekhanov Russian University of Economics, Tula branch, Tula
iarh@list.ru
Vlada Abramova,
Candidate of Technical Sciences, the associate professor, the associate professor of economy and business activity of the Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula
iarh@list.ru
Inna Rumyantseva,
Candidate of Technical Sciences, associate professor, associate professor of the department of the General mathematical and natural-science disciplines Plekhanov Russian University of Economics, Tula branch, Tula
inivna@mail.ru
Vadim Stepanov,
Candidate of Economic Sciences, associate professor, director of research and to developments, project manager of INFORT Group *consulting, head of the department of the General mathematical and natural-science disciplines Plekhanov Russian University of Economics, Tula branch, Tula*
svg@infort-group.ru
Tatyana Stepanova,
head of INFORT Group *consulting, senior teacher of the department of the General mathematical and natural-science disciplines Plekhanov Russian University of Economics, Tula branch, Tula*
stv@infort-group.ru
Sergey Yudin,
Doctor of Engineering, professor, professor of the department of the General mathematical and natural-science disciplines Plekhanov Russian University of Economics, Tula branch, Tula
svjudin@rambler.ru

Visual modeling of financial transactions in the environment of Simulink/Matlab

Abstract. In work application of a packet of visual modeling of Simulink for the description of the main transactions of financial mathematics is considered. Benefits and possibilities of this tool are listed. The main stages of modeling are stated. Models of calculation of the increased amount when using the scheme of charge of simple and compound interests are constructed, and also models of transactions with flows of payments.

Key words: MatLab, Simulink, visual modeling, financial transactions, simple and compound interests, flows of payments.

Рекомендовано к публикации:
Юдиным С. В., доктором технических наук, профессором ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова», Тульский филиал