

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет» (ПГУ)

---

И. А. Долгова, Б. В. Чувыкин

# Основы теории управления для информационных систем

Учебное пособие

Пенза  
Издательство ПГУ  
2019

УДК 681.5.01  
Д64

**Р е ц е н з е н т ы :**

доктор технических наук,  
профессор кафедры «Информационно-измерительная  
техника и метрология»

Пензенского государственного университета

*О. Н. Бодин;*

кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Информационные технологии и системы»  
Пензенского государственного технологического университета

*О. В. Прокофьев*

**Долгова, И. А.**

Д64 Основы теории управления для информационных систем : учеб. пособие / И. А. Долгова, Б. В. Чувькин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. – 196 с.

ISBN 978-5-907262-16-4

Изложены теоретические и методологические основы системной организации процессов управления, методология и основные принципы теории принятия решений в информационных системах, основы теории эффективности функционирования систем управления. Для получения практических навыков проектирования информационных систем включены восемь лабораторных работ, в которых рассматриваются модели динамических систем с подсистемами управления и оценки эффективности, разработанные в среде визуального программирования MATLAB-Simulink 9.6.0.

Издание подготовлено на кафедре «Информационно-вычислительные системы» ПГУ и предназначено для обучающихся по специальности 09.05.01 «Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения», а также для всех интересующихся теорией и практикой проектирования информационных систем.

**УДК 681.5.01**

**ISBN 978-5-907262-16-4**

© Пензенский государственный  
университет, 2019



# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ .....	6
1.1. История, предмет и цели системного анализа .....	6
1.2. Основные понятия и определения системного анализа .....	9
1.3. Введение в систему визуального программирования MATLAB-Simulink.....	21
1.4. Создание модели простейшей динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.....	62
1.5. Построение моделей подсистем в составе модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink .....	64
1.6. Создание модели динамической системы в виде набора подсистем в среде визуального программирования MATLAB-Simulink .....	77
2. ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	84
2.1. Теория принятия решений и проблемы создания информационных систем .....	84
2.2. Построение модели динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink .....	91
2.3. Создание модели динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink .....	124
3. ТЕОРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ .....	139
3.1. Основы теории эффективности функционирования информационных систем .....	139
3.2. Построение модели динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink .....	151
3.3. Создание модели динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink .....	188
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	194
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	195



## ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития средств и систем информатики характеризуется переходом к созданию и внедрению информационных систем различного масштаба и назначения, в том числе информационных систем административного управления, информационных систем управления технологическими процессами, информационных систем экономического направления, информационных систем мониторинга, контроля и обработки информации. На этапе разработки этих систем должны быть решены сложные научно-технические задачи: реинжиниринг и оптимизация бизнес-процессов; выбор рациональной архитектуры информационной системы; оптимизация SQL-запросов и топологии вычислительной сети и др. Основу инструментария, применяемого для решения перечисленных проблем, составляют методы теории системного анализа, теории принятия решений и теории эффективности.

Системный анализ – наука, которая имеет древние корни и применяется в любой предметной области, включает в себя как частные, так и общие методы и процедуры исследования. Эта наука в ходе познания новых связей и отношений объектов исследования применяет принципы системного подхода и системного мышления, которые не зависят от природы объектов исследования [1].

Системное мышление – это метод, с помощью которого можно выявлять закономерности событий и явлений, с целью получения возможности оказывать влияние на их дальнейшее развитие, т.е. управлять ими [2].

Специалисты по информационным системам, используя методы теории системного анализа, должны уметь оптимизировать приложения на основе выделения и инжиниринга бизнес-процессов, а также определять оптимальные параметры систем обработки информации различного масштаба и назначения, применяя методы теории принятия решений.

Теория принятия решений включает способы и процедуры формализации процесса принятия решений, под которым понимается определенный вид человеческой деятельности, ориентированный на установление наилучшего варианта действий [3].



Выбор варианта решения должен производиться на основе общих рекомендации и принципов теории эффективности информационных систем.

Учитывая характер задач, решаемых аналитиками, конструкторами и консультантами в процессе создания информационных систем, в пособии рассматриваются модели динамических систем с подсистемами управления и оценки эффективности, разработанные в среде визуального программирования MATLAB-Simulink [4]. Представлены восемь лабораторных работ, направленных на изучение теоретических и методологических основ системной организации процессов управления и получение практических навыков принятия решений и оценки эффективности в задачах управления; использования методов математического описания, анализа, синтеза, моделирования систем управления.



# **1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

## **1.1. История, предмет и цели системного анализа**

**Системный анализ** – это совокупность понятий, методов, процедур и технологий для изучения, описания, реализации явлений и процессов различной природы и характера [1].

Этот термин впервые появился в 1948 г. в работах корпорации RAND в связи с задачами военного управления.

Первая книга по системному анализу вышла в 1956 г. Ее издала корпорация RAND, а ее авторами были американские ученые Кан и Манн.

В отечественной литературе системный анализ получил распространение после перевода книги С. Оптнера «Системный анализ деловых и промышленных проблем» (1967 г.).

Слово «система» (организм, союз, целое, составленное из частей) возникло в Древней Греции около 2000 лет назад. В античной философии подчеркивалось, что мир не есть хаос, а обладает внутренним порядком, собственной организацией и целостностью. Древние ученые (Аристотель, Демокрит, Платон и другие) рассматривали сложные тела, процессы и мифы мироздания как составленные из различных систем (например, атомов или метафор).

Эпоха зарождения основ системного анализа характеризуется рассмотрением систем физического или философского (гносеологического) происхождения. При этом постулат (Аристотеля): «Важность целого превышает важность его составляющих», сменился позже на новый постулат (Галилея): «Целое объясняется свойствами его составляющих».

Далее развитие системного анализа происходило под влиянием различных философских воззрений, теорий о структуре познания и возможности предсказания (Бэкон, Гегель, Ламберт, Кант, Фихте и др.). В результате такого развития системный анализ стал методологической наукой.

Современное развитие системный анализ получил под влиянием достижений многих областей науки (математики, физики, химии, биологии, истории, информатики, теории нелинейной динамики и динамического хаоса, теории катастроф, нейроматематики, нейроинформатики и др.).

Системный анализ тесно связан с философией. Философия дает общие методы содержательного анализа, а системный анализ –



общие методы формального, междисциплинарного анализа предметных областей, выявления и описания, изучения их системных инвариантов.

Существует философское определение системного анализа: системный анализ – это прикладная диалектика, т.е. учение о всеобщей связи и развитии.

В соответствии с принципом системного подхода каждая система влияет на другую систему. Весь окружающий мир – взаимодействующие системы. Цель системного анализа – выяснить взаимодействия между этими системами.

Необходимые атрибуты системного анализа как научного знания:

- наличие предметной сферы – системы и системные процедуры;
- выявление, систематизация, описание общих свойств и атрибутов систем;
- выявление и описание закономерностей в этих системах;
- исследование закономерностей для изучения систем, их поведения и связей с окружающей средой;
- накопление, хранение, использование знаний о системах (коммуникативная функция).

Системный анализ базируется на ряде общих принципов [2].

**Принцип** – это обобщенные опытные данные, это закономерности явлений, найденные из наблюдений. Поэтому их истинность связана только с фактом, а не с какими-либо предположениями (домыслами).

Ниже приводятся основные принципы системного анализа.

### **1. Принцип оптимальности.**

Характерной чертой современного развития является выбор наиболее подходящего (эффективного) варианта развития. В живой природе подобное совершается в виде естественного отбора. В ходе освоения научных достижений с целью их практического применения необходимо выбирать такие творческие решения, которые являются лучшими по комплексу показателей для заданных условий.

### **2. Принцип системности.**

Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны и все его связи. Это невозможно осуществить полностью, но требование всестороннего изучения уменьшает риск ошибок.



Принцип системности предполагает подход к новому объекту как к комплексному объекту, представленному совокупностью взаимосвязанных частных элементов. Он предполагает исследование объекта, с одной стороны, как единого целого, а с другой стороны, как части более крупной системы, в которой анализируемый объект находится с остальными системами в определенных отношениях.

Таким образом, принцип системности охватывает все стороны объекта и предмета в пространстве и во времени!

### **3. Принцип иерархии.**

Иерархические отношения имеют место во многих системах, для которых характерна как структурная, так и функциональная дифференциация, т.е. способность к реализации определенного круга функций.

В реальных системах иерархическая структура никогда не бывает абсолютно жесткой в силу того, что иерархия сочетается с большей или меньшей автономией нижележащих уровней по отношению к вышележащим и в управлении используются собственные каждому уровню возможности самоорганизации.

### **4. Принцип интеграции.**

Интегративные свойства объекта появляются в результате совмещения элементов до целого, а также в ходе совмещения функций во времени и в пространстве.

### **5. Принцип формализации.**

Термин «формальный» означает: относящийся к форме, в противоположность сущности. Принцип формализации нацелен на получение количественных и комплексных характеристик.

Таким образом, согласно принципам системного анализа, любая сложная проблема должна быть рассмотрена как система во взаимодействии всех ее компонентов, чаще всего как организация компонентов, имеющих общую цель.

Основные положения системного анализа должны быть освоены специалистами многих областей, в том числе:

1) специалистами инженерного и гуманитарного профиля. Причем инженеры, даже не получая специального обучения по системному анализу, приобретают системное видение мира в процессе изучения своей предметной области, поскольку сама инженерная деятельность по своей сути системна, а что касается гуманитарных специальностей, то при их подготовке в очень незначительной степени даются системные представления, что порождает низкую эффективность их профессиональной деятельности с большими ресурсными, в том числе и материальными, потерями;



2) научными работниками. Только системный подход к научной работе позволяет грамотно проанализировать решаемые проблемы и предложить эффективные решения. Знание основ системного анализа дает будущим ученым уверенность в своих силах и позволяет самостоятельно планировать и выполнять большую часть работы над научными исследованиями;

3) каждым человеком, поскольку в настоящее время окружающая действительность ставит перед всеми людьми все более сложные задачи и проблемы, успешное решение которых требует системного подхода. Жизнь современного человека требует быстрого анализа ситуаций, процессов и явлений, которые все более усложняются.

Таким образом, неиспользование системного анализа не позволяет знаниям превращаться в умения и навыки их применения, в навыки ведения системной деятельности.

В то же время системно мыслящий и действующий человек, как правило, прогнозирует и считается с результатами своей деятельности, соизмеряет свои желания (цели) и свои возможности (ресурсы), учитывает интересы окружающей среды, развивает интеллект, вырабатывает правильное поведение в человеческих коллективах.

## **1.2. Основные понятия и определения системного анализа**

Рассмотрим понятие «система». В настоящее время в научной литературе существует множество определений понятия «система». В работе В. Н. Садовского «Основания общей теории систем» (1974 г.) дан обзор около сорока имеющихся определений понятия системы. Общий для всех конкретных приложений понятийный аппарат и способы исследования пока не выработаны. Ниже приводятся некоторые из определений категории «система».

*Система* (греч. – «составленное из частей», «соединение», от «соединяю, составляю») – объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе.

*Система* – совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой (Л. фон Берталанфи).

*Система* – объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе (БСЭ, 2-е изд.).



*Система* – нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся в определенной связи частей (С. И. Ожегов).

*Система* – совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов (ISO 9000:2000).

*Система* – идущий процесс; набор имеющих данные свойства параметров, которыми являются вход, процесс, выход, управление через обратную связь и ограничение, и набор связей между параметрами и их свойствами (С. Л. Оптнер).

*Система* означает не вещь, а перечень переменных, обеспечивающих однозначность преобразования (У. Р. Эшби).

*Система* – это то, что приобрело целостность и форму в результате постоянного взаимодействия частей (П. Сенге).

*Система* (биологическая) – некоторая совокупность взаимодействующих элементов, которая образует целостный (биологический) объект (В. Н. Новосельцев).

*Система* – любой комплекс динамически связанных элементов; все, состоящее из связанных друг с другом частей (С. Бир).

Проанализировав вышеприведенные определения, можно сделать вывод, что любая система имеет следующие **основные характеристики**:

- компоненты;
- отношения (связи, посредством которых осуществляется взаимодействие между компонентами);
- границу;
- цель;
- внешнюю среду;
- вход;
- выход;
- интерфейс;
- законы;
- правила;
- ограничения функционирования.

Системные характеристики можно описать следующим образом [2]:

1. **Компонент** есть либо неделимая часть, либо объект, состоящий из частей и называемый подсистемой. **Подсистема** – часть системы с некоторыми связями и отношениями. Любая система состоит из подсистем. Подсистема любой системы может быть сама рассмотрена как система. Границы рассматриваемой системы определяются доступными ресурсами и окружением.



2. Компоненты **взаимодействуют** между собой таким образом, что функционирование одного влияет на функционирование другого компонента.

3. Все компоненты работают вместе, чтобы достичь **цели** существования системы.

4. Система имеет **границу**, внутри которой содержатся все компоненты и которая устанавливает пределы системы, отделяя ее от других систем.

5. Система существует и функционирует внутри окружающей (внешней) среды – всего, что находится за границей системы. **Окружающая среда** влияет на систему и подвергается влиянию системы.

6. Точка, в которой система взаимодействует со средой, называется **интерфейсом**.

7. Система имеет множество **входных** и **выходных** объектов.

8. Система имеет **законы, правила, ограничения** функционирования.

Ниже приводятся примеры систем и подсистем.

**Самолет** – это летательный аппарат тяжелее воздуха с аэродинамическим принципом полета. Самолет представляет собой сложную динамическую систему с развитой иерархической структурой, состоящую из взаимосвязанных по назначению, месту и функционированию элементов; в нем можно выделить подсистемы создания подъемной и движущей сил, обеспечения устойчивости и управляемости, жизнеобеспечения, обеспечения выполнения целевой функции и др.

**Вычислительная сеть** – сложная система, которая состоит из вычислительных машин и сети передачи данных (сети связи). Основное назначение вычислительных сетей – обеспечение взаимодействия удаленных пользователей на основе обмена данными по сети и совместное использование сетевых ресурсов (вычислительных машин, прикладных программ и периферийных устройств).

Если объект обладает всеми признаками системы, то говорят, что он является системным. Приведенные примеры систем иллюстрируют наличие таких факторов системности, как:

- целостность и возможность декомпозиции на элементы (в вычислительной сети это вычислительные машины, средства связи и другие);

- наличие стабильных связей (отношений) между элементами;

- упорядоченность (организация) элементов в определенную структуру;



- наделение элементов параметрами;
- наличие интегративных свойств, которыми не обладает ни один из элементов системы;
- наличие множества законов, правил и операций с вышеперечисленными атрибутами системы;
- наличие цели функционирования и развития.

Системы разделяют на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбирать разные принципы классификации. Признак или их совокупность, по которым объекты объединяются в классы, являются основанием классификации.

**Класс** – это совокупность объектов, обладающих некоторыми признаками общности.

Классификация систем [1]:

- по виду отображаемого объекта – технические, биологические, социальные и т.п.;
- по характеру поведения – детерминированные, вероятностные, игровые;
- по типу целеустремленности – открытые и закрытые;
- по сложности структуры и поведения – простые и сложные;
- по виду научного направления, используемого для их моделирования, – математические, физические, химические и другие;
- по степени организованности – хорошо организованные, плохо организованные и самоорганизующиеся.

Каждая система обладает определенными свойствами, связанными с ее функционированием. Наиболее часто выделяют следующие:

- синергичность – максимальный эффект деятельности системы достигается только в случае максимальной эффективности совместного функционирования её элементов для достижения общей цели;
- эмерджентность – появление у системы свойств, не присущих элементам системы; принципиальная несводимость свойства системы к сумме свойств составляющих её компонентов (неаддитивность);
- целенаправленность – наличие у системы цели (целей) и приоритет целей системы перед целями её элементов;
- альтернативность – функционирования и развития (организация или самоорганизация);
- структурность – возможна декомпозиция системы на компоненты, установление связей между ними;



- иерархичность – каждый компонент системы может рассматриваться как система; сама система также может рассматриваться как элемент некоторой надсистемы (суперсистемы);
- коммуникативность – существование сложной системы коммуникаций со средой в виде иерархии;
- адаптивность – стремление к состоянию устойчивого равновесия, которое предполагает адаптацию параметров системы к изменяющимся параметрам внешней среды;
- интегративность – наличие системообразующих, системо-сохраняющих факторов;
- эквифинальность – способность системы достигать состояний, не зависящих от исходных условий и определяющихся только параметрами системы.

Рассмотрим понятие «связь». Наибольшая смысловая нагрузка в системном анализе приходится на понятие «связь».

Примером наличия связей в системе является мозг человека.

Мозг человека развивается и состоит из 14 млрд нервных клеток. Каждая из них имеет 5000 связей с другими. Любой закон природы и общества – это есть внутренняя, устойчивая, существенная связь и взаимная обусловленность явлений. Не существует закона вне связи.

В диалектике проблема связи является одной из центральных. Учение диалектики о связях охватывает учение о мире как о едином связном целом, о причинности, о единстве и борьбе противоположностей, о взаимоотношении качества и количества, содержания и формы, сущности и явления и т.д., а основным методом исследования является анализ материала конкретных наук.

Связь предметов можно определить таким образом: два или более различных предметов связаны, если по наличию или отсутствию некоторых свойств у одних из них можно судить о наличии или отсутствии тех или иных свойств у других из них. Например, температура и давление данной массы газа связаны так, что с увеличением температуры (при всех прочих постоянных условиях) увеличивается давление. Зная о том, что температура увеличилась, можно сделать вывод об увеличении давления.

Классификация связей может быть следующая [2]:

1. Связи взаимодействия (координации), среди которых можно различить связи свойства (такие связи фиксируются, например, в формулах физики типа  $pV = \text{const}$ ) и связи объектов (например, связи между отдельными нейронами в тех или иных нервно-психических процессах). Особый вид связей взаимодействия



составляют связи между отдельными людьми, а также между человеческими коллективами или социальными системами. Специфика этих связей состоит в том, что они опосредуются целями, которые преследует каждая из сторон взаимодействия. В рамках этого типа связей можно различить кооперативные и конфликтные связи.

2. Связи порождения (генетические), когда один объект выступает как основание, вызывающее к жизни другой (например, связь типа «А отец В»).

3. Связи преобразования, среди которых можно различить: связи преобразования, реализуемые через определенный объект, обеспечивающий это преобразование (такова функция химических катализаторов), и связи преобразования, реализуемые путем непосредственного взаимодействия двух или более объектов, в процессе которого и благодаря которому эти объекты порознь или совместно переходят из одного состояния в другое (таково, например, взаимодействие организмов и среды в процессе видообразования).

4. Связи строения (структурные). Примером таких связей являются химические связи.

5. Связи функционирования, обеспечивающие реальную жизнедеятельность объекта или его работу, если речь идет о технической системе. Многообразие функции в объектах различного рода определяет и многообразие видов связей функционирования. Общим для всех этих видов является то, что объекты, объединяемые связью, совместно осуществляют определенную функцию, причем эта функция может характеризовать либо один из этих объектов (в таком случае другой является функционально производным от первого, как это имеет место в функциональных системах живого организма), либо более широкое целое, по отношению к которому и существует функциональная связь данных объектов (таковы связи между нейронами при осуществлении тех или иных функций центральной нервной системы). В самом общем виде связи функционирования можно подразделить на связи состояний (когда следующее по времени состояние является функцией от предыдущего) и связи энергетические, нейронные и т.п. (когда объекты связаны одной реализуемой функцией).

6. Связи развития, которые можно рассматривать как модификацию функциональных связей состояний, с той разницей, что развитие отличается от простой смены состояний.

7. Связи управления, которые в зависимости от их конкретного вида могут образовывать разновидность либо функциональных связей, либо связей развития.



Предлагая такую классификацию связей, философы отмечают ее условность, объясняя исключительно сложным характером возможных связей и их спецификой в конкретных системах.

Рассмотрим понятие **«среда»**. Среда – сфера, ограничивающая структурное образование системы (например, человек, берущий в руки брошюру). Среда есть все то, что воздействует на систему, но неподконтрольно ей. Воздействие среды на систему – это входные воздействия, или входы (перелистывание страниц брошюры человеком). Воздействие системы на среду – это выходные воздействия, реакция системы, или выходы (воздействие брошюры на зрение, обоняние, осязание читателя).

Сложное взаимодействие системы и среды как ее окружения определяется понятиями **«система»** и **«надсистема»**. Так, человек, читающий вслух брошюру, представляет собой информационную систему, являющуюся надсистемой по отношению к брошюре.

**Надсистема** – более крупная система, частью которой является рассматриваемая система.

Рассмотрим понятие **«структура»**. Структура – все то, что вносит порядок во множество объектов, т.е. совокупность связей и отношений между частями целого, необходимых для достижения цели.

Примеры структур: извилины мозга, факультет, государственное устройство, кристаллическая решетка вещества, микросхема. Базовыми топологиями структур (систем) являются: линейная, иерархическая, сетевая, матричная.

Ниже приводятся примеры различных структур.

Линейная структура – структура станций метро на одной (не кольцевой) линии в одном направлении.

Иерархическая структура – структура управления вузом: «Ректор – Проректор – Декан – Заведующий кафедрой, подразделением – Преподаватель кафедры, сотрудник подразделения».

Сетевая структура – структура организации работ при строительстве дома: некоторые работы, например, монтаж стен, благоустройство территории и другое, можно выполнять параллельно.

Матричная структура – структура работников одного отдела, выполняющих работы по одной и той же теме.

Кроме указанных основных типов структур, используются и другие, образующиеся с помощью их комбинаций – соединений и вложений.

Для описания системы важно знать, какие она имеет структуру (строение), функции (работу) и связи (ресурсы) с окружением.



Совокупность элементов и связей между ними позволяет судить о структуре системы.

Любая система имеет: внутреннее состояние, внутренний механизм преобразования входных данных в выходные (внутреннее описание), внешние проявления (внешнее описание).

Внутреннее описание дает информацию о поведении системы, о соответствии (несоответствии) внутренней структуры системы целям, подсистемам (элементам) и ресурсам в системе, внешнее описание – о взаимоотношениях с другими системами, с целями и ресурсами других систем. Внешнее описание системы определяется ее внутренним описанием.

### П р и м е р

Банк есть система.

Внешняя среда банка – система инвестиций, финансирования, трудовых ресурсов, нормативов и т.д.

Входные воздействия – характеристики (параметры) этой системы.

Внутренние состояния системы – характеристики финансового состояния.

Выходные воздействия – потоки кредитов, услуг, вложений и т.д.

Функции системы – банковские операции, например, кредитование. Функции системы также зависят от характера взаимодействий системы и внешней среды. Множество выполняемых банком (системой) функций зависят от внешних и внутренних функций, которые могут быть описаны (представлены) некоторыми числовыми и/или нечисловыми, например, качественными, характеристиками или характеристиками смешанного, качественно-количественного характера.

В системном анализе применяются различные виды описания систем: морфологическое, функциональное, информационное и др.

Морфологическое (структурное или топологическое) описание системы – это описание строения или структуры системы или описание совокупности элементов этой системы и необходимого для достижения цели набора отношений между этими элементами системы.

Функциональное описание системы – это описание законов функционирования, эволюции системы, алгоритмов ее поведения.

Информационное (информационно-логическое, или инфологическое) описание системы – это описание информационных связей как системы с окружающей средой, так и подсистем системы.



Ранее информационное описание системы называли кибернетическим.

Структура немыслима вне системы, равно как и система в своей основе всегда структурна.

Структурный анализ системы начинается с выявления определенного состава системы, с детального исследования частей (элементов), с открытия их неделимости. Это отношение при дальнейшем анализе системы предстает как структурное отношение. Таким образом, понятие элемента не совпадает с понятием системы.

Структурный анализ проводится от понятия части к понятию элемента. Первоначально выявляются части системы, исследуется ее состав, затем уточняется это знание состава. Тем самым осуществляется переход от системного рассмотрения к структурному.

Понятие части системы можно рассматривать как первоначальную ступень в процессе формирования понятия элемента структуры. Может оказаться, что часть и элемент – это один и тот же объект, и их различие определяется лишь уровнем исследования. В реальном научном познании открытие элементов исследуемой системы уточняет понятие части данной системы таким образом, что эти понятия оказываются совершенно различными по содержанию.

Однако понятия «система» и «структура» отождествлять нельзя. Если под структурой следует понимать сеть взаимосвязанных элементов, качественная природа которых не учитывается, и главное внимание направлено на их связи, то под системой понимается объект в целом со всеми внутренними и внешними связями и свойствами.

Таким образом, знание структуры системы – это знание закона, по которому порождаются элементы системы и отношения между ними. Структура есть устойчивое единство элементов, их отношений и целостности системы.

Рассмотрим понятие «целое (целостность)». Целое – форма существования системы в строго определенном качестве, выражающем ее независимость от других систем. Целое – это всегда завершенное, состоящее из органично взаимосвязанных между собой частей [1].

Целостность – свойство системы как целого, которую выражают элементы в их реальном взаимодействии, – основа стабильности системы. Объект, состоящий из нескольких выделенных частей, обладает целостностью, если:



– в нем в результате взаимодействия частей образуется новое качество, отсутствующее у частей;

– каждая составная часть приобретает иные качества (системные свойства компонентов) по сравнению с качествами, присущими этим же частям вне данного объекта.

Таким образом, признак целостности отражает особенности такого вида целого, в котором достаточно выражено единство и имеются выделенные части, влияющие друг на друга. Простое механическое вычленение какого-либо объекта из такого целого приводит к тому, что исследователь получает другой объект, но не тот, который он намеревался изучать. Еще Аристотель образно указывал по этому поводу, что рука, отделенная физически от тела, – это уже не рука. Следовательно, целое всегда есть система, а целостность всегда присуща системе.

Понятие целостности связано со спецификой системных исследований. Специфика системного исследования определяется не усложнением методов анализа, а выработкой новых принципов подхода к объекту изучения. Специфика системного исследования характеризуется следующими положениями:

1. При исследовании объекта как системы элемент описывается не как таковой, а с учетом его места в системе (целом).

2. Один и тот же материал выступает в системном исследовании как обладающий одновременно разными характеристиками, параметрами, функциями и даже разными принципами строения.

3. Исследование системы неотделимо от исследования условий ее существования.

4. Специфической для системного подхода является проблема порождения свойств целого из свойств элементов и, наоборот, порождения свойств элементов из характеристик целого.

5. В системном исследовании оказываются недостаточными причинные объяснения функционирования и развития объекта. В частности, для большого класса систем характерна целесообразность как неотъемлемая часть их поведения, а целесообразное поведение не всегда может быть уложено в рамки причинно-следственной схемы.

6. Источник преобразований системы или ее функции лежит в самой системе, поскольку это связано с целесообразным характером поведения систем. Существенная черта целого ряда системных объектов состоит в том, что они являются не просто системами, а самоорганизующимися системами.



С этим тесно связана и другая особенность, присущая многим системным исследованиям: в этих исследованиях часто приходится допускать наличие у системы (или ее элементов) некоторого множества индивидуальных характеристик.

Рассмотрим понятие «элемент». Для каждой конкретной системы это понятие не является однозначно определенным, поскольку исследуемая система может расчлениться существенно различными способами, и говорить об элементе можно лишь применительно к определенному из этих способов: другое расчленение может быть связано с выделением другого образования в качестве исходного элемента.

При заданном способе расчленения под элементом понимается такой минимальный компонент системы, совокупность которых образует систему.

Поскольку элемент выступает как предел возможного членения объекта, его состав не рассматривается как компонент данной системы.

В системе, представляющей органичное целое, элемент определяется, исходя из его функций, как минимальная единица, способная к самостоятельному выполнению определенной функции. С такой функциональной характеристикой связано представление об активности элемента в системе, причем эта активность обычно рассматривается как одна из решающих его характеристик.

Рассмотрим понятие «**системный подход (СП)**». Системный подход является теоретической и методологической основой системного анализа. Это подход к исследованию объекта (проблемы, явления, процесса) как к системе, в которой выделены элементы, внутренние и внешние связи, наиболее существенным образом влияющие на исследуемые результаты его функционирования, и цели каждого из элементов, исходя из общего предназначения объекта. Он направлен на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных типов связей сложного объекта [2].

Системный подход основан на общей теории систем (Людвиг фон Берталанфи) и кибернетике – теории управления (Норберт Винер, У. Росс Эшби, Стаффорд Бир). Он сформировался в 40–60-е гг. XX в. Наиболее полное и захватывающее изложение системного подхода, его истории, принципов и существующих направлений представлено в книге американского физика Ф. Капра «Паутина жизни».

Суть системного подхода при исследовании научной проблемы – представление этой проблемы как системы. Кроме этого,



системный подход представляет любую систему как подсистему, так как над любой системой есть надсистема, которая находится на более высоком уровне иерархии систем.

Выделим характерные признаки системного подхода. Системный подход – это:

– форма методологического знания, связанная с исследованием и созданием объектов как систем, относится только к системам;

– иерархичность познания, требующая многоуровневого изучения предмета:

- изучение самого предмета – «собственный» уровень;
- изучение этого же предмета как элемента более широкой системы – «вышестоящий» уровень;
- изучение этого предмета в соотношении с составляющими данный предмет элементами – «нижестоящий» уровень.

Исходя из этого, системный подход требует рассматривать проблему не изолированно, а в единстве связей с окружающей средой.

Выполненные системные исследования расцениваются как системный анализ, а их методология называется системным подходом.

Рассмотрим понятие **«системный анализ»**. Касаясь различных точек зрения на термин «системный анализ», специалисты выделяют два различных подхода: формальный и понятийно-содержательный.

Формальный подход использует формальный математический аппарат различного уровня строгости и общности (от простых соотношений до операторов, категорий, алгебр).

Понятийно-содержательный подход основан на понятиях, идеях, концепциях.

Этот подход соответствует точке зрения «RAND-корпорейшн». Логический системный анализ дополняется математическими, статистическими и логическими методами. Таким образом, сущность системного анализа заключается не в математических методах и процедурах: его рекомендации далеко не обязательно вытекают из вычислений.

Чем же отличается системный анализ от других методов?

Основные отличия его от других более или менее формализованных подходов при обосновании принятых решений по исследуемой проблеме сводятся к следующему:



– рассматриваются все теоретические возможные альтернативные методы и средства достижения поставленных целей (исследовательские, конструктивные, технологические, эксплуатационные и т.д.), правильная комбинация и сочетание этих различных методов и средств;

– альтернативы решению оцениваются обязательно с позиции длительной перспективы (особенно для систем, имеющих стратегическое назначение);

– отсутствуют стандартные решения;

– четко излагаются различные взгляды при решении одной и той же проблемы;

– применяется к проблемам, для которых не полностью определены требования стоимости или времени;

– признается принципиальное значение организационных и субъективных факторов в процессе принятия решений, и в соответствии с этим разрабатываются процедуры анализа и согласования различных точек зрения;

– особое внимание уделяется факторам риска и неопределенности, их учету и оценке при выборе наиболее оптимальных решений среди возможных вариантов.

### **1.3. Введение в систему визуального программирования MATLAB-Simulink**

#### **Методические указания к лабораторной работе № 1**

**Цель работы:** ознакомиться с программной средой визуального программирования MATLAB-Simulink. Построить модель динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

#### **Общие сведения**

Простейшая динамическая система [5] состоит из трех основных частей: источника сигнала, динамического звена, приемника сигнала (рис. 1.1).

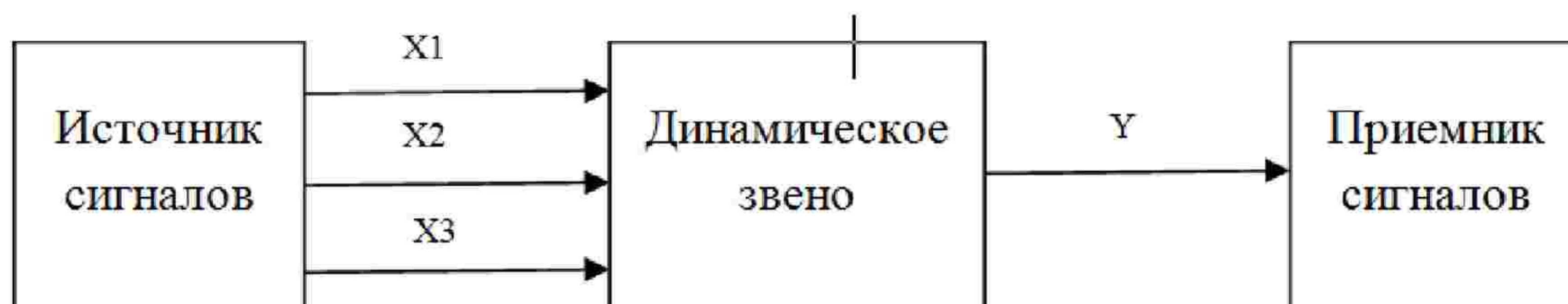


Рис. 1.1. Простейшая динамическая система



Пакет Simulink основан на визуально ориентированном программировании решаемых задач моделирования систем. Построение блочных схем (моделей) систем выполняется путем переноса мышью блоков из библиотеки компонентов в окно редактирования создаваемой пользователем модели и соединением блоков линиями. Затем модель запускается на выполнение (кнопкой в виде темного треугольника в панели инструментов).

Двойной щелчок мышью на блоке модели выводит окно со списком его параметров, которые пользователь может менять. Запуск модели обеспечивает математическое моделирование построенной модели с наглядным визуальным представлением результатов. Пакет Simulink позволяет составлять и решать уравнения состояния модели, подключать в нужные точки модели разнообразные виртуальные измерительные приборы, что обеспечивает наглядность представления результатов работы моделей систем.

Варианты заданий приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Варианты заданий

№	Значения констант	Функция (динамическое звено) $Y = F(X1, X2, X3, K1, K2, K3)$	Интервал времени	Примечание
1	2	3	4	5
1	X1=1,25 X2=1,51 X3=2,13	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=21	K1=1,87 K3=-1,231
2	X1=1,55 X2=1,33 X3=2,23	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + X3 + K4 \cdot \text{int}(X1)$	T=22	K1=-1,43 K4=1,65
3	X1=3,45 X2=3,21 X3=0,032	$Y=X1 + X2 \cdot K2 + X3 + K4 \cdot \text{int}(X1)$	T=31	K2=-1,86 K4=1,56
4	X1=4,23 X2=5,12 X3=0,023	$Y=X1 + X2 \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=123	K2=4,86 K3=-2,56
5	X1=4,44 X2=3,76 X3=0,032	$Y=X1 \cdot K1 + X2 \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=99	K1=1,61 K2=-1,231 K3=1,12
6	X1=3,57 X2=6,76 X3=0,23	$Y=X1 \cdot K1 + (X2 + X3) \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=62	K1=-1,52 K3=1,232
7	X1=7,01 X2=2,09 X3=2,31	$Y=(X1 + X2) \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=54	K2=4,86 K3=-2,56



1	2	3	4	5
8	X1=1,01 X2=7,77 X3=2,43	$Y=(X1+X2) \cdot K2 + X3 + K4 \cdot \text{int}(X1)$	T=74	K2= -1,86 K4=1,56
9	X1=2,89 X2=5,01 X3=1,32	$Y=(X1+X2 \cdot K2 + X3) \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X1)$	T=92	K2= -1,33 K3= -3,65 K4=2,74
10	X1=4,21 X2=2,32 X3=3,97	$Y=(X1+X2+X3) \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X1)$	T=23	K3=1,65 K4= -1,74
11	X1=1,35 X2=2,51 X3=1,13	$Y=X1+X2+X3+K4 \cdot (\text{int}(X1) + \text{int}(X2))$	T=11	K4=8,012
12	X1=2,55 X2=0,33 X3=1,23	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + (X3 + K4 \cdot \text{int}(X3)) \cdot K3$	T=12	K1=1,52 K3= -1,232 K4=6,42
13	X1=2,45 X2=2,21 X3=1,032	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + X3 \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X3)$	T=13	K1=1,52 K3= -1,232 K4=6,42
14	X1=1,25 X2=1,51 X3=2,13	$Y=(X1 \cdot K1 + X2) \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=14	K1=1,33 K2= -1,93 K3=1,34
15	X1=1,25 X2=1,51 X3=2,13	$Y=(X1+X2+X3) \cdot K1 + K4 \cdot (\text{int}(X1) + \text{int}(X2))$	T=13	K1=3,79 K4=7,56
16	X1=1,55 X2=1,33 X3=2,23	$Y=((X1 \cdot K1 + X2) \cdot K2 + X3) \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=25	K1=2,33 K2= -2,93 K3=3,34
17	X1=3,45 X2=3,21 X3=0,032	$Y=(X1+X2+X3 \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X2)) \cdot K2$	T=35	K2=2,33 K3= -2,93 K4=3,34
18	X1=4,23 X2=5,12 X3=0,023	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + X3 + K4 \cdot (\text{int}(X2) + \text{int}(X3))$	T=45	K1=2,33 K4= -2,93
19	X1=4,44 X2=3,76 X3=0,032	$Y=X1 \cdot K1 + K4 \cdot (\text{int}(X2) \cdot K2 + \text{int}(X3))$	T=57	K1=1,33 K2=2,93 K4=0,34
20	X1=3,57 X2=6,76 X3=0,23	$Y=X1 \cdot K1 + X2 \cdot K2 + X3 + \text{int}(X1+X2)$	T=63	K1=1,65 K2= -1,74
21	X1=7,01 X2=2,09 X3=2,31	$Y=(X1+X2) \cdot K1 + K4 \cdot (\text{int}(X2) \cdot K2 + \text{int}(X3))$	T=78	K1=0,33 K2=3,93 K4=1,34



1	2	3	4	5
22	X1=1,01 X2=7,77 X3=2,43	$Y=X1 \cdot K1 + X2 \cdot K2 + X3 + K4 \cdot \text{int}(X2 + X3)$	T=80	K1=9,22 K2=5,93 K4=1,34
23	X1=2,89 X2=5,01 X3=1,32	$Y=X1 \cdot K1 + K4 \cdot \text{int}(X1 + X2 + X3)$	T=92	K1=2,33 K4=5,34
24	X1=4,21 X2=2,32 X3=3,97	$Y=X1 \cdot K1 + (X2 + X3) \cdot K3 + \text{int}(X3)$	T=60	K1= -1,52 K3=1,232
25	X1=1,35 X2=2,51 X3=1,13	$Y=(X1 + X2) \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X2)$	T=70	K2=4,86 K3= -2,56
26	X1=2,55 X2=0,33 X3=1,23	$Y=(X1 + X2) \cdot K2 + X3 + K4 \cdot \text{int}(X3)$	T=80	K2= -1,86 K4=1,56
27	X1=2,45 X2=2,21 X3=1,032	$Y=(X1 + X2 \cdot K2 + X3) \cdot K3 + \text{int}(X2)$	T=90	K2= -1,33 K3= -3,65
28	X1=1,25 X2=1,51 X3=2,13	$Y=(X2 + X3) \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X1)$	T=10	K3=1,65 K4= -1,74
29	X1=1,25 X2=1,51 X3=2,13	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + K4 \cdot (\text{int}(X1) + X3 \cdot K3)$	T=13	K1=9,22 K3=5,94 K4=5,34
30	X1=1,55 X2=1,33 X3=2,23	$Y=((X1 \cdot K1 + X2) \cdot K2 + X3) \cdot K3 + \text{int}(X3)$	T=24	K1=3,22 K2=2,94 K3=1,34
31	X1=3,45 X2=3,21 X3=0,032	$Y=(X1 + X2) \cdot K2 + K4 \cdot \text{int}(X3)$	T=80	K2= -1,86 K4=1,56
32	X1=4,23 X2=5,12 X3=0,023	$Y=(X1 + X2 + X3) \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X3)$	T=43	K3= -3,65 K4=2,74
33	X1=4,44 X2=3,76 X3=0,032	$Y=(X1 + X3) \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X2)$	T=17	K3=1,65 K4=4,74
34	X1=3,57 X2=6,76 X3=0,23	$Y=X1 + K4 \cdot (\text{int}(X2) \cdot K2 + \text{int}(X3))$	T=19	K2= -1,86 K4=8,012
35	X1=7,01 X2=2,09 X3=2,31	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + (X3 + K4 \cdot \text{int}(X3)) \cdot K3$	T=12	K1=1,52 K3= -1,232 K4=6,42



1	2	3	4	5
36	X1=1,25 X2=1,51 X3=2,13	$Y=X1 \cdot K1 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1 + X2)$	T=10	K1=1,87 K3=1,28
37	X1=1,55 X2=1,33 X3=2,23	$Y=X1 \cdot K1 + X2 + K4 \cdot \text{int}(X1 + X2 + X3)$	T=20	K1=2,43 K4=1,65
38	X1=3,45 X2=3,21 X3=0,032	$Y=K2 \cdot \text{int}(X1 + X2) + X3 + K4 \cdot \text{int}(X3)$	T=30	K2=5,86 K4=1,56
39	X1=2,89 X2=5,01 X3=1,32	$Y=X1 + X2 \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=40	K2=4,86 K3=-2,56
40	X1=4,21 X2=2,32 X3=3,97	$Y=X1 \cdot K1 + X2 \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=57	K1=1,61 K2=-1,231 K3=1,12
41	X1=1,35 X2=2,51 X3=1,13	$Y=X1 \cdot K1 + X2 \cdot K2 + X3 + \text{int}(X1 + X2)$	T=45	K1=1,65 K2=-1,74
42	X1=2,89 X2=5,01 X3=1,32	$Y=(X1 + X2) \cdot K1 + \text{int}(X2) \cdot K2 + \text{int}(X3)$	T=33	K1=0,33 K2=3,93
43	X1=4,21 X2=2,32 X3=3,97	$Y=X1 \cdot K1 + X2 \cdot K2 + X3 + \text{int}(X2 + X3)$	T=34	K1=9,22 K2=5,93
44	X1=4,44 X2=3,76 X3=0,032	$Y=(X2 + X3) \cdot K3 + K4 \cdot \text{int}(X1 + X3)$	T=32	K3=1,65 K4=8,74
45	X1=3,57 X2=6,76 X3=0,23	$Y=X1 + X2 + K4 \cdot (\text{int}(X1) + X3 \cdot K3)$	T=18	K3=5,94 K4=5,34
46	X1=3,57 X2=6,76 X3=0,23	$Y=X1 \cdot K1 + (X2 + X3) \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=62	K1=-1,52 K3=1,232
47	X1=7,01 X2=2,09 X3=2,31	$Y=(X1 + X2) \cdot K2 + X3 \cdot K3 + \text{int}(X1)$	T=54	K2=4,86 K3=-2,56

В данной таблице функция динамического звена задана в виде уравнения

$$Y = F(X1, X2, X3, K1, K2, K3),$$

где  $Y$  – выходной сигнал;  $X1, X2, X3$  – входные сигналы, реализуемые с помощью элемента «константа»;  $K1, K2, K3$  – масштабные коэффициенты, реализуемые с помощью элемента «умножитель»;  $\text{int}$  – операция интегрирования, реализуемая с помощью



элемента «интегратор»; «+» – операция суммирования, реализуемая с помощью элемента «сумматор».

### Ход работы

1. Разработать структурную схему динамической системы в соответствии с рис. 1.2.

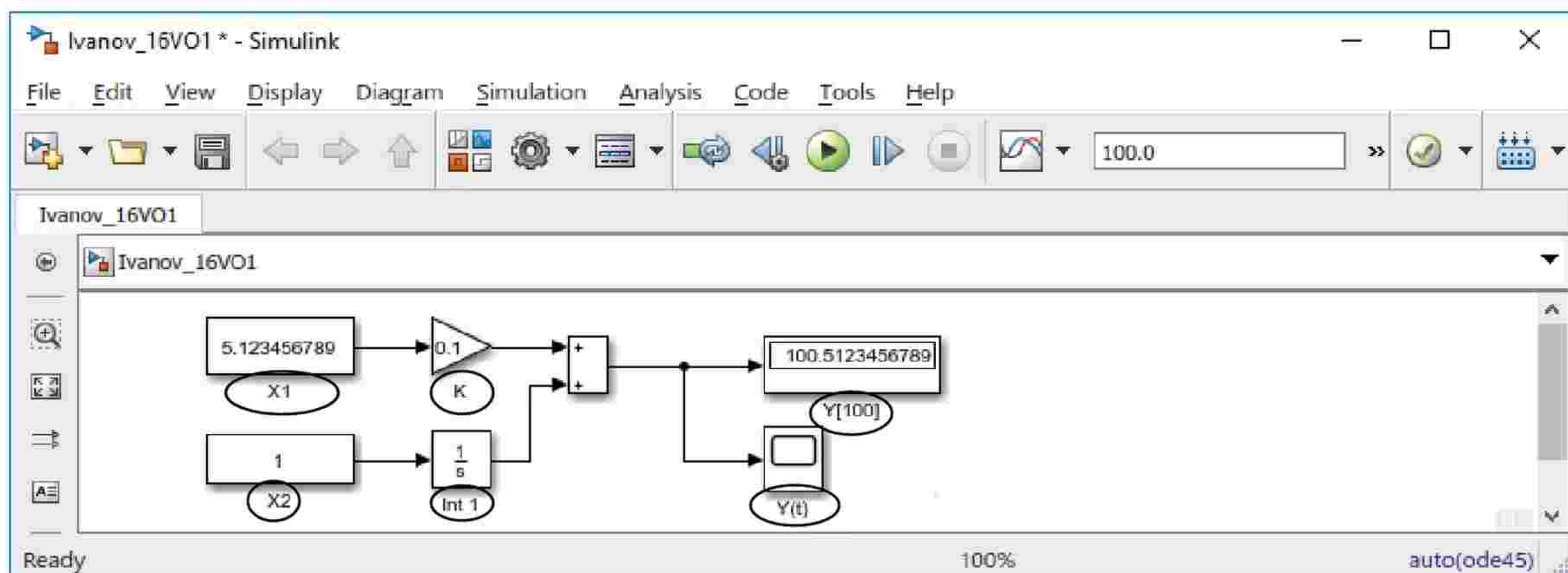


Рис. 1.2. Модель системы с названиями элементов

2. Построить модель динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с рис. 1.2.

2.1. Построить модель источника сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с рис. 1.2.

2.2. Построить модель динамического звена в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с рис. 1.2.

2.3. Построить модель приемника сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с рис. 1.2.

3. Проанализировать результаты работы модели в соответствии с рис. 1.3–1.5.

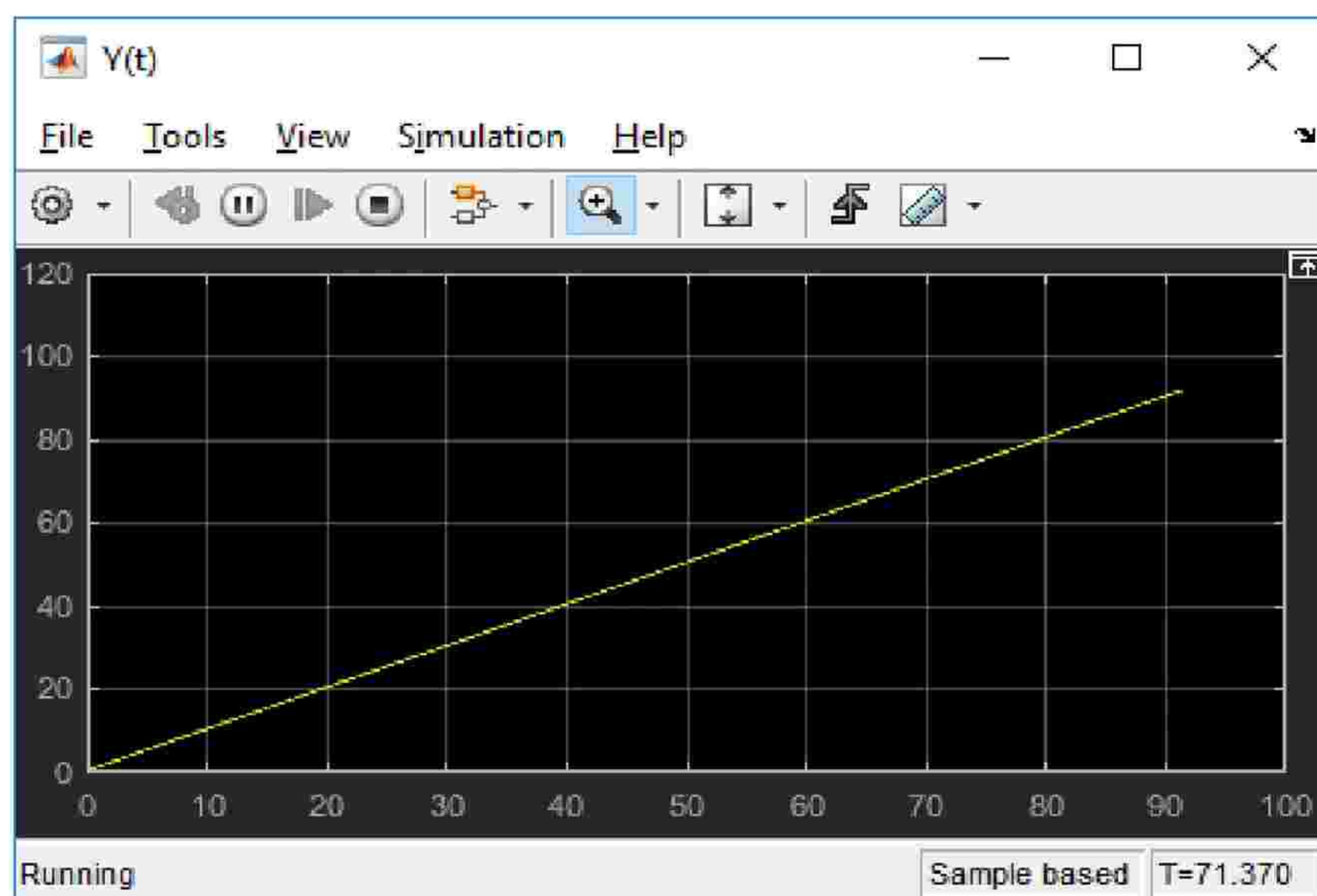


Рис. 1.3. График выходного сигнала



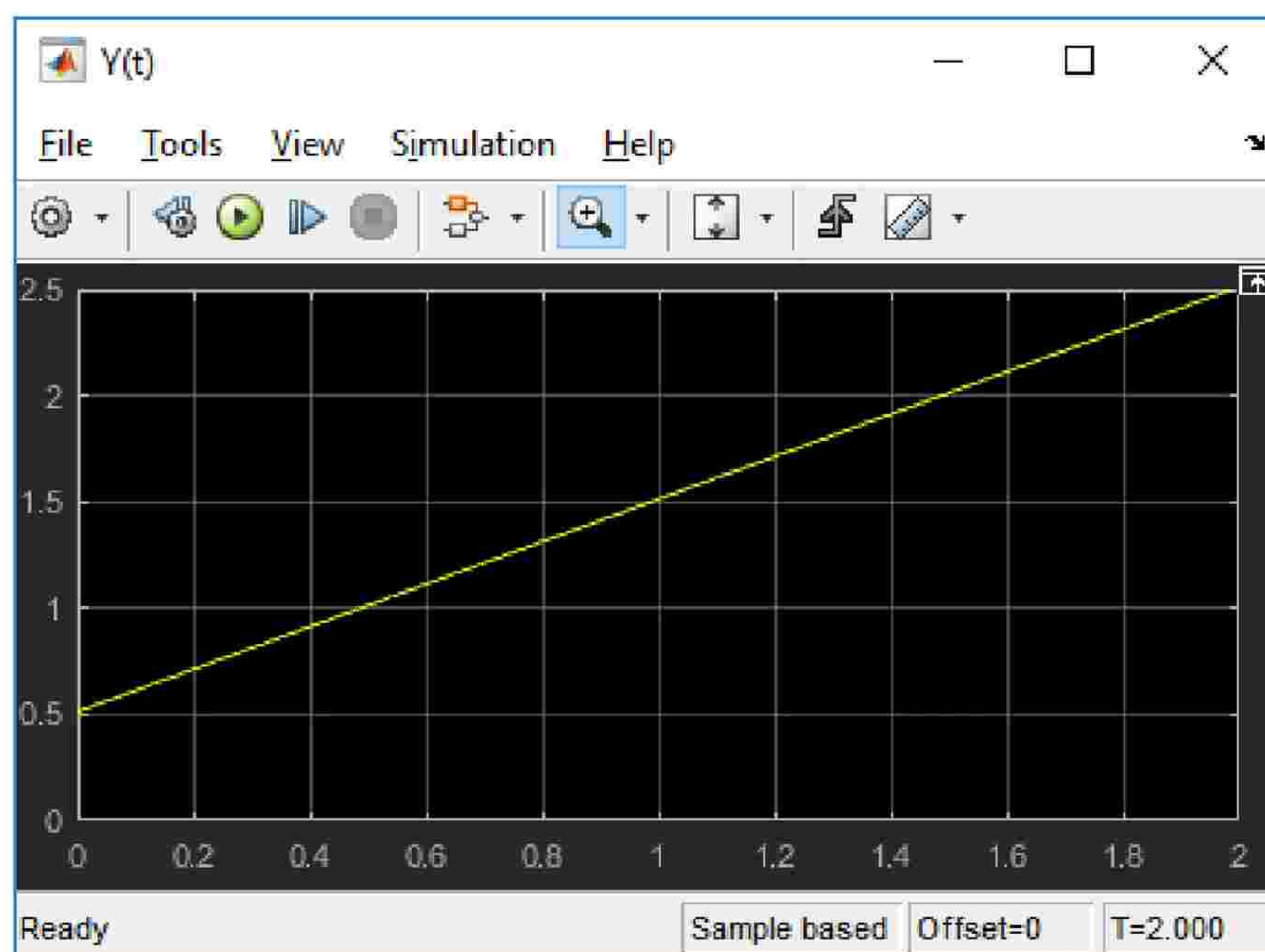


Рис. 1.4. Начальный участок графика выходного сигнала

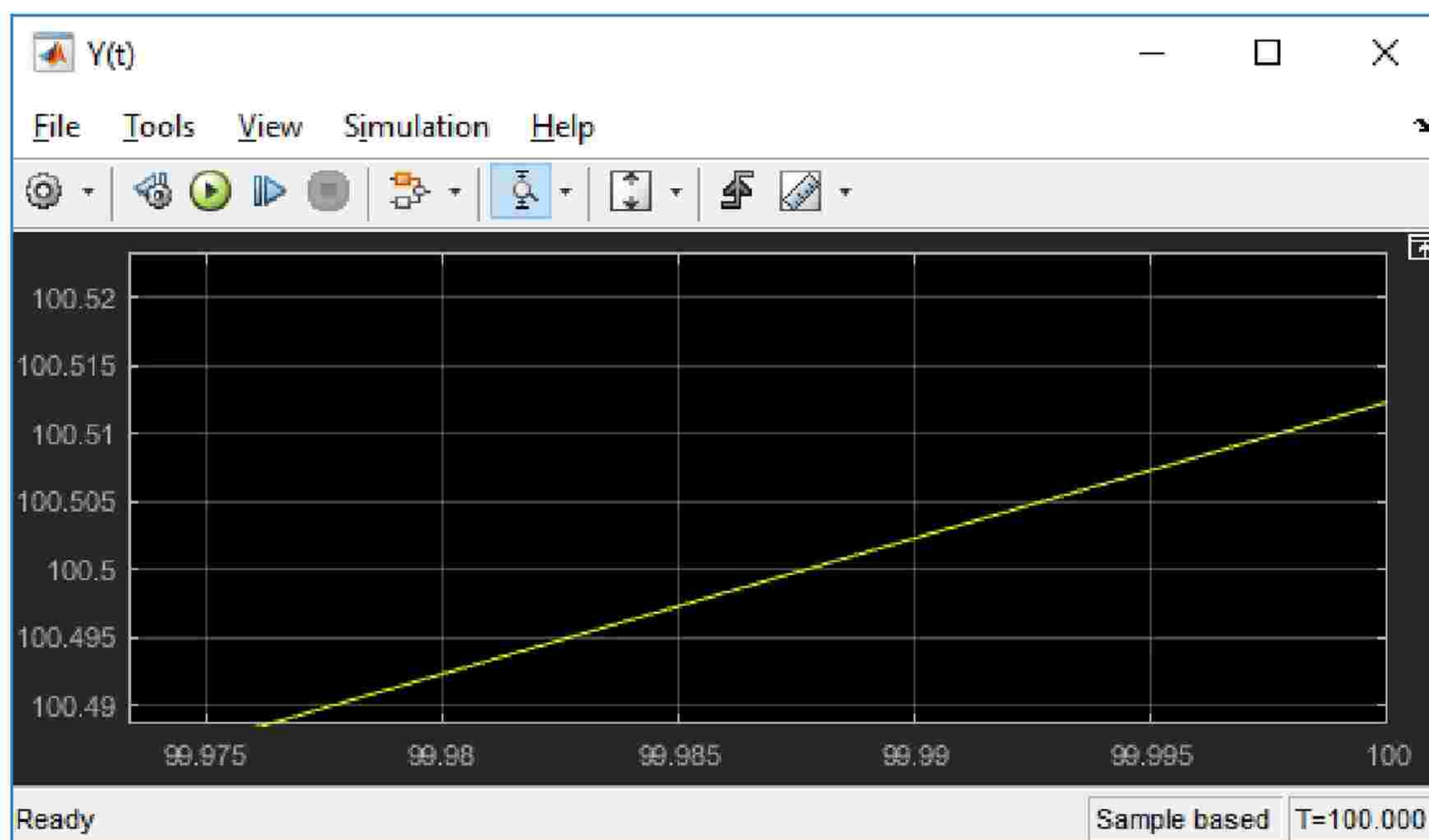


Рис. 1.5. Конечный участок графика выходного сигнала

4. Оформить отчет о лабораторной работе.

### Порядок выполнения работы

#### 1. Запуск системы MATLAB.

Запустить систему MATLAB. На экране должно появиться изображение в соответствии с рис. 1.6. Затем необходимо открыть



вкладку MATLAB-Simulink (необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на кнопку, указанную на рис. 1.6).

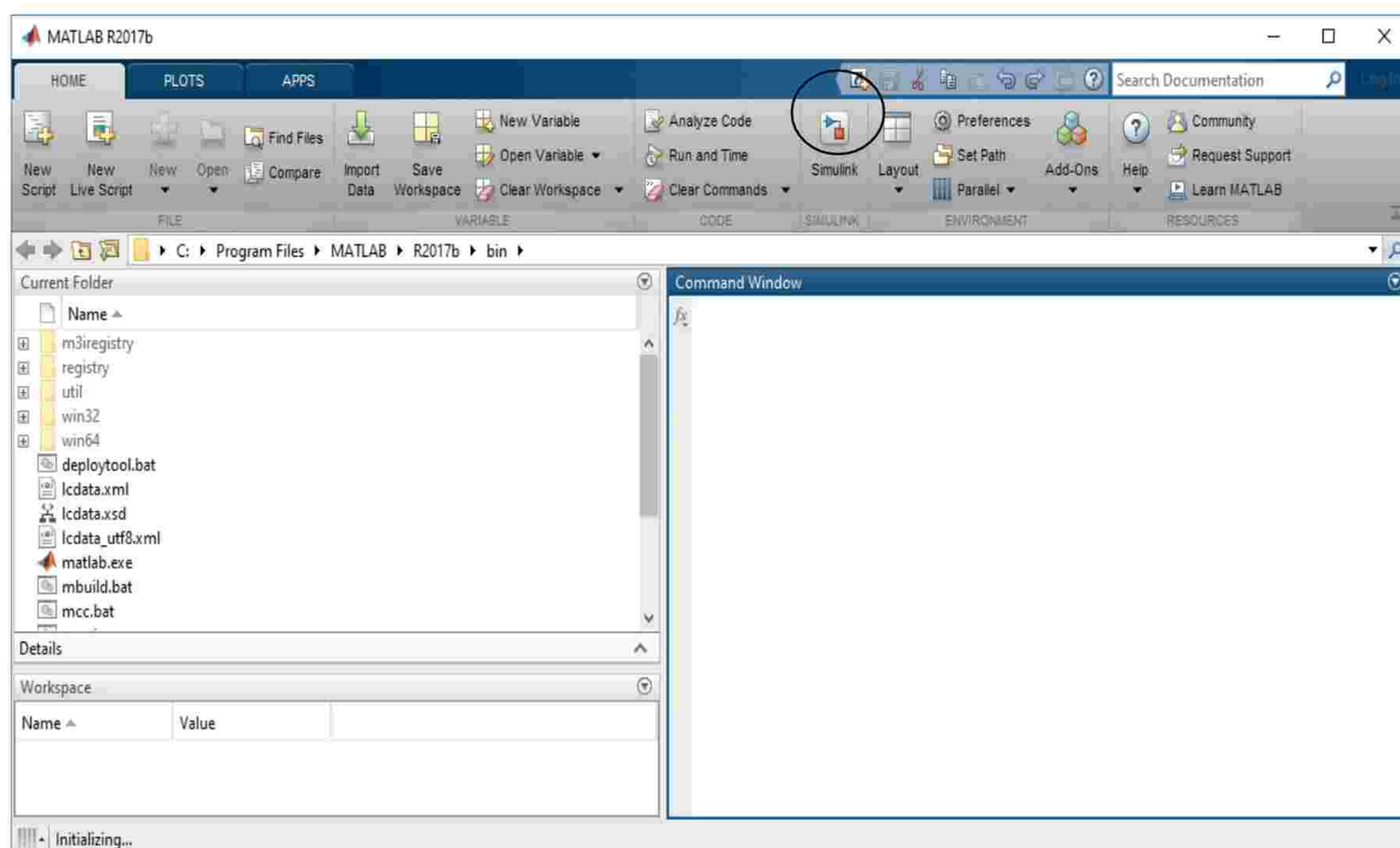


Рис. 1.6. Экранная форма MATLAB

## 2. Заккрытие командной панели.

Затем необходимо закрыть командную панель (рис. 1.7).

Для этого необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на кнопку, указанную на рис. 1.7.

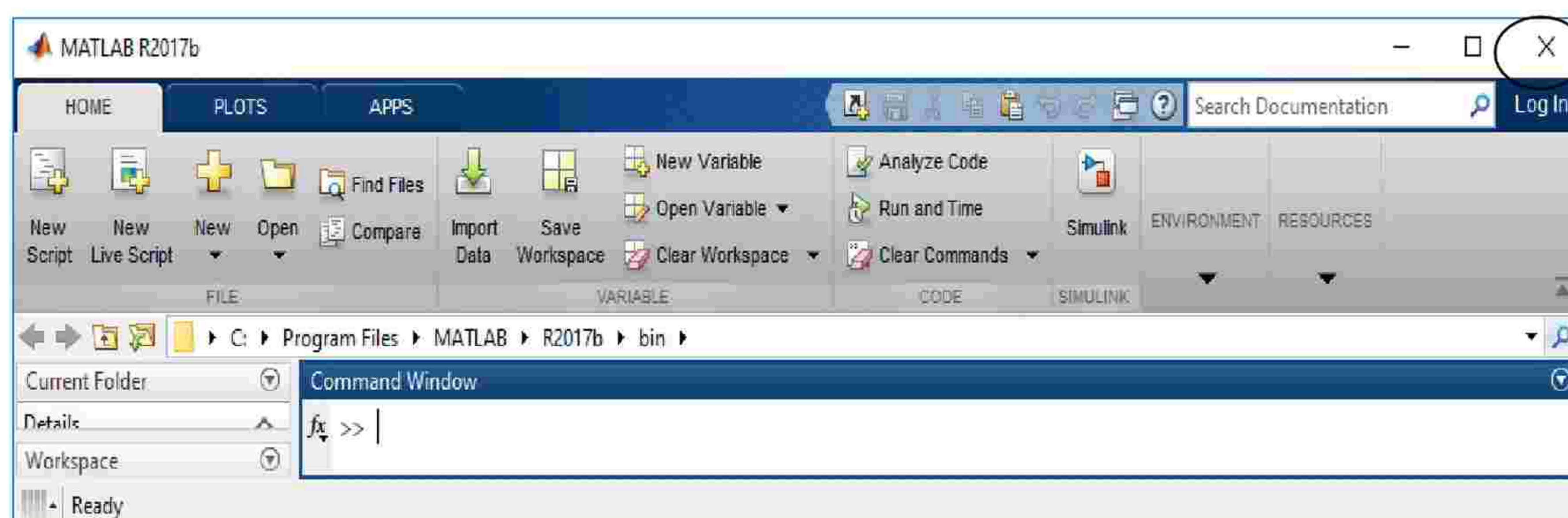


Рис. 1.7. Командная панель

## 3. Открытие рабочей страницы MATLABSimulink.

Необходимо открыть рабочую страницу MATLABSimulink (рис. 1.8).

Для этого необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на кнопку, указанную на рис. 1.9. Откроется панель, изображенная на рис. 1.10.



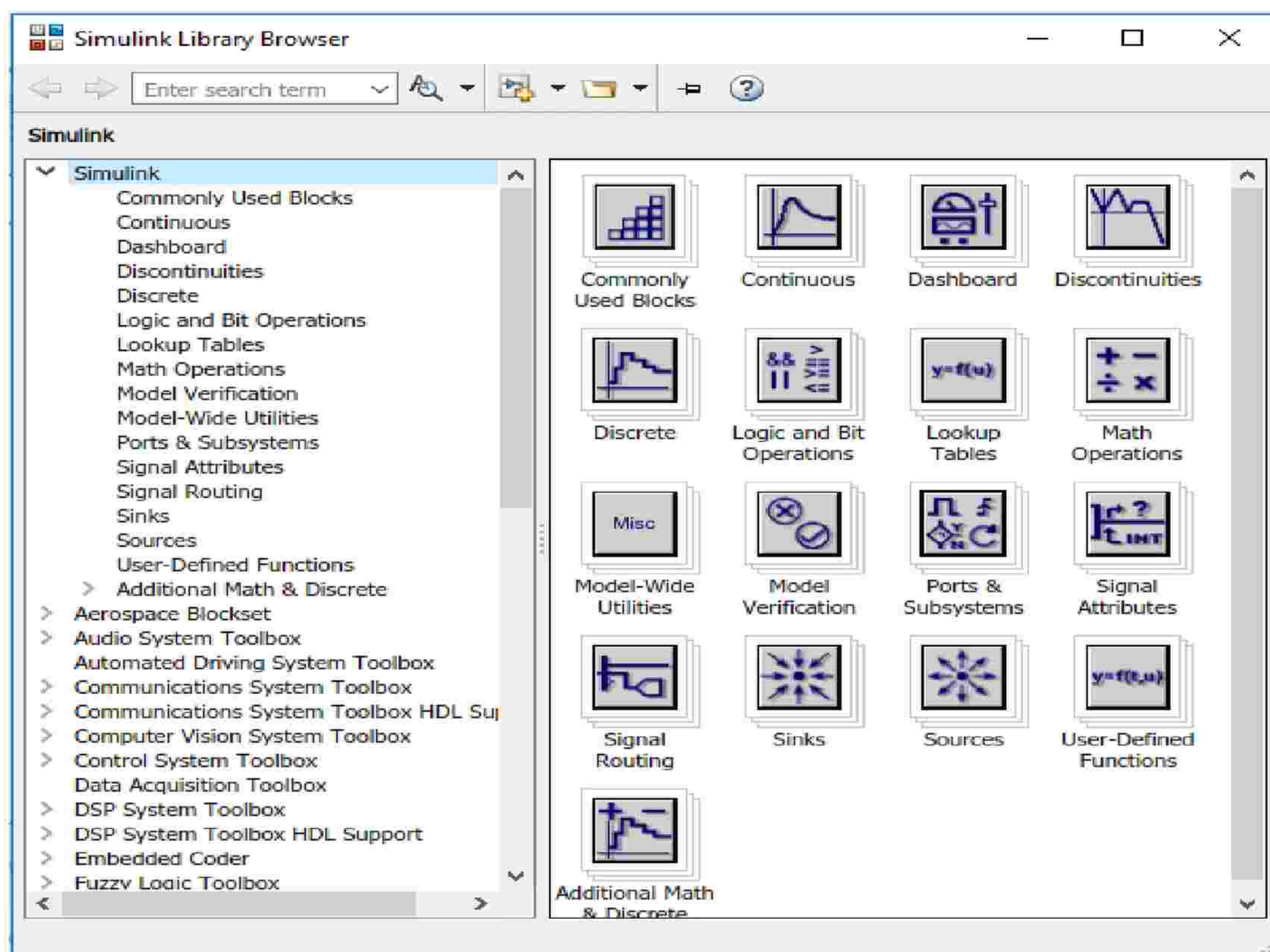


Рис. 1.8. Рабочая страница

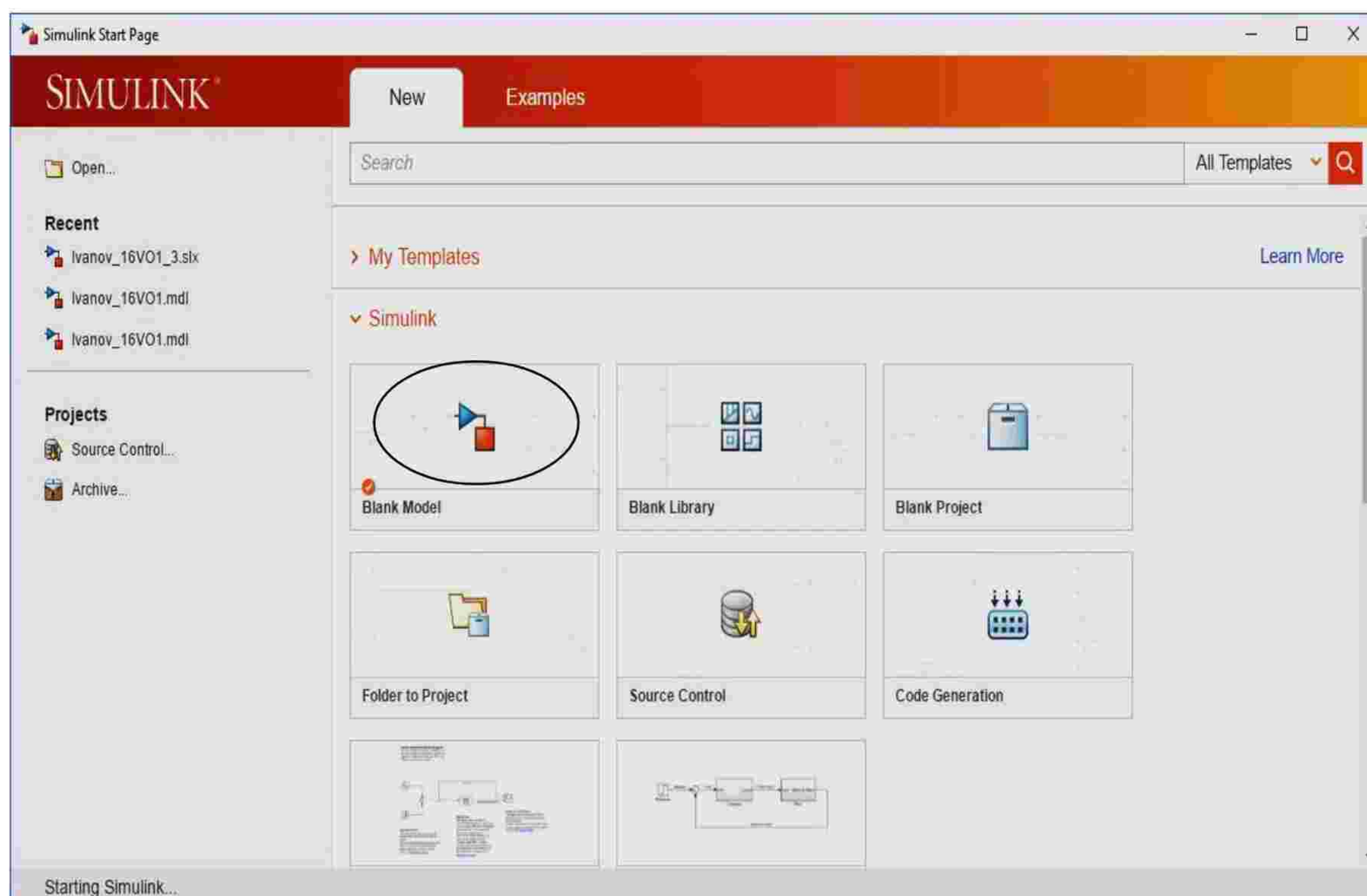


Рис. 1.9. Открытие рабочей панели



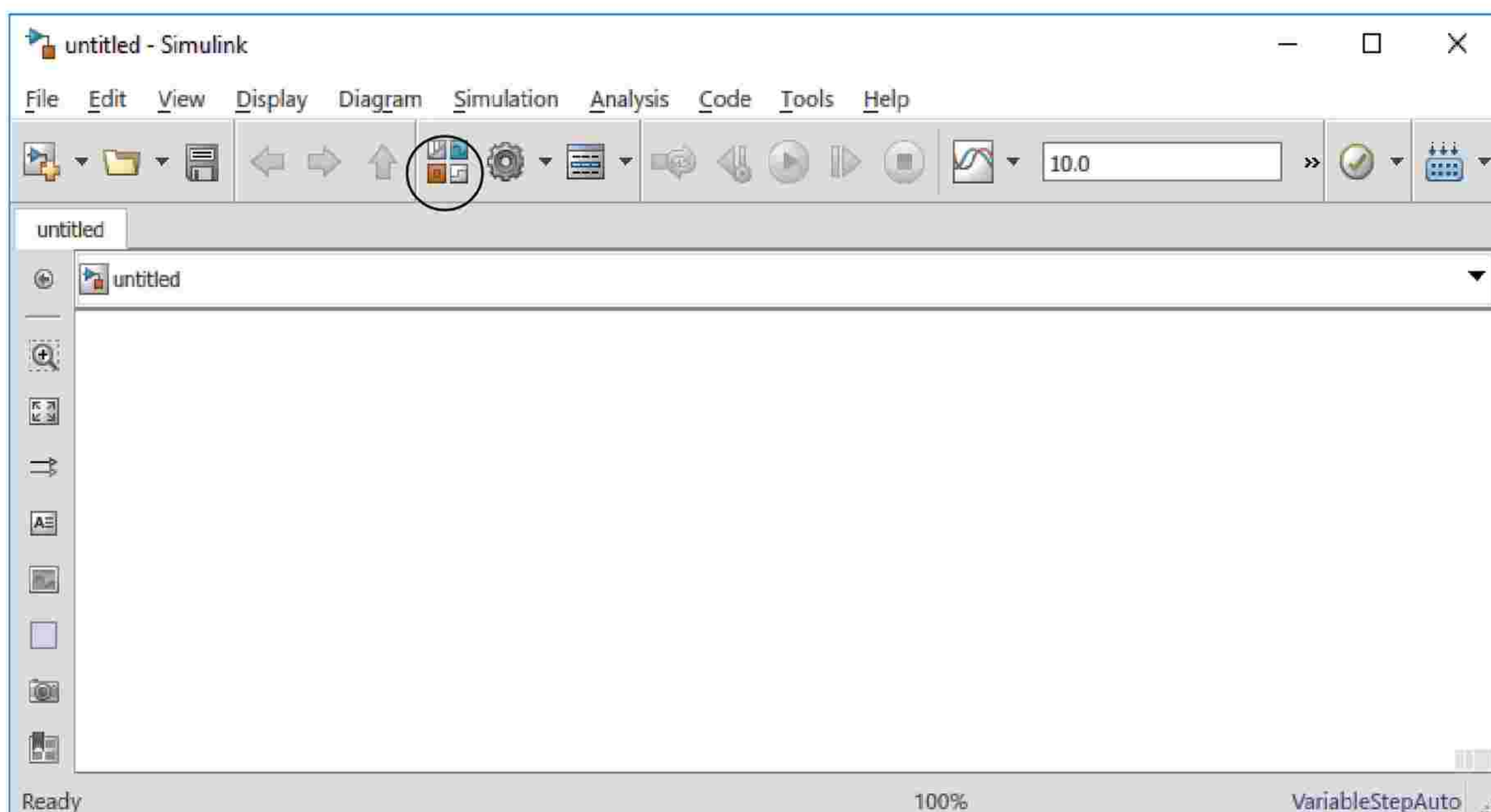


Рис. 1.10. Открытие рабочей страницы

#### 4. Сохранение файла с будущей моделью.

Необходимо сохранить файл с будущей моделью. Для этого в соответствии с рис. 1.11 открыть меню «File», выбрать подменю «Saveas» и ввести имя файла в соответствующее поле (рис. 1.12), выбрать диск и папку (папка должна иметь имя LR1), где будет размещен файл, и нажать кнопку «Сохранить». Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами) (рис. 1.13).

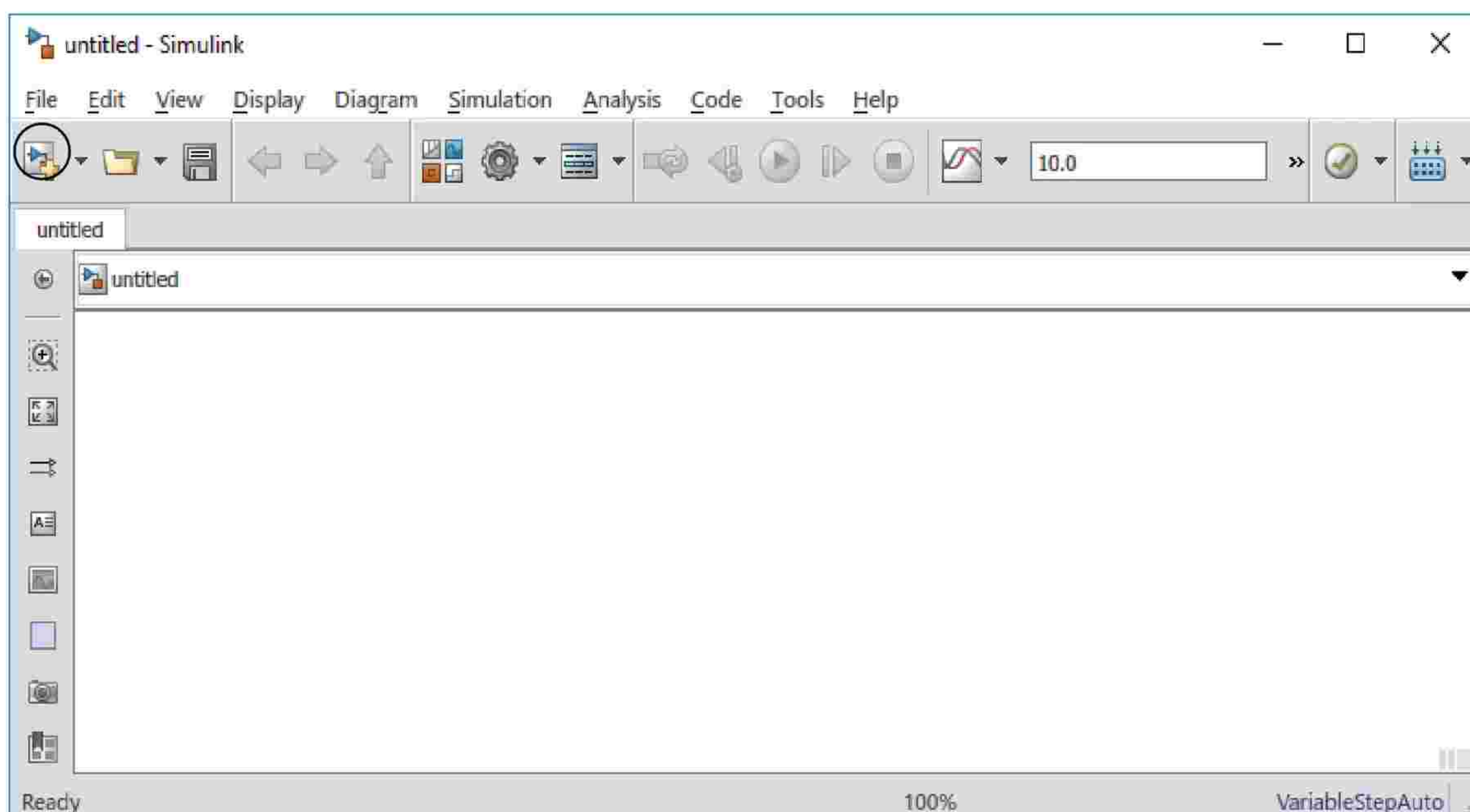


Рис. 1.11. Меню «File»



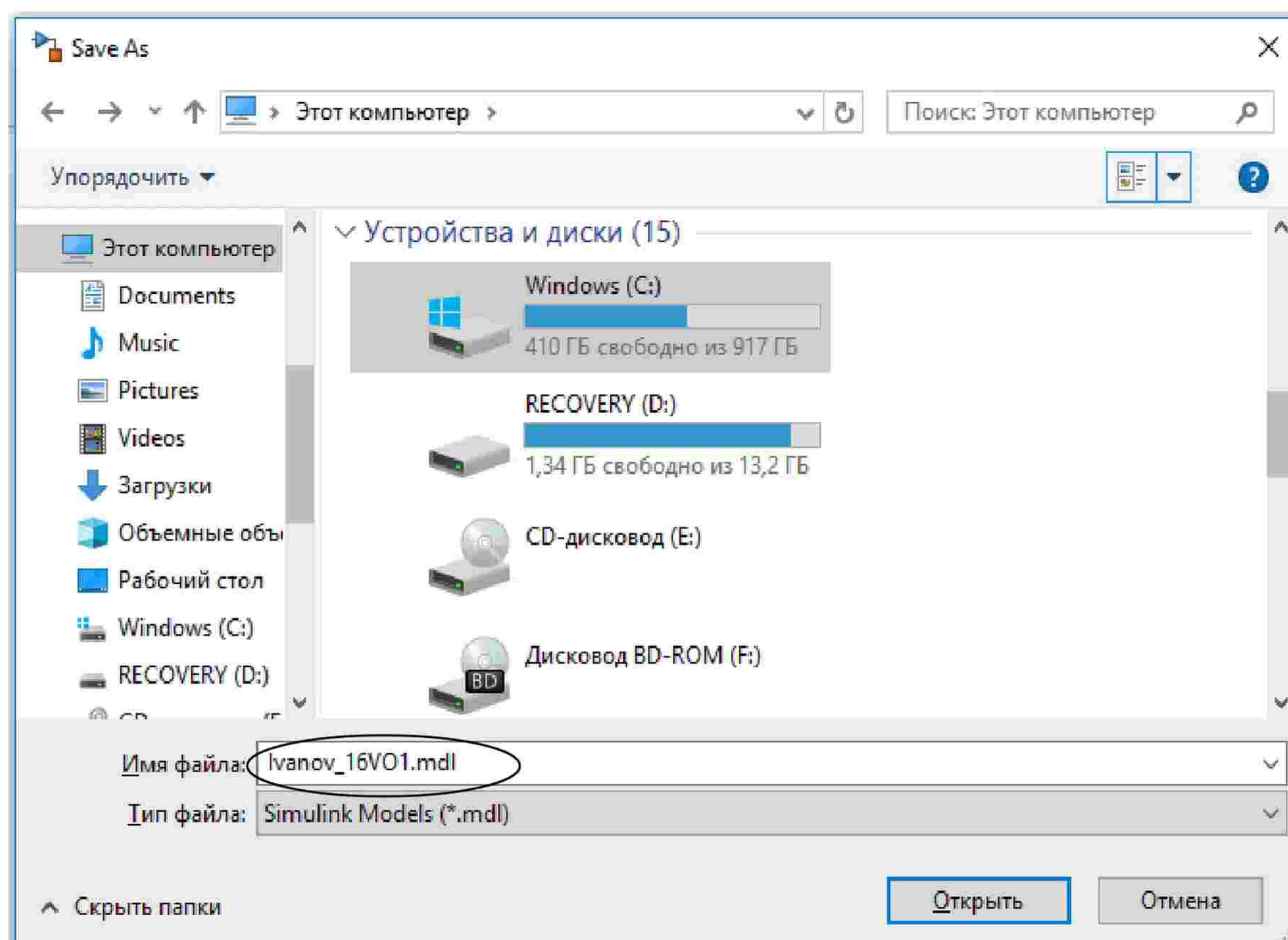


Рис. 1.12. Задание имени файла

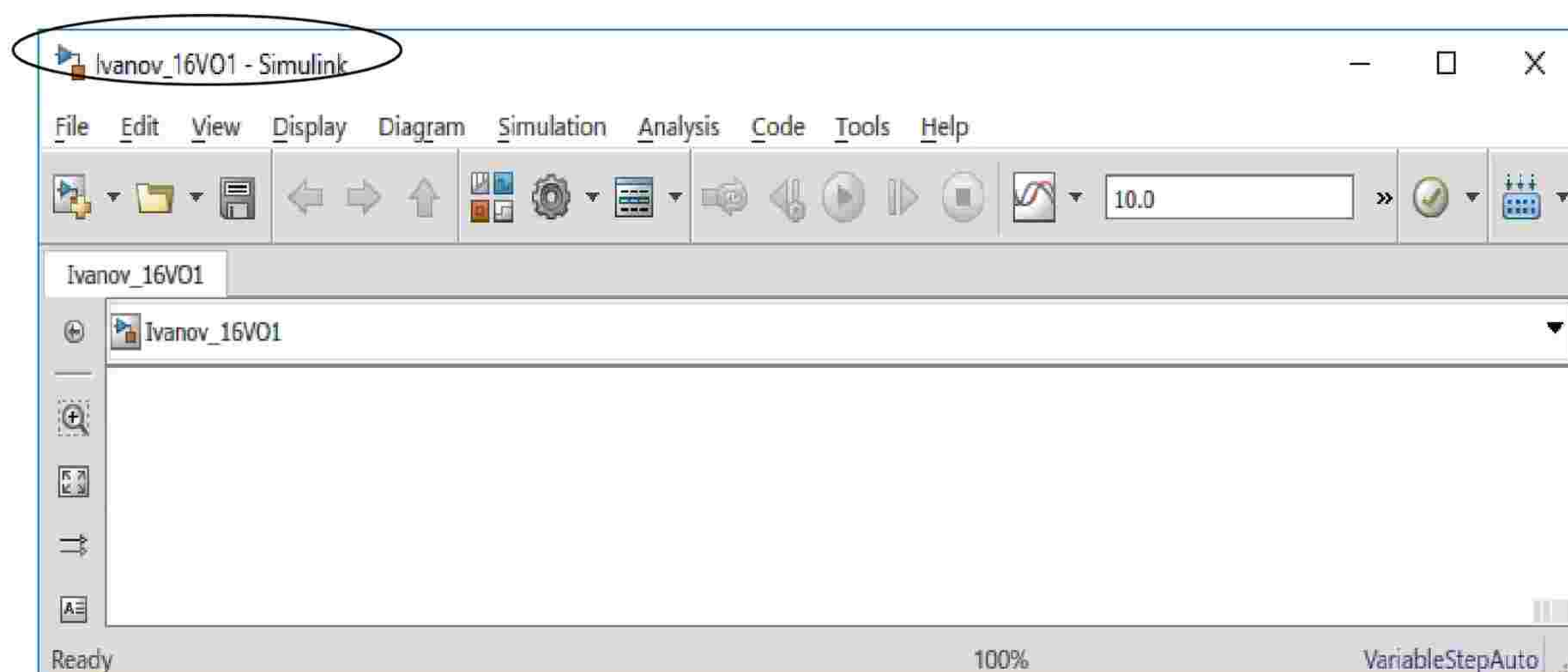


Рис. 1.13. Экранная форма рабочей страницы

## 5. Построение модели источника сигнала.

Для построения модели источника сигналов используется панель «источники»-«Sources» (рис. 1.14).



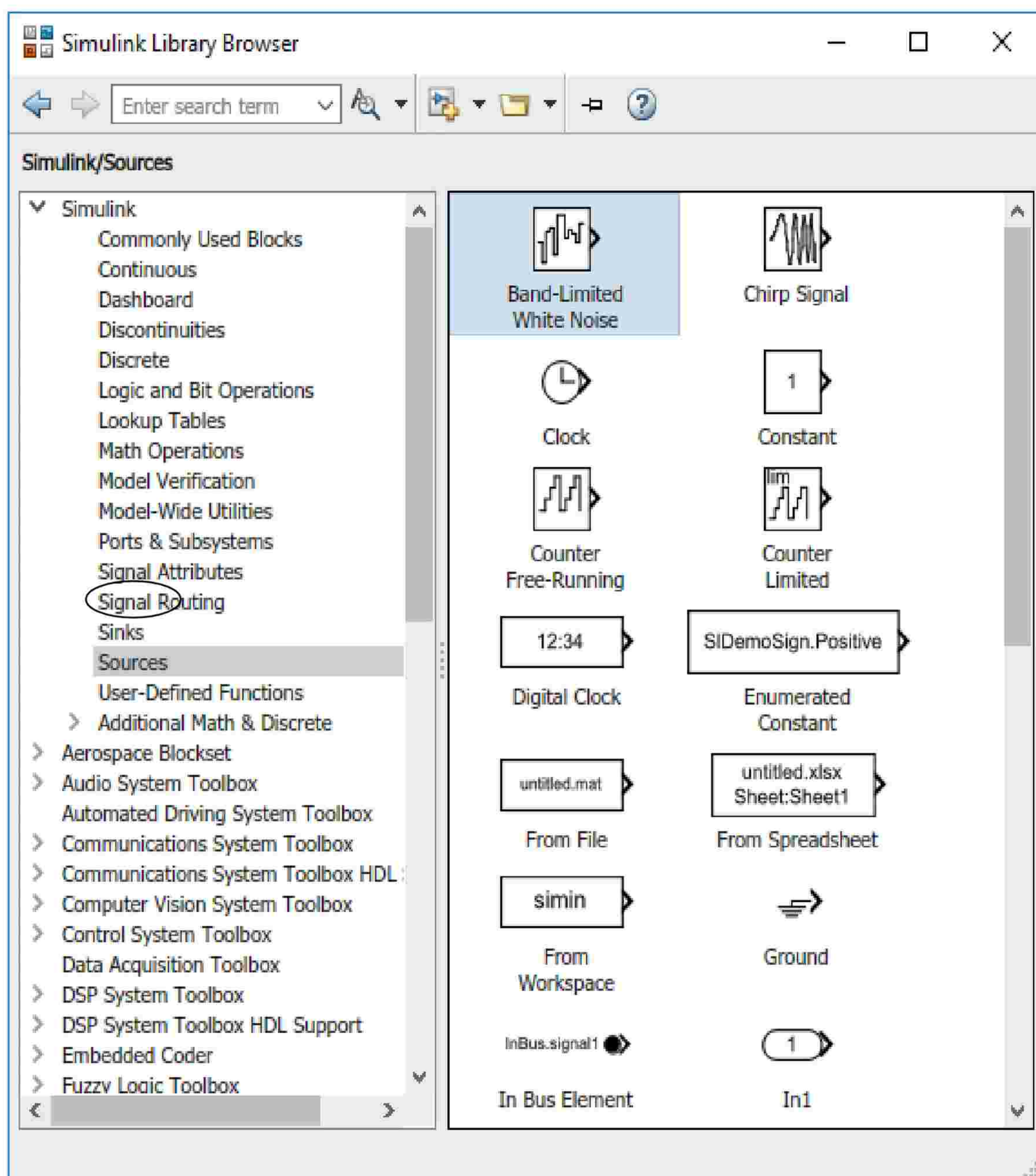


Рис. 1.14. Экранная форма «Sources»

Поскольку входной сигнал постоянного уровня, то выбираем элемент источник сигнала с постоянной амплитудой «Constant» (рис. 1.15) и добавляем его в модель.

Необходимо настроить параметры элемента источника сигнала в модели. Для этого необходимо открыть вкладку элемента «Constant» (рис. 1.16). По умолчанию значение константы равно 1.



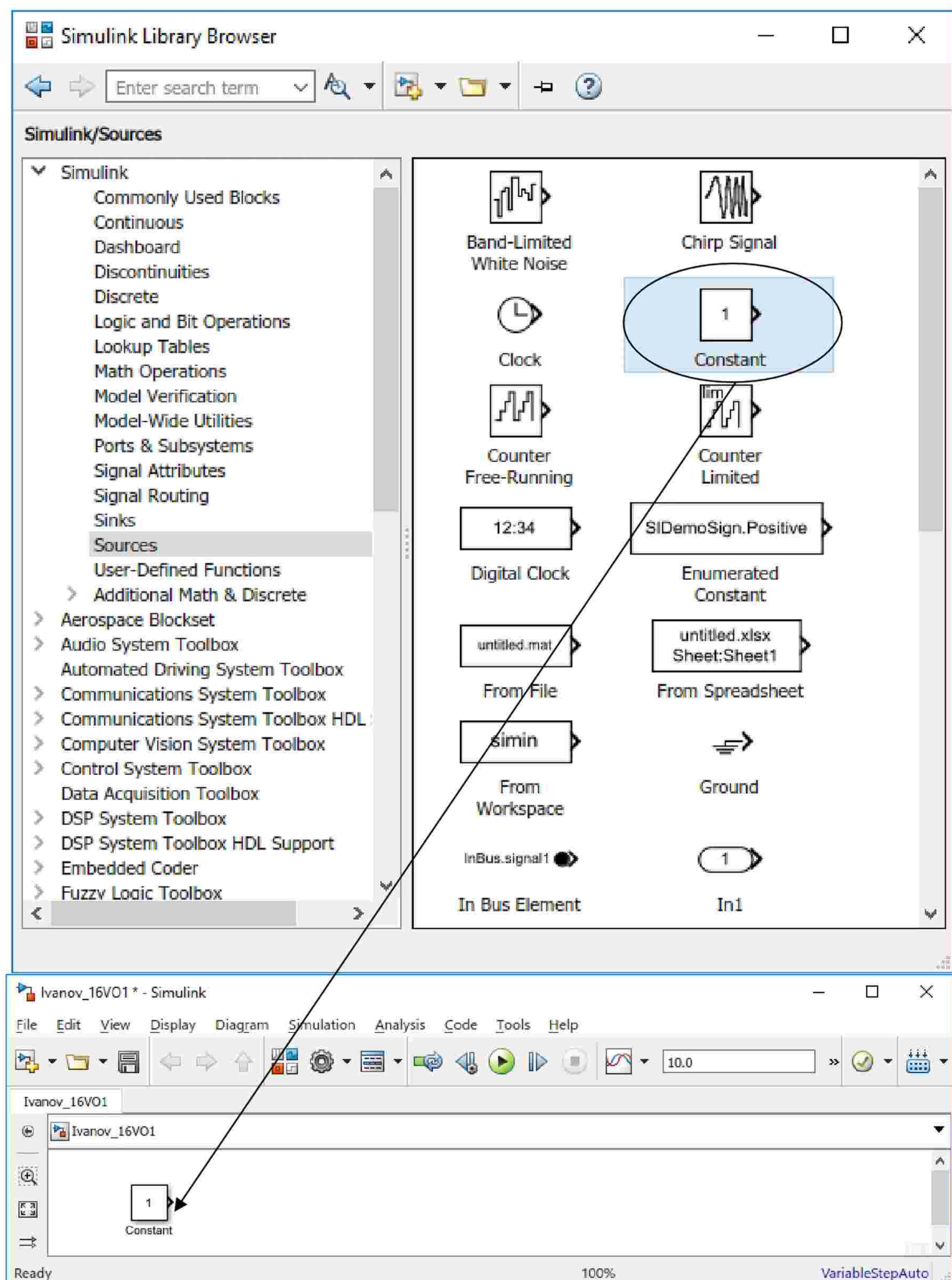


Рис. 1.15. Добавление элемента «Constant»



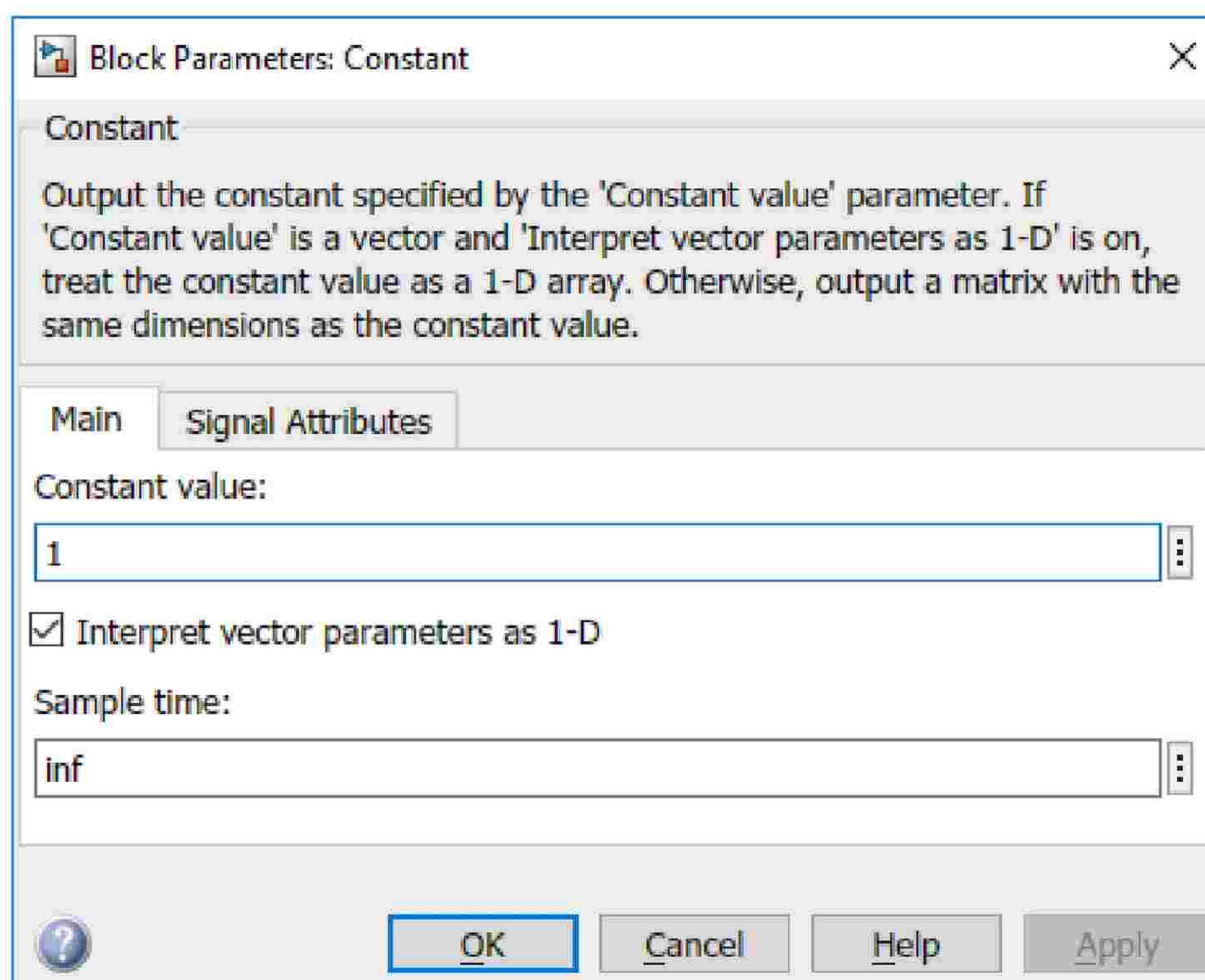


Рис. 1.16. Вкладка элемента «Constant»

Ввести заданное значение константы, например  $X = 5,123456789$ , и нажать кнопку «OK» (рис. 1.17).

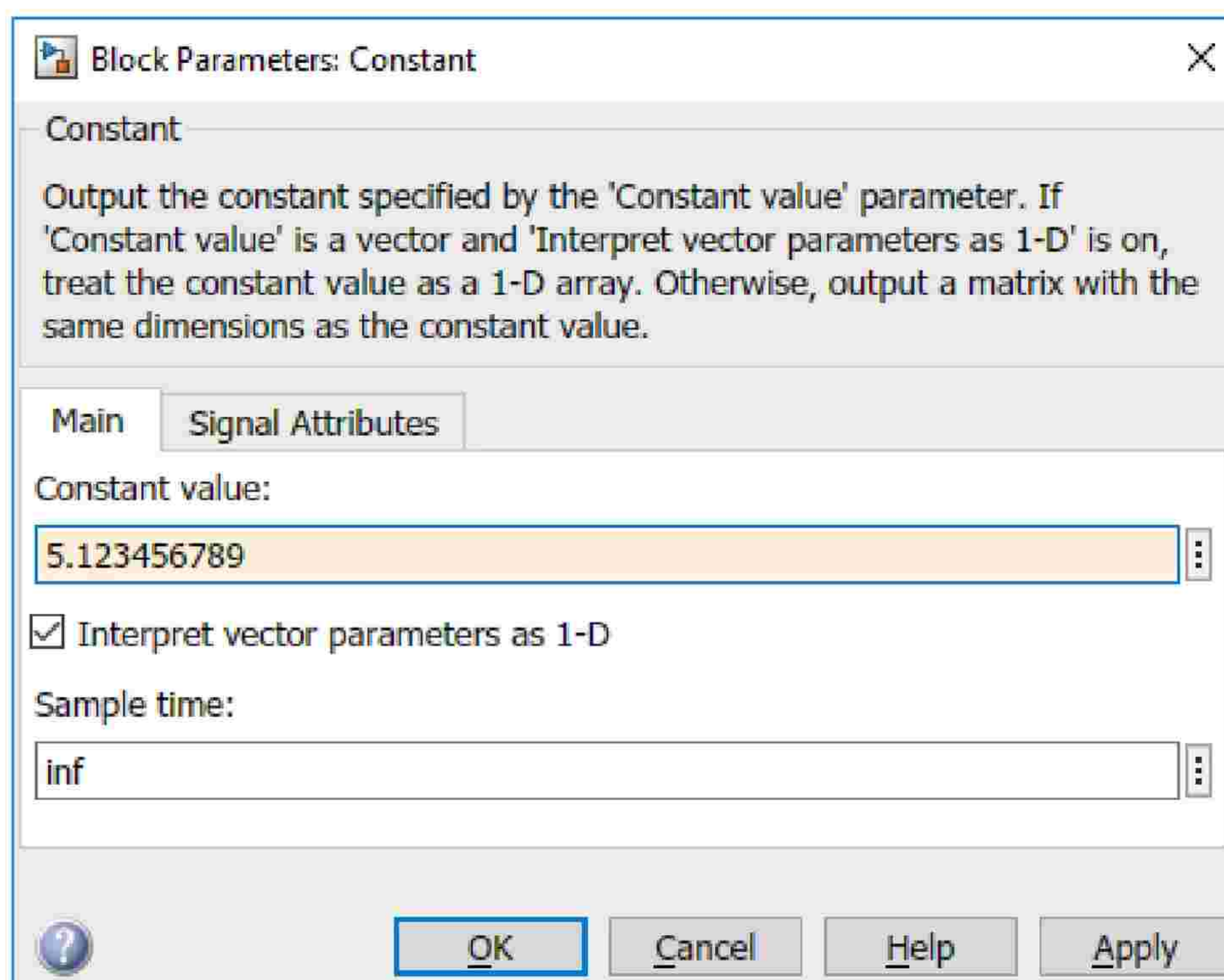


Рис. 1.17. Ввод значения константы



Затем необходимо настроить размеры элемента «Constant» (рис. 1.18).

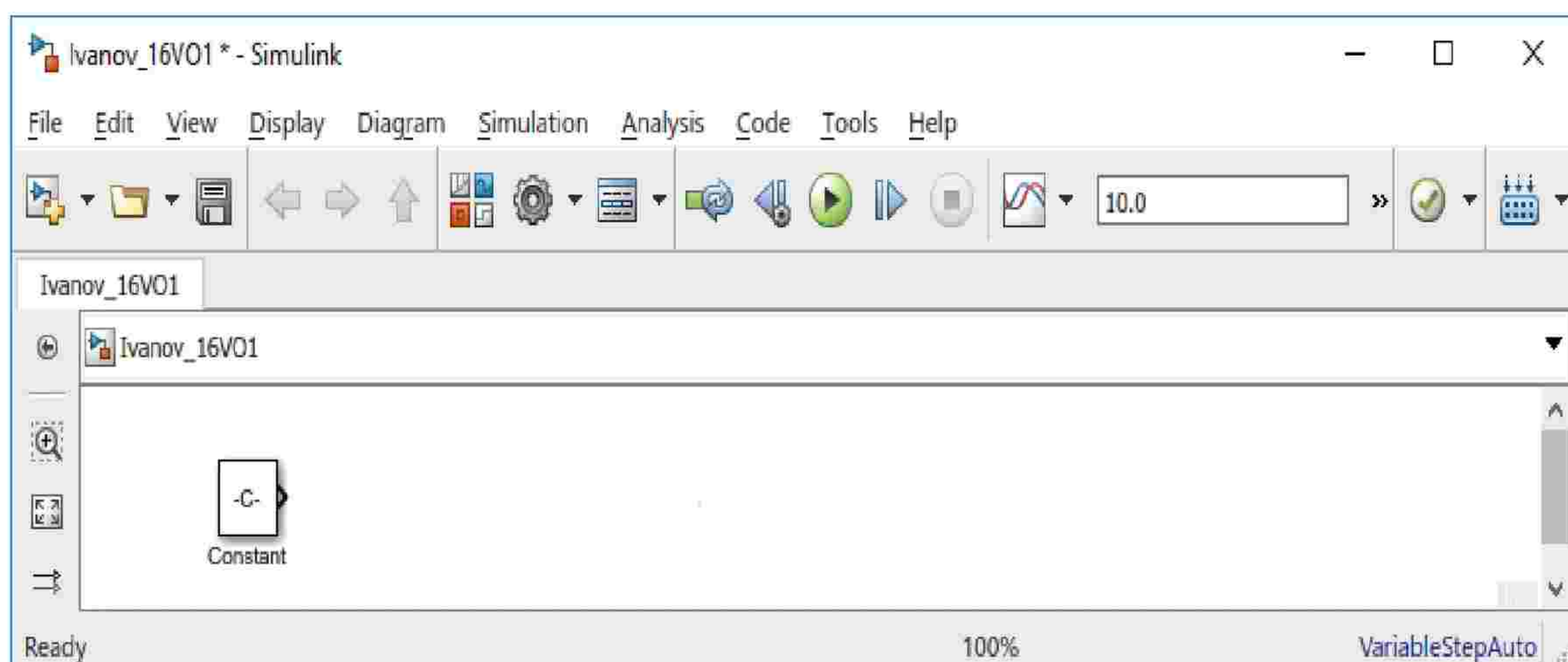


Рис. 1.18. Настройка размеров элемента «Constant»

Для этого необходимо «растянуть» прямоугольник по оси X до появления всего числа (рис. 1.19).

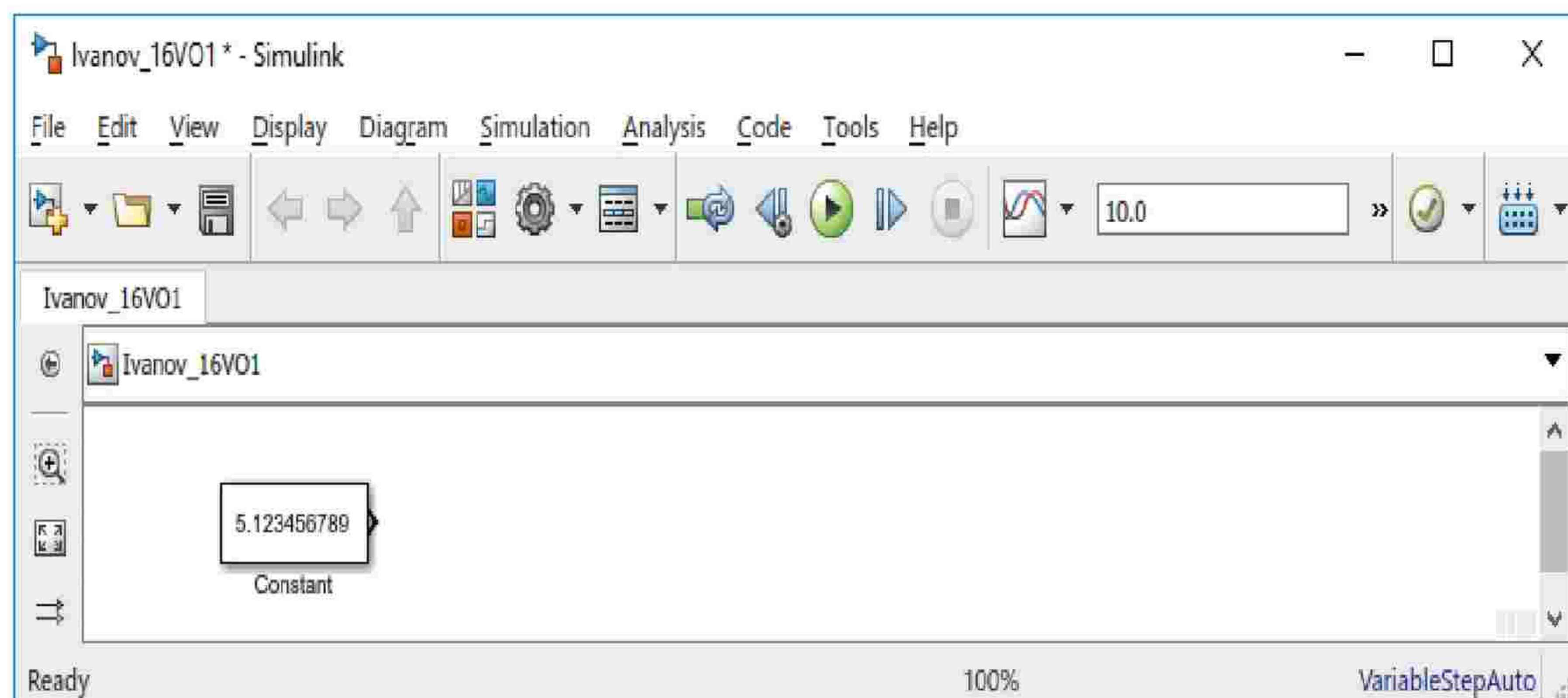


Рис. 1.19. Экранная форма модели с настроенным элементом «Constant»

## 6. Построение модели приемника сигнала.

Для построения модели приемника сигналов используется панель «приёмники» – «Sinks» (рис. 1.20).



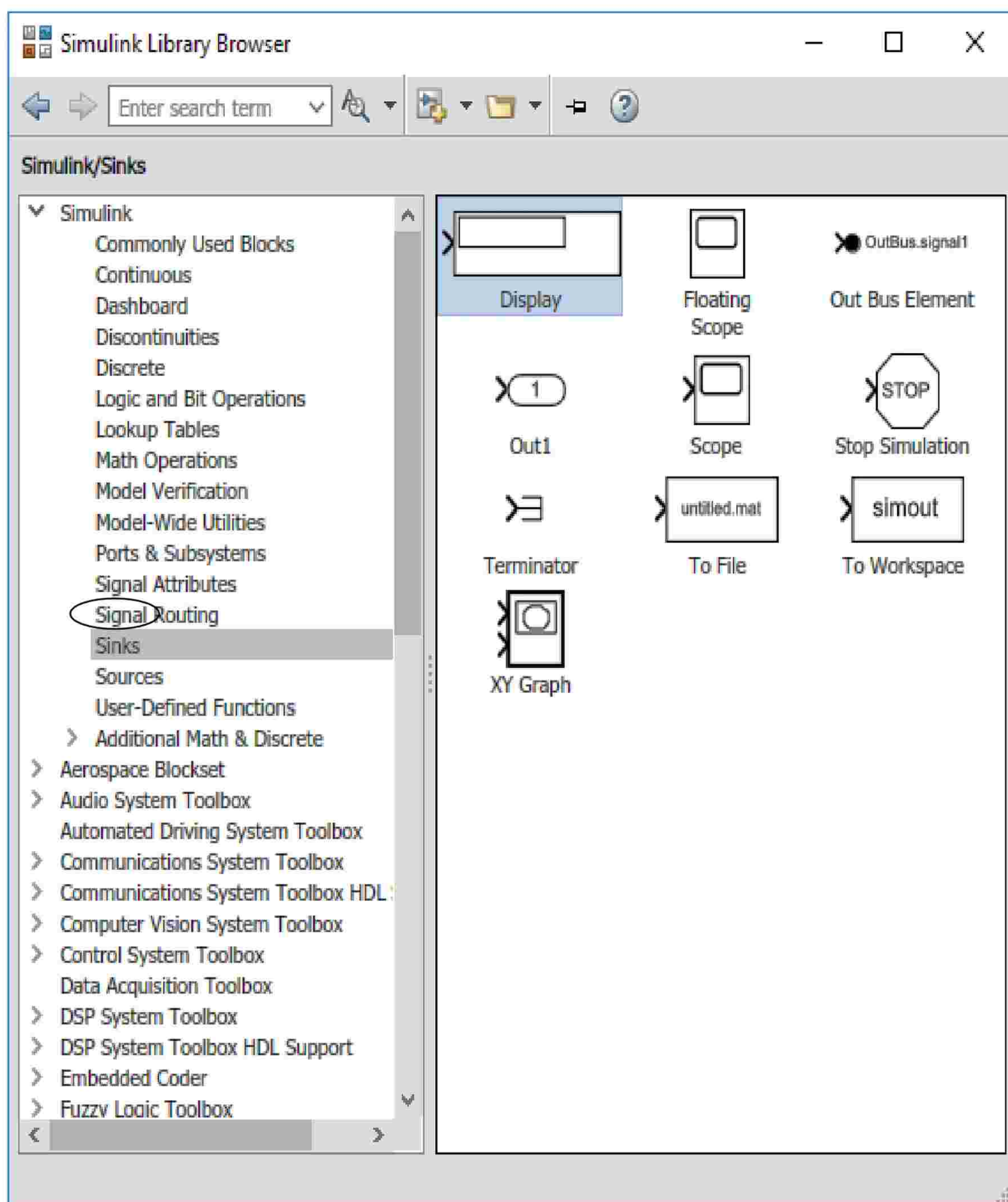


Рис. 1.20. Панель «приёмники» – «Sinks»

Затем необходимо добавить в модель приемник сигнала. Для этого необходимо выделить элемент «дисплей» – «Display» и перенести на рабочую страницу (рис. 1.21).

Затем необходимо настроить параметры приемника сигнала. Для этого необходимо открыть вкладку элемента – «Display» (рис. 1.22).



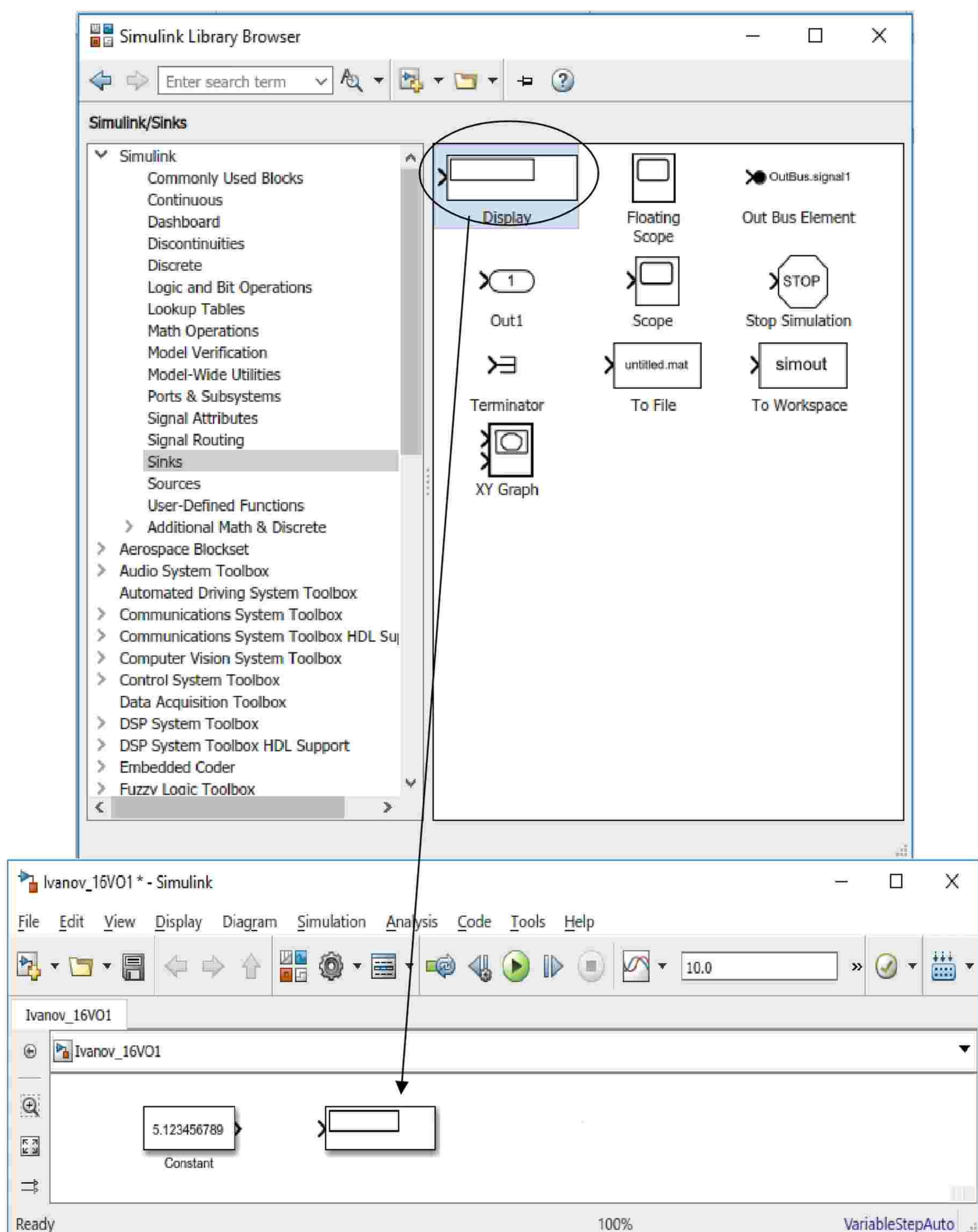


Рис. 1.21. Добавление в модель приемника сигнала



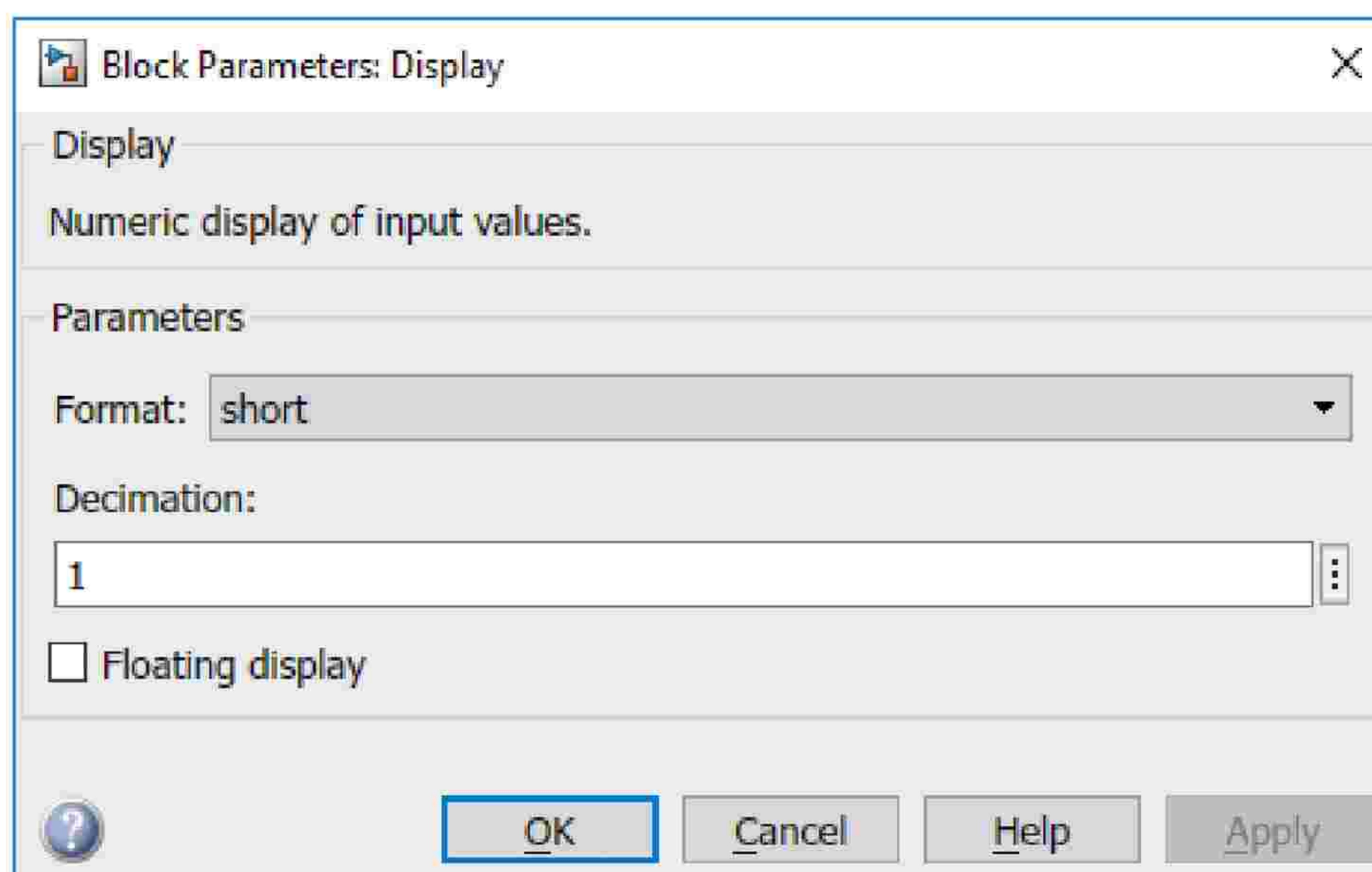


Рис. 1.22. Вкладка элемента «Display»

Затем выбрать формат выводимых числовых значений в поле «Format» (рис. 1.23).

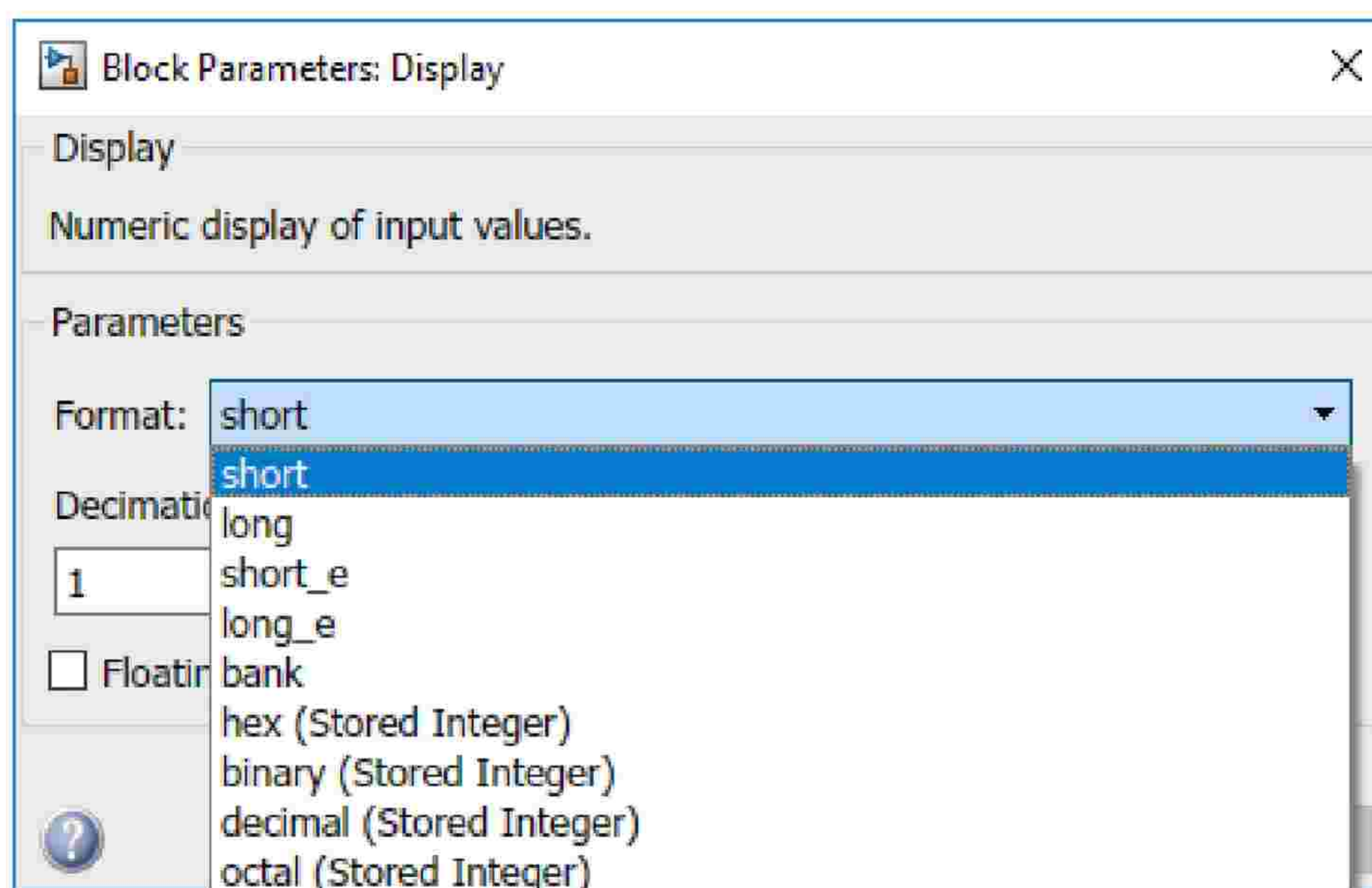


Рис. 1.23. Выбор формата выводимых числовых значений в поле «Format»

Например, выбрать формат «long», затем нажать кнопку «OK» (рис. 1.24).



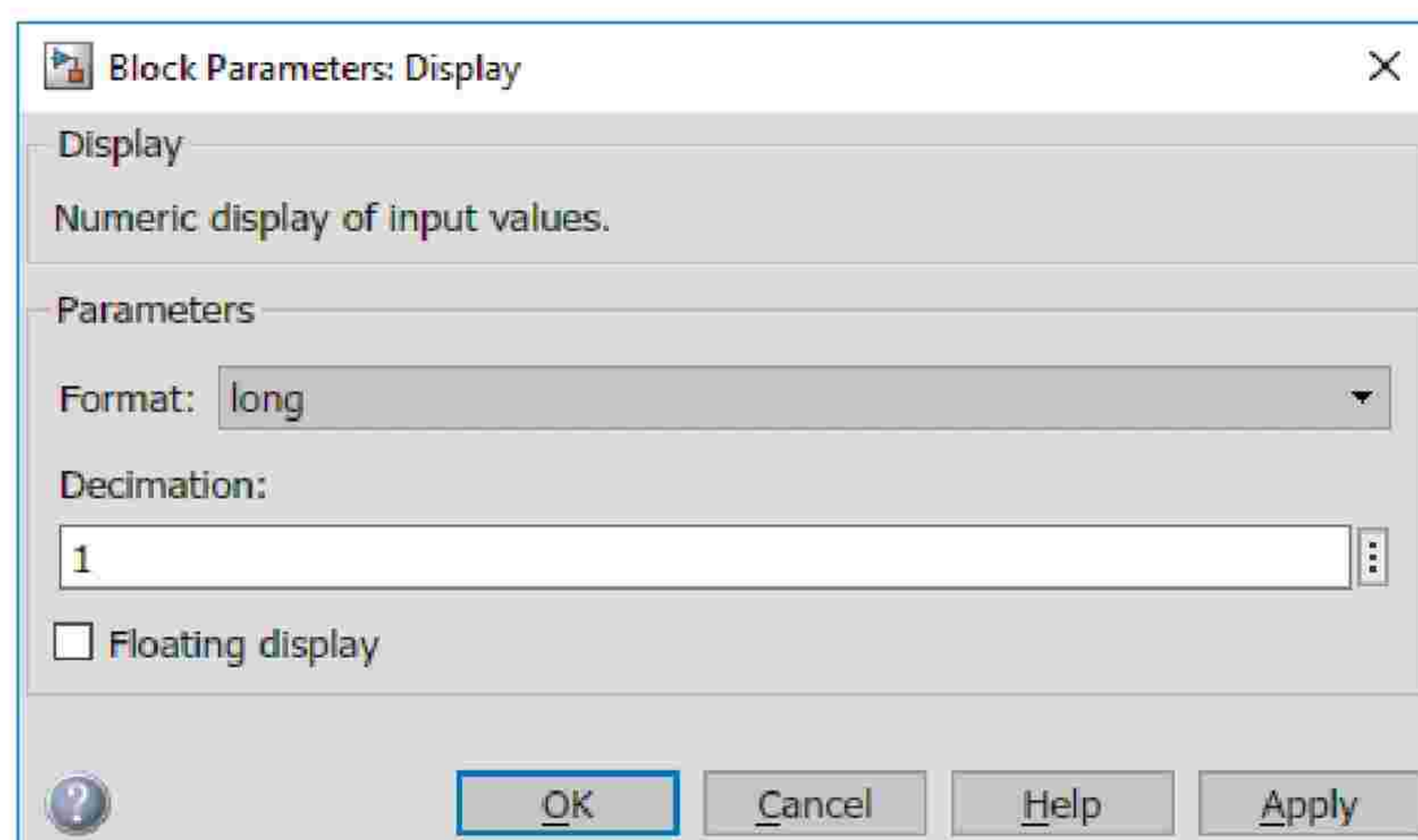


Рис. 1.24. Выбор формата «long»

Затем необходимо соединить выход модуля «константа» со входом элемента «Display» (рис. 1.25).

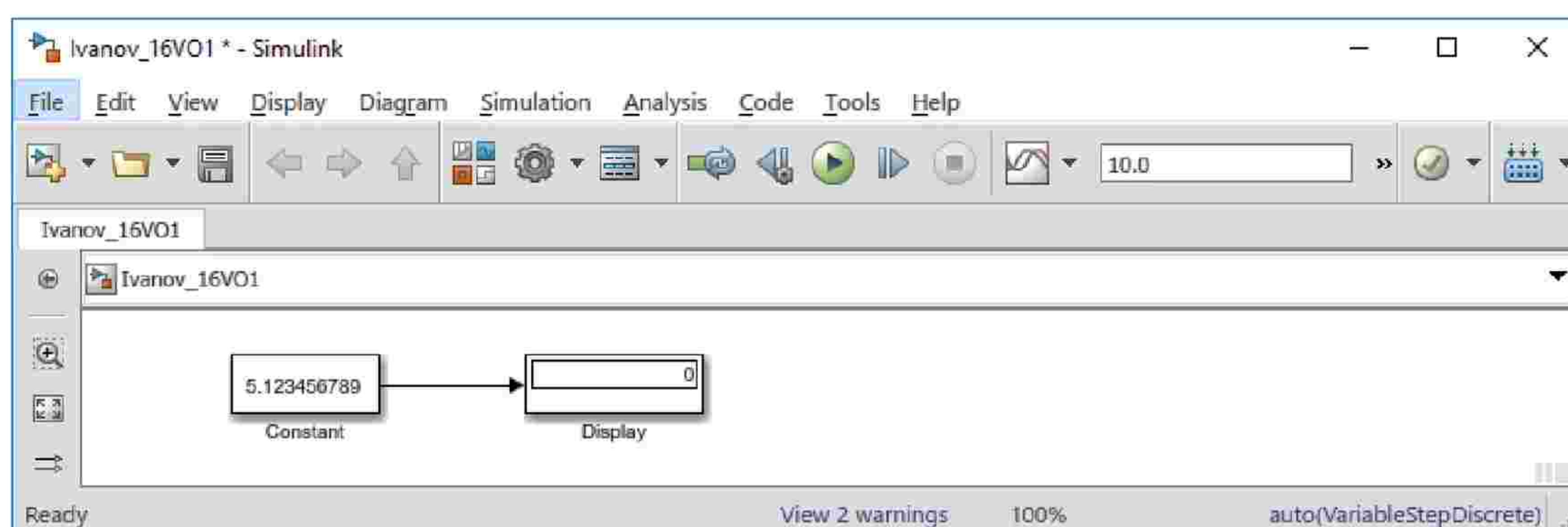


Рис. 1.25. Соединение выхода модуля «константа» со входом модуля «дисплей»

Затем необходимо проверить работу построенной модели. Для этого необходимо нажать кнопку «треугольник» (рис. 1.26).

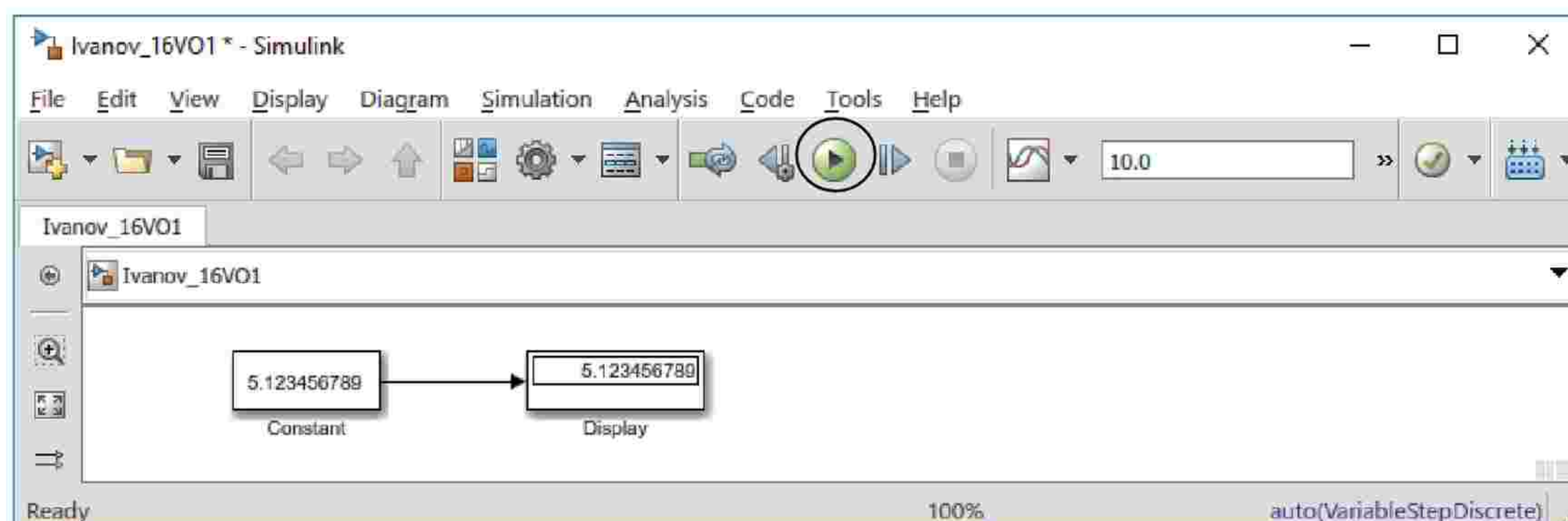


Рис. 1.26. Запуск модели

Для отображения всех цифр числового значения выходного сигнала необходимо настроить приемник сигнала на нужный формат вывода (выбран формат «long») (рис. 1.27).



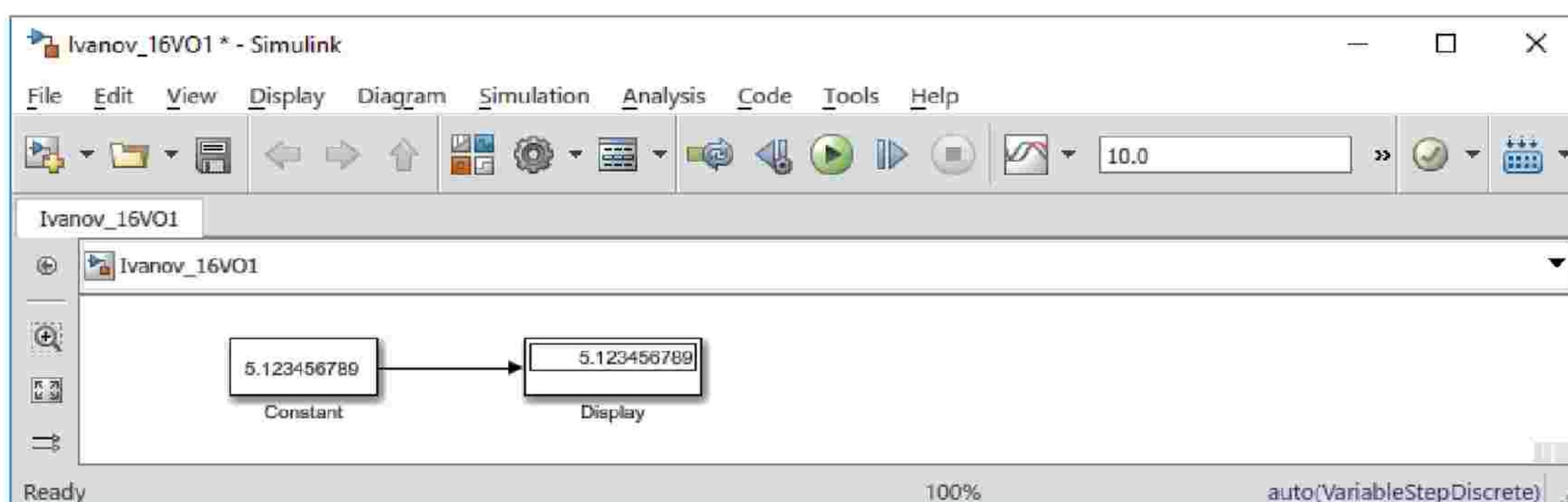


Рис. 1.27. Экранная форма модели (источник и приемник сигнала)

Далее для анализа работы построенной модели необходимо посмотреть выходной сигнал. Для этого необходимо добавить в модель элемент «осциллограф» «Scope» (рис. 1.28) из панели «Sinks» «приемники».

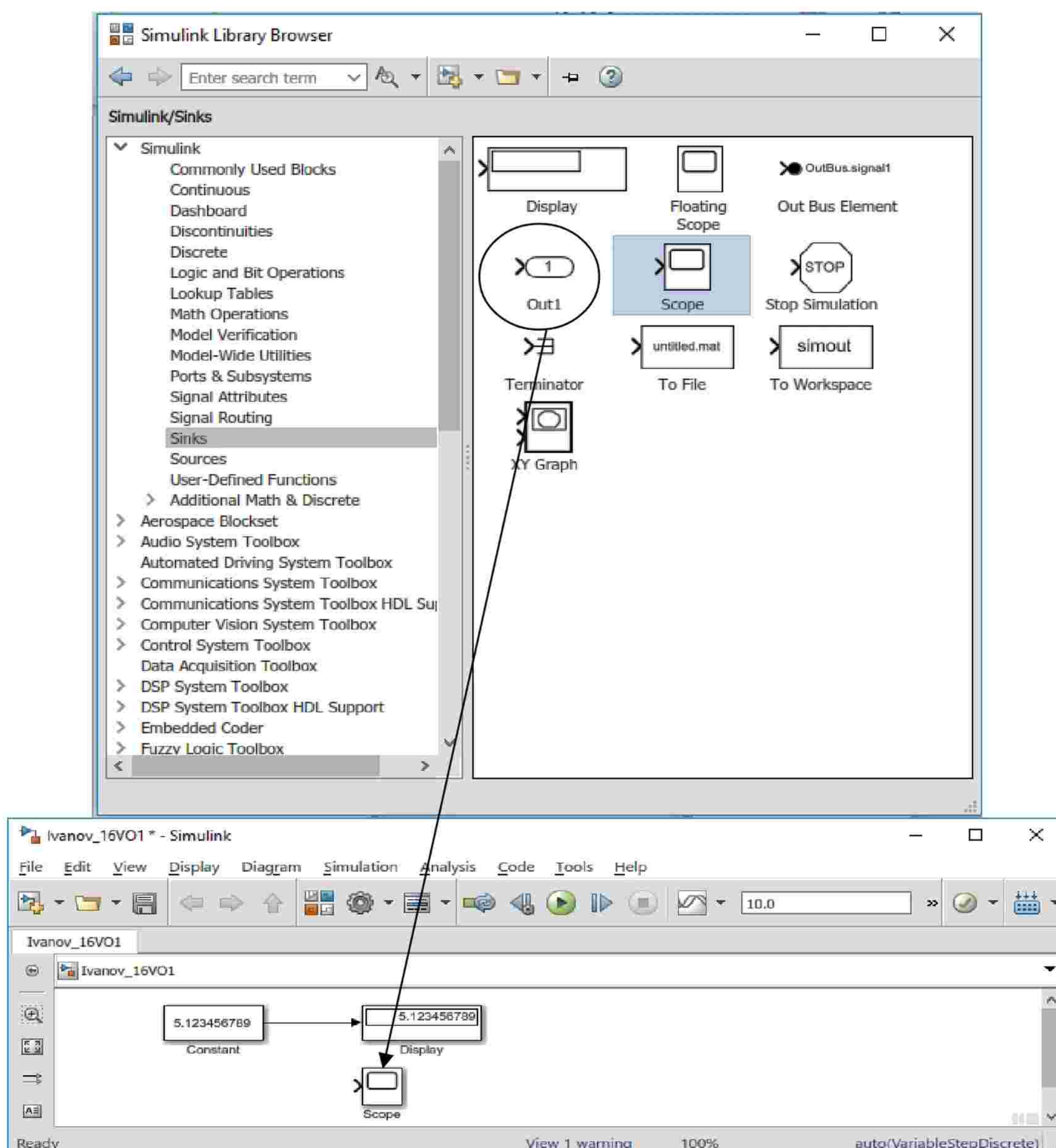


Рис. 1.28. Модель с элементом «осциллограф»



Далее необходимо настроить параметры элемента «Scope». Для этого надо выполнить двойной «клик» левой кнопкой мыши на изображении осциллографа в модели. Открывается экранная форма «Scope» (рис. 1.29).

При нажатии кнопки «параметры» откроется окно «Configuration Properties: Scope» (рис. 1.30).

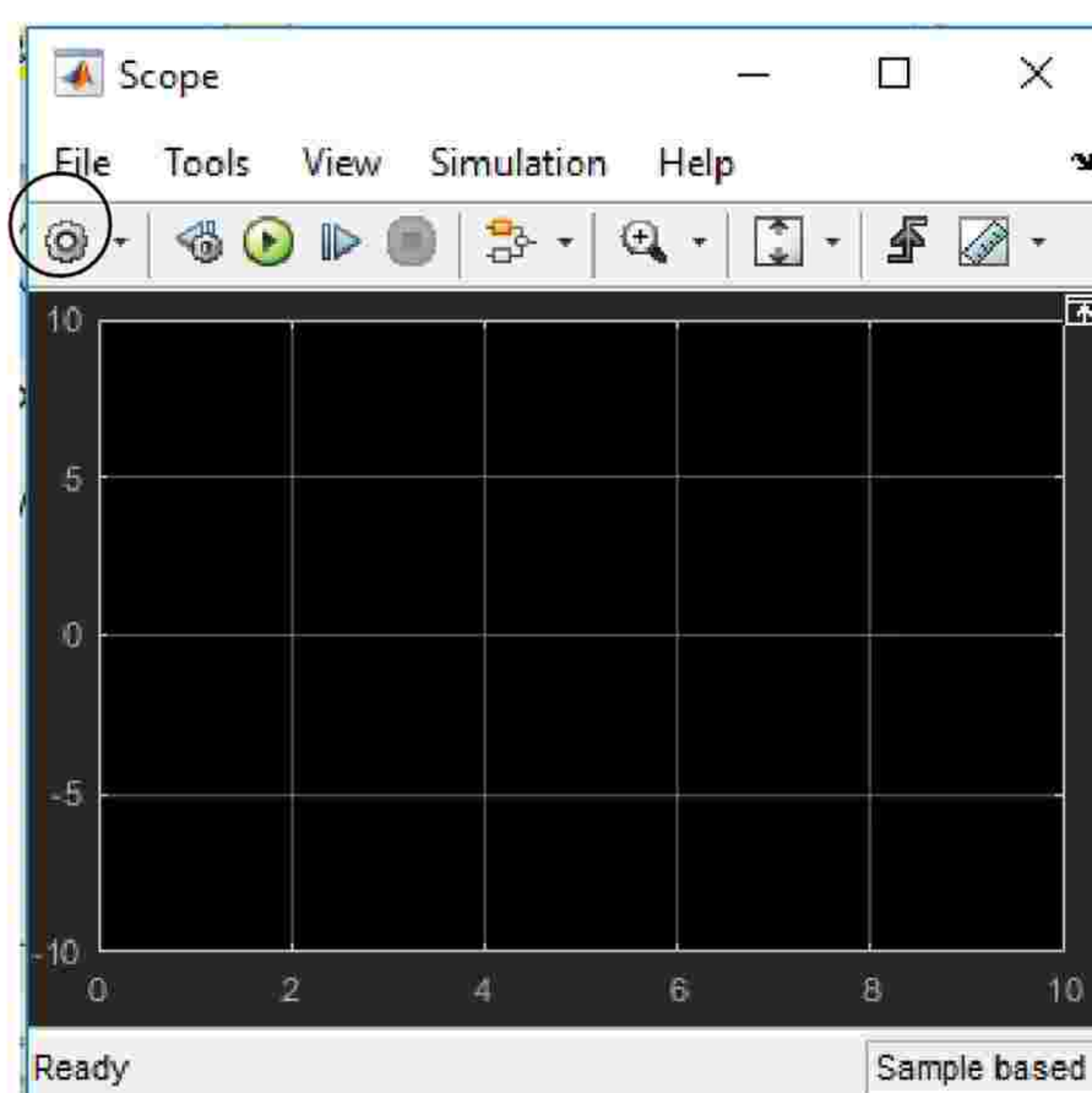


Рис. 1.29. Экранная форма «Scope»

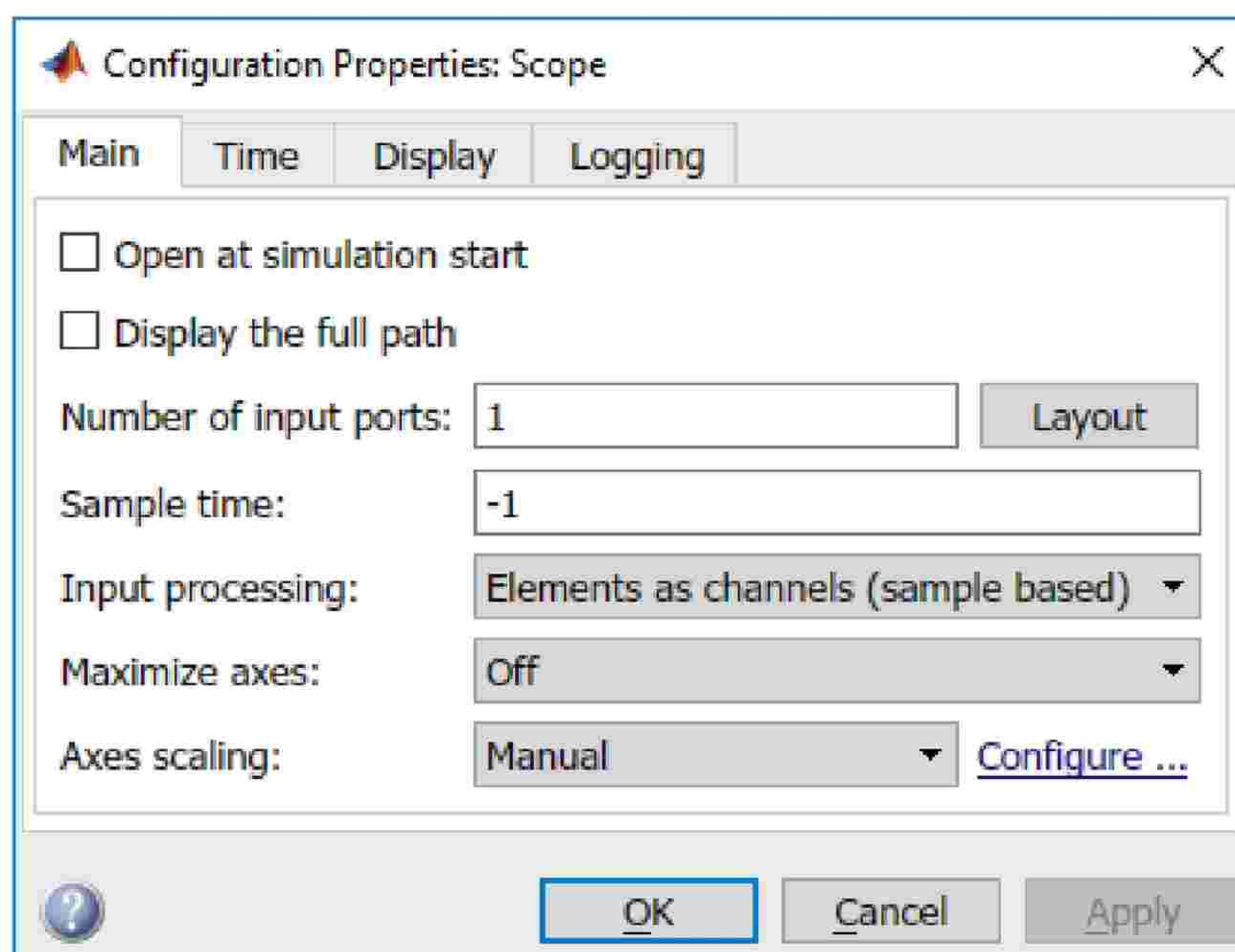


Рис. 1.30. Окно «Configuration Properties: Scope»

В поле «Number of input ports» можно установить количество экранов (по умолчанию установлен один экран) (рис. 1.31).



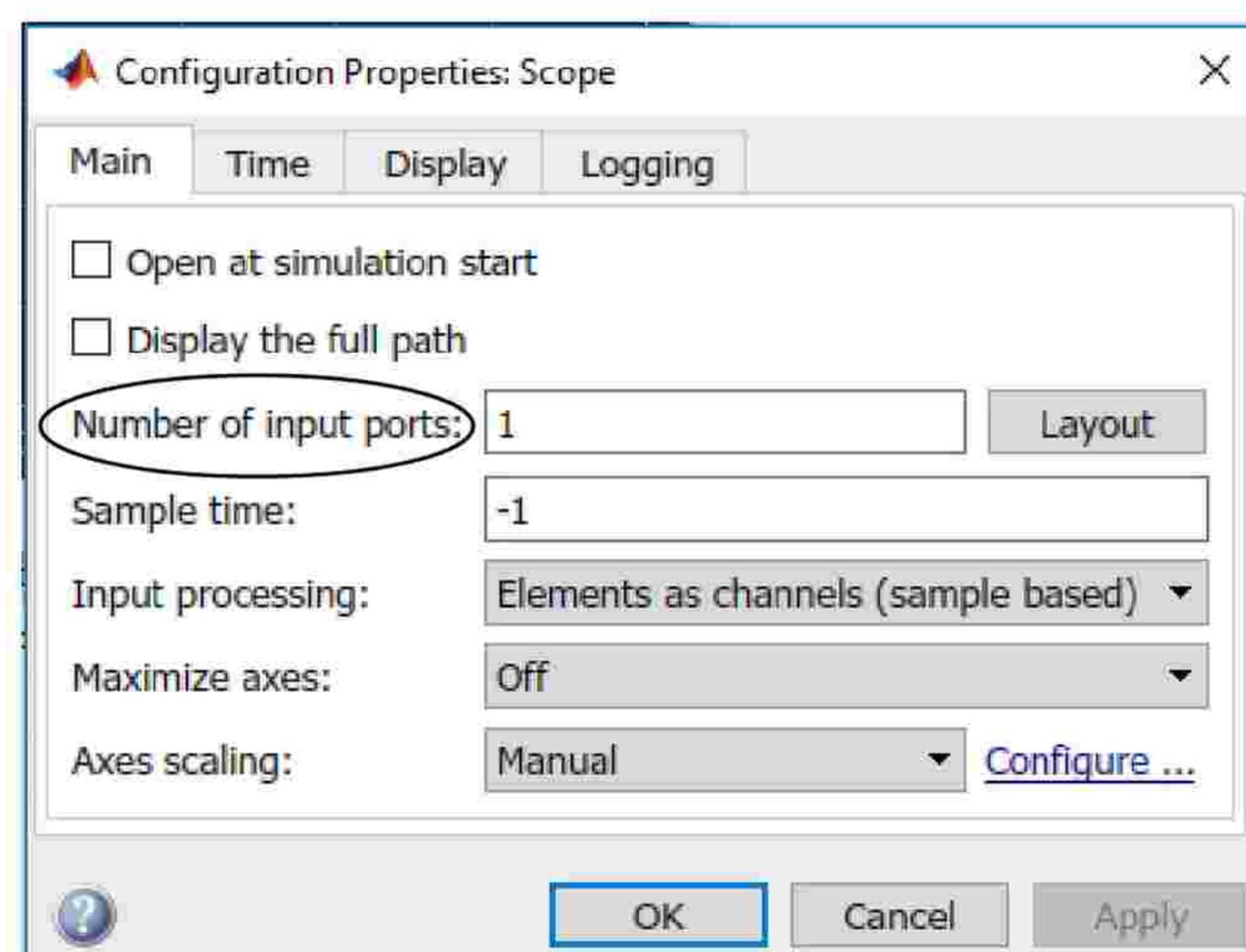


Рис. 1.31. Установка количества экранов

Если установить два экрана, то у осциллографа появится второй вход, а экранов станет два (рис. 1.32–1.34).

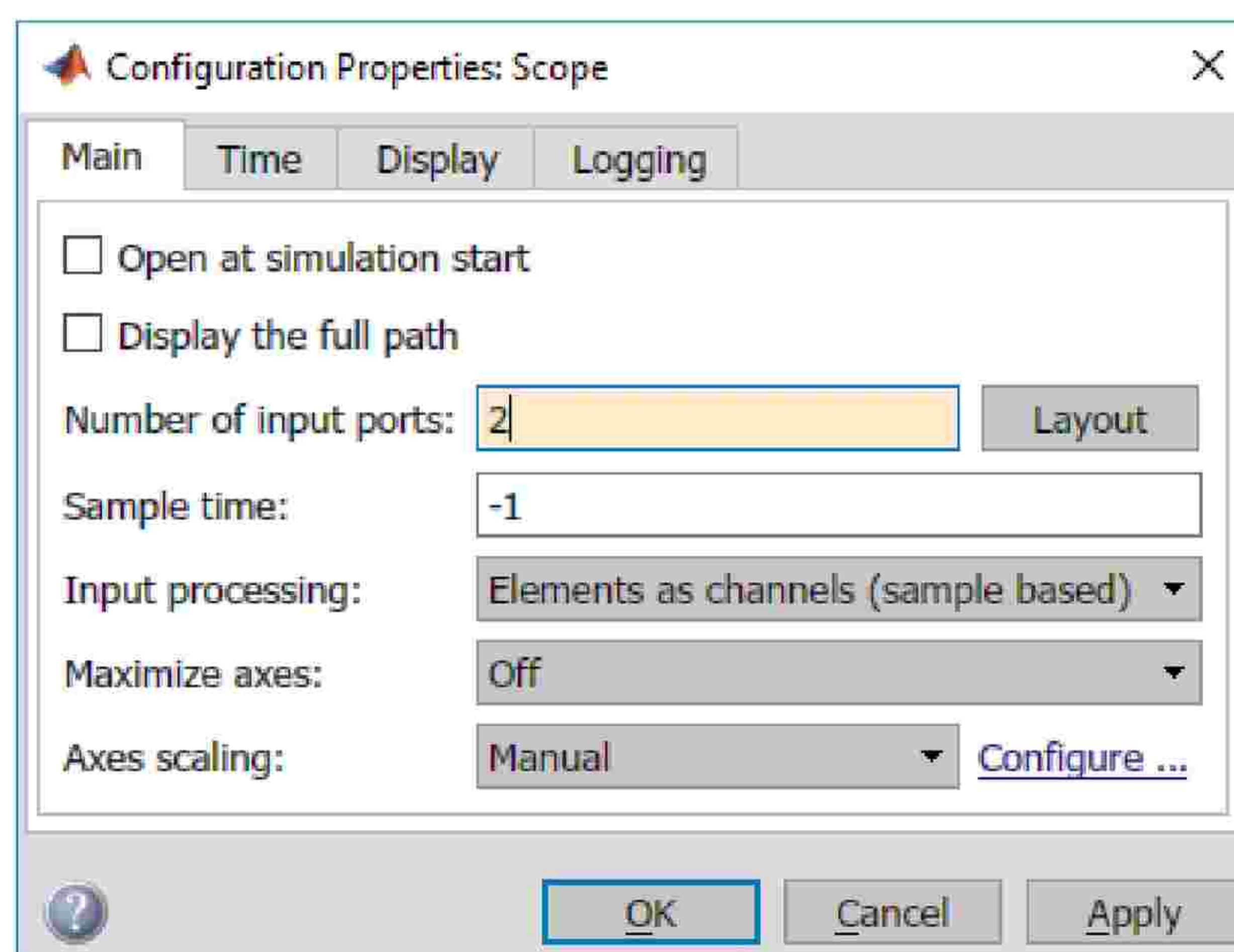


Рис. 1.32. Установка двух экранов

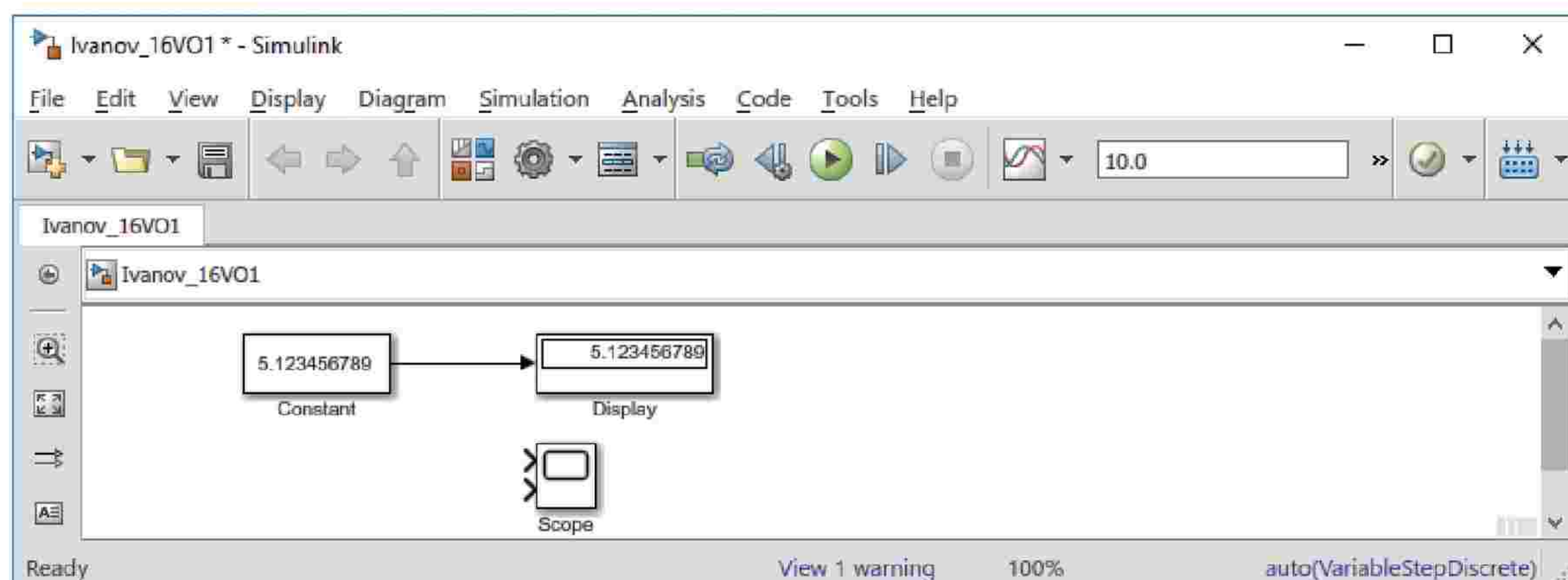


Рис. 1.33. Осциллограф с двумя входами



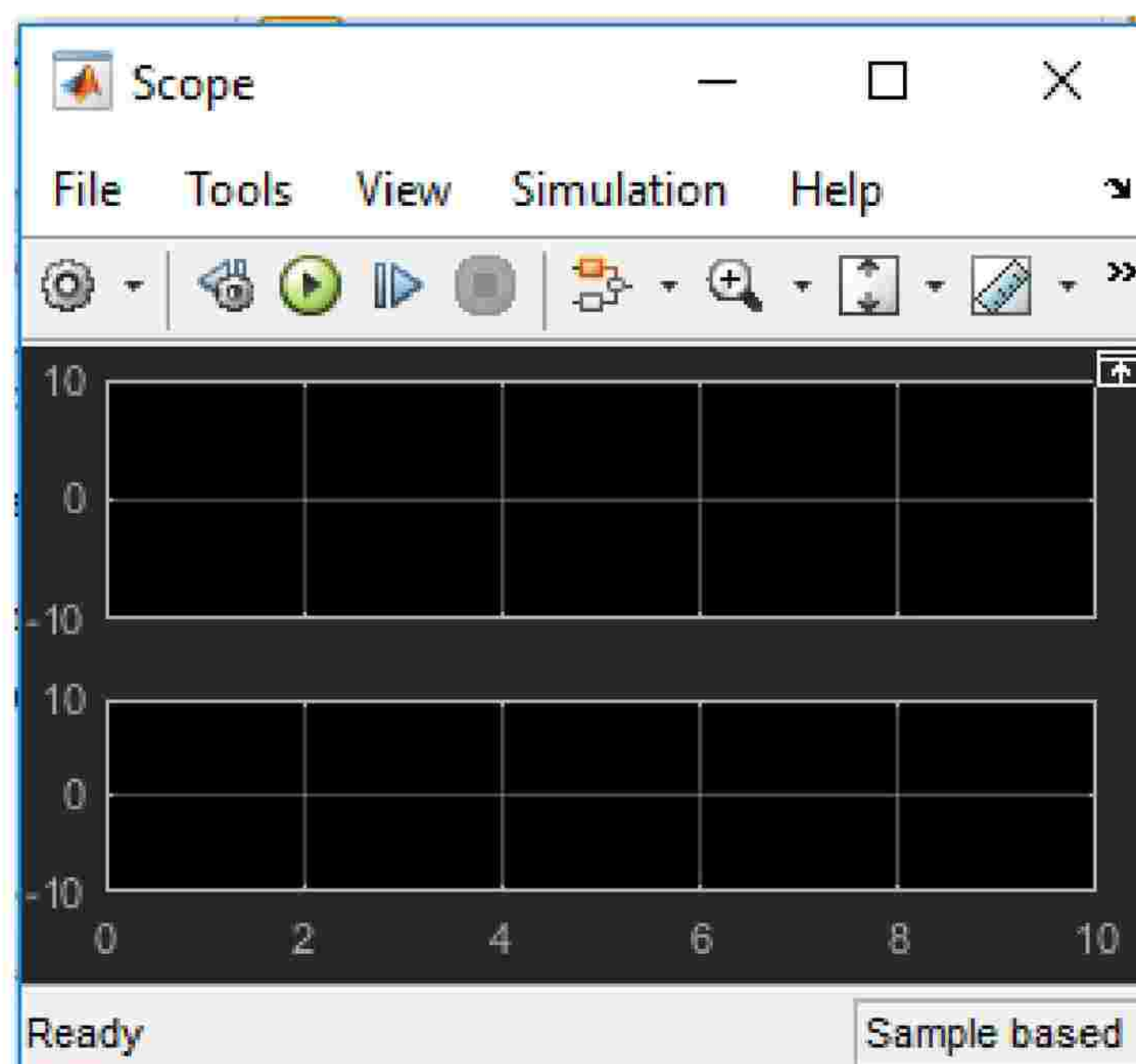


Рис. 1.34. Экраны осциллографа

В полях «Logging» устанавливается шаг построения графиков по оси X. По умолчанию задан дискретный шаг построения «Decimation», кратный 1 (рис. 1.35). В режиме «Sample time» можно задавать любой положительный шаг построения графика (рис. 1.36).

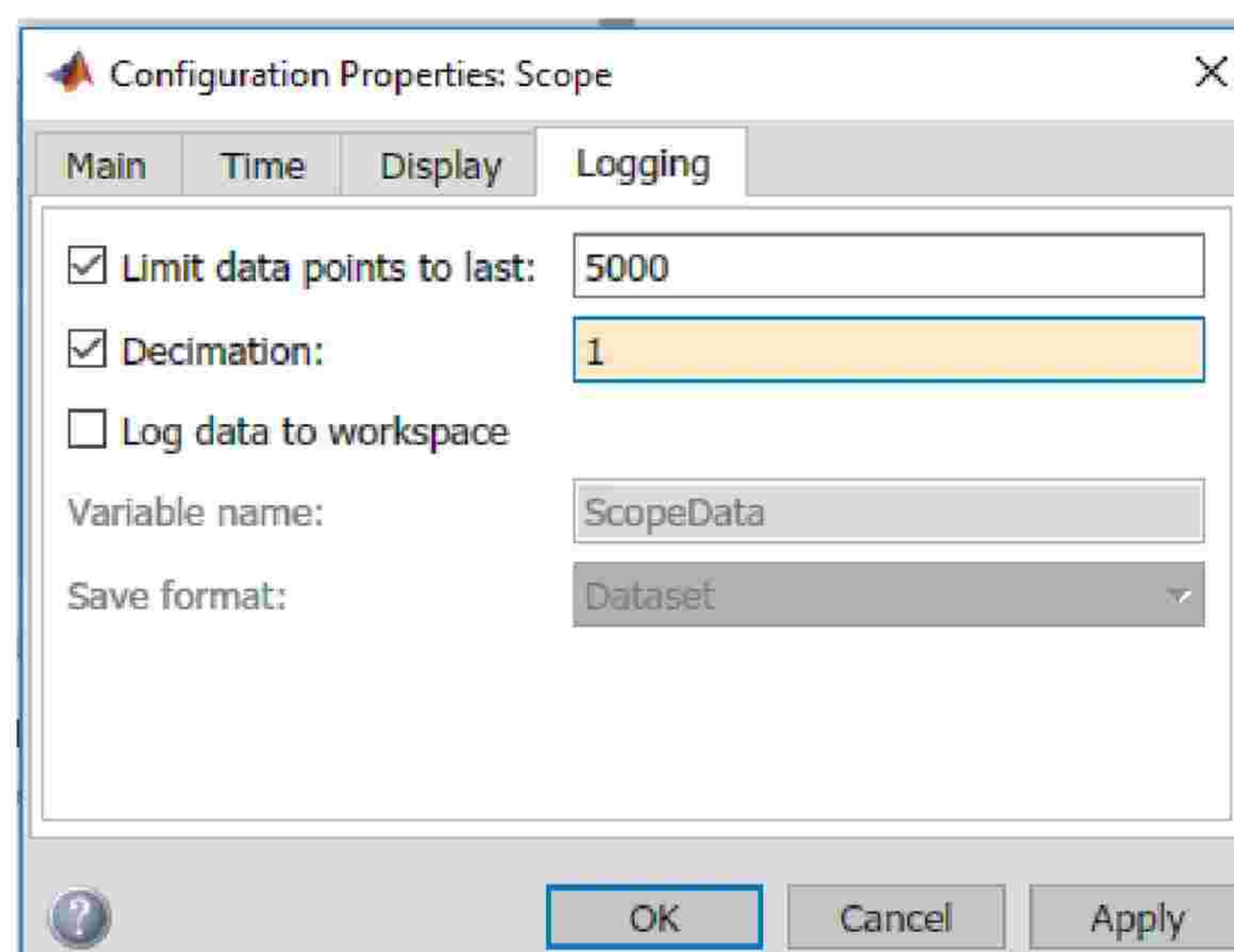


Рис. 1.35. Установка шага построения графиков по оси X в режиме «Decimation»



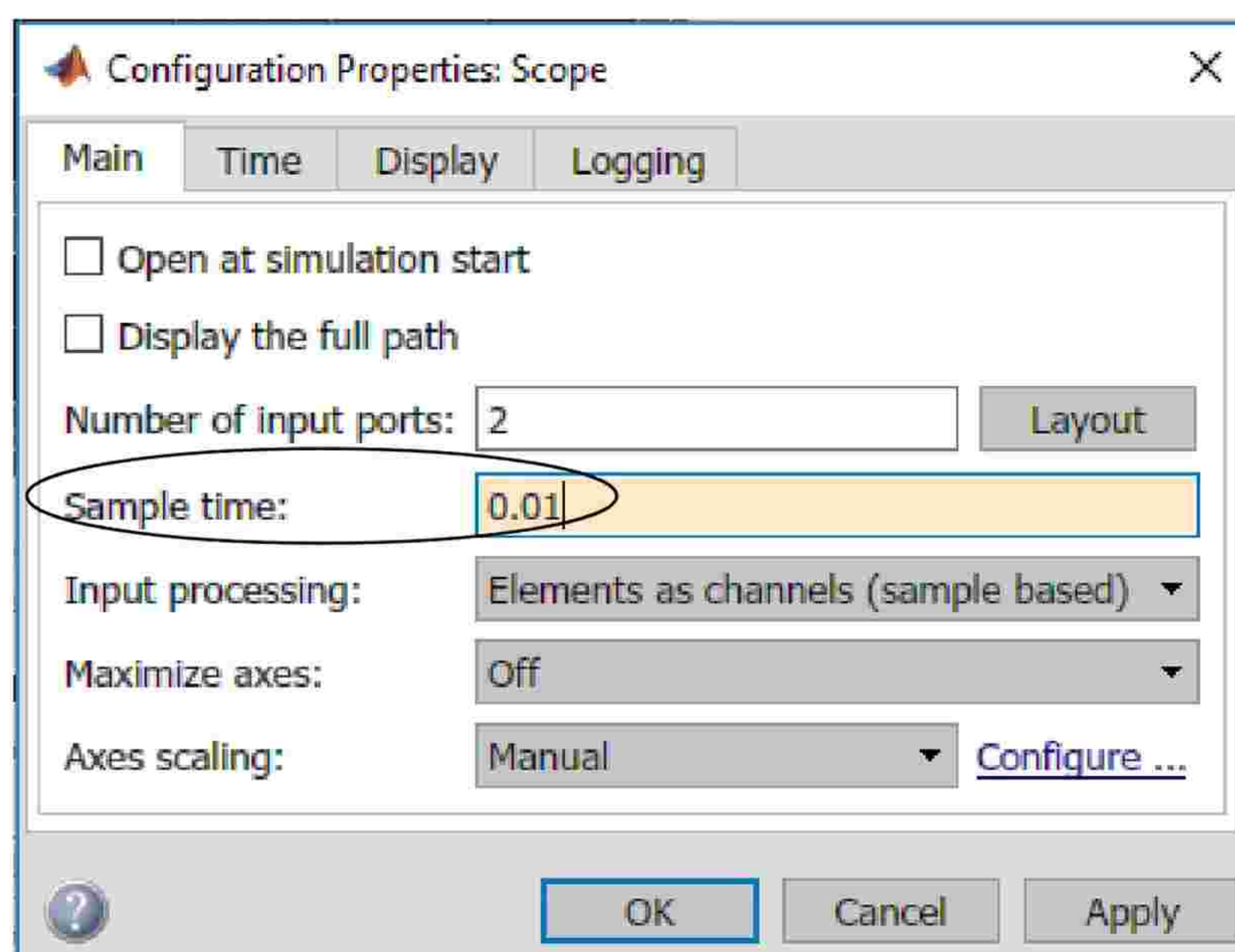


Рис. 1.36. Установка шага построения графиков по оси X в режиме «Sample time»

На вкладке «Logging» устанавливается ограничение на объём буфера хранения входных чисел. По умолчанию их число равно 5000 (рис. 1.37). Если убрать флажок в поле «Limit data points to last», то ограничение снимается, а цифра 5000 тускнеет (рис. 1.38).

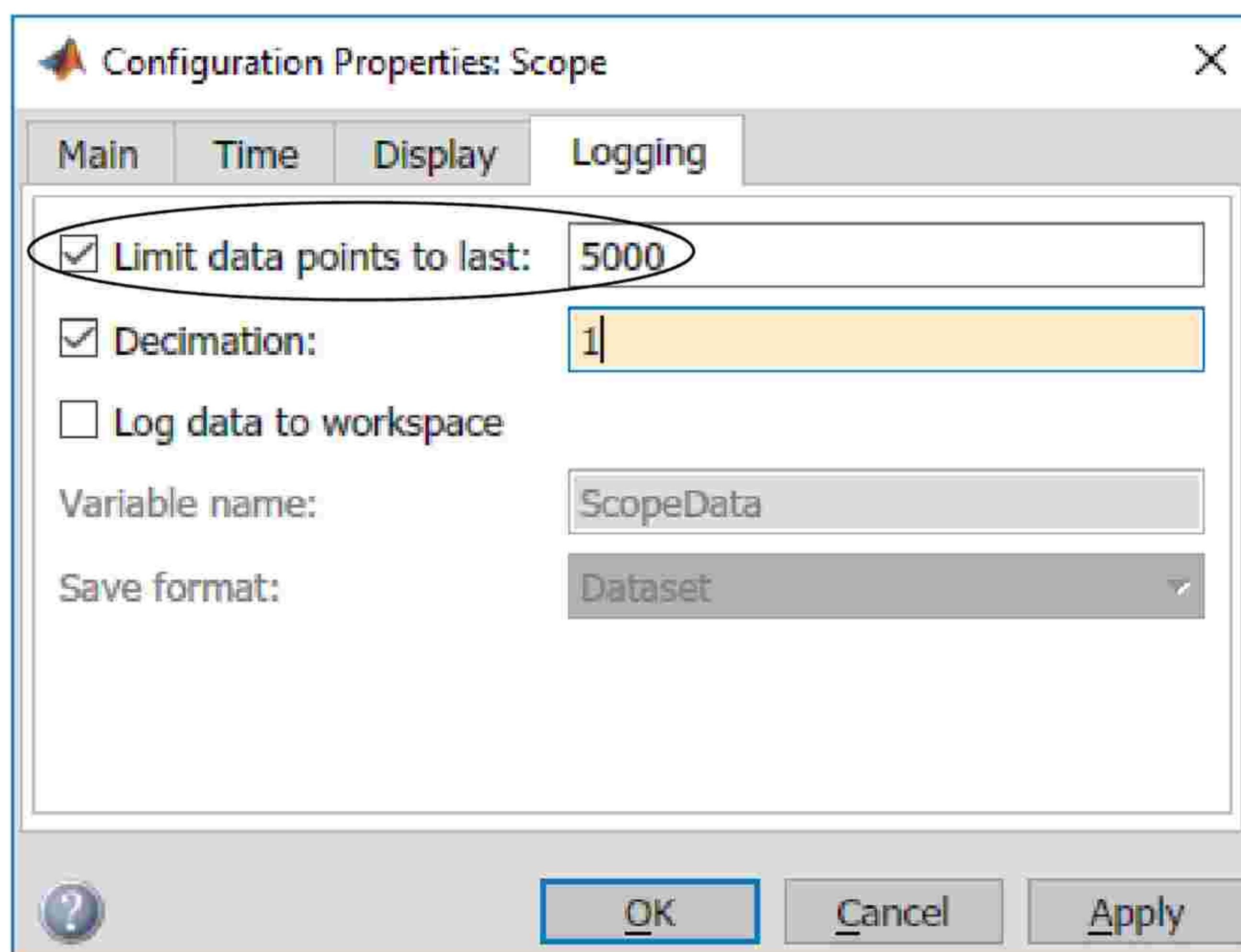


Рис. 1.37. Вкладка «Logging»



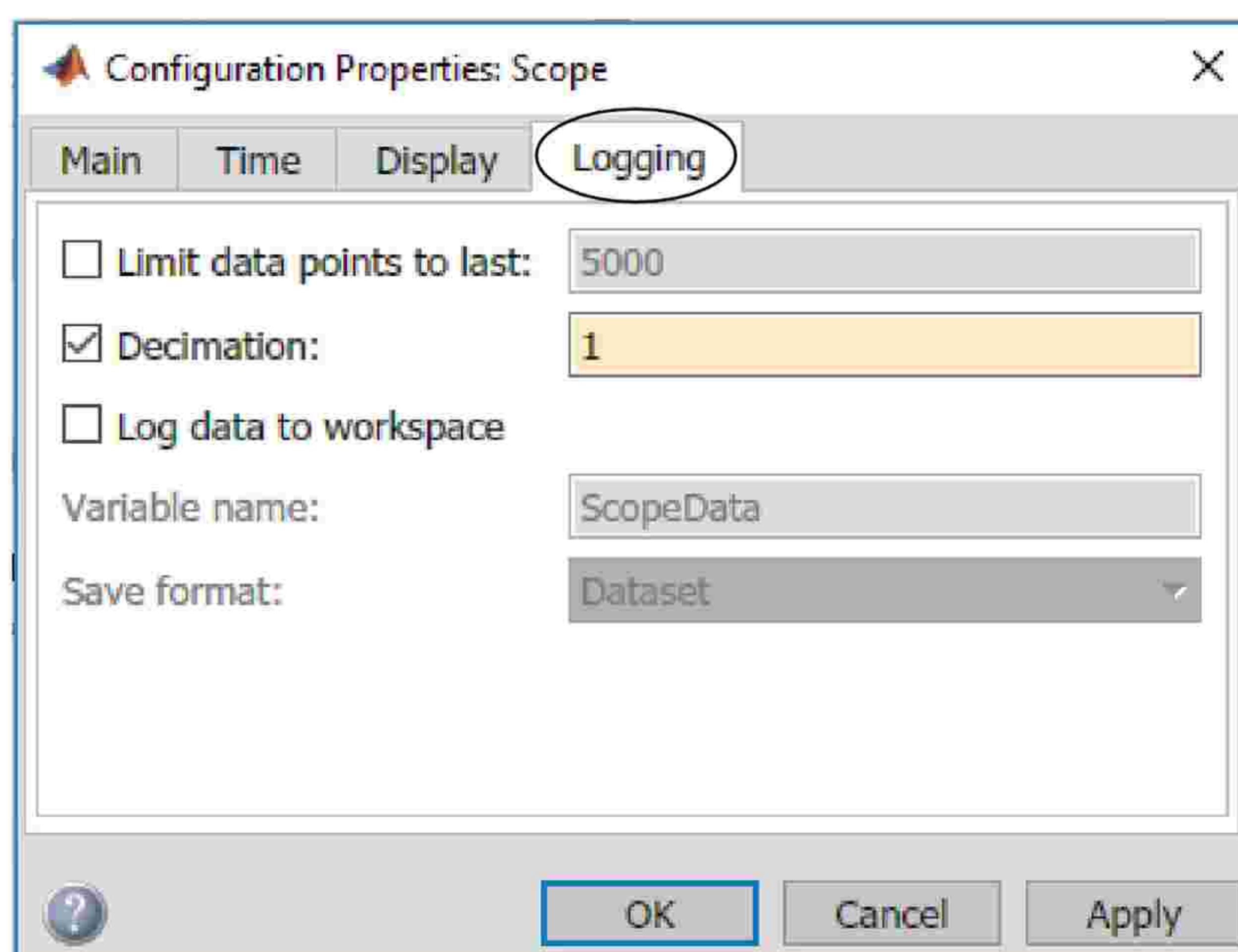


Рис. 1.38. Поле «Limit data points to last»

При нажатии значка «бинокль» в окне «Scope» изображение графика входного сигнала осциллографа автоматически масштабируется по осям X и Y (рис. 1.39, 1.40).

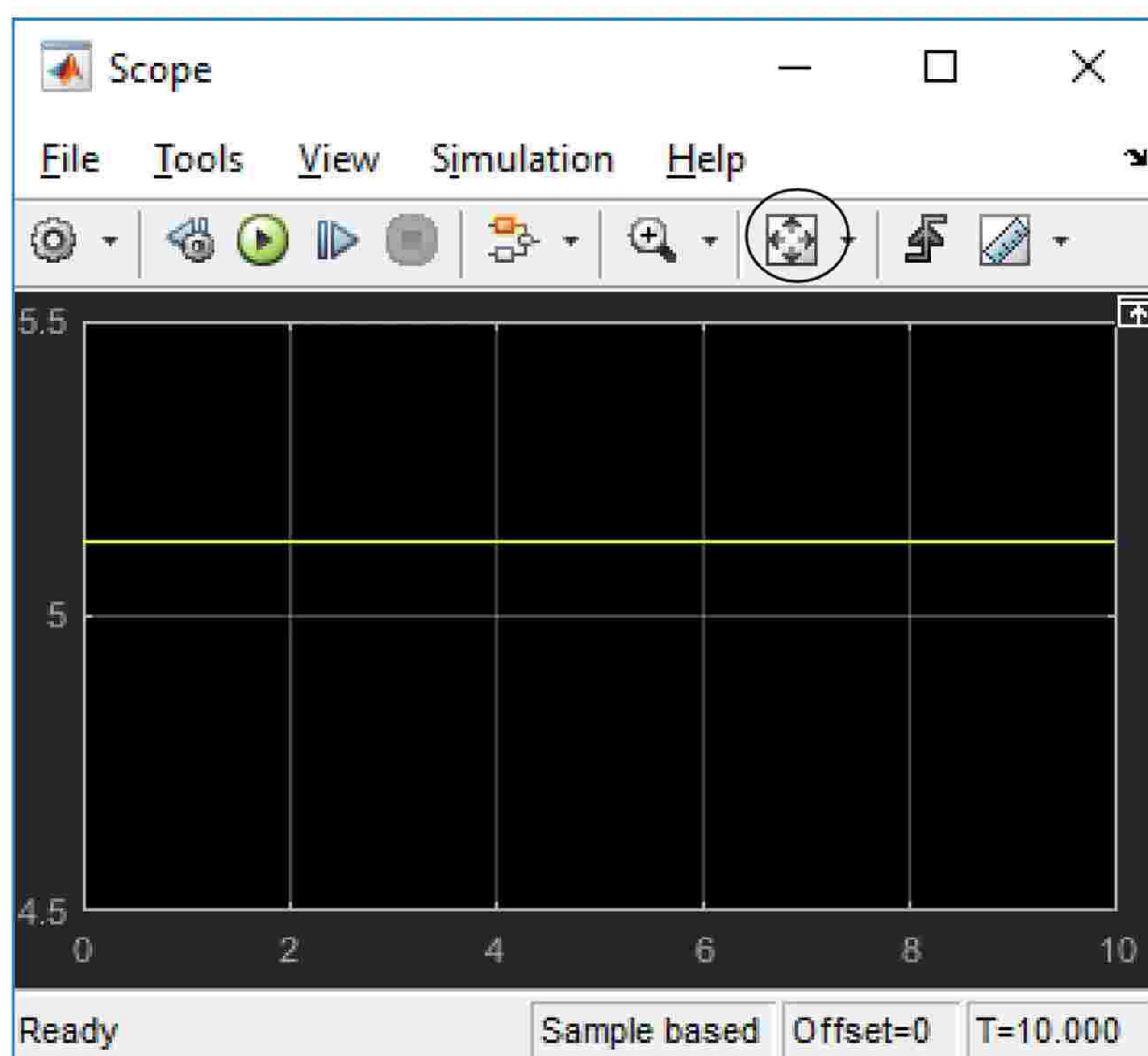


Рис. 1.39. Окно «Scope»



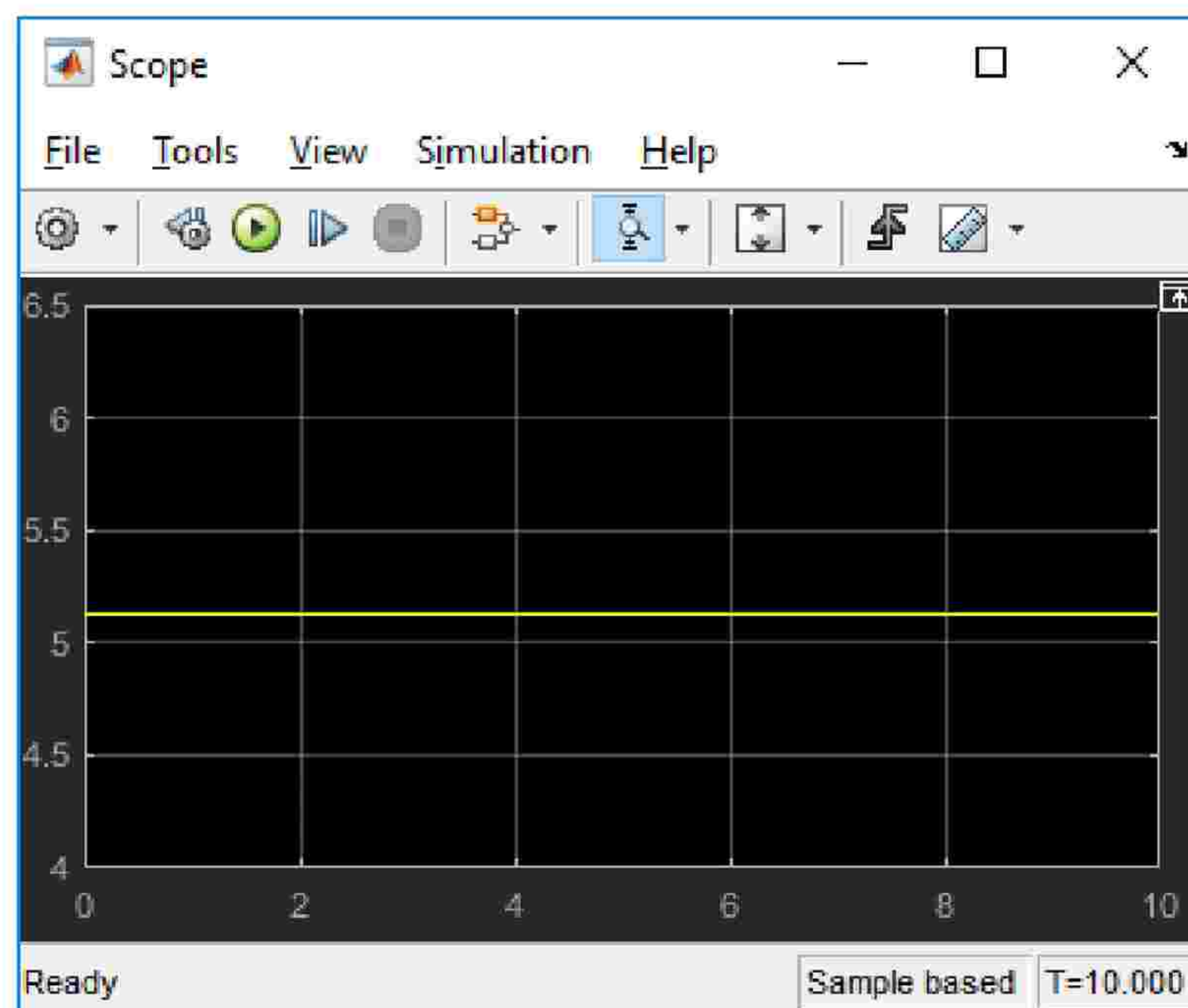


Рис. 1.40. Изображение графика входного сигнала осциллографа

При включённой кнопке X или Y с помощью курсора можно задать произвольные интервалы отображения по этим осям. Например, по оси Y задан интервал 4.5–5.5 (рис. 1.41).

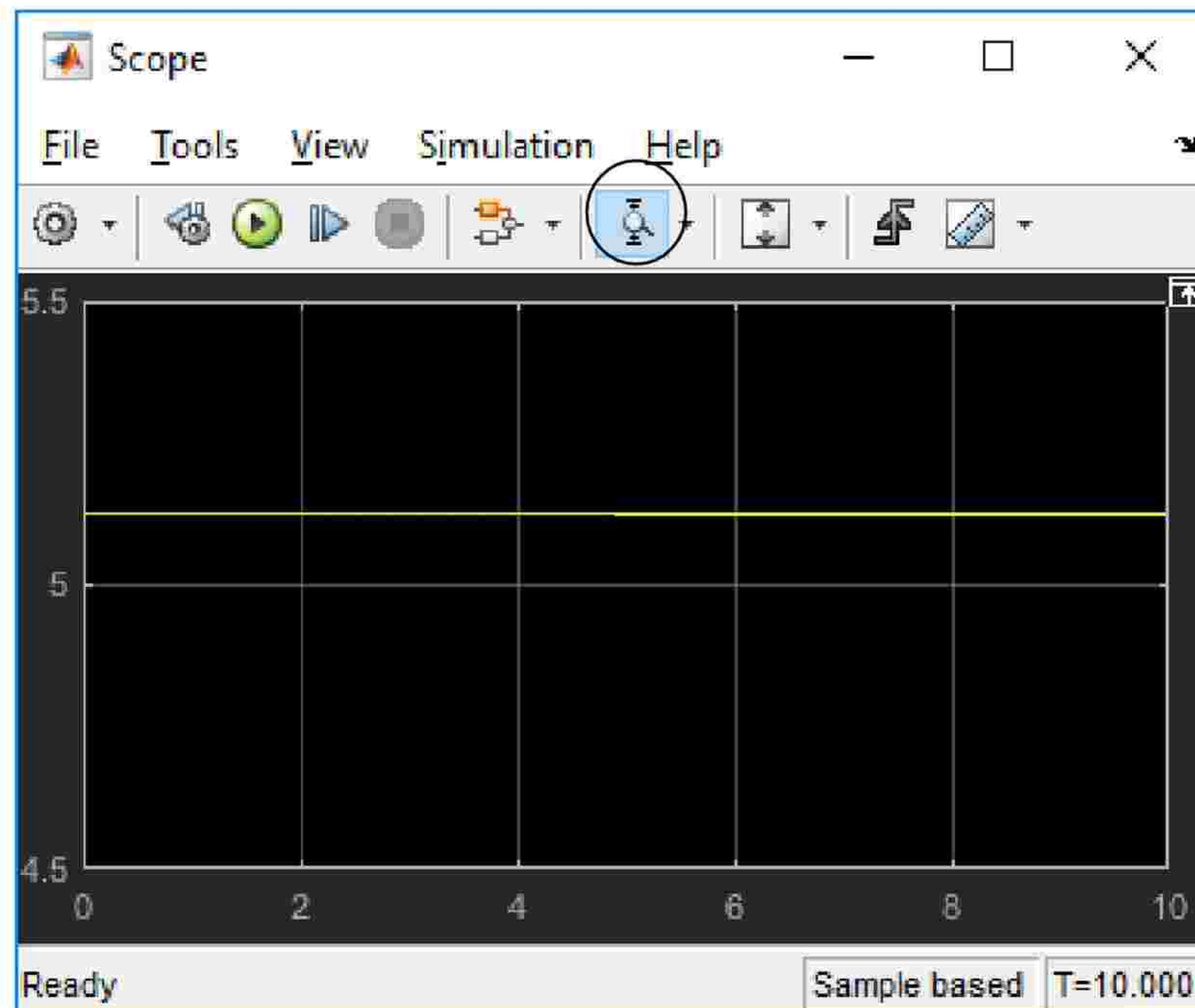


Рис. 1.41. Вид графика после изменения масштаба по оси Y

При нажатии кнопки «бинокль» масштаб восстанавливается в исходное состояние (рис. 1.42).



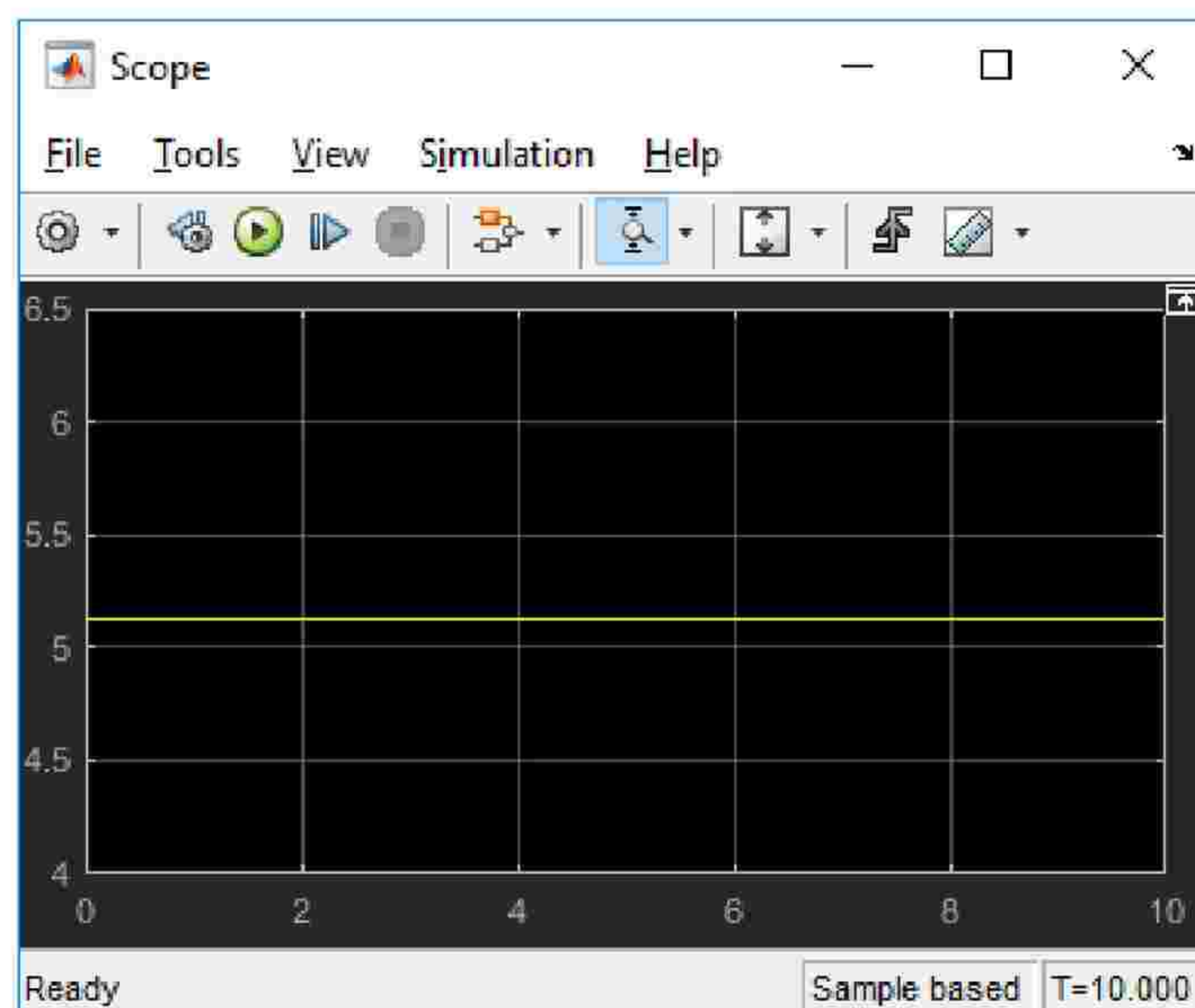


Рис. 1.42. Исходный вид графика

## 7. Изучение элементов модели (динамических звеньев): умножителя и сумматора.

Рассмотрим другие элементы модели (динамические звенья): умножитель и сумматор. Элементы модели (динамические звенья): умножитель и сумматор – находятся на вкладке «Math Operations» (рис. 1.43).

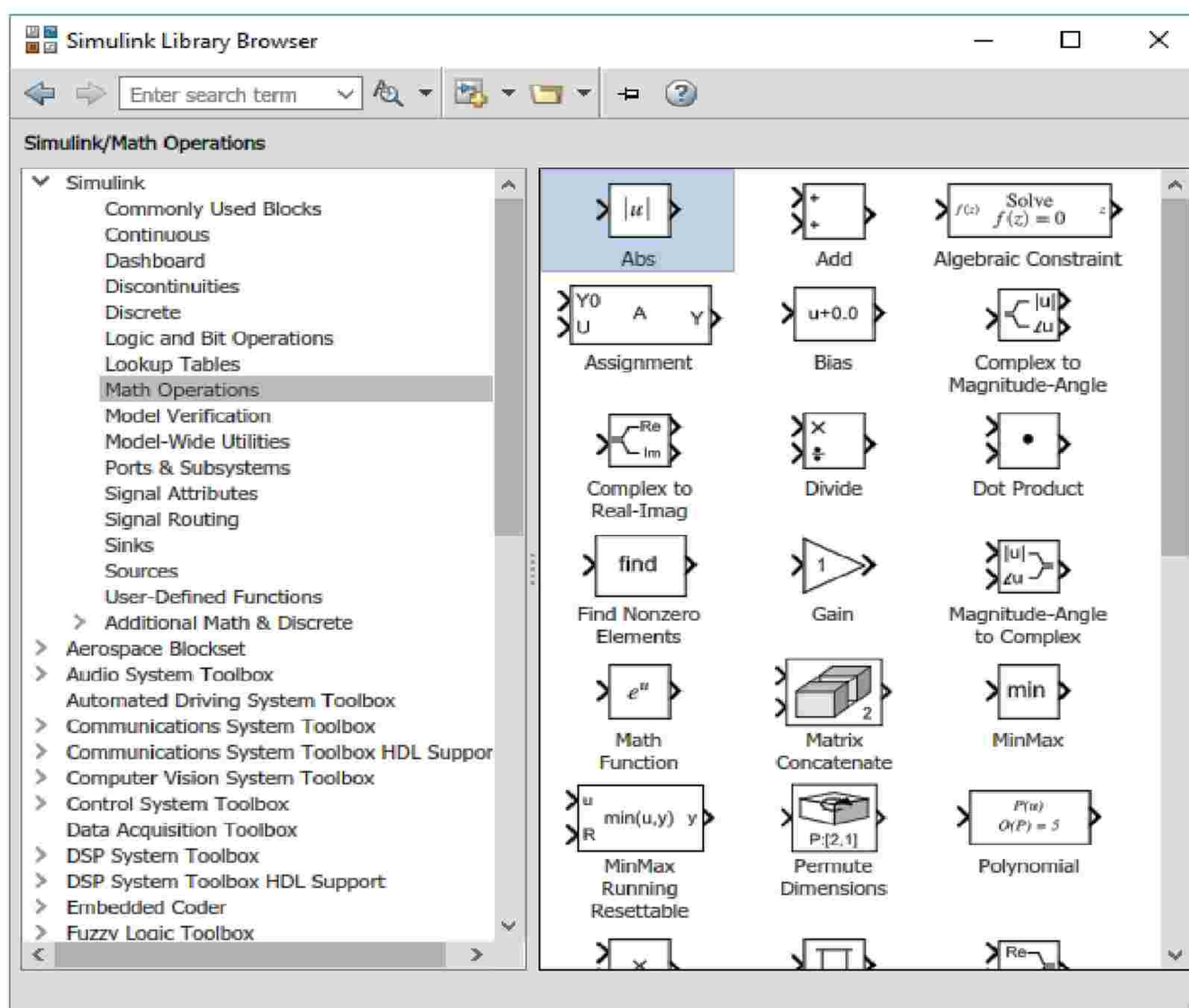


Рис. 1.43. Вкладка «Math Operations»



Добавьте в модель элемент «умножитель» – «Gain» (рис. 1.44, 1.45).

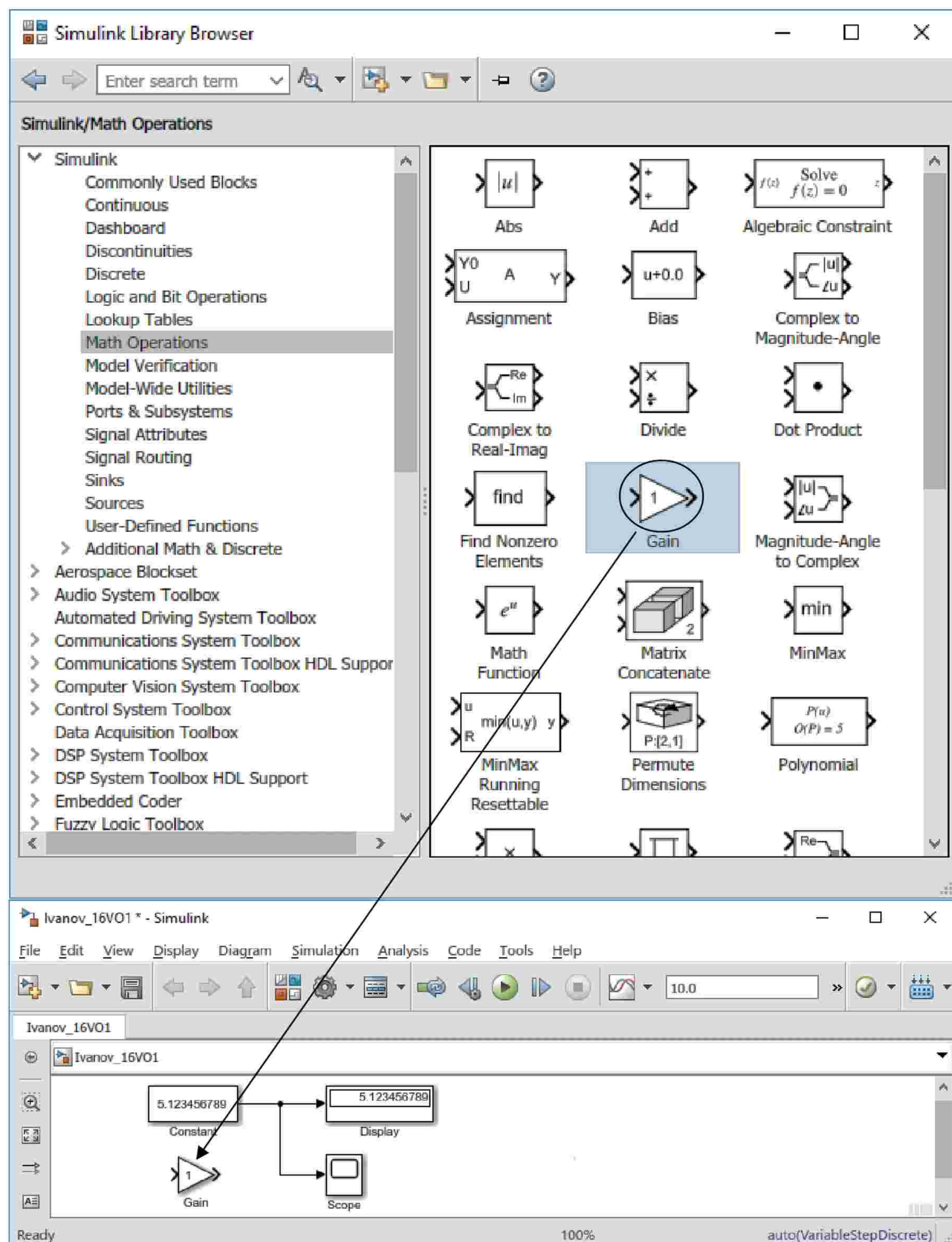


Рис. 1.44. Добавление в модель элемента «умножитель»

По умолчанию значение коэффициента умножения  $K = 1$  (см. рис. 1.45).



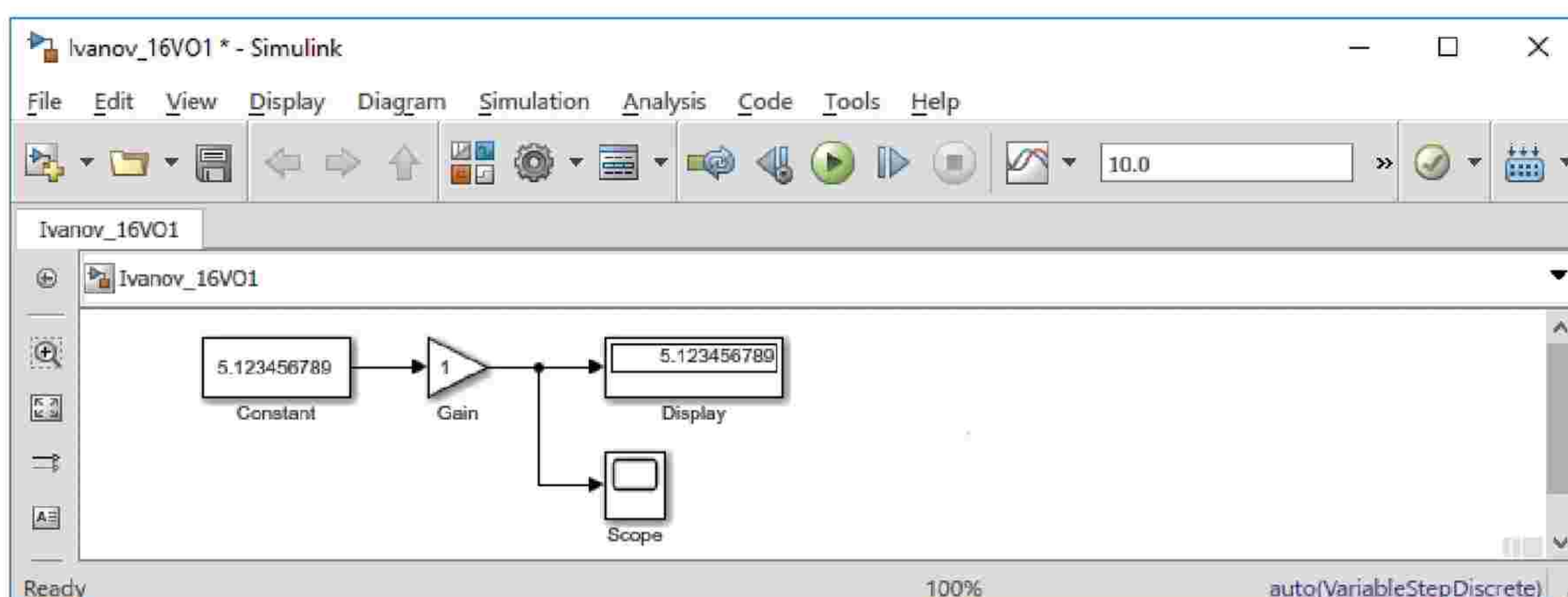


Рис. 1.45. Модель с элементом «умножитель»

Для настройки параметров этого элемента необходимо дважды кликнуть левой кнопкой мыши на элемент в модели. Откроется вкладка «Block Parameters: Gain». По умолчанию коэффициент умножения равен 1 (рис. 1.46).

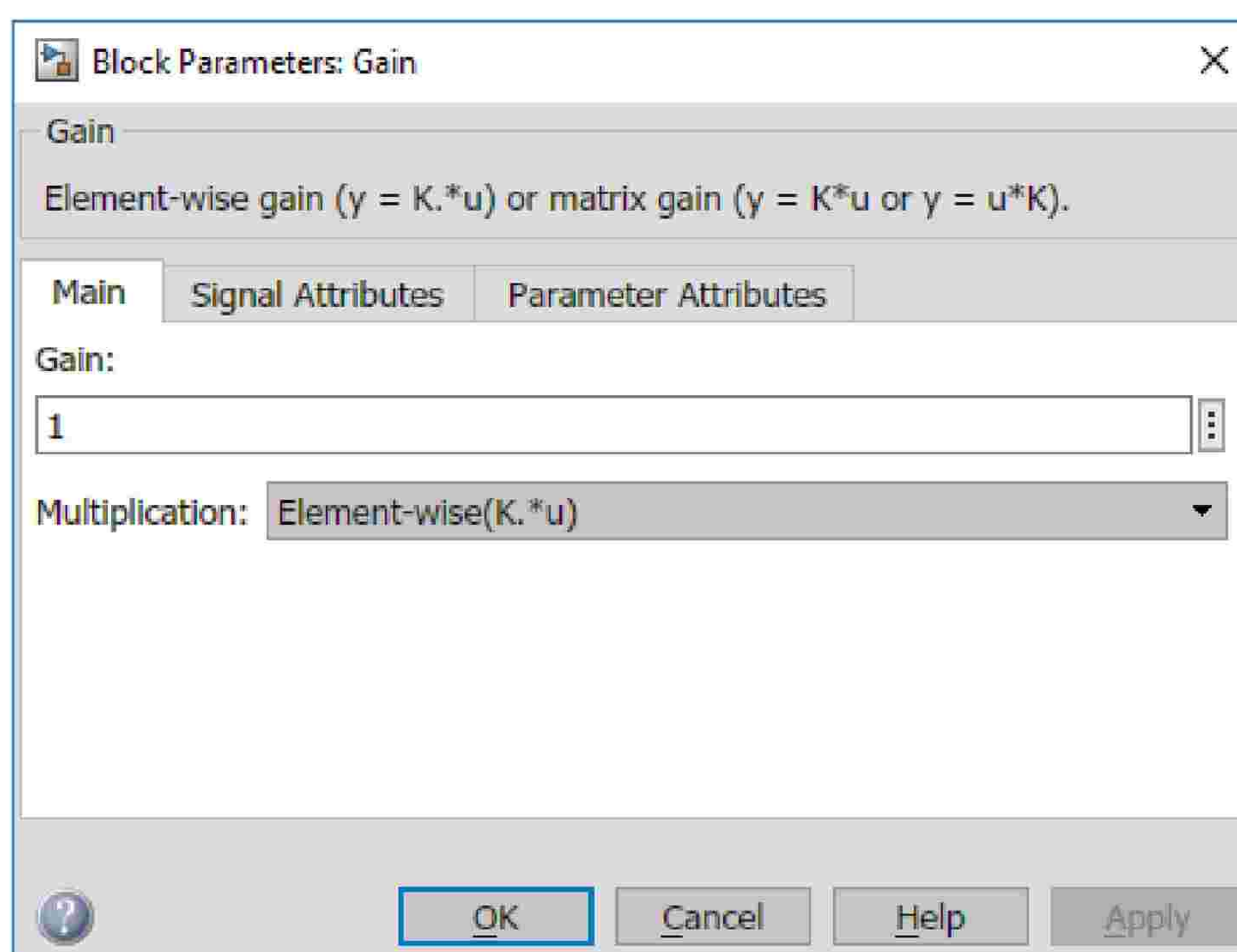


Рис. 1.46. Вкладка «Block Parameters»

Для установки нужного значения, например,  $K = 0.1$ , введите его в поле «Gain» (рис. 1.47).



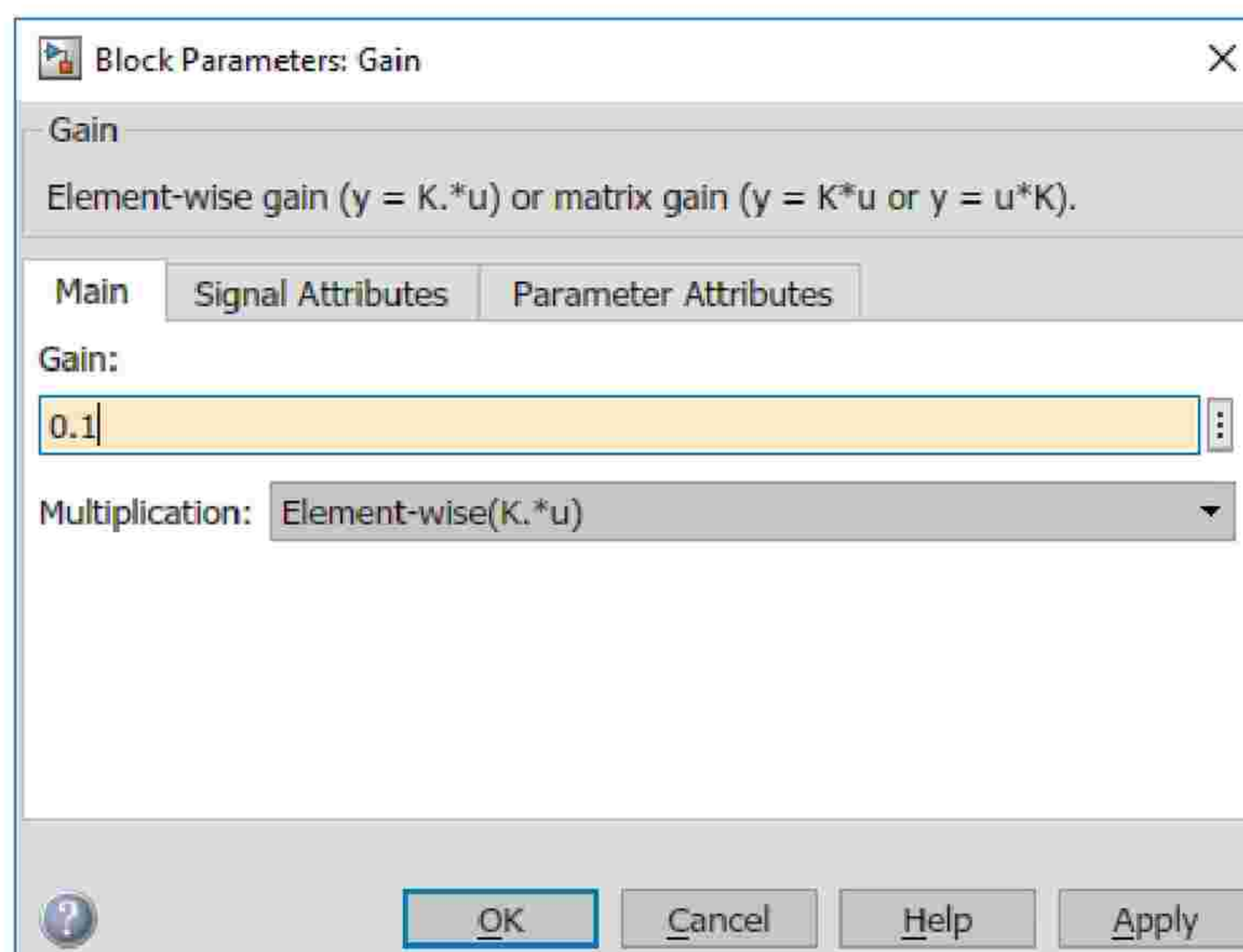


Рис. 1.47. Установка коэффициента умножения

Запустите модель и убедитесь, что получен правильный результат на дисплее и на экране осциллографа (рис. 1.48, 1.49).

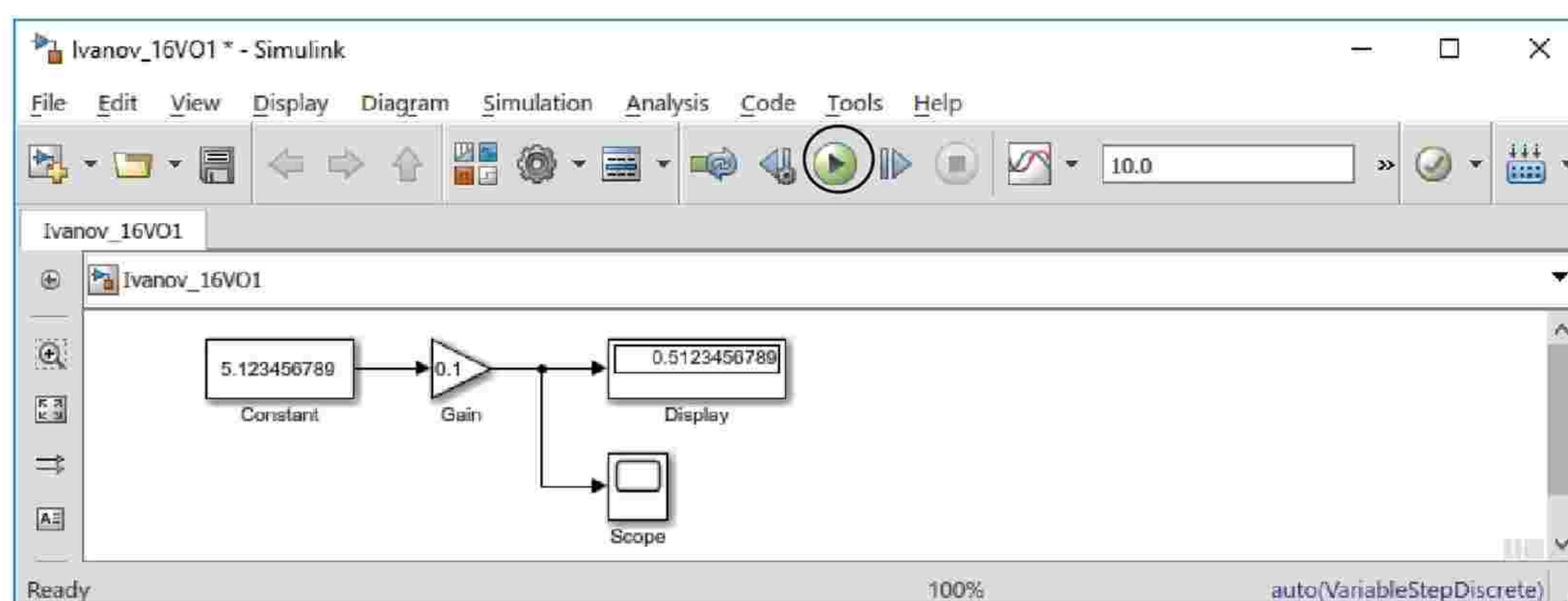


Рис. 1.48. Модель с умножителем

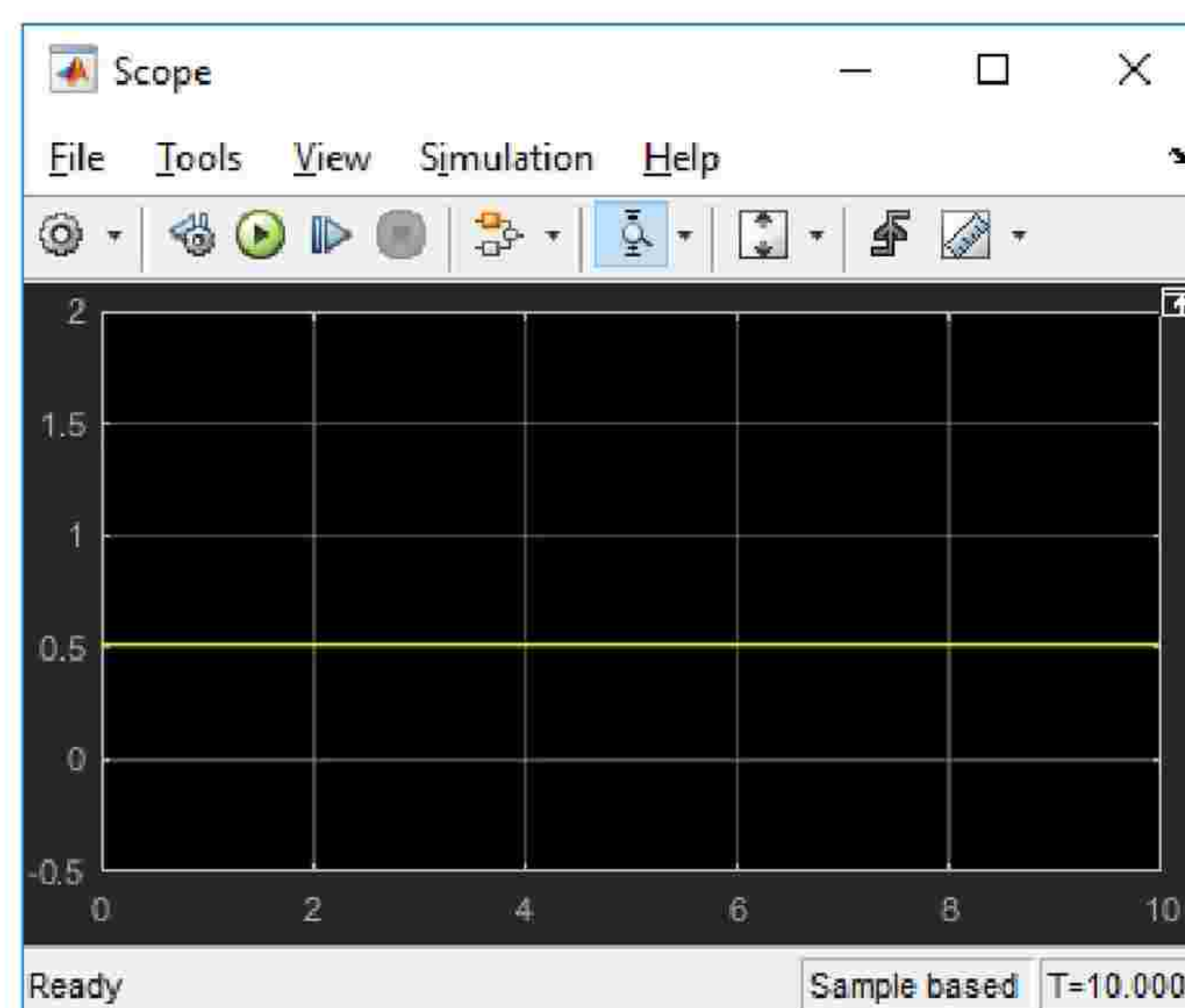


Рис. 1.49. Экран осциллографа



Добавьте в модель элемент сумматор «Sum» (рис. 1.50).

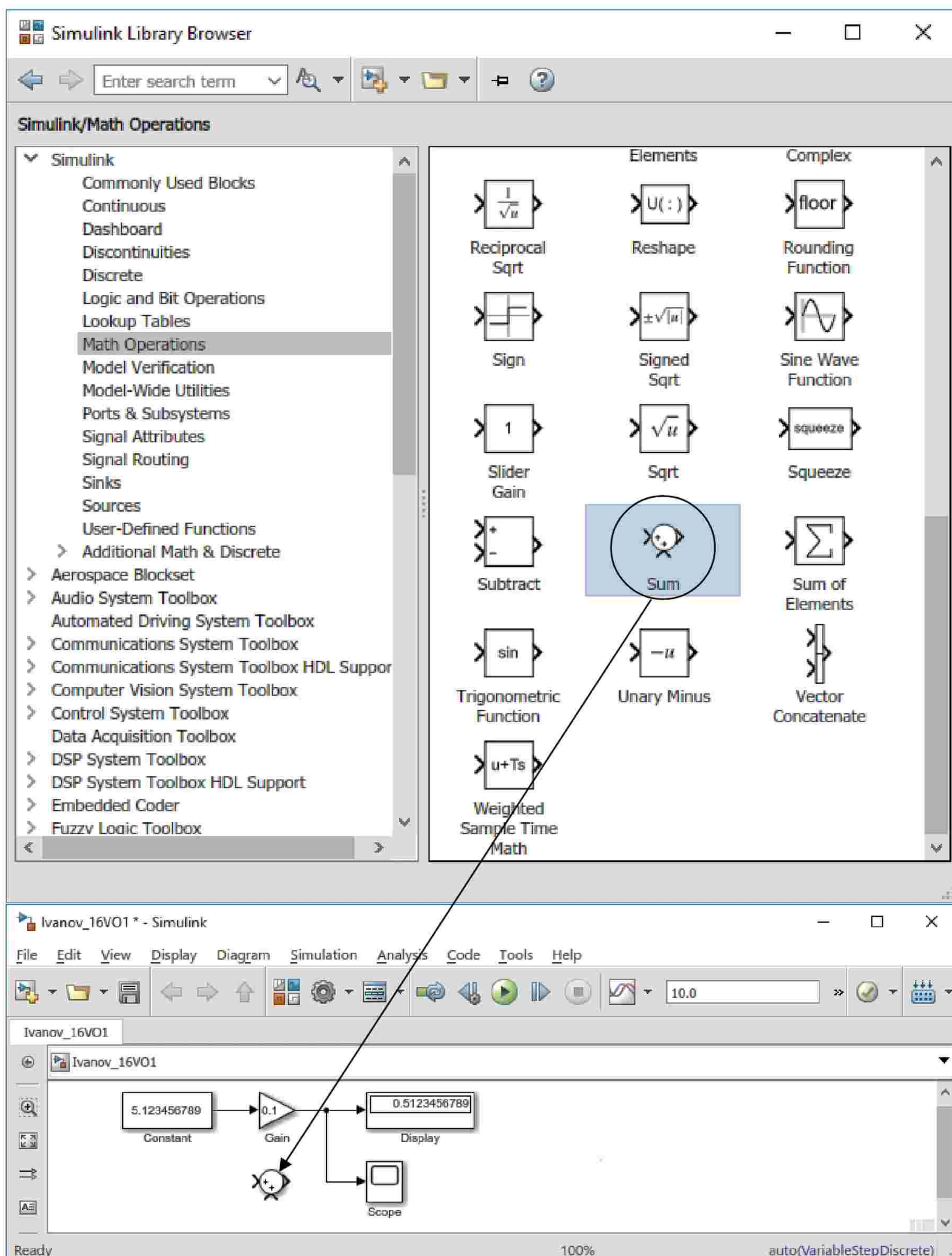


Рис. 1.50. Модель с сумматором

При двойном «клике» левой кнопкой мыши на элементе «сумматор» открывается вкладка «Block Parameters: Sum», в которой можно изменить параметры элемента. По умолчанию установлено два входа суммирования (рис. 1.51).



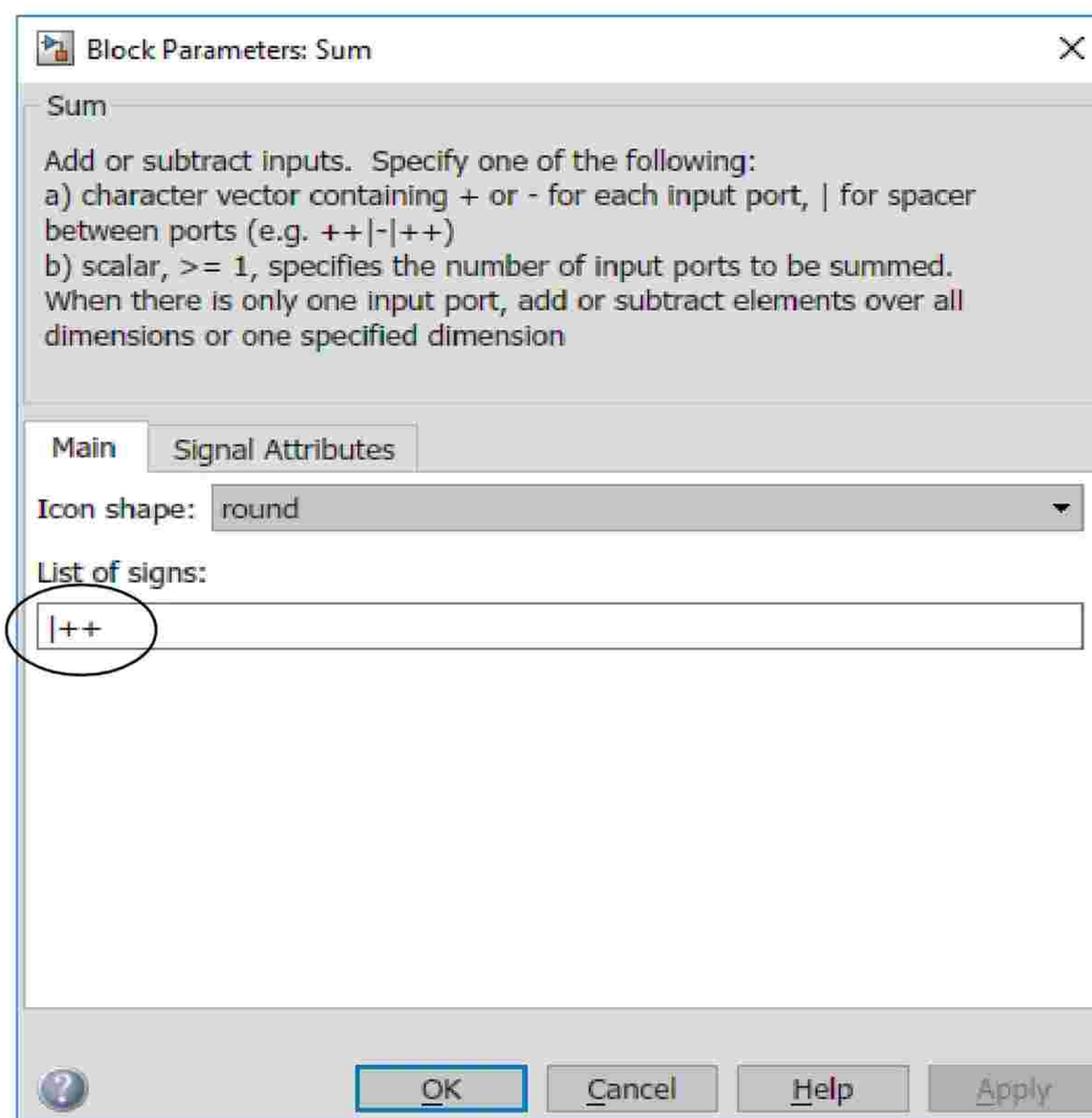


Рис. 1.51. Вкладка «Block Parameters: Sum»

Количество входов задается введением знака «+», а значком «|» вводится пустое поле (рис. 1.52, 1.53).

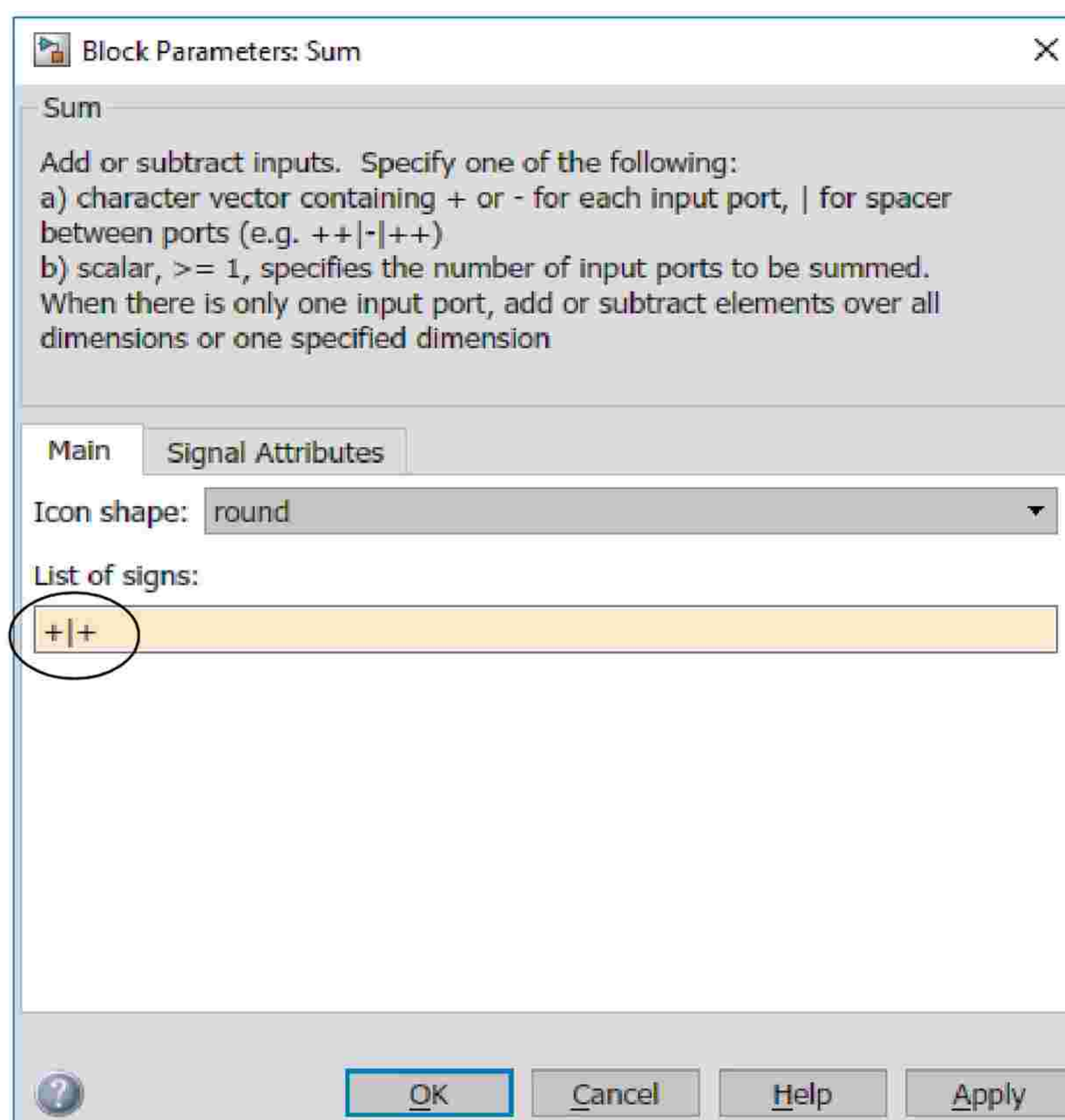


Рис. 1.52. Задание количества входов сумматора



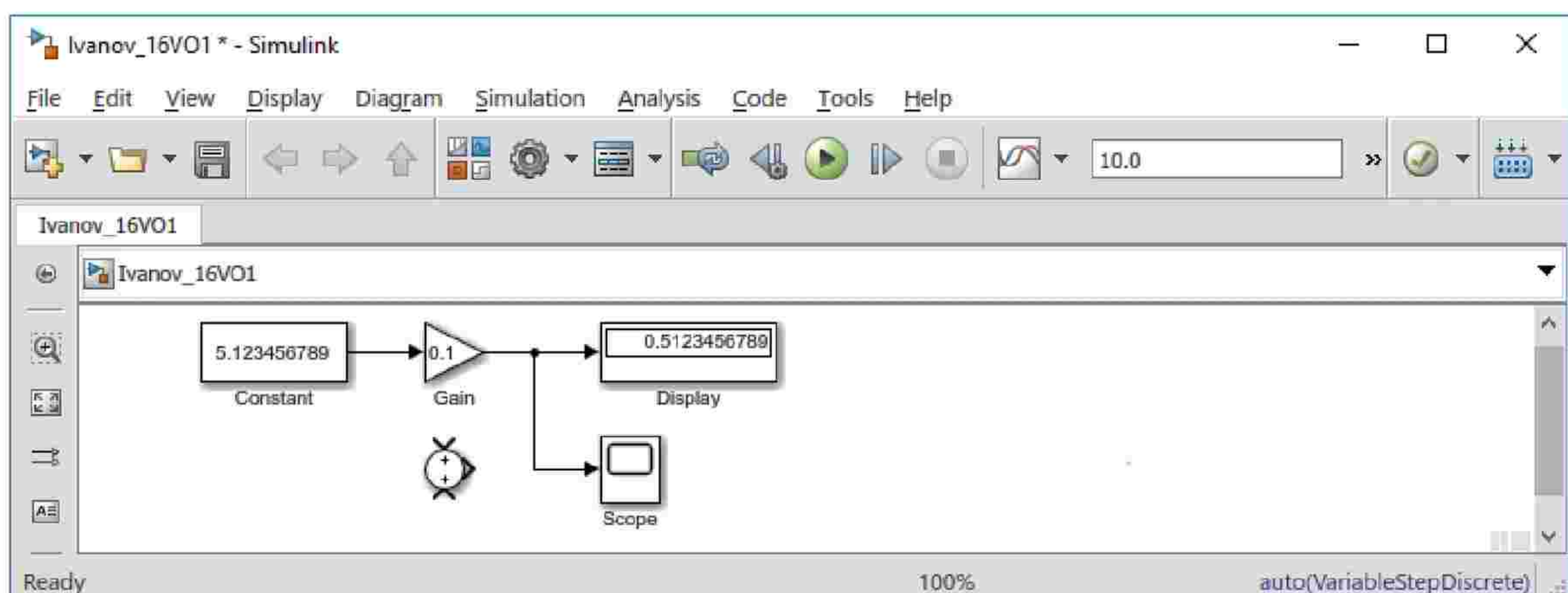


Рис. 1.53. Экранная форма модели с сумматором на два входа

Сумматор может иметь форму прямоугольника, если в первом поле выбирается значок «rectangular» (рис. 1.54–1.56).

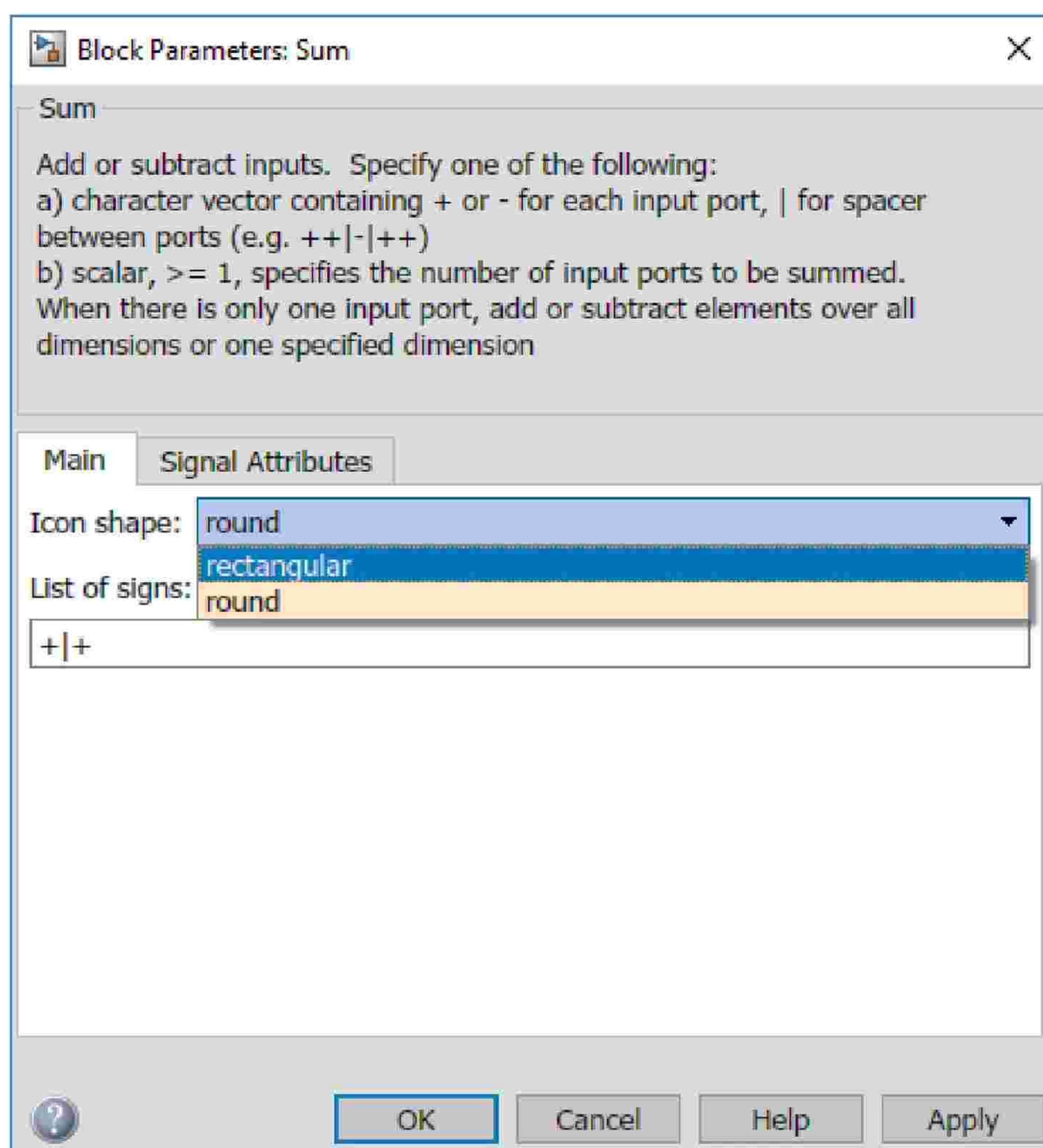


Рис. 1.54. Задание формы сумматора



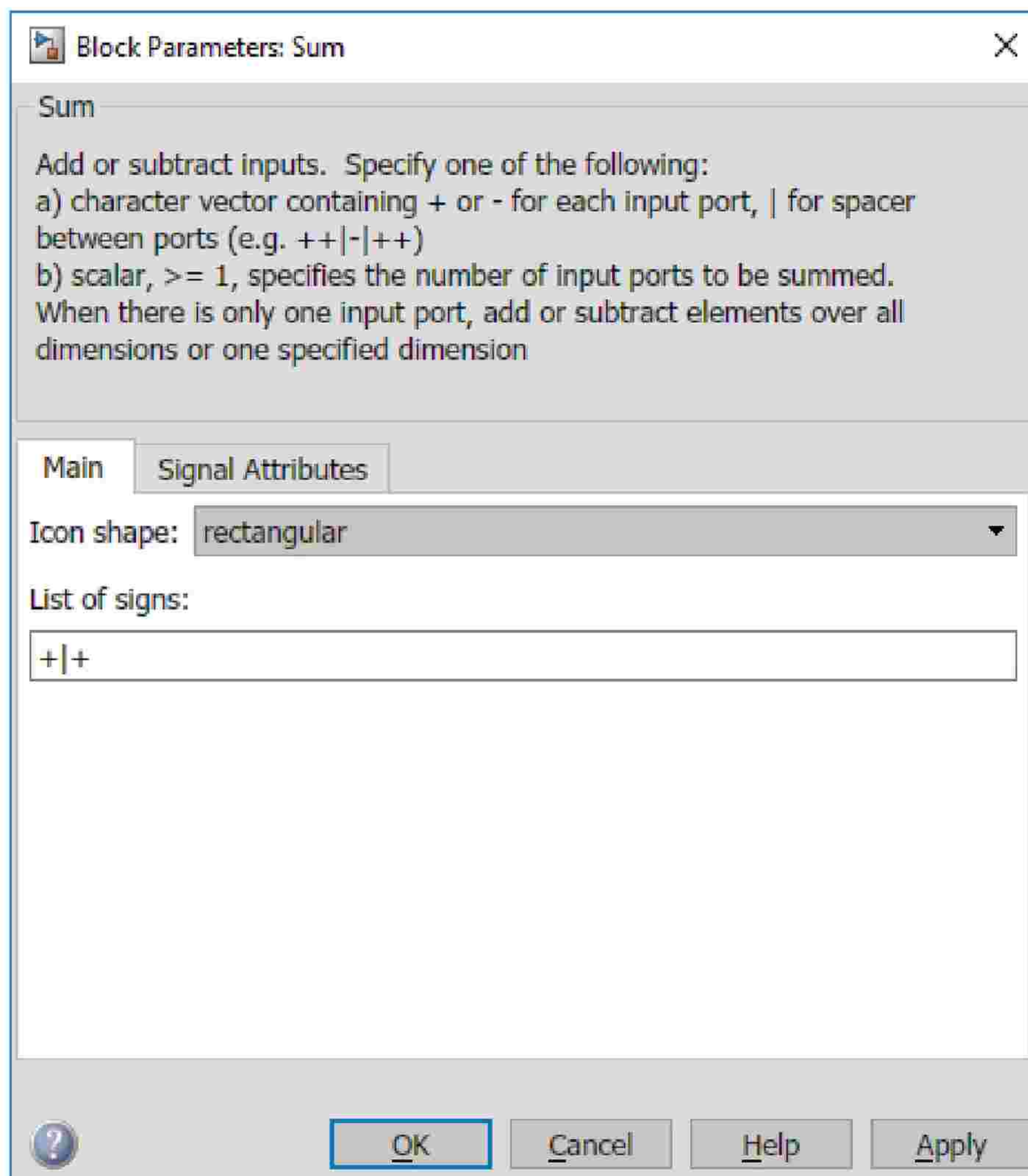


Рис. 1.55. Задание формы сумматора в виде прямоугольника

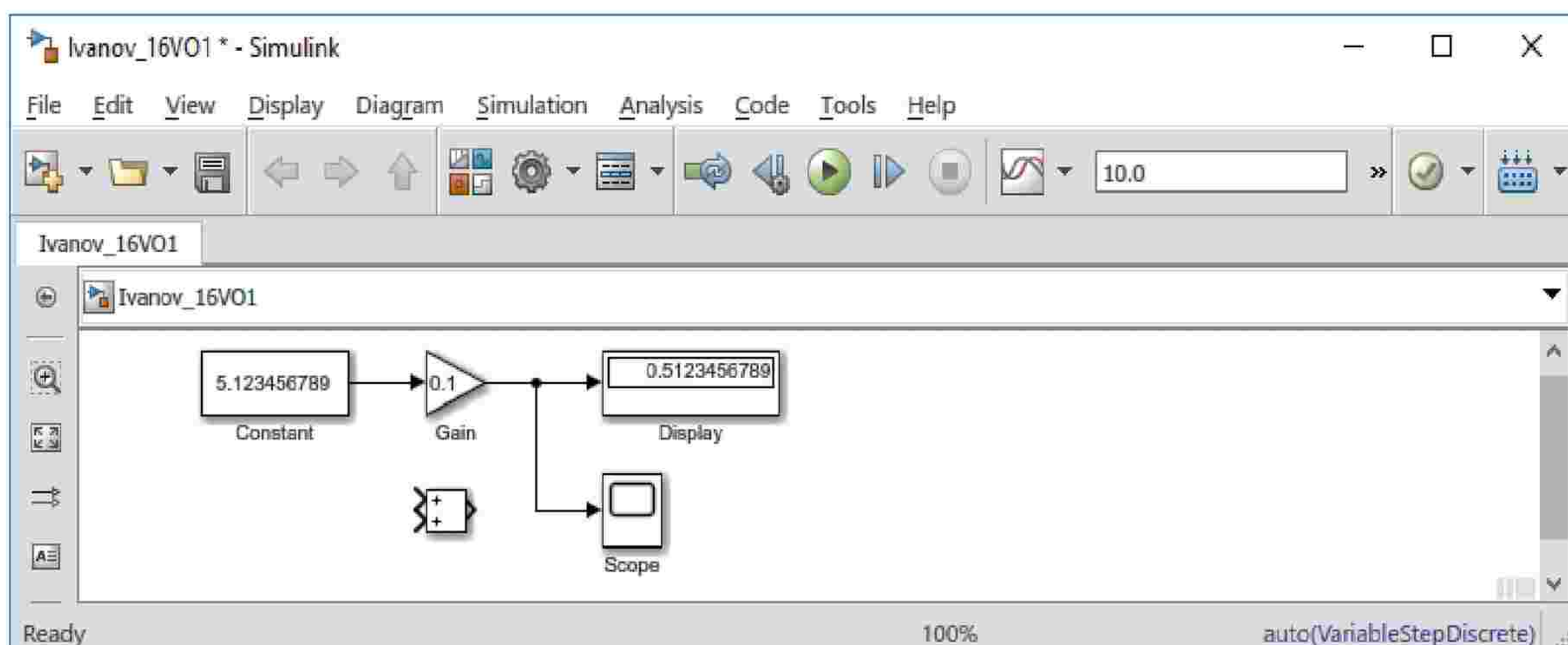


Рис. 1.56. Модель с сумматором прямоугольной формы



Ниже приводится пример модели с подключенным сумматором (рис. 1.57).

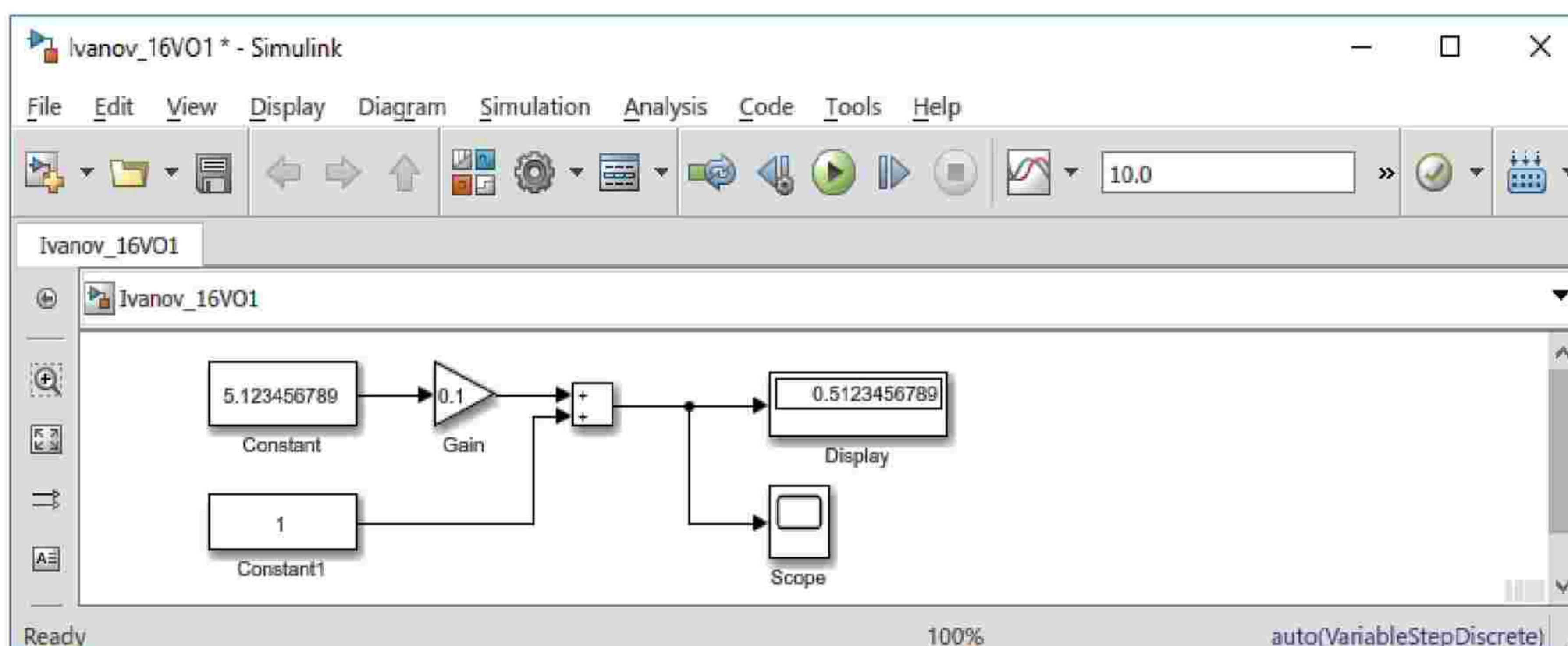


Рис. 1.57. Модель с сумматором на два входа

На рис. 1.58 представлено окно осциллографа с изображением графика выходного сигнала, полученного после запуска модели.

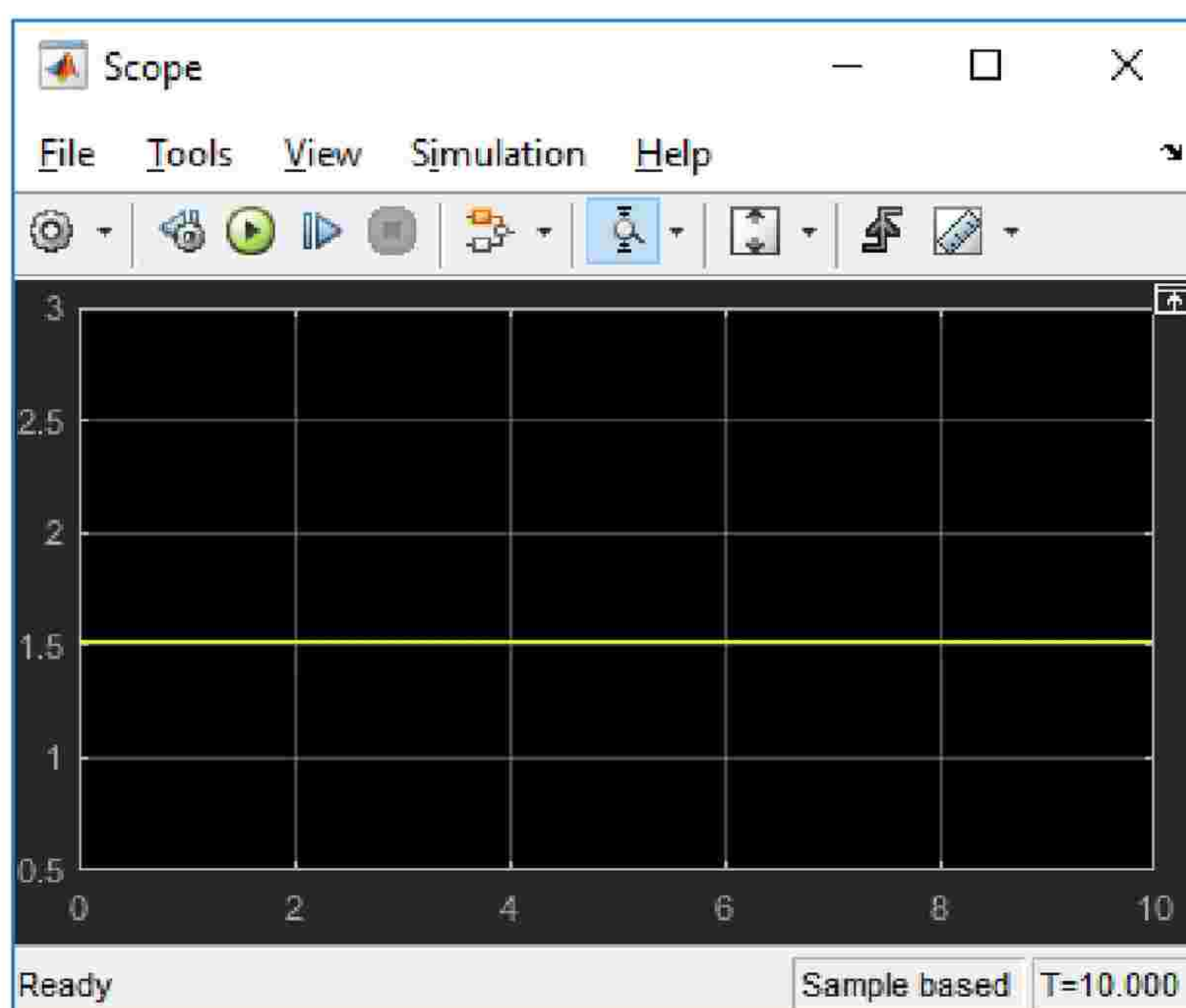


Рис. 1.58. Окно осциллографа с изображением графика выходного сигнала

Динамическое звено «интегратор» – «Integrator» находится на вкладке «Continuous» (рис. 1.59).



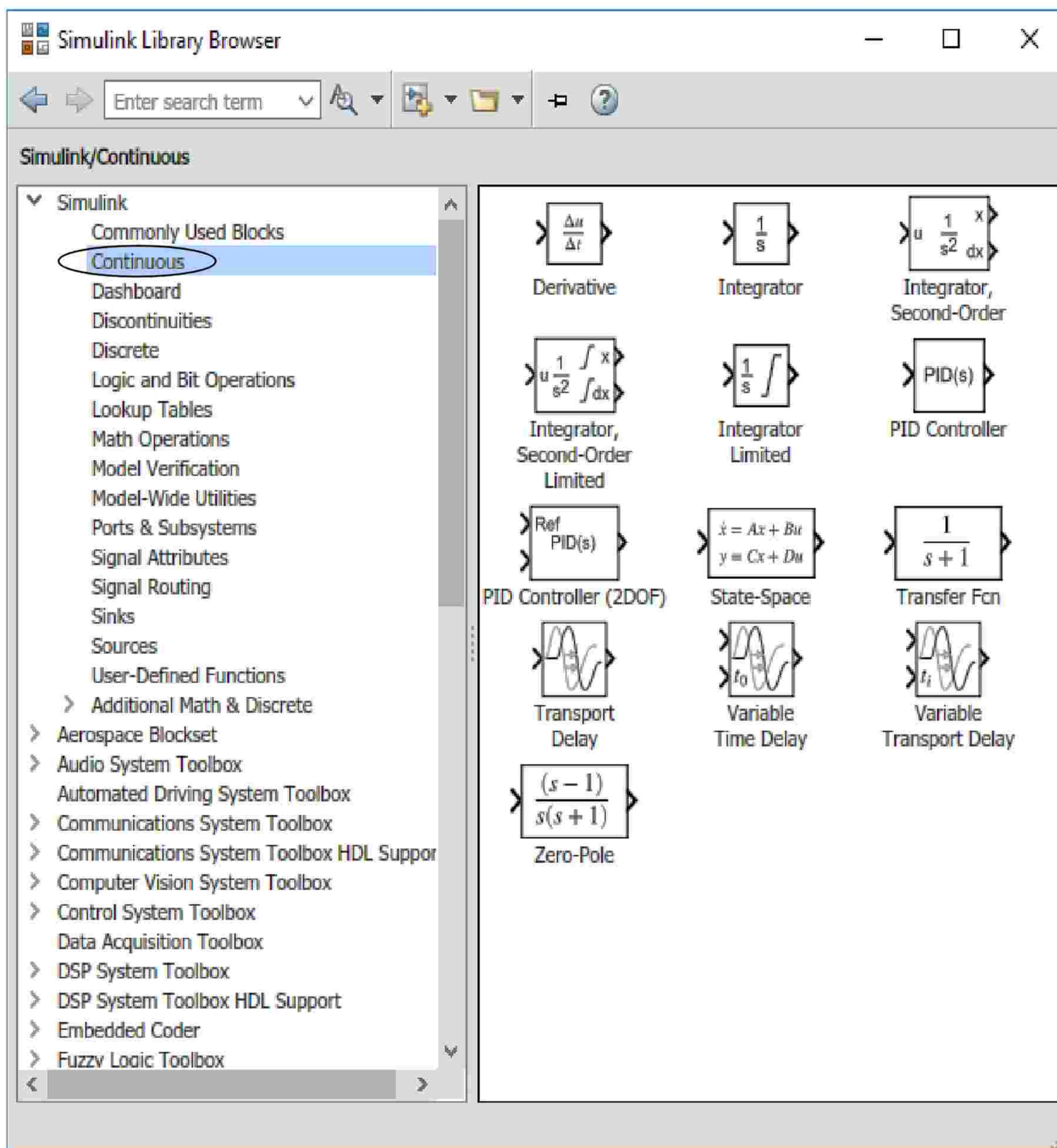


Рис. 1.59. Вкладка «Continuous»

Для изучения его свойств перенесите его на новую рабочую страницу (рис 1.60).



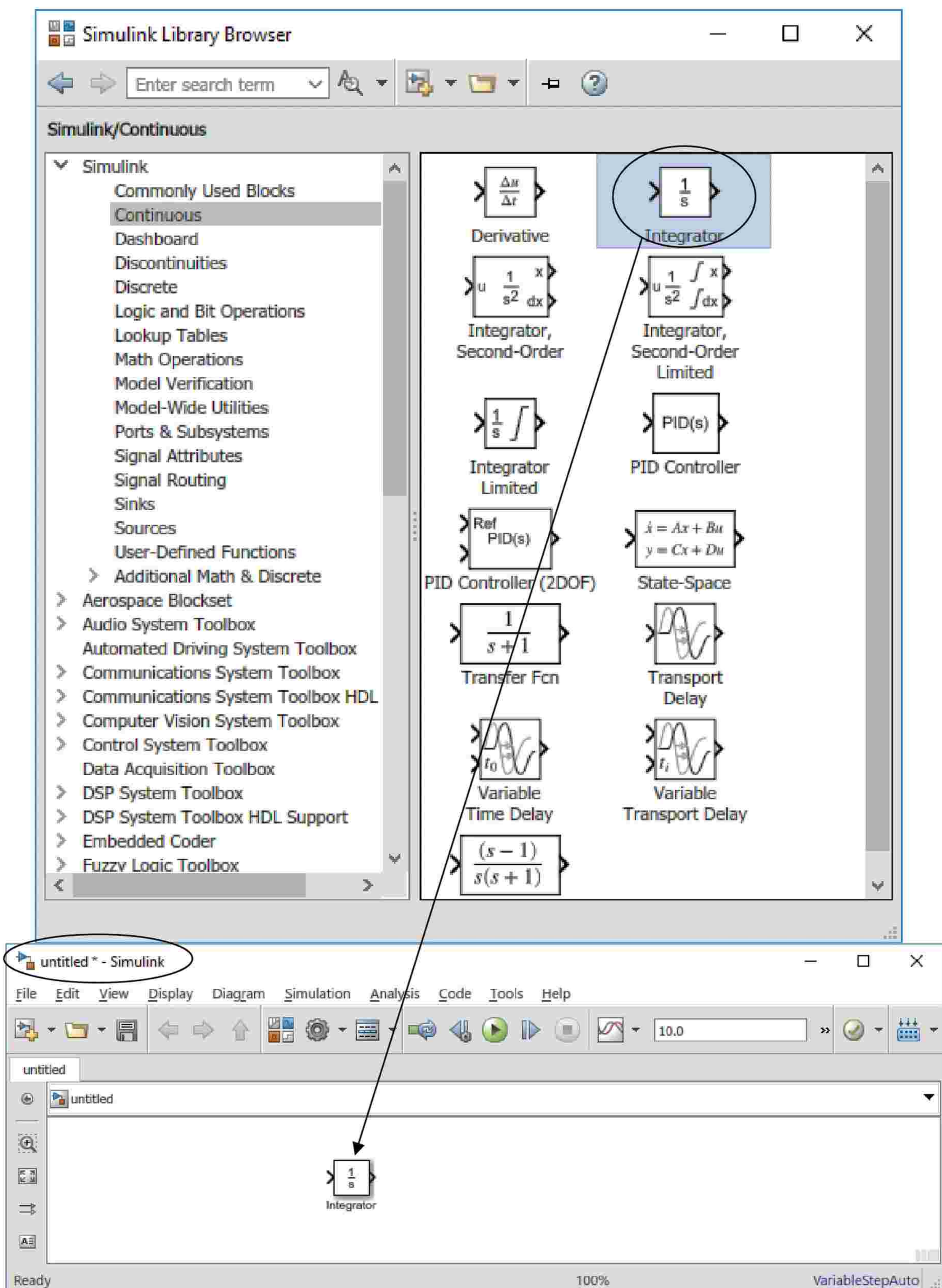


Рис. 1.60. Элемент «Integrator»

На вкладке «Block Parameters: Integrator» установленные по умолчанию параметры изменять не нужно (рис. 1.61).



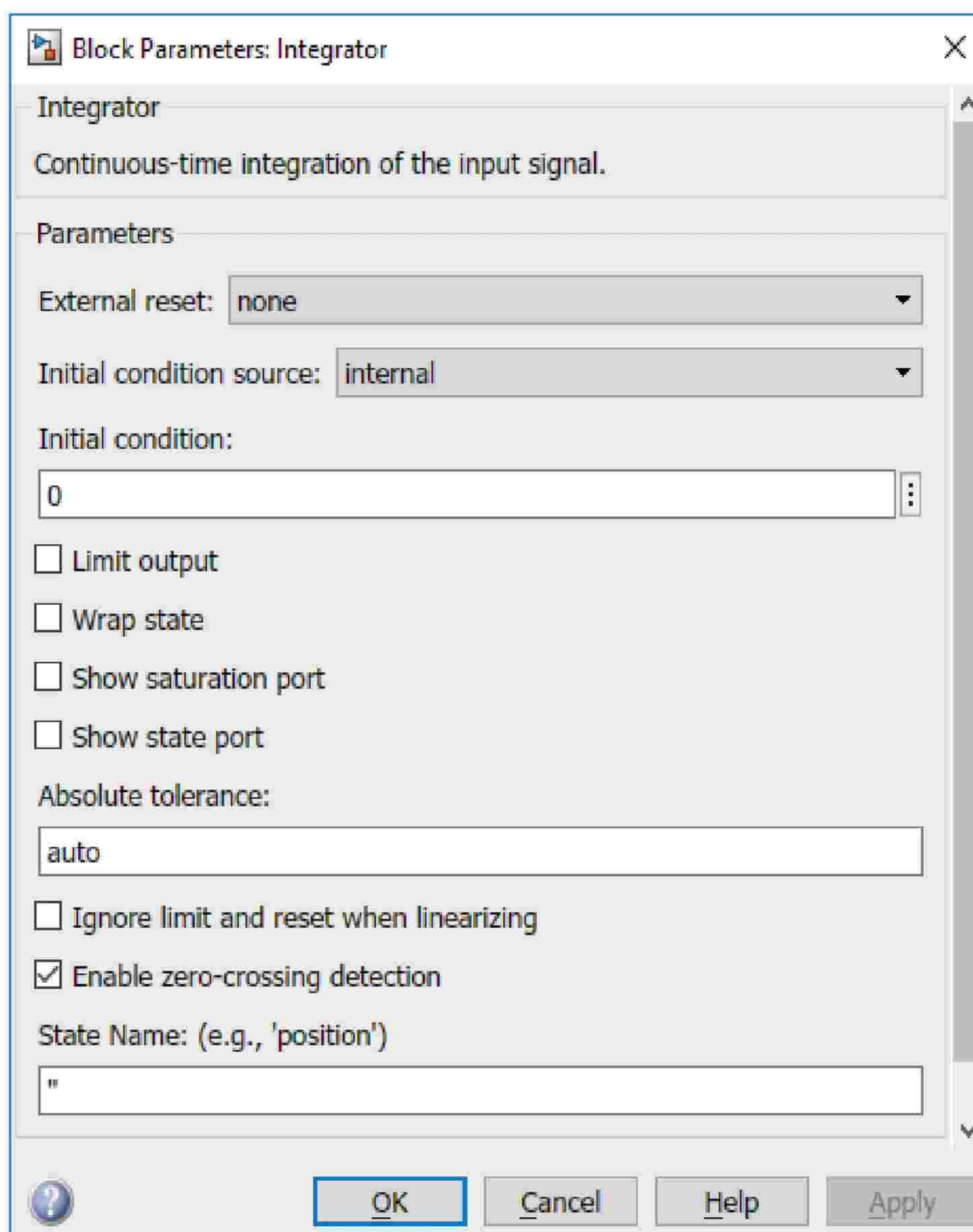


Рис. 1.61. Вкладка «Block Parameters: Integrator»

Элемент «интегратор» реализует операцию интегрирования входного сигнала  $X(t)$  при нулевых начальных условиях.

Его выходной сигнал  $Y(t)$ :  $Y(t) = \int X(t)dt$ .

Если  $X = \text{const}$ , то  $Y(t) = X \cdot t$ .

Для конечного значения времени  $t = T$  результатом интегрирования будет

$$Y(T) = X \cdot T.$$

Ниже приведён пример для исходных данных:  $X = 1.2$  и  $T = 10$  (рис. 1.62, 1.63). График выходного сигнала на рис. 1.63 получен после запуска модели.



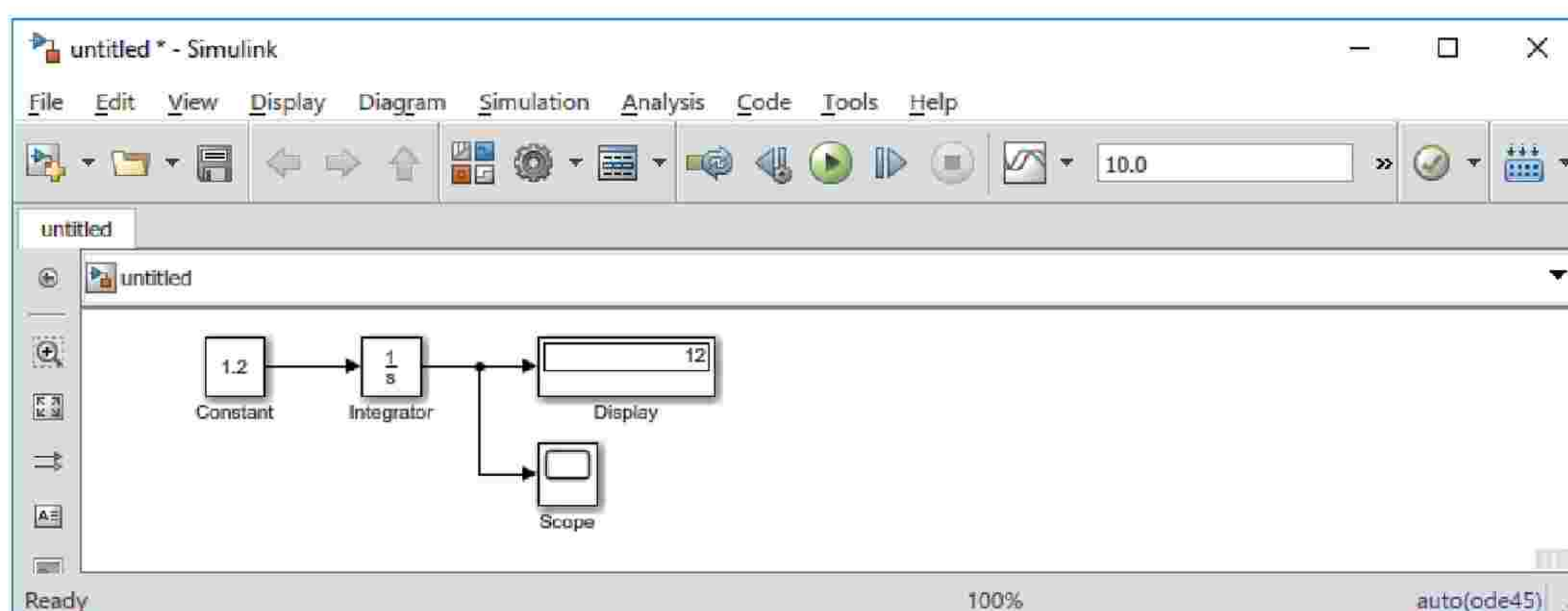


Рис. 1.62. Модель системы с интегратором

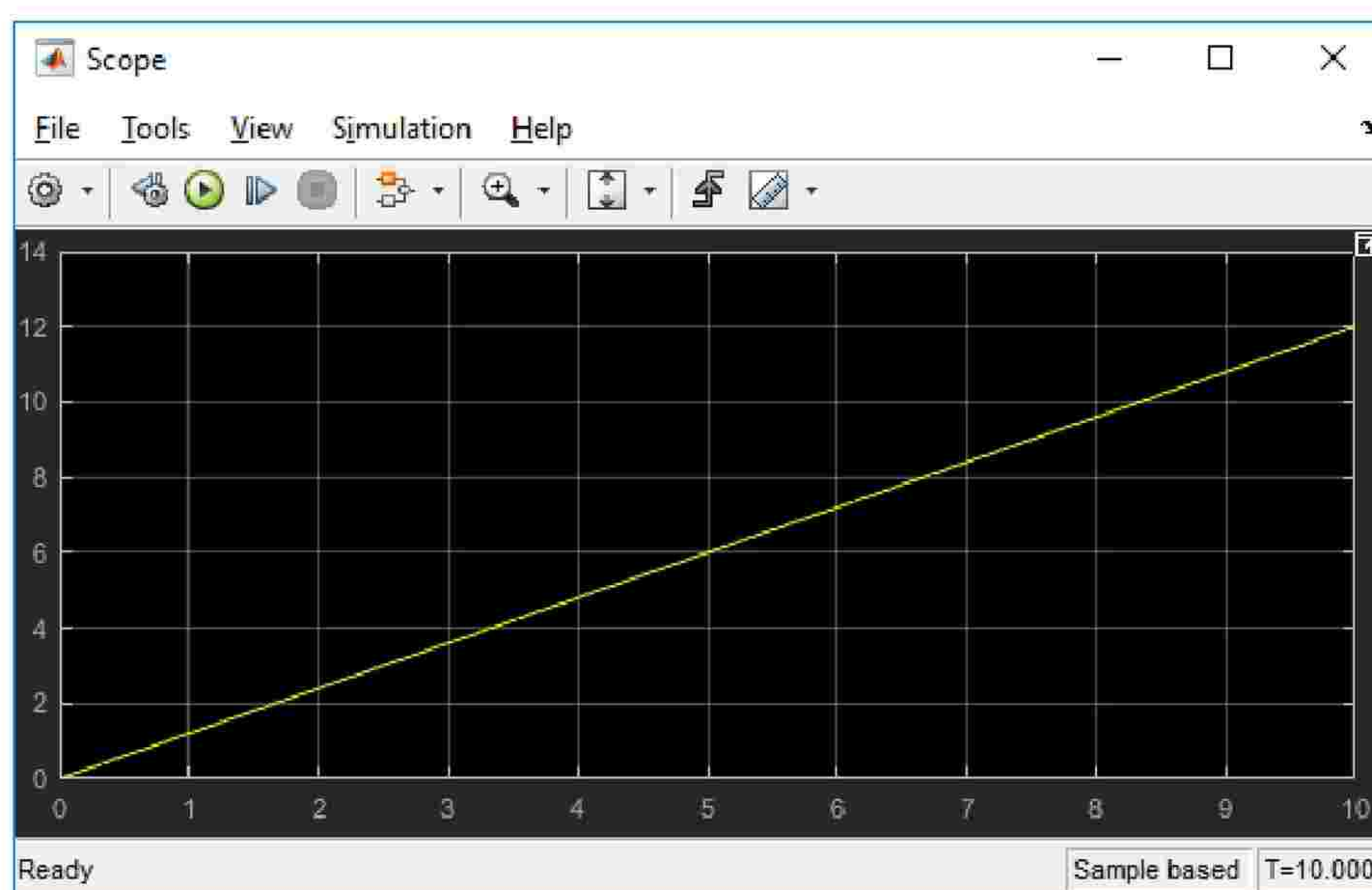


Рис. 1.63. График выходного сигнала

На рис. 1.64, 1.65 приведены модель системы и график выходного сигнала для варианта исходных данных:  $X = 1.2$  и  $T = 20$ . График выходного сигнала на рис. 1.65 получен после запуска модели.

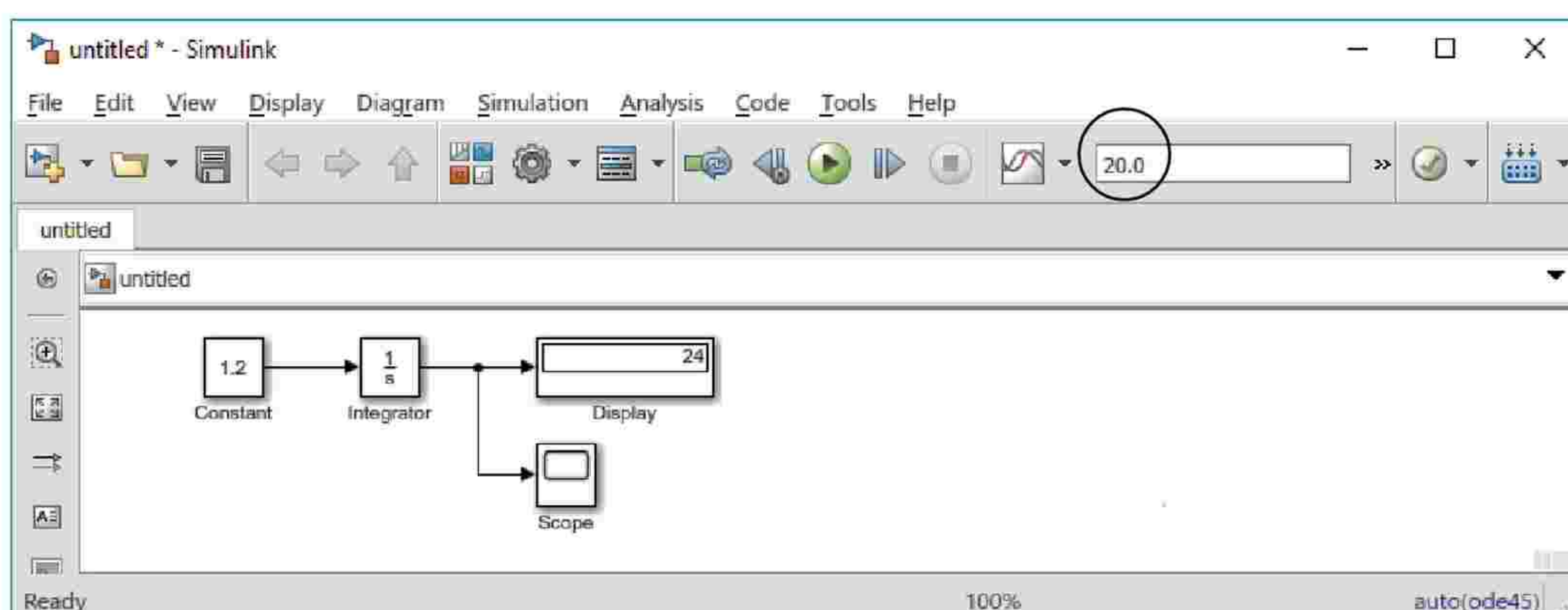


Рис. 1.64. Модель системы с интегратором для варианта исходных данных:  $X = 1.2$  и  $T = 20$



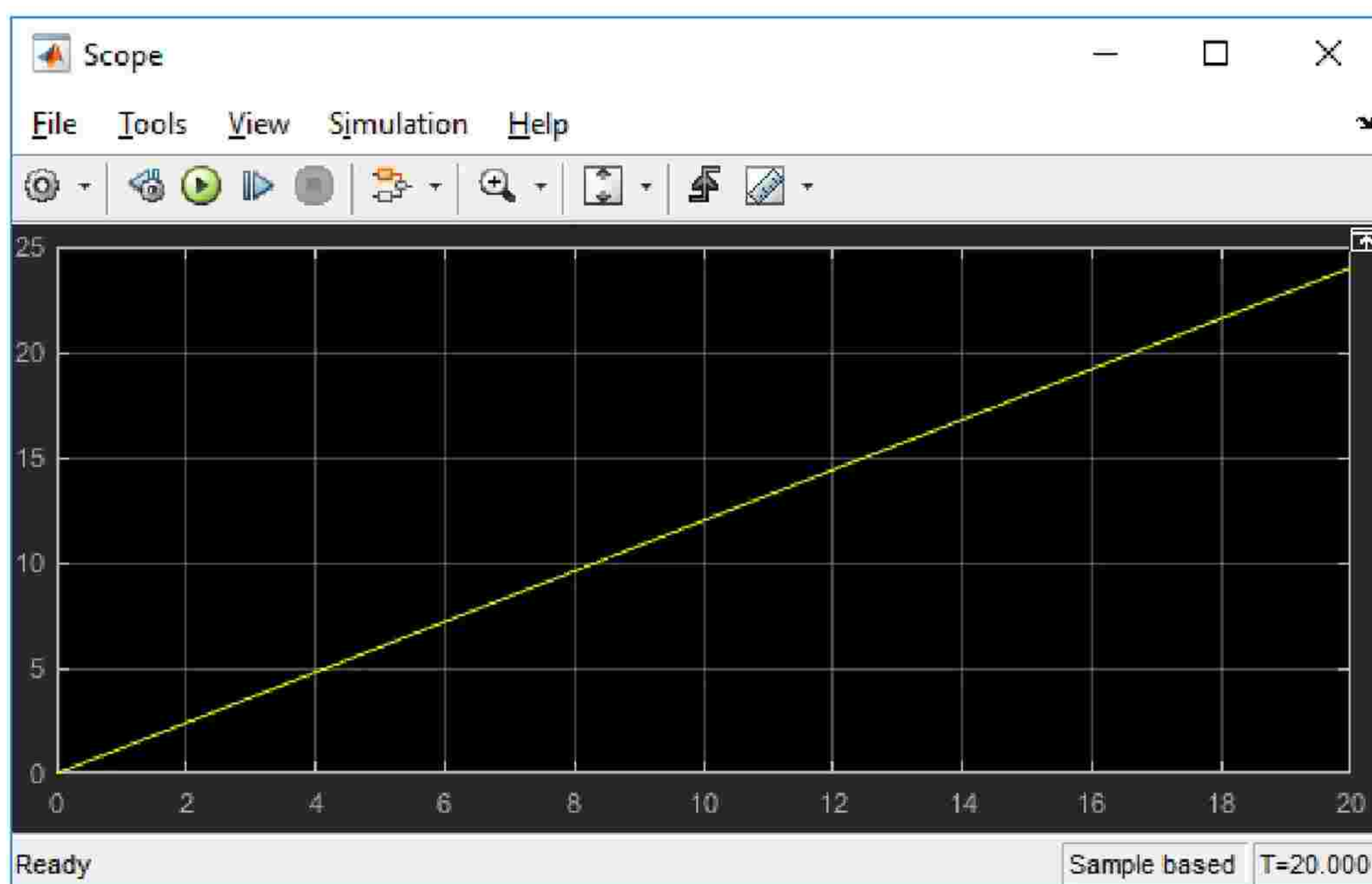


Рис. 1.65. График выходного сигнала для варианта исходных данных:  
 $X = 1.2$  и  $T = 20$

## 8. Вариант построения модели динамической системы.

На рис. 1.2–1.5, 1.66 приведен вариант построения модели динамической системы.

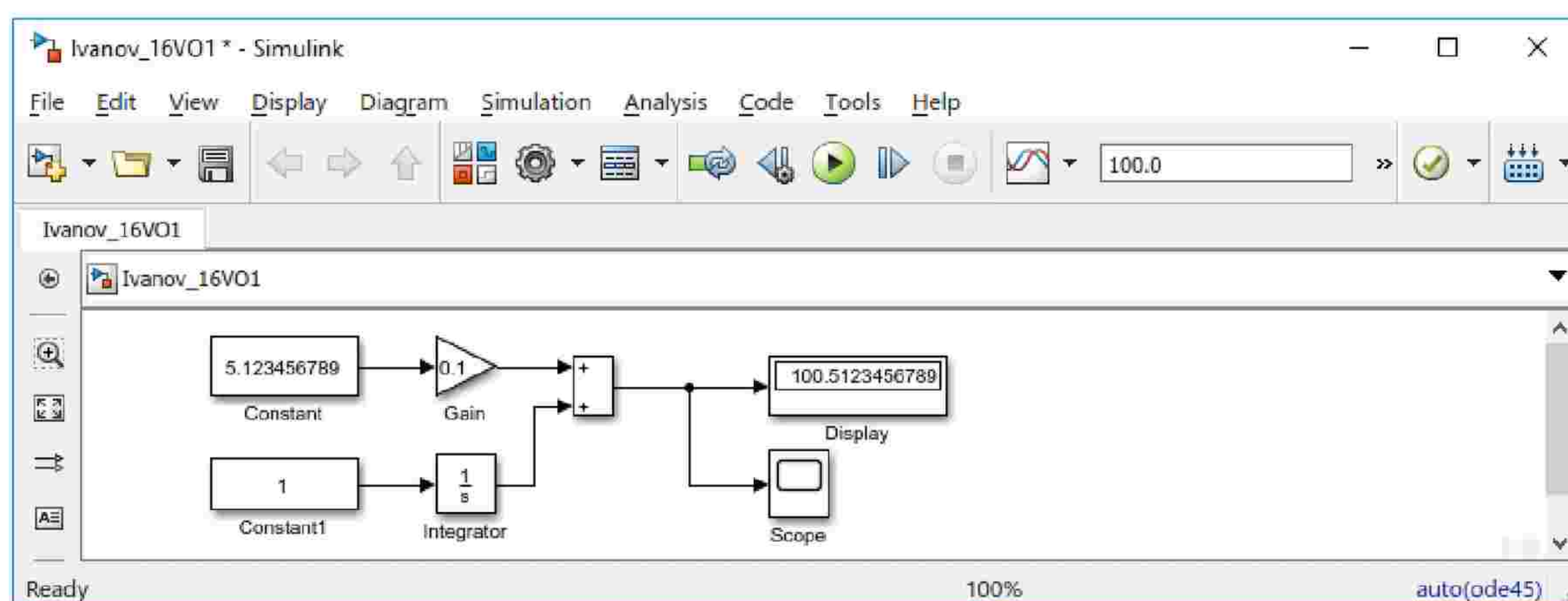


Рис. 1.66. Модель простейшей системы

Исходные данные:

1. Входные сигналы:  $X1 = 5,123456789$ ;  $X2 = 1$ .
2. Динамическая система описывается функцией:

$$Y = X1 \cdot K + \text{int}\{X2\}.$$

Интервал времени  $T = 100$ .

На графиках должны быть выбраны интервалы по осям  $X$  и  $Y$  так, чтобы с достаточной точностью были отображены начало и окончание входного сигнала.



Введите новые названия элементов системы в соответствии с условиями задачи.

### **9. Анализ результатов работы модели.**

Запустить модели и посмотреть результаты работы с помощью элементов модели «осциллограф» и «дисплей».

Проанализировать результаты работы модели в соответствии с рис. 1.3–1.5 путем сопоставления численных значений показания дисплея модели и численных значений на графиках элемента «осциллограф». Пояснить результаты и сделать выводы.

### **10. Оформить отчет.**

#### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- 1) цель работы;
- 2) вариант задания;
- 3) описание структуры модели;
- 4) создание модели в среде MATLAB-Simulink.

Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели в соответствии с методическими указаниями с приведением экранных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);

- 5) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных, отображенные в виде графиков с комментариями и числовых значений выходного сигнала;

- 6) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и анализ результатов;

- 7) письменные ответы на контрольные вопросы.

#### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 1**

1. Почему функция выходного сигнала модели простейшей динамической системы монотонно возрастает (см. рис. 1.3)?

2. Почему значение выходного сигнала по оси  $Y$  на начальном участке графика выходного сигнала не равно 0 (см. рис. 1.4)?

3. Почему численное значение показаний дисплея на рис. 1.2 совпадает с численным значением ординаты последней точки графика выходного сигнала модели простейшей динамической системы (см. рис. 1.5)?



## **1.4. Создание модели простейшей динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink**

### **Методические указания к лабораторной работе № 2**

**Цель работы:** изучить основные понятия теории системного анализа. Построить модель простейшей динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания.

### **Ход работы**

1. Разработать структурную схему простейшей динамической системы в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1).

2. Построить модель простейшей динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания.

2.1. Построить модель источника сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1).

2.2. Построить модель динамического звена в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1).

2.3. Построить модель приемника сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1).

3. Проанализировать результаты работы модели.

4. Оформить отчет о лабораторной работе.

### **Порядок выполнения работы**

1. Рассмотреть вариант задания (см. табл. 1.1) и разработать структурную схему простейшей динамической системы в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1 (см. рис. 1.1, 1.2).

2. По разработанной структурной схеме динамической системы (см. п. 1) построить модель простейшей динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1).

**Указание.** Модель должна храниться в файле. Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами). Файл должен находиться в папке **LR2** в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1 (см. рис. 1.8, 1.11).



2.1. Построить модель источника сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1) и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1 (см. п. 5 раздела «Порядок выполнения работы»).

2.2. Построить модель динамического звена в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1) и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1 (см. п. 7 раздела «Порядок выполнения работы»).

2.3. Построить модель приемника сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1) и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1 (см. п. 6 раздела «Порядок выполнения работы»).

2.4. Добавить в модель динамической системы приемники сигналов «дисплей» и «осциллограф» для получения изображения сигнала на выходе интеграторов в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1 (см. п. 6 раздела «Порядок выполнения работы»).

### **3. Проанализировать результаты работы модели.**

3.1. Запустить модель и получить графики сигналов модели простейшей динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink (выходного сигнала системы  $Y(t)$ , сигналов с выхода каждого интегратора).

3.2. Проанализировать результаты работы модели простейшей динамической системы в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1 (см. п. 9 раздела «Порядок выполнения работы»).

### **4. Оформить отчет о лабораторной работе.**

#### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- 1) цель работы;
- 2) вариант задания (см. табл. 1.1);
- 3) описание структуры модели в соответствии с заданием;
- 4) создание модели в среде MATLAB-Simulink.

Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1) и методическими указаниями с приведением экран-ных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);



5) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.1), отображенные в виде графиков с комментариями и числовых значений выходного сигнала;

6) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и анализ результатов;

7) письменные ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2**

1. Назовите основные характеристики системы.
2. Назовите факторы системности.
3. Назовите признаки, по которым классифицируются системы, перечислите принципы системного анализа.

## **1.5. Построение моделей подсистем в составе модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink**

### **Лабораторная работа № 3**

**Цель работы:** изучить элементы среды визуального программирования MATLAB-Simulink; использование принципа иерархии системного анализа при проектировании динамических систем; построение моделей подсистем в составе модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

### **Общие сведения**

В состав динамической системы могут входить подсистемы, выполняющие различные функции. Рассмотрим систему (рис. 1.67), состоящую из подсистемы формирования входных сигналов (PFVS), подсистемы, выполняющей функцию динамического звена (DZ), подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов (PS).

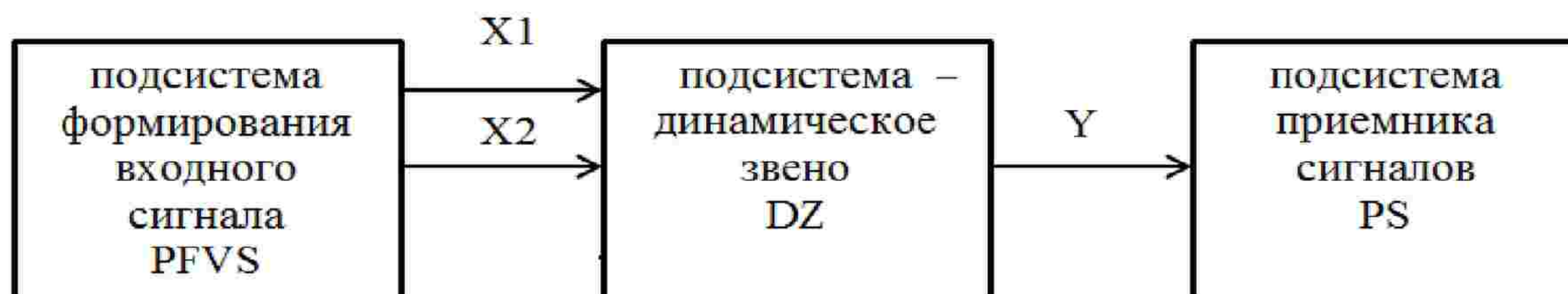


Рис. 1.67. Структура динамической системы



Для построения модели такой динамической системы необходимо построить модели составляющих ее подсистем.

### Ход работы

1. Построить модель динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1.

2. Построить двухуровневую модель динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

2.1. Построить модель источника ступенчато изменяющегося сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

2.2. Заменить в построенной модели динамической системы (см. п. 1) источники сигналов X1 и X2 на источники ступенчато изменяющегося сигнала.

2.3. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы (см. п. 2.1).

2.4. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена.

2.5. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов.

3. Проанализировать результаты работы модели.

4. Оформить отчет о лабораторной работе.

### Порядок выполнения работы

1. Построить модель динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с рис. 1.68 и с методическими указаниями к лабораторной работе № 1.

**Указание.** Модель должна храниться в файле. Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами). Файл должен находиться в папке LR3.

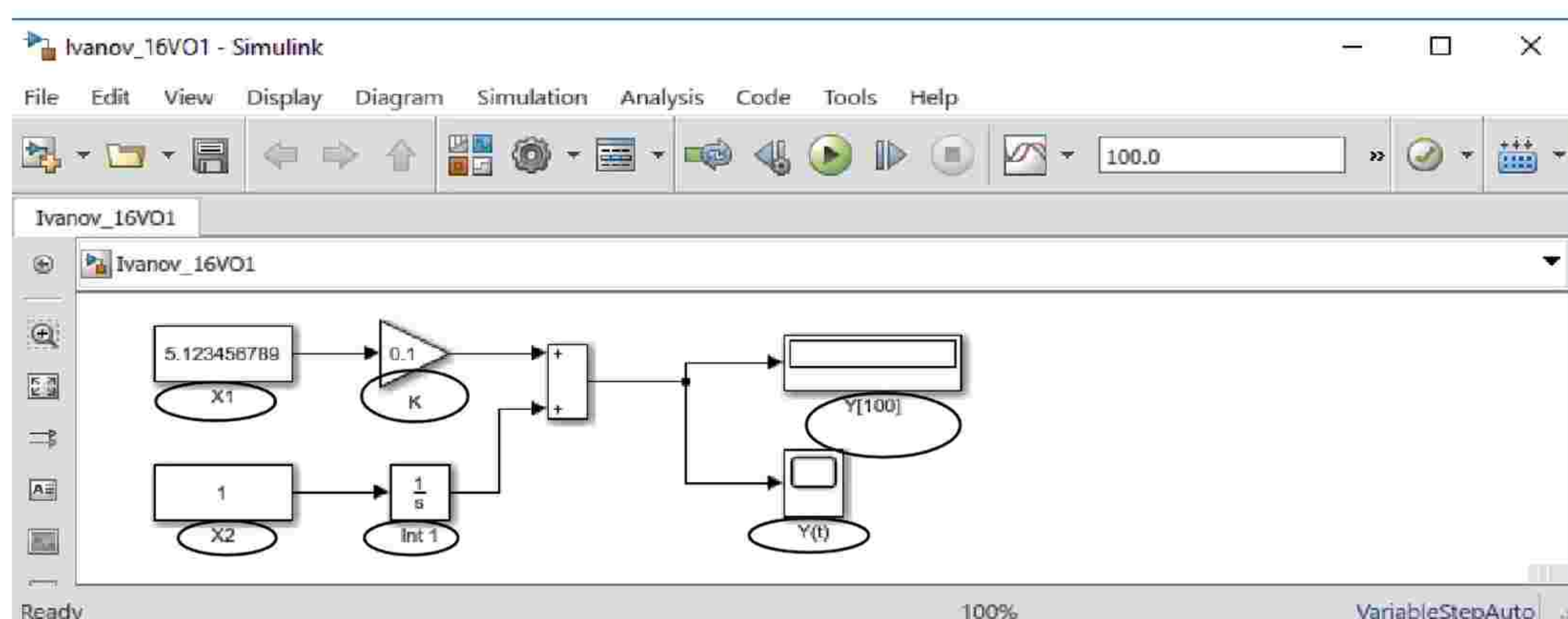


Рис. 1.68. Модель системы



## 2. Построение модели источника ступенчато изменяющегося сигнала в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

Данный элемент модели находится на вкладке «Sources» (рис. 1.69). Выбираем элемент источника ступенчато изменяющегося сигнала «Step» и добавляем его в модель (см. рис. 1.68).

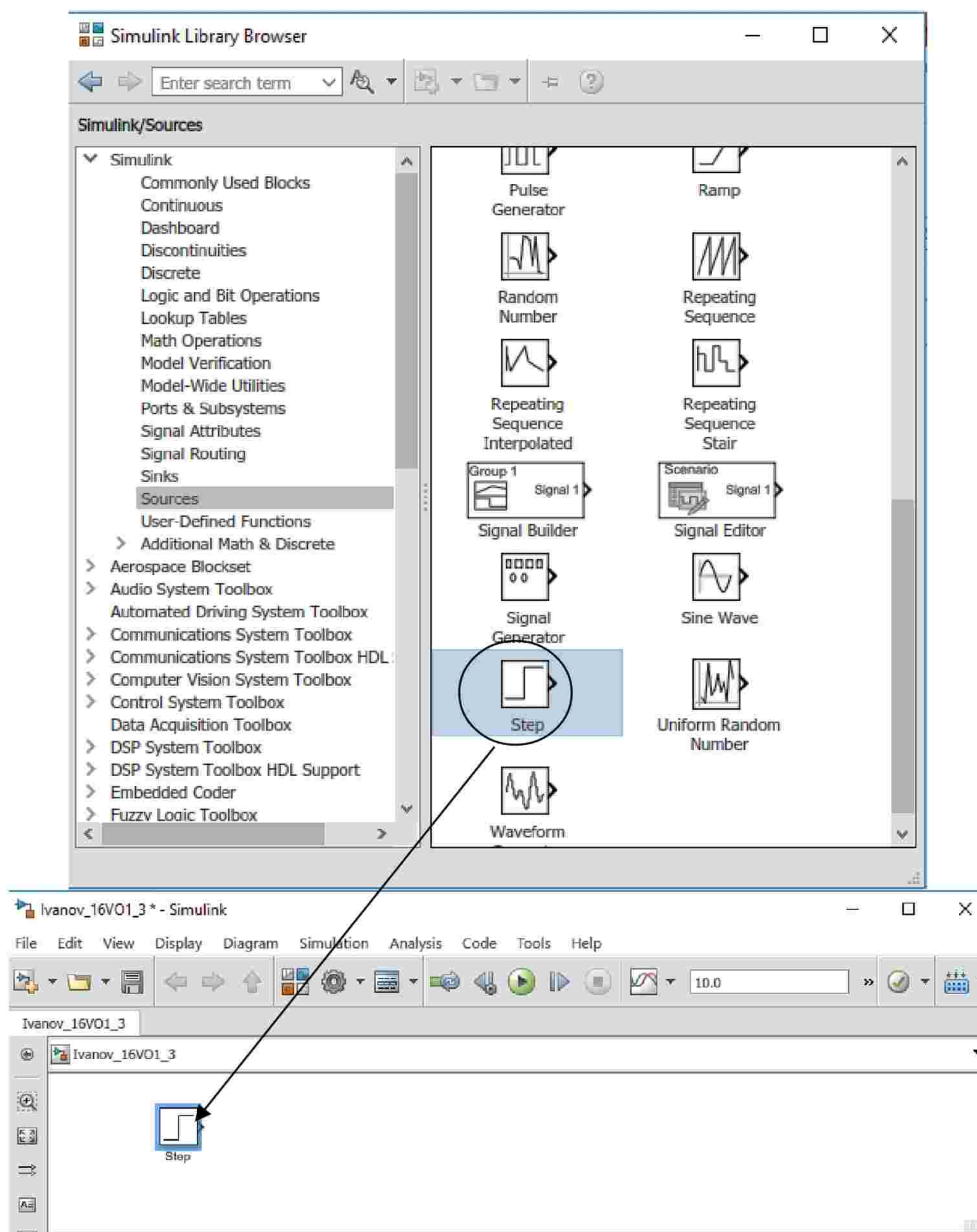


Рис. 1.69. Добавление элемента «Step» с вкладки «Sources» в модель

Необходимо настроить параметры элемента источника сигнала в модели. Для этого необходимо открыть вкладку «Sources Block Parameters Step» (рис. 1.70).



На вкладке «Sources Block Parameters Step» в поле «Step time» устанавливается значение момента времени начала изменения амплитуды источника сигнала. По умолчанию значение равно 1.

На вкладке «Sources Block Parameters Step» в поле «Initial value» устанавливается начальное значение изменения амплитуды источника сигнала. По умолчанию значение равно 0.

На вкладке «Sources Block Parameters Step» в поле «Final value» устанавливается конечное значение изменения амплитуды источника сигнала. По умолчанию значение равно 1.

На вкладке «Sources Block Parameters Step» в поле «Sample time» устанавливается значение шага по оси времени. По умолчанию значение равно 0, что соответствует значению шага по оси времени, выбираемого автоматически.

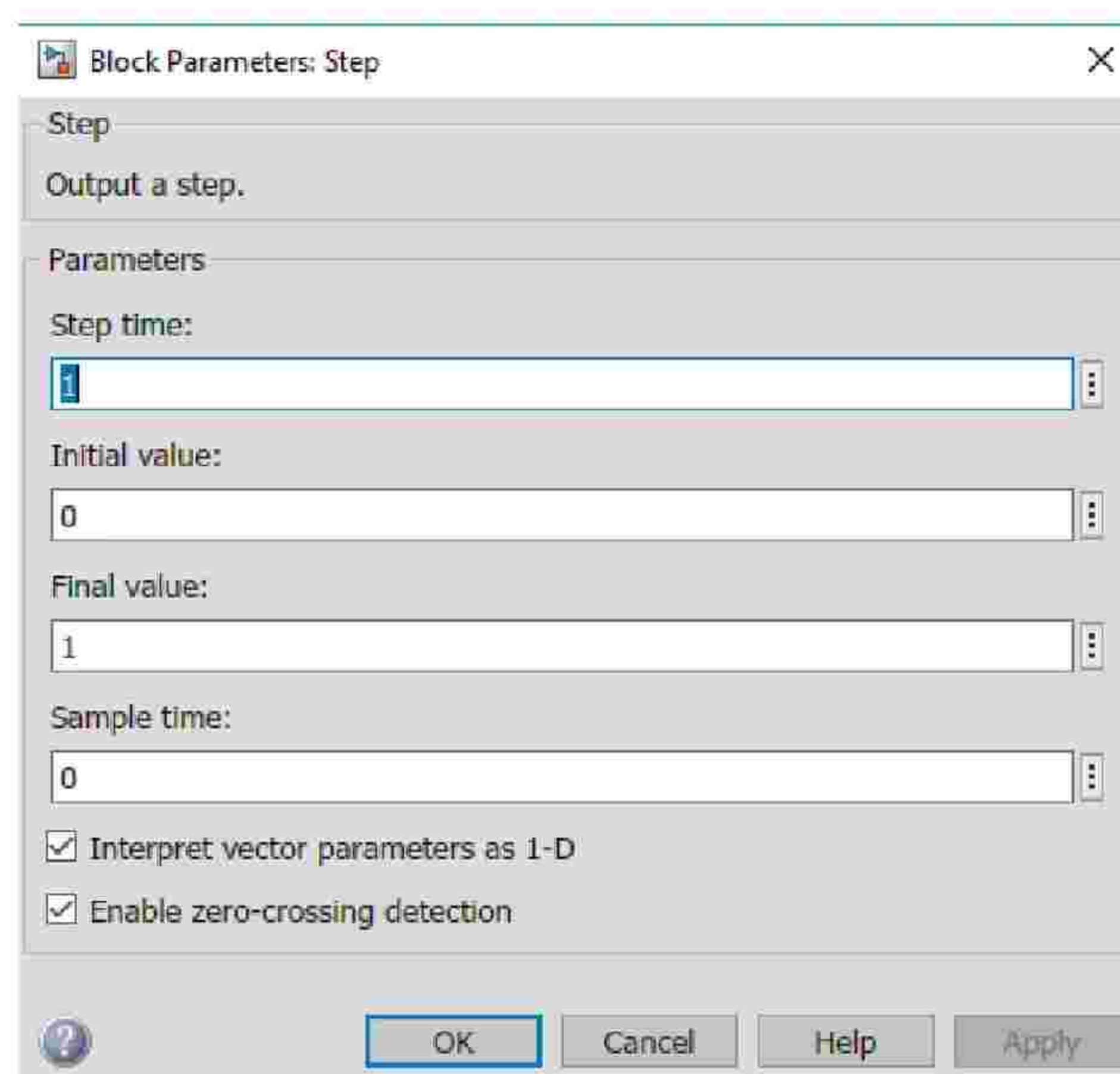


Рис. 1.70. Вкладка «Sources Block Parameters Step»

Далее для анализа работы построенной модели необходимо посмотреть выходной сигнал. Для этого надо добавить в модель элемент «осциллограф» «Scope» (рис. 1.71).

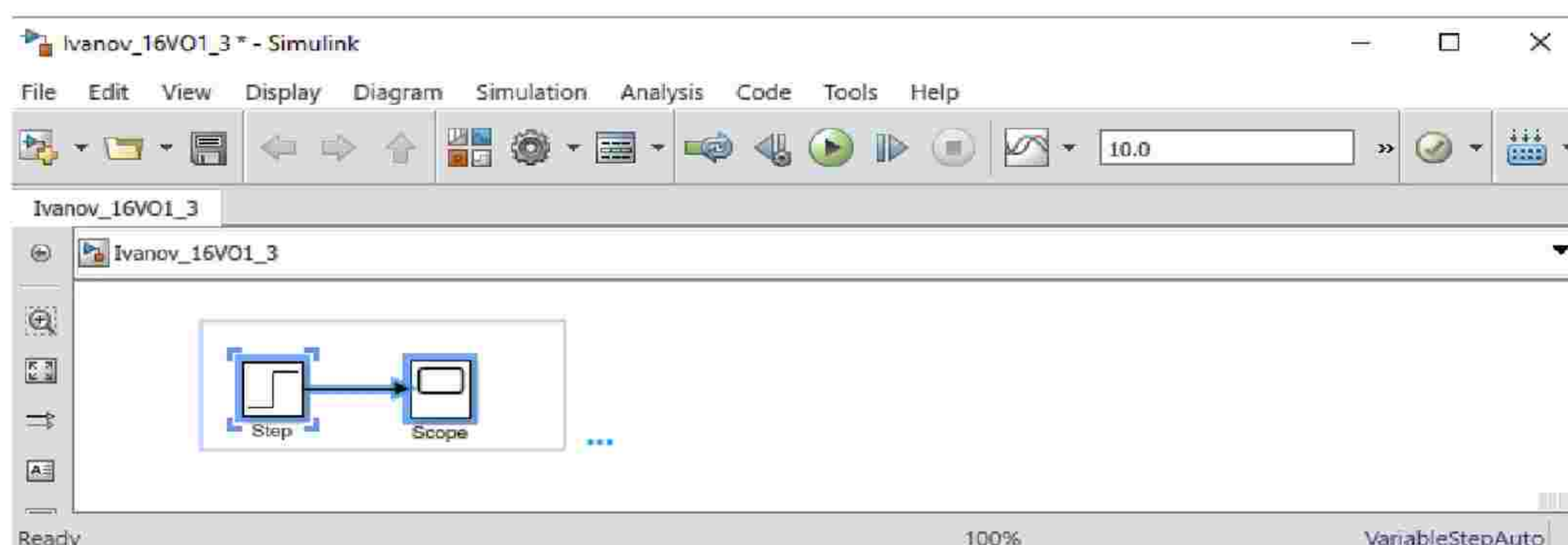


Рис. 1.71. Модель источника ступенчато изменяющегося сигнала с элементом «осциллограф» «Scope»



На рис. 1.72 представлены пример настройки параметров элемента «Step» и график его выходного сигнала на экране элемента «Scope» (осциллограф), полученный после запуска модели. Выполните соответствующие настройки элементов системы и запустите модель для получения изображения, соответствующего рис. 1.72.

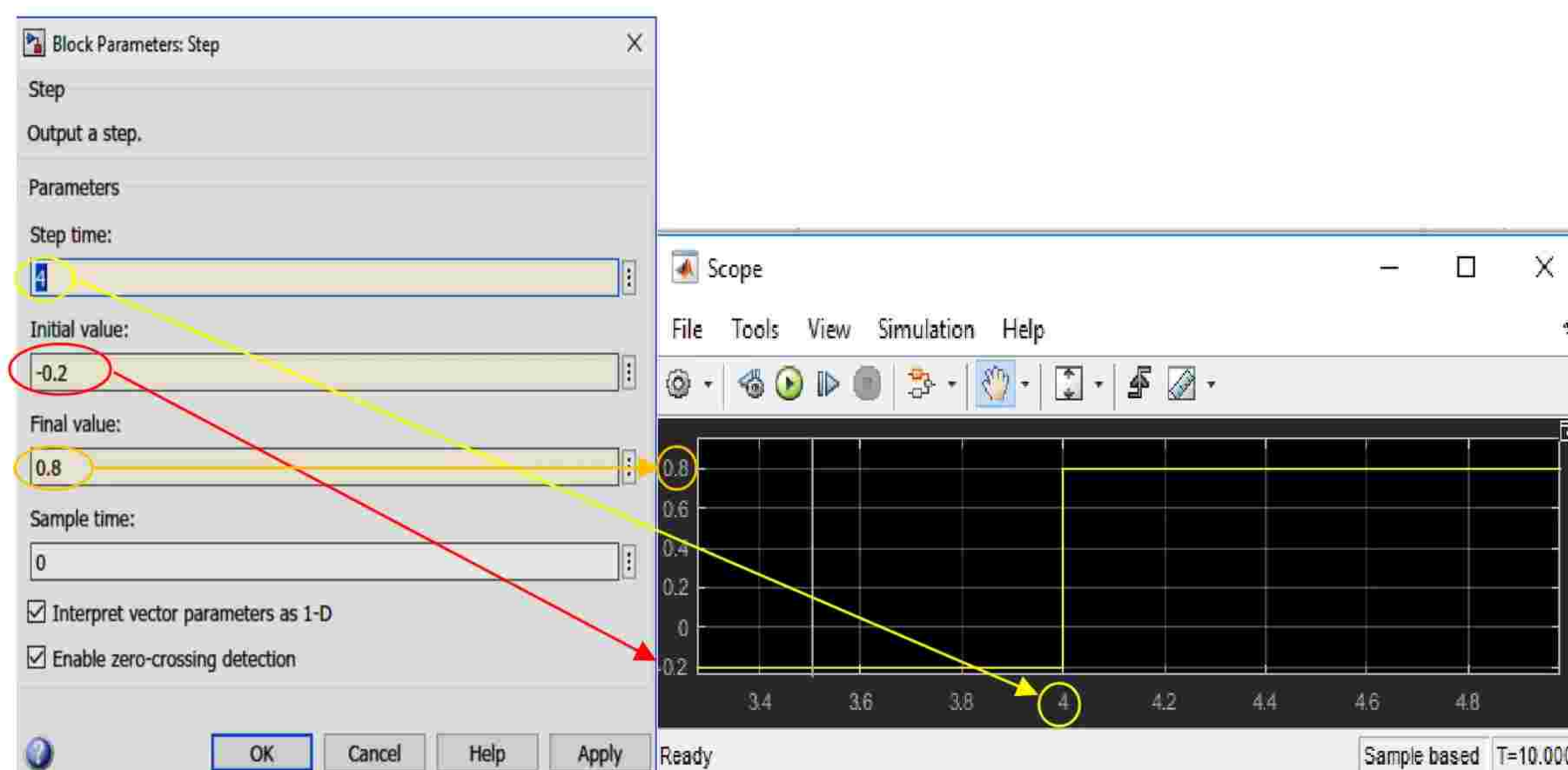


Рис. 1.72. Настройки параметров элемента «Step» и график его выходного сигнала на экране элемента «осциллограф» «Scope»

**3. Заменить в построенной модели динамической системы (см. рис. 1.68) источники сигналов X1 и X2 на источники ступенчато изменяющегося сигнала в соответствии с рис. 1.73.**

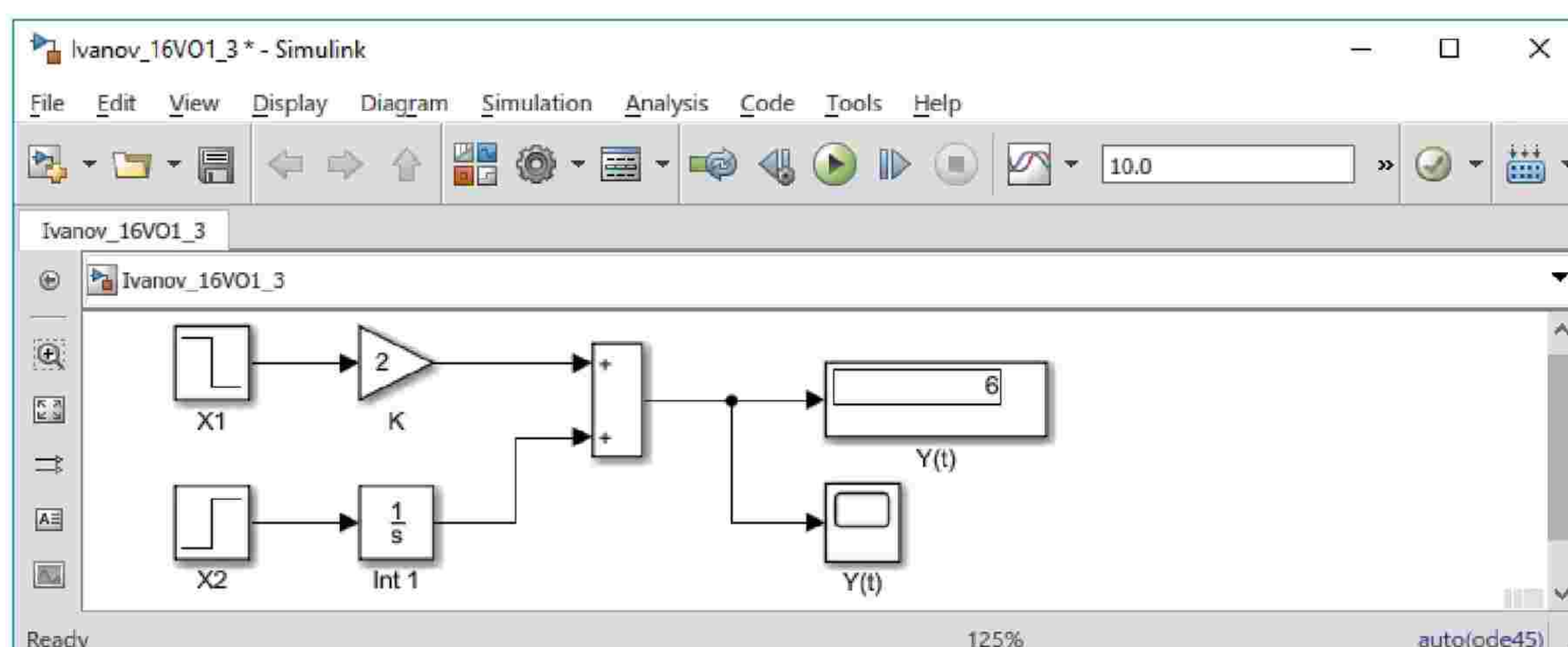
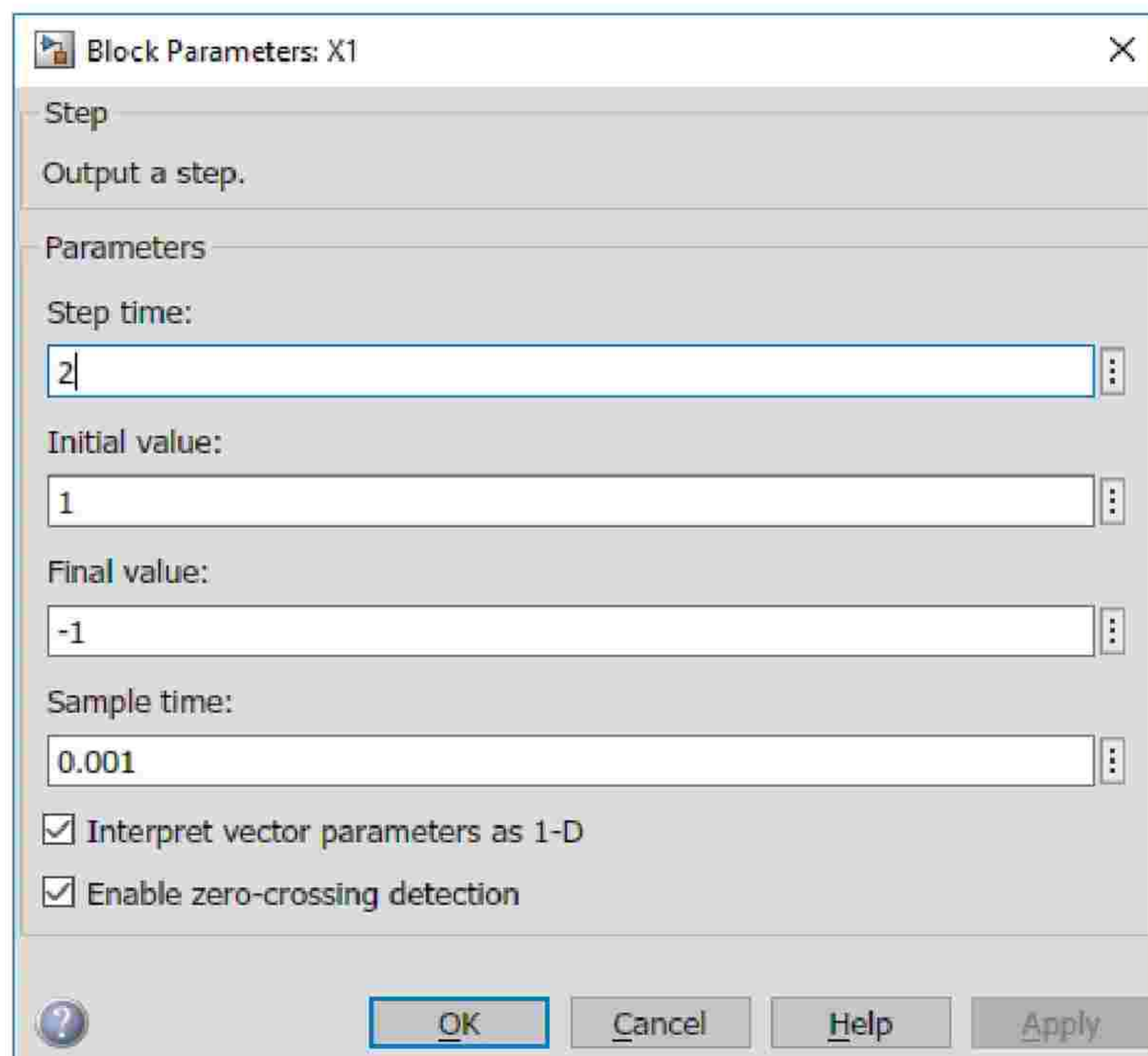


Рис. 1.73. Модель системы с источниками ступенчато изменяющегося сигнала



#### 4. Настроить параметры элементов модели.

Далее необходимо установить параметры источника сигнала X1 в соответствии с рис. 1.74.



Block Parameters: X1

Step

Output a step.

Parameters

Step time:

2

Initial value:

1

Final value:

-1

Sample time:

0.001

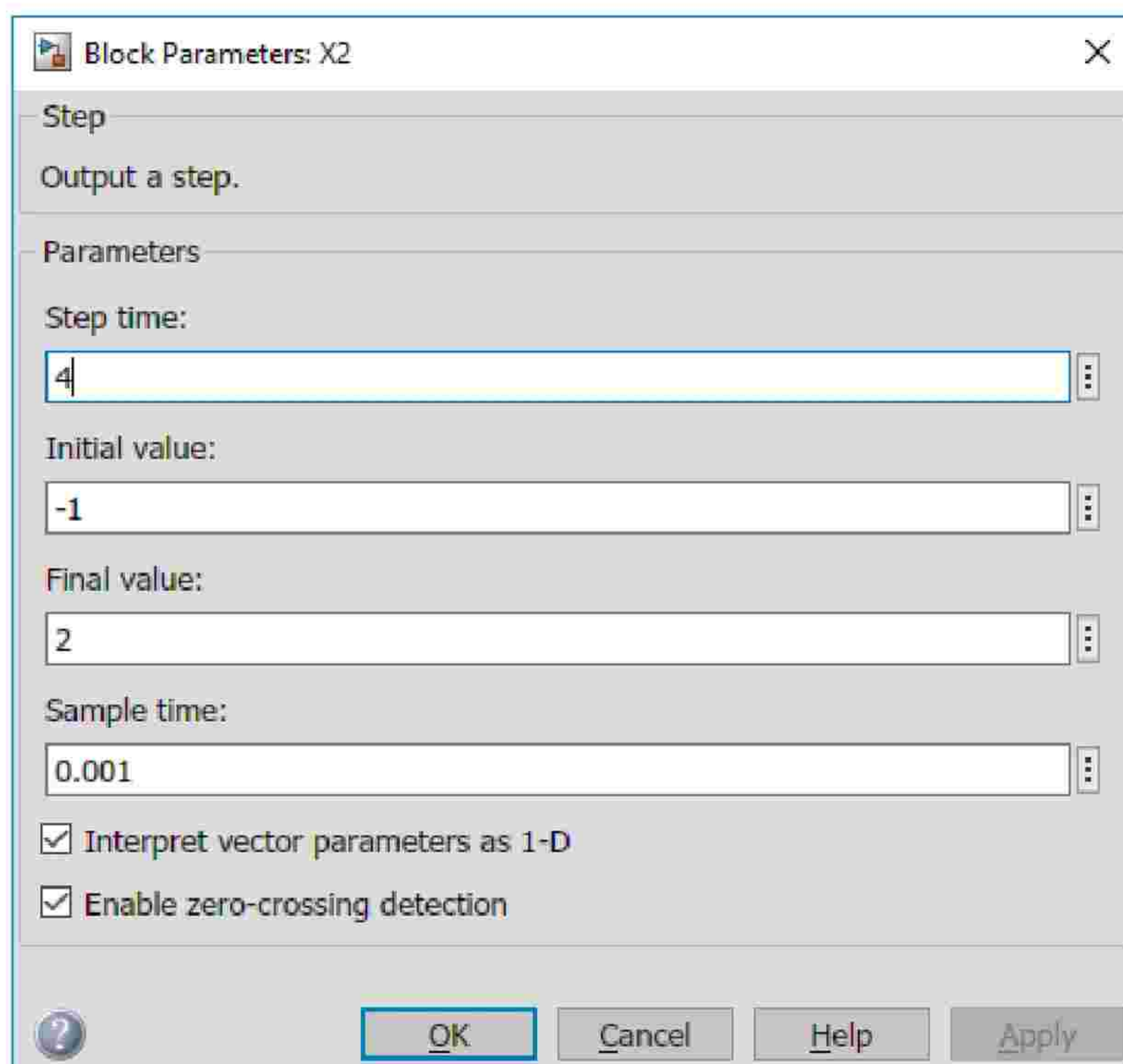
☒ Interpret vector parameters as 1-D

☒ Enable zero-crossing detection

OK Cancel Help Apply

Рис. 1.74. Значения параметров источника сигнала X1

Далее необходимо установить параметры источника сигнала X2 в соответствии с рис. 1.75.



Block Parameters: X2

Step

Output a step.

Parameters

Step time:

4

Initial value:

-1

Final value:

2

Sample time:

0.001

☒ Interpret vector parameters as 1-D

☒ Enable zero-crossing detection

OK Cancel Help Apply

Рис. 1.75. Значения параметров источника сигнала X2



Далее необходимо установить параметры умножителя К в соответствии с рис. 1.76.

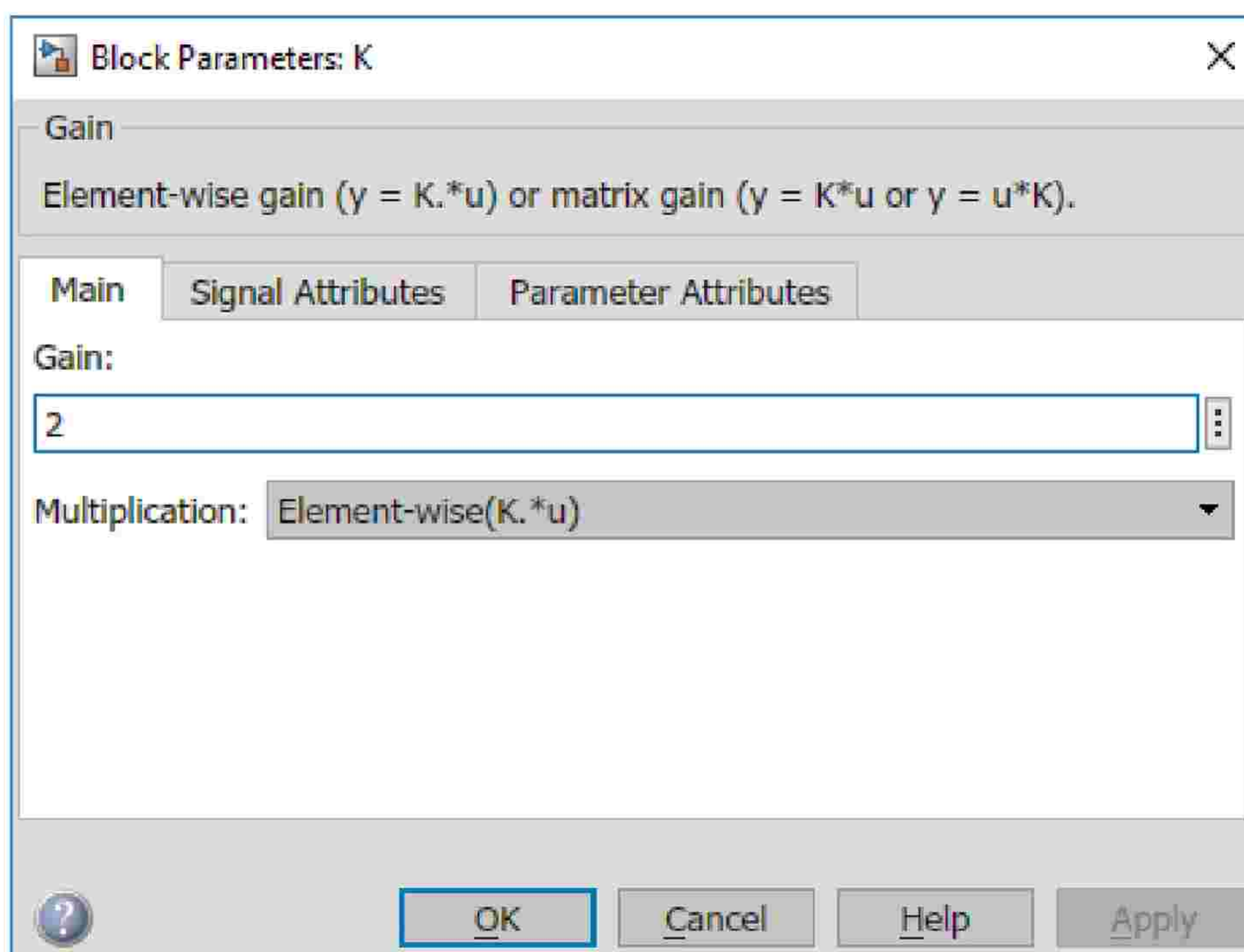


Рис. 1.76. Значения параметров умножителя К

Далее необходимо установить параметры элемента «Display» в соответствии с рис. 1.77.

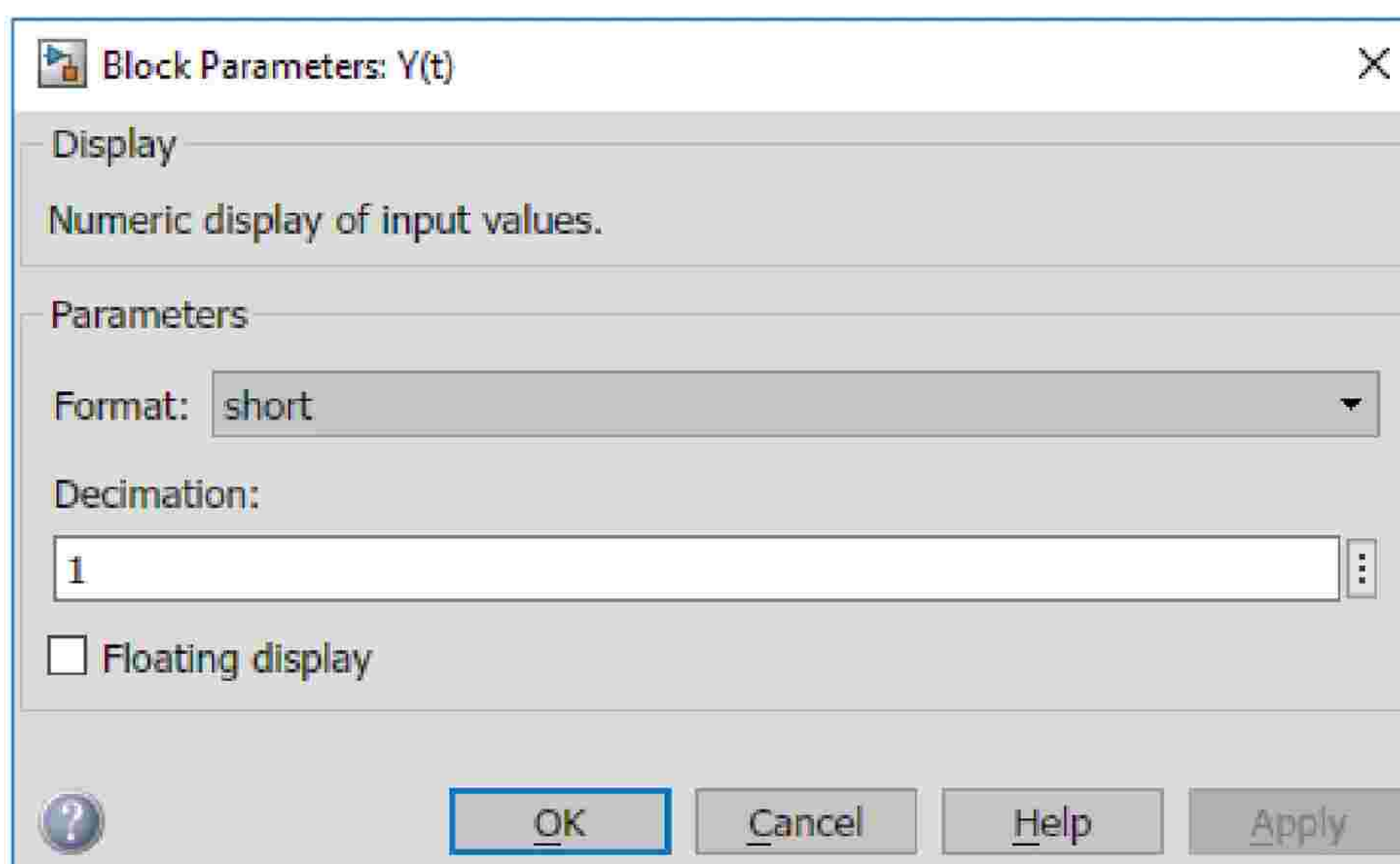


Рис. 1.77. Значения параметров элемента «Display»

Далее необходимо установить параметры элемента «Score» в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1



так, чтобы на экран элемента «осциллограф» выводились все точки графика по оси  $X$  (абсцисса первой точки равна 0) согласно рис. 1.78.

На рис. 1.78 представлен график выходного сигнала  $Y(t)$ , полученный после запуска модели.

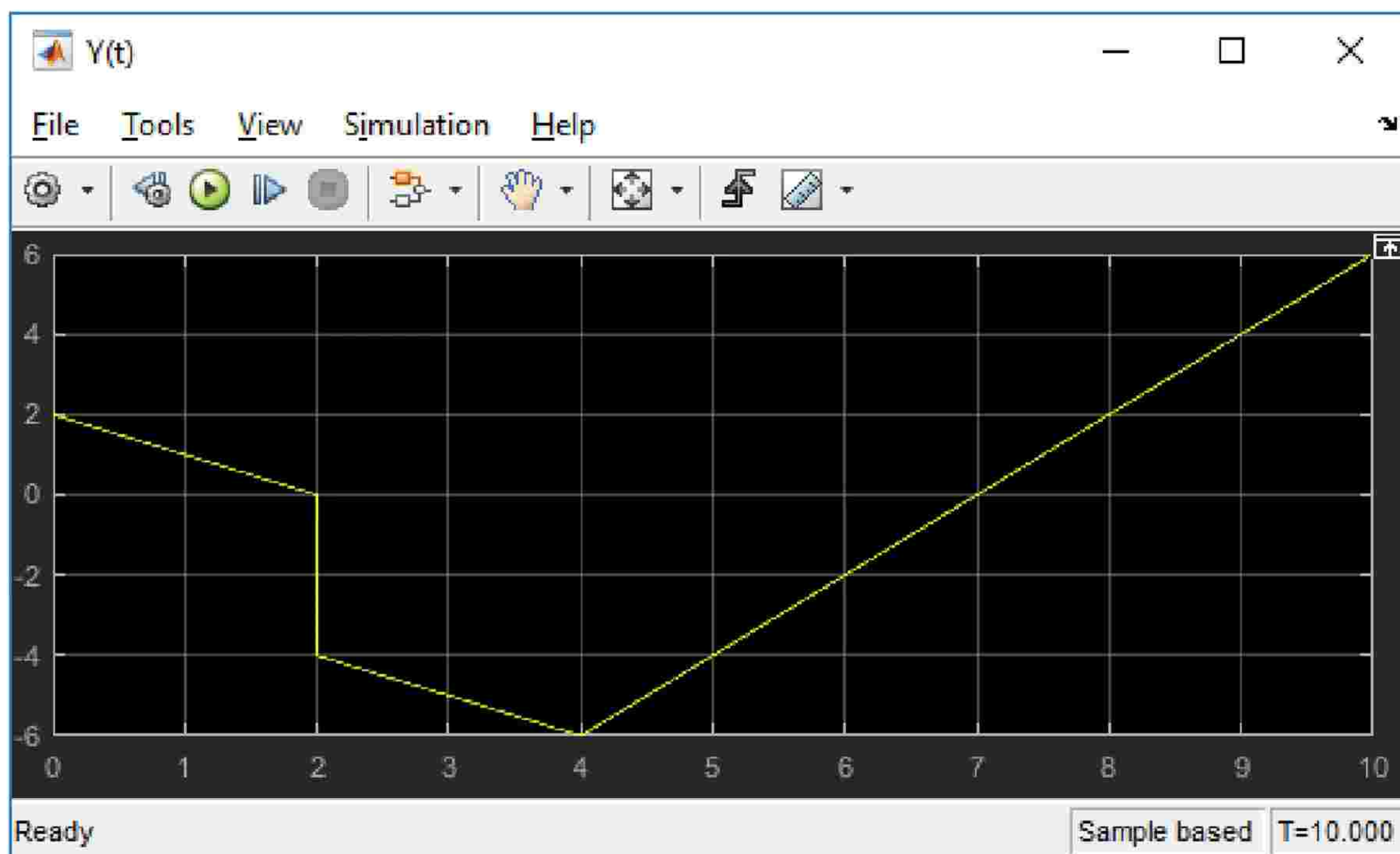


Рис. 1.78. График выходного сигнала  $Y(t)$

**5. Добавить в модель (см. рис. 1.73) два элемента «Score» для наблюдения за изменениями входных сигналов  $X1$  и  $X2$  в соответствии с рис. 1.79.**

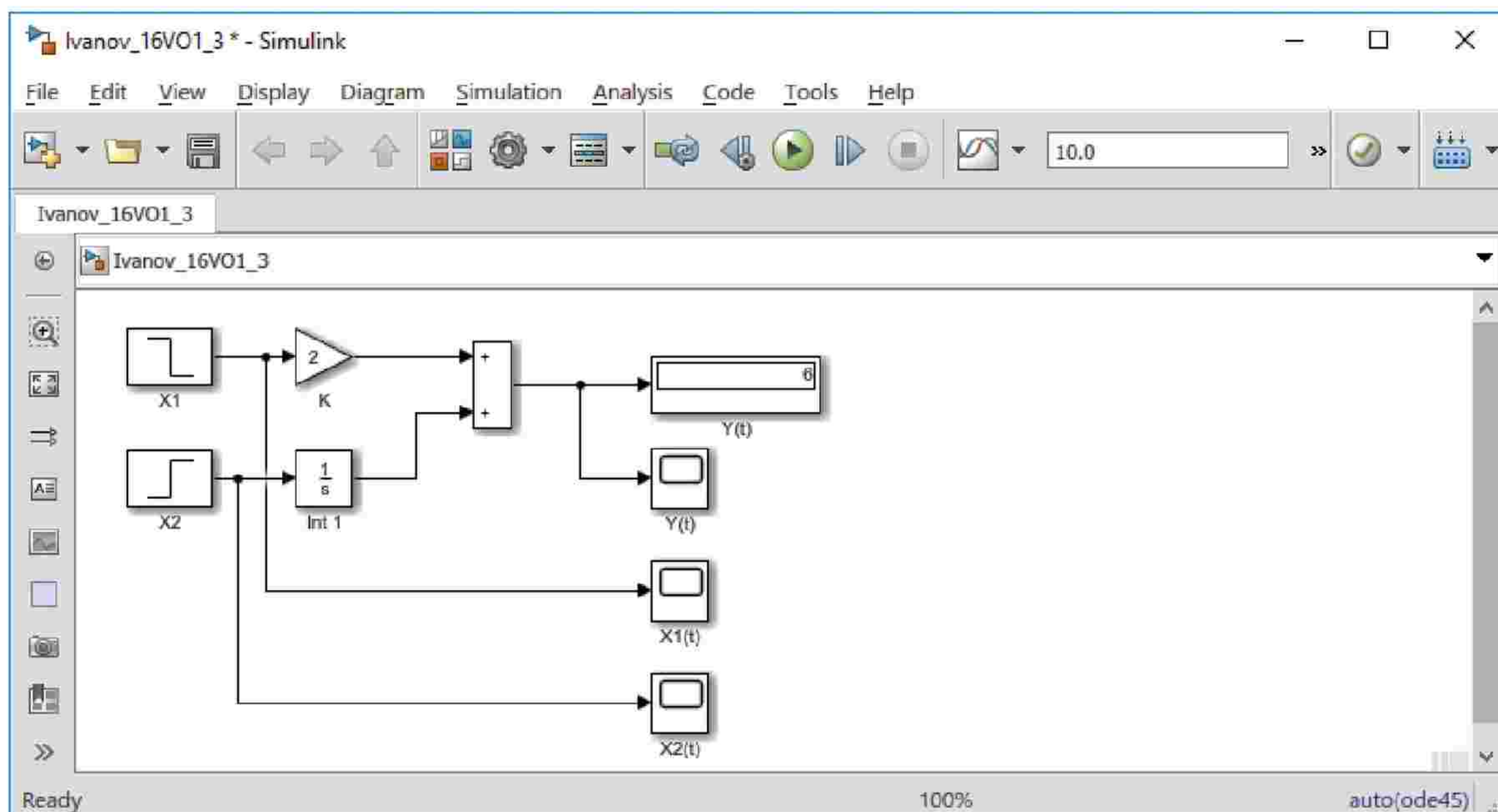


Рис. 1.79. Модель системы с элементами «Score»



На рис. 1.80, 1.81 представлены графики с изменениями входных сигналов  $X1$  и  $X2$ , полученные после запуска модели. Выполните настройку параметров элементов «Score» и запустите модель для получения соответствующих изображений.

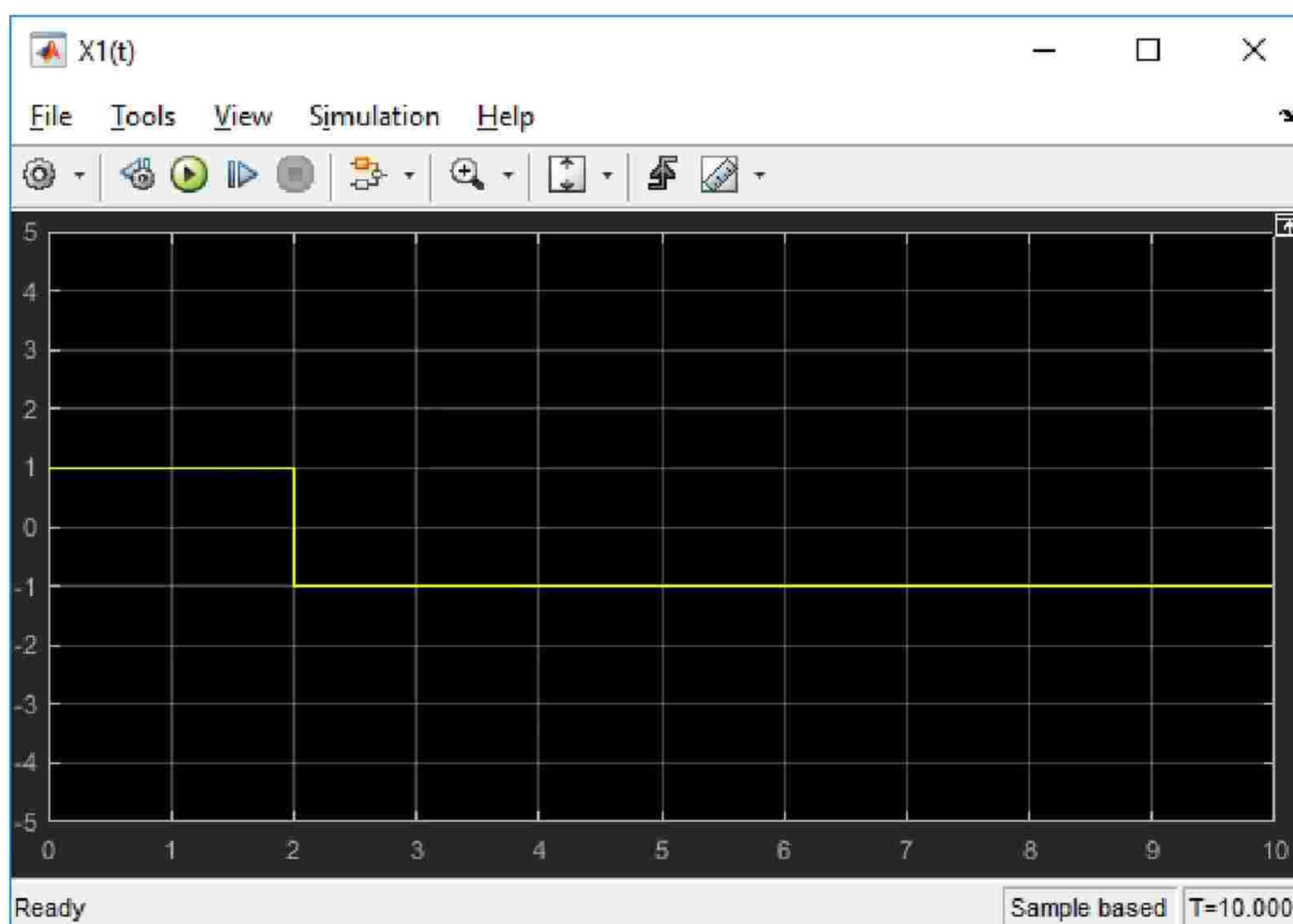


Рис. 1.80. График изменения входного сигнала  $X1$

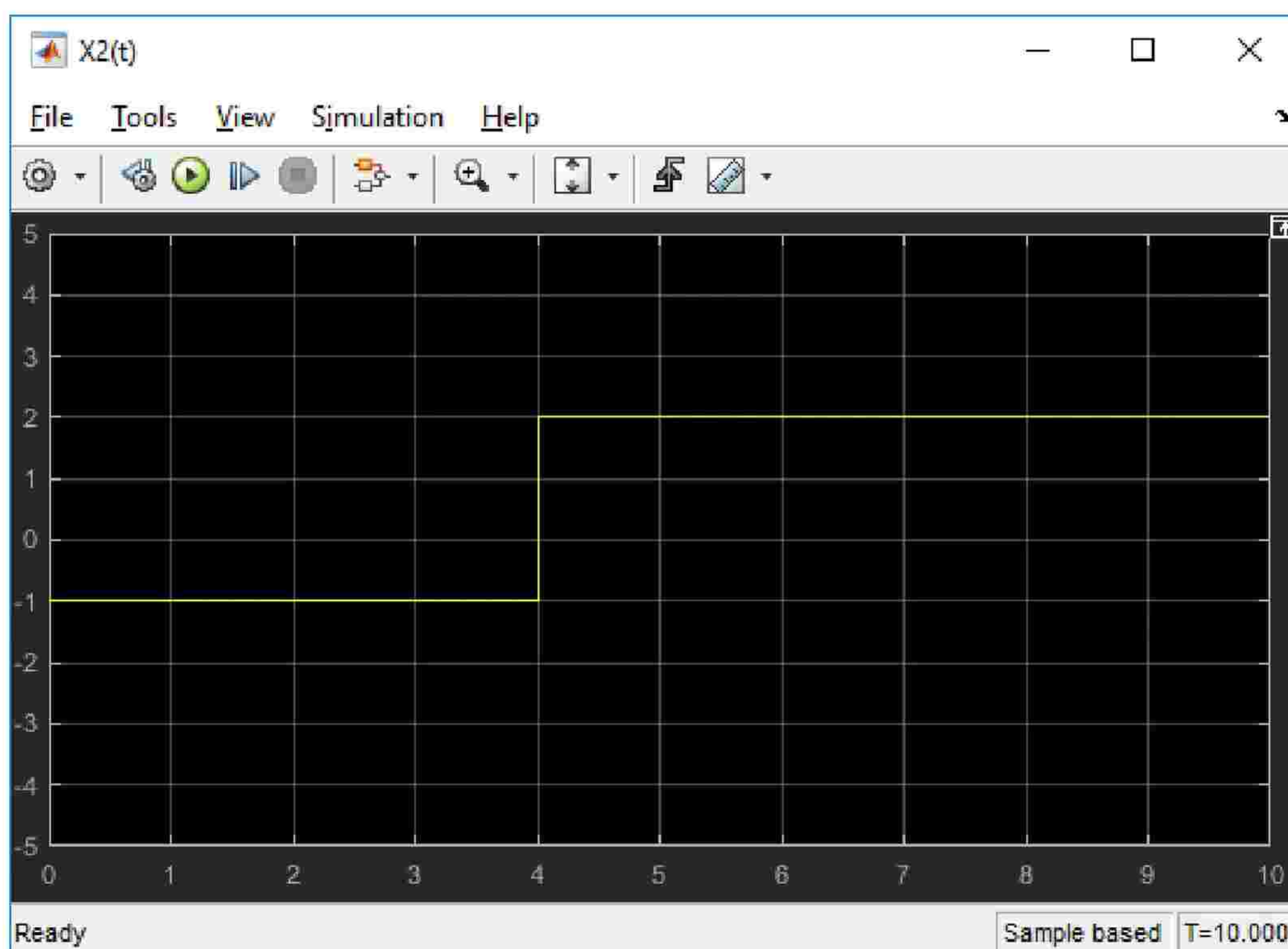


Рис. 1.81. График изменения входного сигнала  $X2$



## 6. Построение модели подсистемы формирования входных сигналов динамической системы.

В построенной (см. рис. 1.79) модели динамической системы объединить в один модуль элементы, моделирующие источники сигналов  $X1$  и  $X2$ . Для этого, удерживая нажатой левую кнопку мыши, выделить область рабочей страницы, в которой расположены элементы  $X1$  и  $X2$ . Далее в меню «Edit» кликнуть левой кнопкой мыши по строке подменю «Create Subsystem». Модель системы после выполненных действий должна соответствовать рис. 1.82.

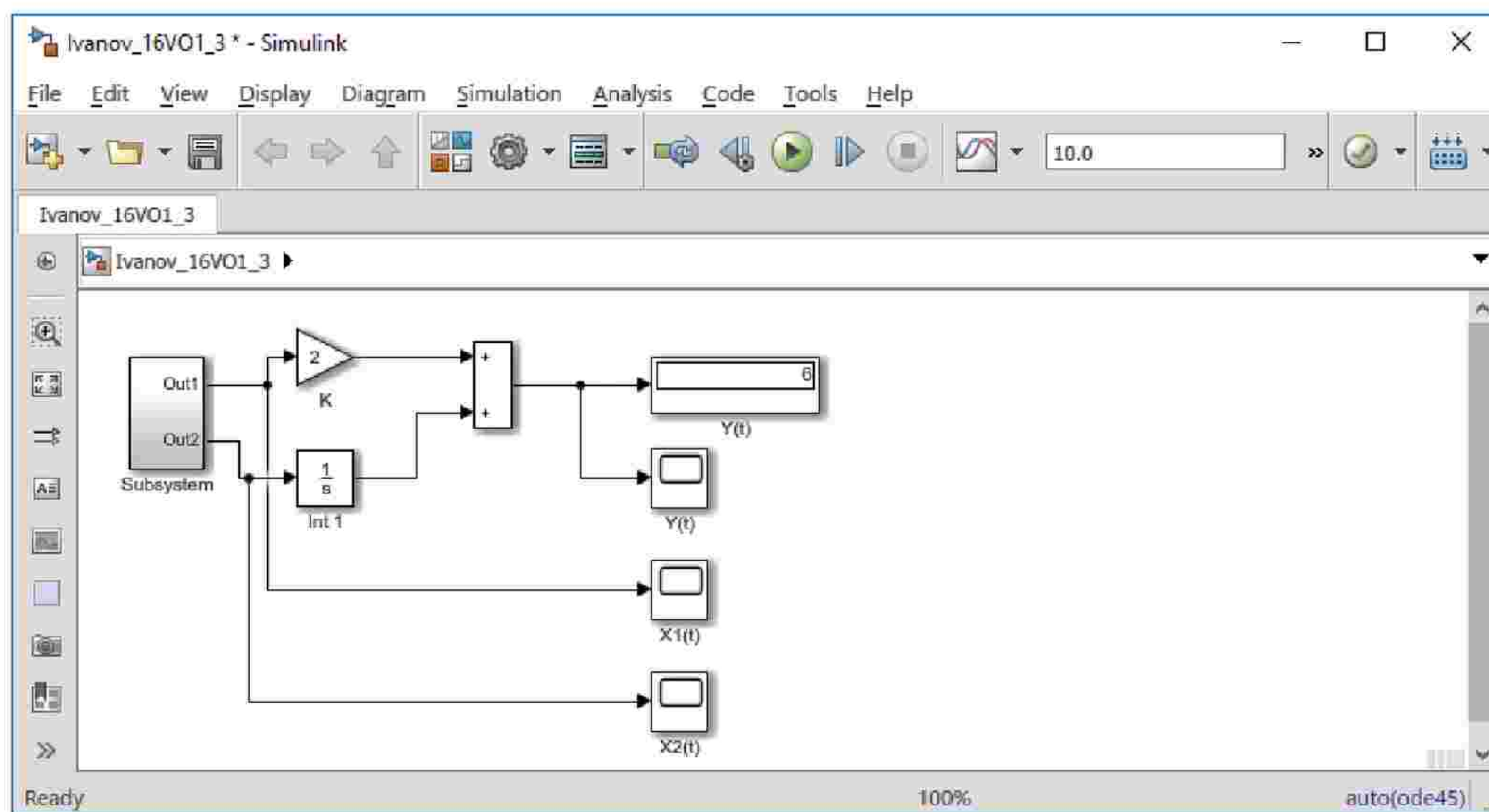


Рис. 1.82. Модель с подсистемой

Далее в модели необходимо переименовать блок с подсистемой (рис. 1.83). Для этого ввести вместо имени по умолчанию «Subsystem» свое название подсистемы латинскими буквами PFVS (подсистема формирования входного сигнала).

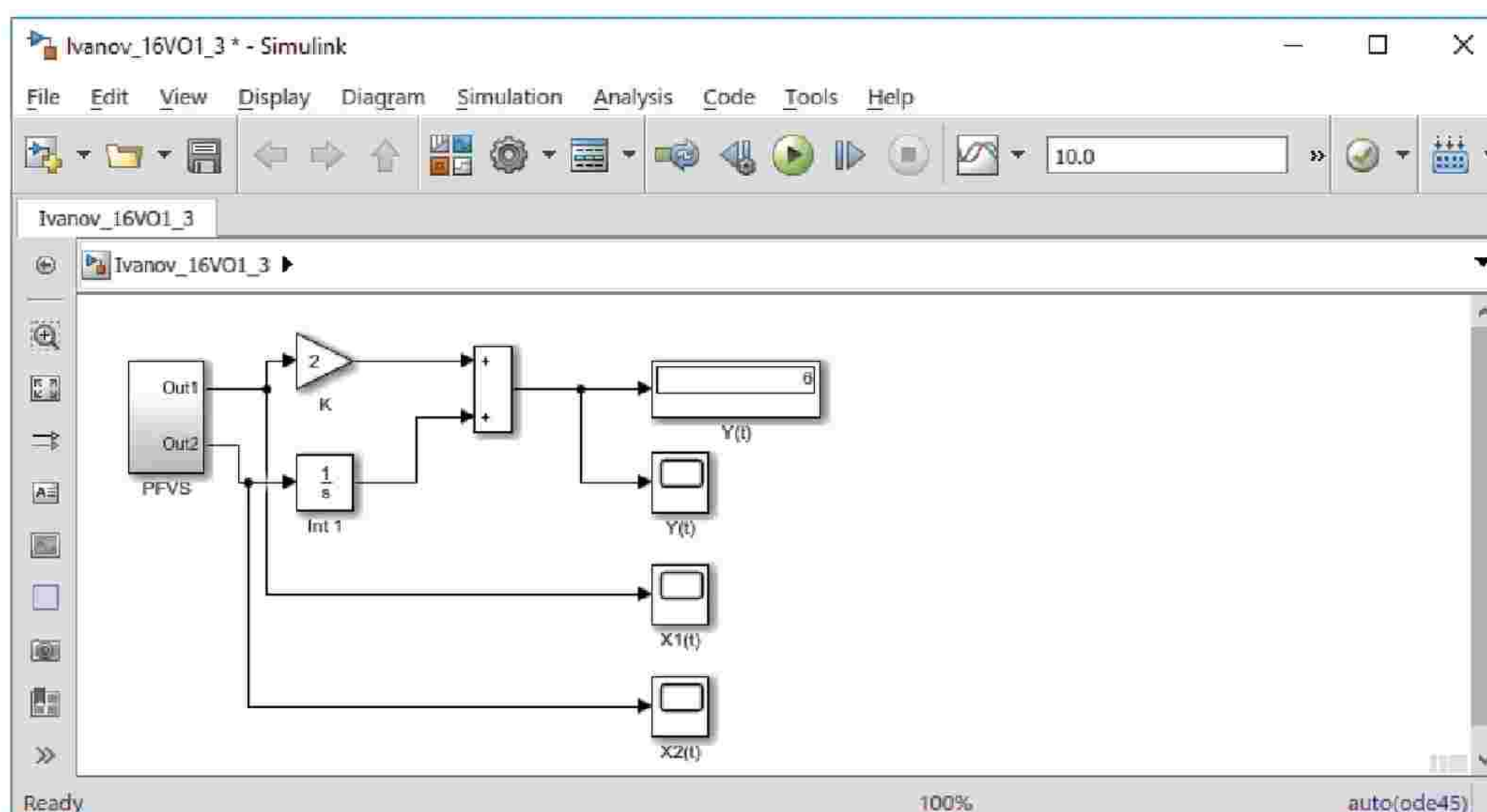


Рис. 1.83. Модель с подсистемой PFVS



Далее необходимо переименовать выходы блока PFVS. Для этого надо дважды кликнуть левой кнопкой мыши на блоке подсистемы для открытия окна (рис. 1.84).

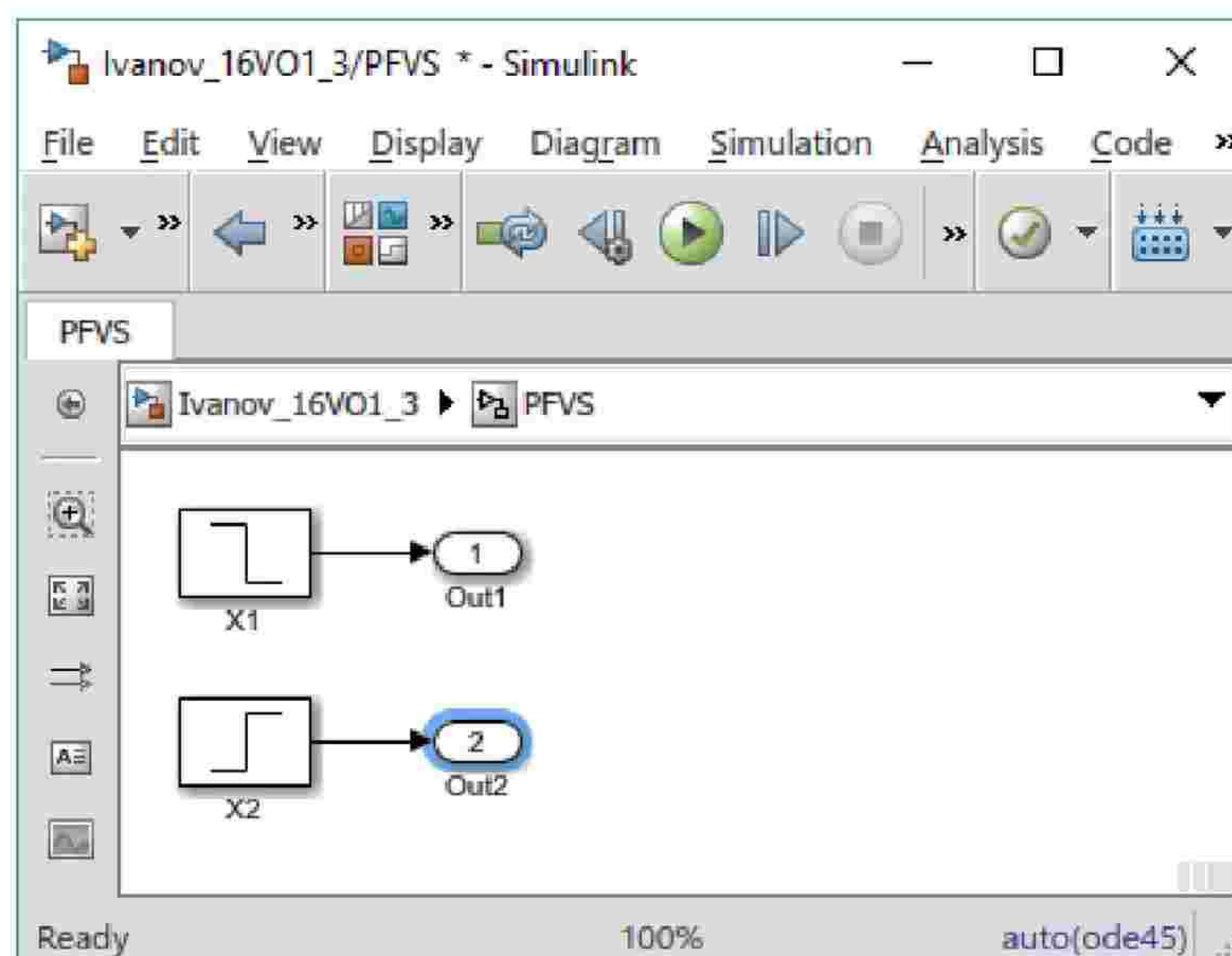


Рис. 1.84. Блок подсистемы PFVS

Для изменения размеров открывшегося окна с подсистемой необходимо использовать меню «View», подменю «Zoomin» (увеличение) или «Zoomout» (уменьшение).

Далее вместо имен «Out1» и «Out2» набрать соответственно X1 и X2 (рис. 1.85).

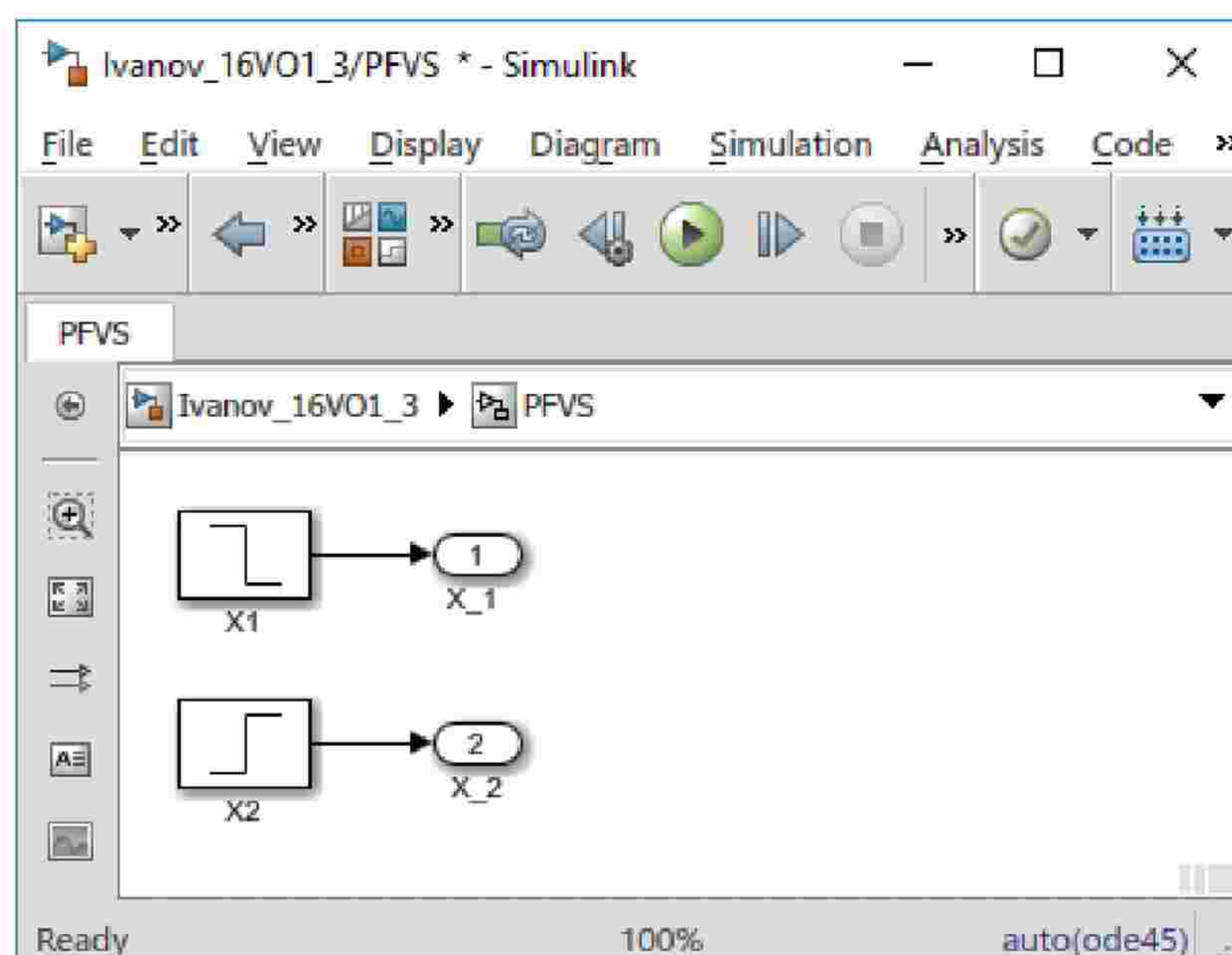


Рис. 1.85. Подсистема PFVS

Экранная форма модели с подсистемой формирования входного сигнала представлена на рис. 1.86.



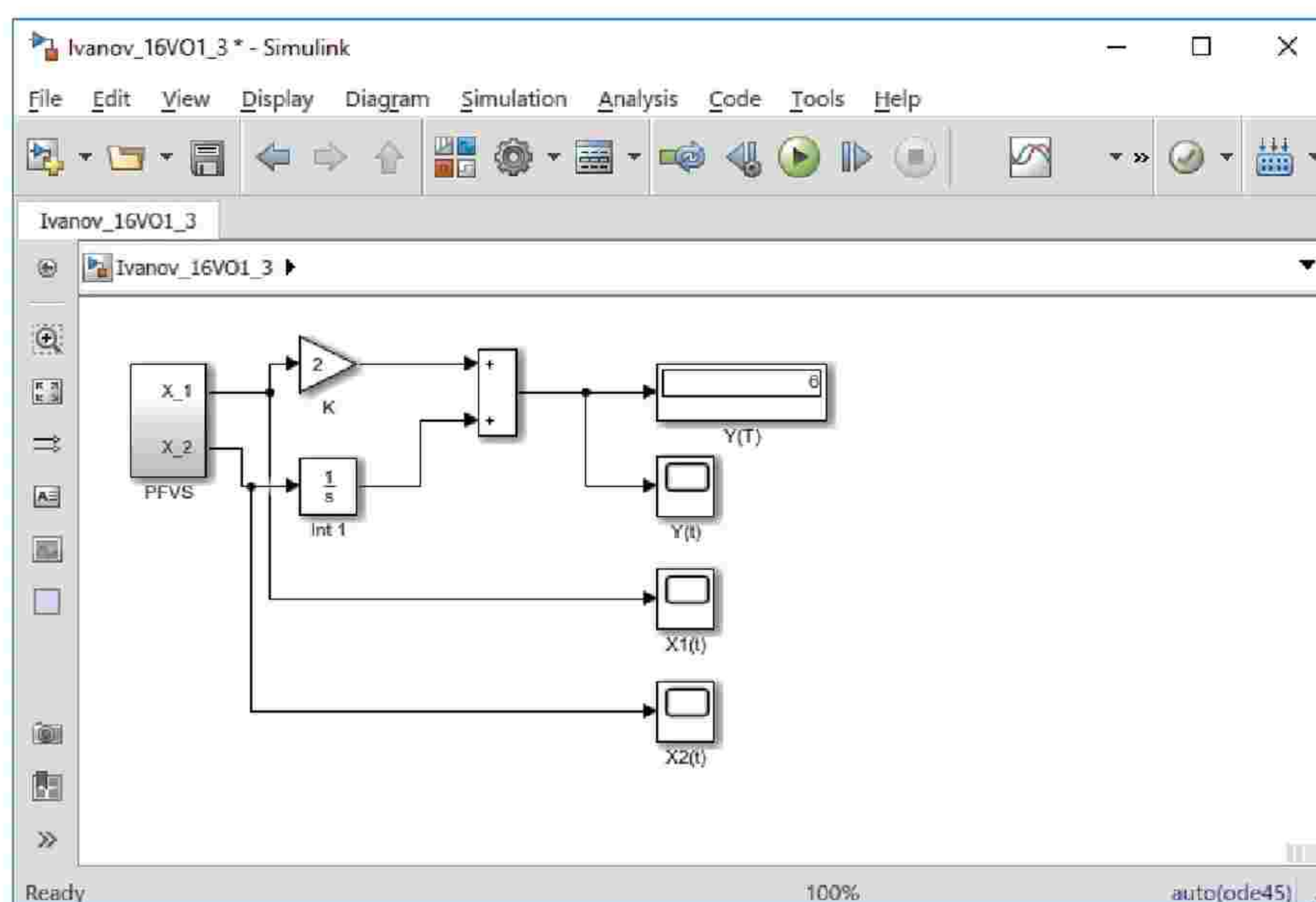


Рис. 1.86. Экранная форма модели с подсистемой формирования входного сигнала

## 7. Построение модели подсистемы, выполняющей функцию динамического звена.

В построенной (см. рис. 1.86) модели динамической системы объединить в один блок элементы, моделирующие динамическое звено системы (интегратор, сумматор, умножитель). Назвать подсистему DZ, входы X1 и X2, ее выход Y(t).

Экранная форма модели с подсистемой, выполняющей функцию динамического звена, представлена на рис. 1.87.

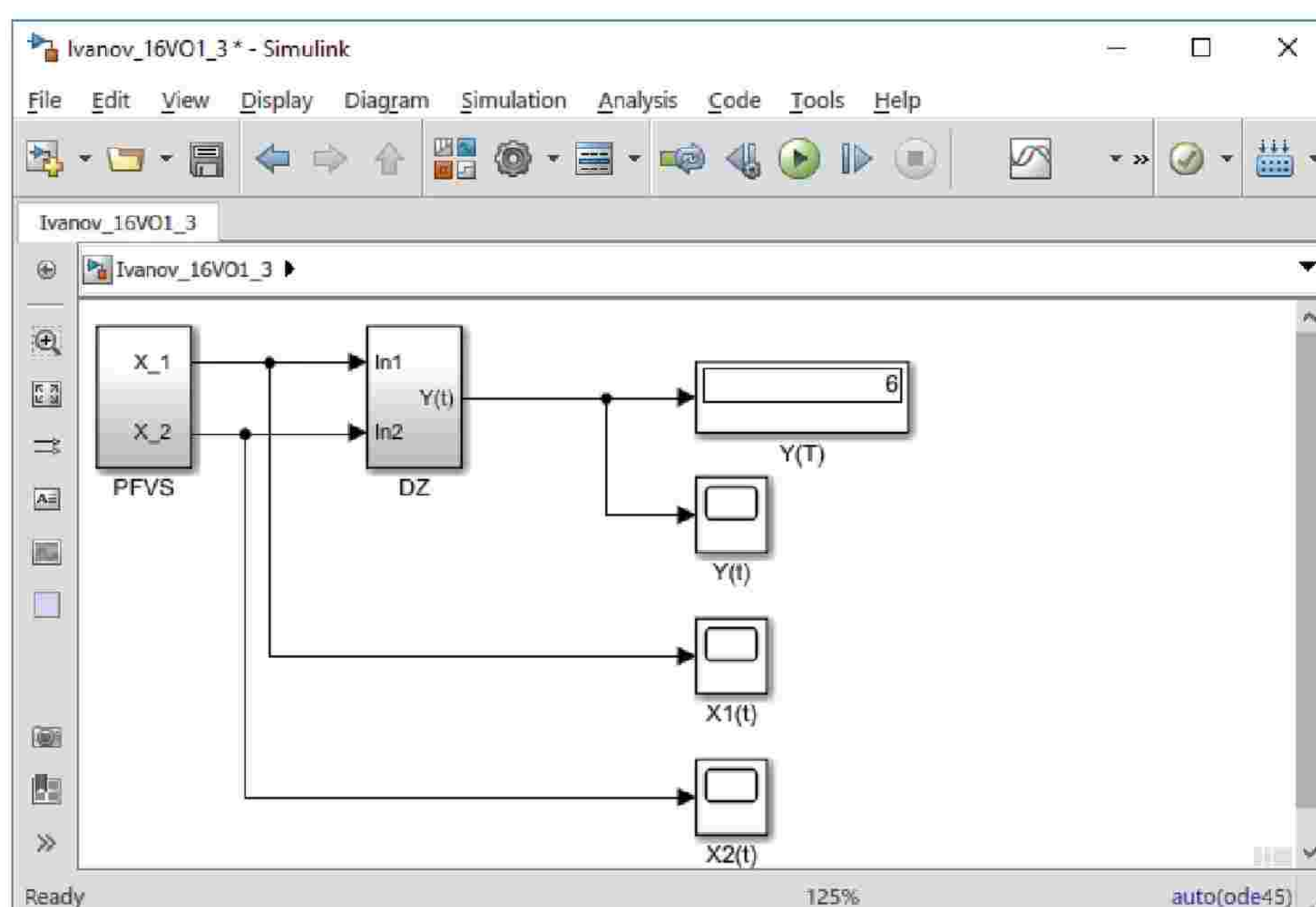


Рис. 1.87. Экранная форма модели с подсистемой, выполняющей функцию динамического звена



## 8. Построение модели подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов.

В построенной (см. рис. 1.87) модели динамической системы объединить в один блок элементы, выполняющие функцию приемника сигналов (три элемента «Score» и элемент «Display»). Назвать подсистему PS, входы:  $X_1(t)$ ,  $X_2(t)$ ,  $Y(t)$ .

Экранная форма модели с подсистемой, выполняющей функцию приемника сигналов, представлена на рис. 1.88. Имитационная модель динамической системы (см. рис. 1.88) является двухуровневой. Подсистемы формирования входного сигнала, подсистема, выполняющая функцию динамического звена, подсистема, выполняющая функцию приемника сигнала, представляют собой модели первого уровня вложенности. Таким образом, общая модель динамической системы является двухуровневой и включает в себя три модели первого уровня вложенности. Количество уровней вложенности в моделях подобных систем в среде визуального программирования MATLAB-Simulink неограничено.

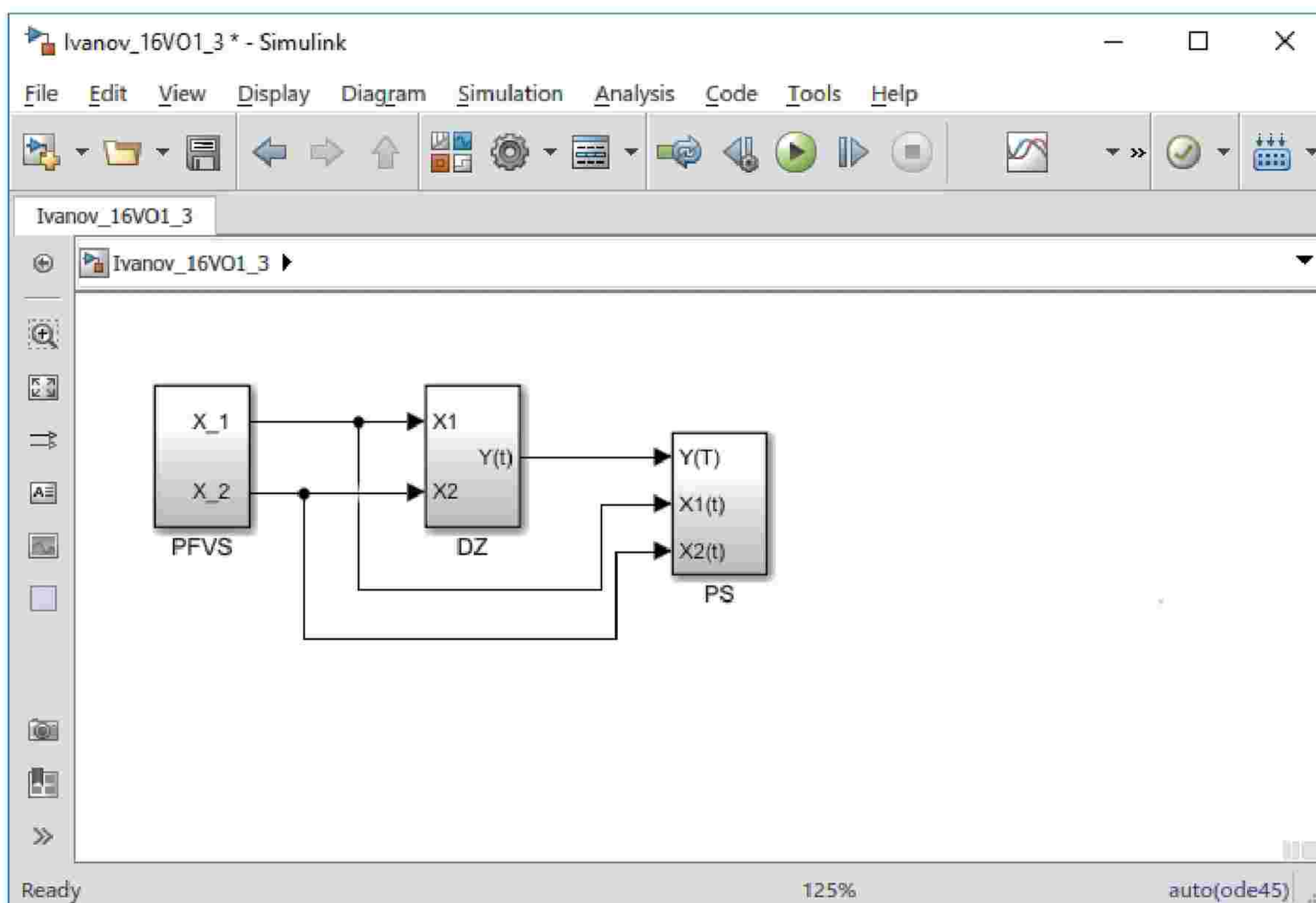


Рис. 1.88. Экранная форма модели с подсистемой, выполняющей функцию приемника сигналов

## 9. Проанализировать результаты работы модели.

9.1. Запустить модель и получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования



MATLAB-Simulink (выходного сигнала системы  $Y(t)$ , сигналов с выхода каждого источника сигнала).

9.2. Проанализировать результаты работы модели динамической системы: объяснить влияние изменения амплитуды входных сигналов на сигнал с выхода модели динамической системы  $Y(t)$ .

## **10. Оформить отчет о лабораторной работе.**

### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- 1) цель работы;
- 2) создание модели в среде MATLAB-Simulink.

Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели в соответствии с методическими указаниями с приведением экранных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);

- 3) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных в соответствии с методическими указаниями, отображенные в виде графиков с комментариями и числовых значений выходного сигнала;

- 4) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и анализ результатов;

- 5) письменные ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 3**

1. Что представляет собой принцип иерархии системного анализа? Как он был использован при построении модели динамической системы?

2. Назовите свойства системы.
3. Классификация связей.
4. Что такое среда?

## **1.6. Создание модели динамической системы в виде набора подсистем в среде визуального программирования MATLAB-Simulink**

### **Методические указания к лабораторной работе № 4**

**Цель работы:** построить модель динамической системы в виде набора подсистем в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания.



## Ход работы

1. Разработать структурную схему динамической системы в виде набора подсистем в соответствии с вариантом задания (табл. 1.2).

*Таблица 1.2*

**Варианты заданий**

№	Источники ступенчато изменяющегося сигнала	Значение параметра «Initial value»	Значение параметра «Final value»	Значение параметра «Step time»	Значение параметра «Sample time»
1	2	3	4	5	6
1	X1	1	−1	2	0,001
	X2	−5	5	1	
	X3	−1	1	1	
2	X1	−1	0	1	0,0005
	X2	−4	4	2	
	X3	−2	2	2	
3	X1	−1	1	3	0,0007
	X2	−3	3	1	
	X3	−3	3	3	
4	X1	−2	2	2	0,0003
	X2	−2	2	3	
	X3	−4	4	4	
5	X1	−3	3	4	0,0008
	X2	−1	1	1	
	X3	−5	5	5	
6	X1	−4	4	1	0,0015
	X2	−6	0	3	
	X3	−6	6	6	
7	X1	−7	0	3	0,0013
	X2	−5	5	2	
	X3	−7	7	7	
8	X1	−1	1	1	0,0012
	X2	−4	4	4	
	X3	−8	8	8	
9	X1	−2	2	4	0,0009
	X2	−3	3	2	
	X3	−9	9	9	
10	X1	0	3	2	0,001
	X2	3	2	4	
	X3	5	1	1	
11	X1	1	4	5	0,0005
	X2	2	1	1	
	X3	6	1	1	



Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
12	X1	2	5	5	0,0007
	X2	1	0	2	
	X3	7	2	2	
13	X1	3	−2	4	0,0003
	X2	0	5	3	
	X3	8	3	3	
14	X1	4	−1	3	0,0008
	X2	−1	4	4	
	X3	9	4	4	
15	X1	3	0	5	0,0015
	X2	2	3	3	
	X3	1	5	5	
16	X1	4	1	1	0,0013
	X2	1	2	5	
	X3	1	6	6	
17	X1	5	2	5	0,0012
	X2	0	1	4	
	X3	2	7	7	
18	X1	−2	3	2	0,0009
	X2	5	0	5	
	X3	3	8	8	
19	X1	−1	4	3	0,001
	X2	4	−1	5	
	X3	4	9	9	
20	X1	3	−1	4	0,001
	X2	2	5	5	
	X3	1	1	2	
21	X1	4	0	6	0,0005
	X2	1	4	1	
	X3	1	2	1	
22	X1	5	1	6	0,0007
	X2	0	3	2	
	X3	2	3	2	
23	X1	−2	2	6	0,0003
	X2	5	2	3	
	X3	3	4	3	
24	X1	−1	3	6	0,0008
	X2	4	1	4	
	X3	4	5	4	
25	X1	0	4	6	0,0015
	X2	3	0	5	
	X3	5	6	6	
26	X1	1	0	1	0,0013
	X2	2	5	6	
	X3	6	7	6	



Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
27	X1	2	1	2	0,0012
	X2	1	4	6	
	X3	7	8	7	
28	X1	3	2	3	0,0009
	X2	0	3	6	
	X3	8	9	8	
29	X1	4	−1	4	0,001
	X2	−1	5	6	
	X3	9	1	9	
30	X1	−1	0	5	0,001
	X2	5	2	6	
	X3	1	3	3	
31	X1	0	1	6	0,0005
	X2	4	1	7	
	X3	2	1	1	
32	X1	1	2	7	0,0007
	X2	3	0	1	
	X3	3	2	2	
33	X1	2	3	1	0,0003
	X2	2	−1	7	
	X3	4	3	3	
34	X1	3	4	7	0,0008
	X2	1	−2	2	
	X3	5	4	4	
35	X1	4	5	2	0,0015
	X2	0	−3	7	
	X3	6	5	5	
36	X1	0	2	7	0,0013
	X2	5	5	3	
	X3	7	6	6	
37	X1	1	3	3	0,0012
	X2	4	4	7	
	X3	8	7	7	
38	X1	2	4	7	0,0009
	X2	3	3	4	
	X3	9	8	8	
39	X1	−1	5	4	0,001
	X2	5	2	7	
	X3	1	9	9	
40	X1	1	3	7	0,001
	X2	2	5	5	
	X3	6	4	4	
41	X1	2	4	5	0,0005
	X2	1	4	7	
	X3	7	1	1	



1	2	3	4	5	6
42	X1	3	5	7	0,0007
	X2	0	3	6	
	X3	8	2	2	
43	X1	4	4	8	0,0003
	X2	-1	5	1	
	X3	9	3	3	
44	X1	3	5	8	0,0008
	X2	2	4	6	
	X3	1	4	4	
45	X1	1	5	8	0,0015
	X2	2	5	3	
	X3	6	5	5	
46	X1	-4	4	1	0,0015
	X2	-6	0	3	
	X3	-6	6	6	
47	X1	-7	0	3	0,0013
	X2	-5	5	2	
	X3	-7	7	7	

2. Построить двухуровневую модель динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.2).

2.1. Построить модель динамической системы в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.2) в среде визуального программирования MATLAB-Simulink и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 2.

2.2. Заменить в построенной модели динамической системы (см. п. 2.1) источники сигналов на источники ступенчато изменяющегося сигнала в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.2).

2.3. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы (см. п. 2.1).

2.4. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена (см. п. 2.1).

2.5. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов (см. п. 2.1).

3. Проанализировать результаты работы модели.

4. Оформить отчет о лабораторной работе.

### Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть вариант задания (см. табл. 1.2) и разработать **структурную схему динамической системы в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3** (см. рис. 1.67).



**2. По разработанной структурной схеме динамической системы (см. п. 1) построить двухуровневую модель динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.2).**

**Указание.** Модель должна храниться в файле. Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами). Файл должен находиться в папке **LR4**.

2.1. Построить модель динамической системы в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.2) в среде визуального программирования MATLAB-Simulink и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 2.

Исходная функция динамической системы в виде уравнения  $Y = F(X1, X2, X3, K1, K2, K3)$  берётся в соответствии с вариантом задания к лабораторной работе № 2 (см. табл. 1.1).

2.2. Заменить в построенной модели динамической системы (см. п. 2.1) источники сигналов на источники ступенчато изменяющегося сигнала в соответствии с вариантом задания из табл. 1.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3 (см. рис. 1.73).

2.3. Установить параметры источников ступенчато изменяющегося сигнала в соответствии с вариантом задания из табл. 1.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3 (см. рис. 1.74).

2.4. Добавить в модель три элемента «Scope» для наблюдения за изменениями входных сигналов.

2.5. Выполнить настройку параметров добавленных в модель элементов «Scope» для получения соответствующих изображений.

2.6. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3 (см. рис. 1.86).

2.7. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3 (см. рис. 1.87).

2.8. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3 (см. рис. 1.88).

### **3. Проанализировать результаты работы модели.**

3.1. Запустить модель и получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink (выходного сигнала системы  $Y(t)$ , сигналов с выхода каждого источника сигнала).



**Указание.** Интервал времени работы системы ( $T$ ) установить равным десяти ( $T = 10$ ).

3.2. Проанализировать результаты работы модели динамической системы в заданном интервале времени: объяснить влияние изменения амплитуды входных сигналов на сигнал с выхода модели динамической системы  $Y(t)$ .

#### **4. Оформить отчет о лабораторной работе.**

##### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать **следующие разделы:**

- 1) цель работы;
- 2) вариант задания (см. табл. 1.2);
- 3) описание структуры модели в соответствии с заданием;
- 4) создание двухуровневой модели в среде MATLAB-Simulink.

Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.2) и методическими указаниями с приведением экранных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);

- 5) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных в соответствии с вариантом задания (см. табл. 1.2), отображенные в виде графиков с комментариями и числовых значений выходного сигнала, а также приведен анализ полученных результатов;

- 6) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и краткий анализ результатов;

- 7) письменные ответы на контрольные вопросы.

##### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 4**

1. Назовите базовые топологии структур (систем).
2. Назовите виды описания систем.
3. Чем отличается системный анализ от других методов?



## **2. ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

### **2.1. Теория принятия решений и проблемы создания информационных систем**

Теория принятия решений (ТПР) [6] – это совокупность методов и моделей, предназначенных для обоснования решений, принимаемых на этапах анализа, разработки и эксплуатации сложных систем различной природы: информационных, технических, производственных, организационно-экономических и др.

История развития теории принятия решений включает три этапа [7]:

– этап 1-й: 1900–1938 гг. Этот этап характеризуется тем, что для различных предметных приложений были предложены оригинальные методы решения сложных проблем. Каждая из этих проблем рассматривалась разрозненно, использовались новые методы решения, но отсутствовала общая методология анализа и решения задач. В частности, одной из первых решенных проблем была задача оценки рационального количества сотрудников телефонных станций, выполняющих ручную функции коммутации каналов на телефонных станциях, в соответствии с запросами абонентов;

– этап 2-й: 1938–1980 гг. Рассматриваемый этап характеризуется развитием методологических основ анализа сложных задач и использованием впервые термина «операционное исследование». Такой термин был введен в 1938 г. английским ученым А. Раувом. Этому исследователю было поручено (г. Бодси, Англия) возглавить группу ученых различных специальностей, которые должны были заниматься совместной разработкой комплексной системы обнаружения и слежения за самолетами противника. В процессе работы этой группы впервые была осознана необходимость применения методов комплексного планирования и управления согласованными действиями различных специалистов, решающих одну и ту же задачу. А. Раувом были предложены методологические основы принятия решений, которые стали широко применяться в процессе разработки боевых операций береговой авиации Англии. Общая характеристика второго этапа: сороковые годы – период становления и формирования его основных концепций; пятидесятые годы – период интенсивного поиска и развития новых направлений исследования; шестидесятые годы – период укрепления теоретических основ; семидесятые годы – возобновление поиска новых прикладных направлений.



Необходимо отметить, что в восьмидесятые годы шире стали использоваться термины «процесс принятия решений», «теория и методы принятия решений»;

– этап 3-й. Начиная с 1980-х гг., базовой для обоснования решений становится научная дисциплина «Теория принятия решений». В настоящее время основное применение – это разработка моделей поддержки принятия решения для различных финансовых, производственных, технических, организационных и социальных систем. Проблема создания таких систем на современном этапе тесно связана с технологией использования хранилищ данных, баз знаний, OLAP-технологий, экспертных систем и др. Большинство технологически совершенных информационных систем в качестве обязательных компонент содержат хранилище данных и подсистему поддержки принятия решения: DSS-систему.

На этапе конструирования систем обработки информации проектировщиками должны быть решены такие проблемы, как оптимизация топологии вычислительных систем; оптимальное размещение баз данных по узлам распределенной информационной системы и по типам устройств хранения данных; выбор эффективных способов организации вычислительного процесса и др.

Методы теории принятия решений применяются также для решения таких задач, как задачи планирования номенклатурной программы; планирования производства; планирования и управления логистикой; управления персоналом; планирования оборудования; планирования управленческого и финансового учета; управления запасами, количественного анализа процессов в системах городской сферы обслуживания, здравоохранения, образования, транспорта, энергетики, реального сектора экономики и др.

Учитывая, что постановки задач, а также применяемые методы их решения существенно зависят от степени неопределенности параметров анализируемой системы и состояния внешней среды, то общепринятой является следующая классификация задач ТПР [8].

**Задачи первого типа (задачи принятия решения с детерминированными параметрами)** характеризуются тем, что все параметры анализируемой системы и внешней среды являются детерминированными, а искомые решения – непрерывными либо дискретными. Наиболее известными и распространенными среди такого типа задач являются: задача коммивояжера; задача о минимальном покрытии графа; минимаксная задача о назначениях. В частности, задача выбора состава тиражируемых пакетов программ, соответствующих требованиям пользователей к функциональным



возможностям системы, сводится к задаче о минимальном покрытии графа, а задача конструирования топологии локальной вычислительной сети (ЛВС) кольцевой структуры стандарта *TokenRing* – к известной задаче коммивояжера.

Для решения этих задач используются алгоритмы Гомори, ветвей и границ, динамического программирования, эвристические алгоритмы, методы случайного поиска, а также алгоритмы отжига, генетические алгоритмы и нейронные сети.

Одним из наиболее распространенных методов принятия решения для задач с детерминированными параметрами является метод имитационного математического моделирования.

Математические модели делятся на аналитические, имитационные и аналитико-имитационные.

**Аналитические модели** содержат символьное обозначение параметров, связанных между собой различными математическими операциями. Можно выделить следующие типы соотношений для аналитических моделей:

- аналитические выражения физических законов или общепринятых правил учета хозяйственной деятельности;
- эмпирические соотношения, которые конструируются на основе изучения данных за прошлый период, анализа технических аспектов, экспериментальных данных, правовых предписаний или сделанных предположений;
- нормативные соотношения, которые устанавливают связи между переменными на основе предъявляемых требований.

Примеры аналитических моделей:

- для *первого типа соотношения* – это взаимосвязь между запасами текущего периода  $u_n$ , производством  $x_n$  и сбытом  $\alpha_n$  текущего периода и запасами предыдущего периода  $u_{n-1}$ :

$$u_n = u_{n-1} + x_{n-1} \alpha_n;$$

- для *второго типа соотношений* – это выражение для плотности вероятностей  $f(t) = 0,3 \exp(-0,3t)$ , полученное на основании обработки статистических данных; о длительности интервала между соседними моментами формирования задачи.

**Имитационные модели** предполагают воспроизведение алгоритма функционирования системы с постоянным измерением значений наблюдаемой величины и последующей обработкой этих значений методами математической статистики.

**Аналитико-имитационные модели** основаны на комбинации первых двух типов моделей.



При решении задач с помощью метода имитационного моделирования [9] разрабатывается имитационная математическая модель информационной системы, включающая в себя имитационную модель формирования входных внешних воздействий, имитационную модель формирования выходных реакций системы (сигналов, параметров и т.д.), имитационную модель процессов, протекающих в системе, использующую математический аппарат в виде системы уравнений с детерминированными параметрами, имитационную модель подсистемы управления и принятия решений в соответствии с выбранными критериями эффективности. Необходимо отметить, что процесс моделирования информационных систем основывается на принципах системного анализа.

Для разработки таких имитационных моделей наиболее часто используется программная среда визуального программирования MATLAB-Simulink [4], которая позволяет эффективно реализовать принципы системного анализа и математический аппарат в виде системы дифференциальных уравнений с детерминированными параметрами в процессе моделирования динамических информационных систем.

**Второй тип задач (задачи принятия решения в условиях риска)** относится к задачам принятия решений в условиях риска и характеризуется тем, что для ряда параметров неизвестны точные значения, а определены диапазоны их изменений и на каждом из диапазонов заданы плотности распределения случайных величин. Необходимо выбрать такое решение, которое для заданных распределений вероятностей обеспечивает экстремум показателя эффективности. В качестве показателя эффективности выбирается либо среднее значение, либо комбинация среднего значения и дисперсии. Наиболее известными задачами второго типа являются задачи управления запасами, управления марковскими процессами, анализа и синтеза систем массового обслуживания и др. В частности, задача оптимизации топологии ЛВС может рассматриваться как вероятностная задача, в которой в качестве неопределенных параметров используются возможные места установки рабочих станций. Необходимость размещения рабочих станций во времени и места их взаимного расположения представляются в виде дискретных цепей Маркова. В этом случае необходимо определить такую топологию ЛВС, чтобы в среднем за период развития сети обеспечивался бы минимум затрат на организацию коммуникационных соединений.



**Третий тип задач (задачи принятия решения в условиях неопределенности)** характеризуется тем, что для каждого из параметров заданы возможные дискретные значения и для них определены значения показателя эффективности, соответствующие каждому из вариантов альтернативных решений, т.е. исходная задача представляется в виде таблицы, в которой строки соответствуют альтернативным решениям, а столбцы – дискретным значениям параметров (табл. 2.1).

Таблица 2.1

**Матрица принятия решений**

Альтернативные варианты решений	Дискретные значения параметра $a$					
	$a_1$	$a_2$	...	$a_j$	...	$a_m$
$E_1$	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	...	$\alpha_{1j}$	...	$\alpha_{1m}$
$E_i$	$\alpha_{i1}$	$\alpha_{i2}$	...	$\alpha_{ij}$	...	$\alpha_{im}$
$E_n$	$\alpha_{n1}$	$\alpha_{n2}$	...	$\alpha_{nj}$	...	$\alpha_{nm}$

Необходимо отметить, что в задачах этого типа отсутствует информация о распределении вероятностей для значений параметров.

**Четвертый тип задач (задачи принятия решения в конфликтных ситуациях)** характеризуется тем, что принятие решений системным аналитиком производится в условиях конкуренции противоборствующих сторон. В качестве схемы принятия решений используется игровая модель.

Необходимо отметить, что перечисленные типы задач могут быть как однокритериальными, так и многокритериальными. В многокритериальных задачах аналитик при выборе альтернативы стремится улучшить значения двух и более показателей.

Рассмотрим основные классы концептуальных задач теории принятия решений.

Методы ТПР могут использоваться в различных предметных приложениях: технических, производственных, социальных, экономических и др. Большинство из анализируемых на концептуальном уровне проблем сводятся к ниже перечисленным классам задач: оптимизации на сетях; распределения ресурсов; календарного планирования и упорядочения работ; сетевого планирования и управления; планирования и размещения объектов; теории массового обслуживания; управления запасами; управления марковскими процессами; ремонта и замены оборудования; теории игр; поиска; принятия решения в условиях неопределенности; многокритериальные задачи принятия решений.



К задачам оптимизации на сетях относятся: задача коммивояжера; задача о покрытии графа; задача раскраски графа; задача о максимальном потоке; задача выбора кратчайшего пути между произвольными узлами сети и др.

Задачи распределения ресурсов включают: задачу назначения работ по приборам, позволяющую максимизировать суммарную прибыль; задачу выбора состава работ при наличии ограничений на ресурсы, сводящуюся к задаче о ранце; задачу определения необходимых ресурсов, позволяющую минимизировать суммарные издержки при выполнении ограничений на директивные сроки окончания работ.

К задачам календарного планирования и упорядочивания работ относятся: задача определения последовательности выполнения работ на каждом из приборов, минимизирующей длительность выполнения всего комплекса работ; задача составления университетских расписаний.

Задача сетевого планирования и управления предполагает представление исходных данных в виде ориентированного графа [10], состоящего из вершин, соответствующих определенным событиям, и дуг, отображающих выполнение операций. Эта модель принимается для управления проектами, представляющими собой комплекс работ, для реализации которого выделяются соответствующие ресурсы и устанавливаются определенные сроки.

Задачи планирования и размещения объектов ориентированы на определение местоположения новых объектов, при условии, что заданы координаты существующих объектов и установлены удельные затраты на перевозки однородной продукции между новыми и старыми объектами.

В задачах теории массового обслуживания определяются законы распределения количества заявок в очереди и на обслуживании, оптимизации пропускной способности приборов, определения рациональных дисциплин выбора заявок из очереди.

В задачах управления запасами на основе информации об уровне наличных запасов, имеющегося задела по заказам потребителей, стоимости продукции разрабатываются правила принятия решений по восстановлению первоначального запаса и сохранению уровня резервного запаса. Каждое правило принятия решений содержит, по крайней мере, одну управляющую переменную, с помощью которой производится перераспределение капитала между затратами, связанными с хранением запасов и с эксплуатационными расходами.



Задачи управления марковскими процессами предполагают, что анализируемая система может находиться во множестве дискретных состояний, переходы между которыми задаются вложенной цепью Маркова  $R = \|r_{ij}\|$ . Элементы матрицы  $r_{ij}$  представляют собой вероятность перехода из состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$  в течение одного этапа функционирования системы. Кроме того, должна быть определена матрица доходов  $D = \|d_{ij}\|$ , элементы которой устанавливают величину дохода, получаемого при переходе системы из состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$ . Матрицы  $R$  и  $D$  сформированы для различных стратегий принятия решений. Необходимо определить такие стратегии перехода, которые обеспечивают максимальный суммарный доход за время функционирования системы.

Задачи технического обслуживания оборудования могут быть поставлены как детерминированные либо стохастические и включают решение следующих вопросов: контроль за возможными состояниями оборудования; замена; профилактический осмотр; текущий ремонт и восстановление, а также организация служб технического контроля.

Задачи теории игр характеризуются наличием противоборствующих сторон, для каждой из которых определены стратегии принятия решения и на их основе сформирована платежная матрица. Эта матрица задает величину выигрыша одной из сторон для каждого варианта стратегии. В процессе игры стороны выполняют ходы: в ответ на ход стороны  $A$  противоборствующая сторона  $B$  выбирает ход, оптимальный с ее точки зрения. Необходимо для каждой из сторон найти вероятности применения каждой из стратегий.

Задачи поиска имеют военное происхождение и были предназначены для решения проблемы обнаружения подводных лодок противника с помощью самолетов береговой авиации и боевых кораблей. Первая работа по теории поиска была выполнена группой Р. Морза в 1942 г. для военно-морского флота США. В настоящее время задачи поиска применяются при определении стратегии установления наличия полезных ископаемых на некоторой территории, неисправности оборудования, обнаружении преступников и т.д.

Задачи принятия решений в условиях неопределенности в соответствии с приведенной классификацией относятся к третьему типу задач принятия решений.



## 2.2. Построение модели динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink

### Методические указания к лабораторной работе № 5

**Цель работы:** изучить элементы среды визуального программирования MATLAB-Simulink; построить модель динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

#### Общие сведения

В состав динамической системы могут входить подсистемы, выполняющие различные функции. Рассмотрим систему (рис. 2.1), состоящую из подсистемы формирования входных сигналов (PFVS), подсистемы, выполняющей функцию динамического звена (DZ), подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов (PS), подсистемы управления (PUXY), причем сигналы с выходов UX и UY подсистемы управления суммируются с сигналами XS и YS с выходов подсистемы формирования входного сигнала.

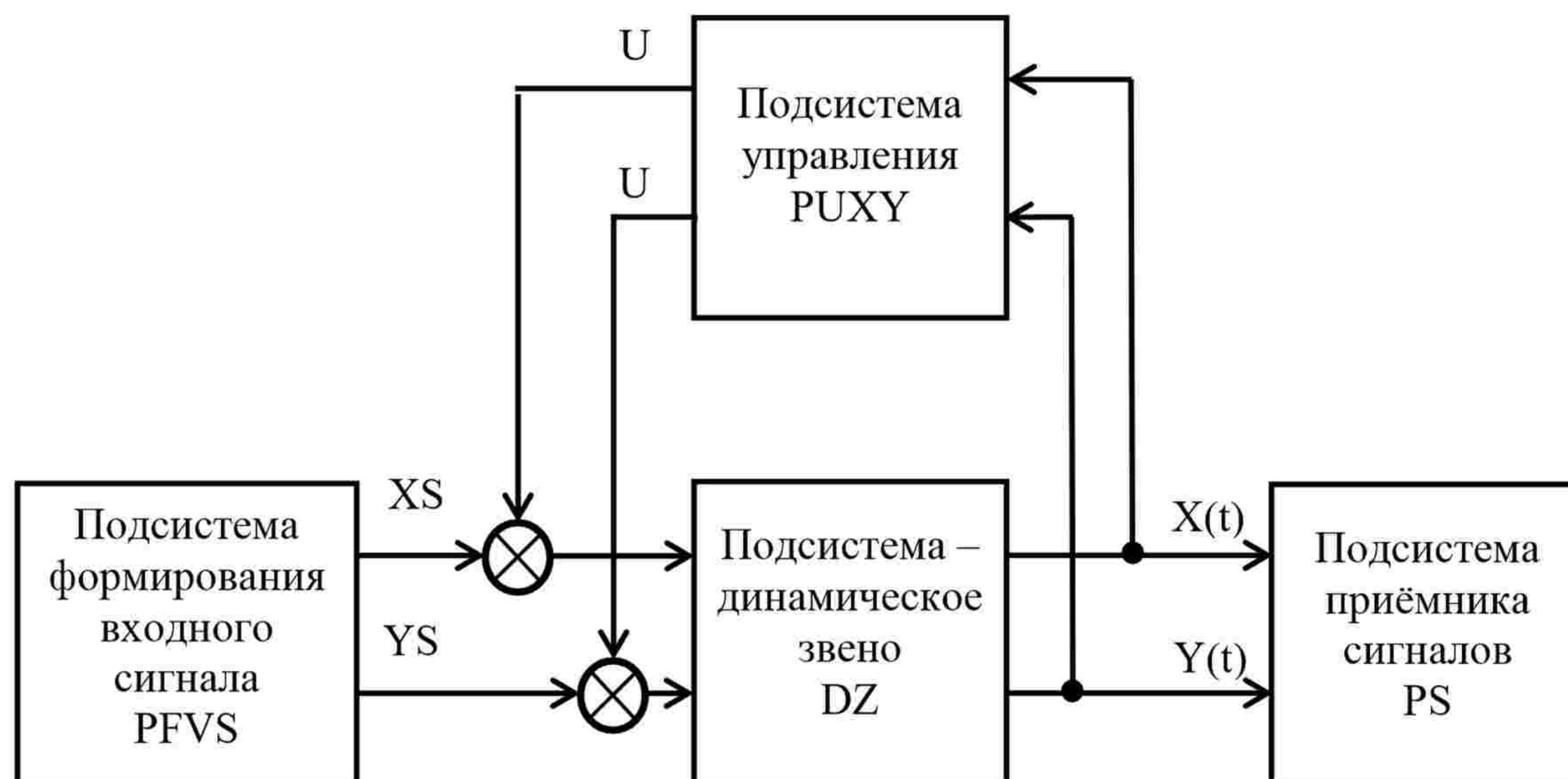


Рис. 2.1. Структура динамической системы с подсистемой управления

Назначение подсистемы управления – привести сигналы с выходов динамического звена в заданное состояние в течение времени переходного процесса. В рассмотренном примере подсистемы управления это состояние соответствует сигналам с выходов подсистемы формирования входного сигнала, т.е. должны выполняться условия:  $X(t) = XS$ ;  $Y(t) = YS$ , для  $t > T_p$  ( $T_p$  – время переходного процесса).



Для построения модели такой динамической системы необходимо построить модели составляющих ее подсистем.

### **Ход работы**

1. Изучить элементы среды визуального программирования MATLAB-Simulink: «Transport Delay» (линия задержки), «Quantizer» (квантователь), «Manual Switch» (переключатель), входящие в подсистему управления.

2. Изучить элемент среды визуального программирования MATLAB-Simulink «XY Graph» (двухкоординатный осциллограф), использующийся для отображения сигналов.

3. Построить модель динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

3.1. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

3.2. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена.

3.3. Построить модель подсистемы управления.

3.4. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов.

4. Проанализировать результаты работы модели.

5. Оформить отчет о лабораторной работе.

### **Порядок выполнения работы**

**1. Изучение элемента «Transport Delay» (линия задержки) среды визуального программирования MATLAB-Simulink, входящего в подсистему управления.**

Элемент «Transport Delay» используется в подсистеме управления модели для реализации алгоритма управления.

Запустить систему MATLAB. Необходимо открыть рабочую страницу MATLAB-Simulink. Данный элемент модели находится на вкладке «Continuous» (рис. 2.2).

Выбираем элемент «Transport Delay» (линия задержки) и добавляем его на рабочую страницу (рис. 2.3).



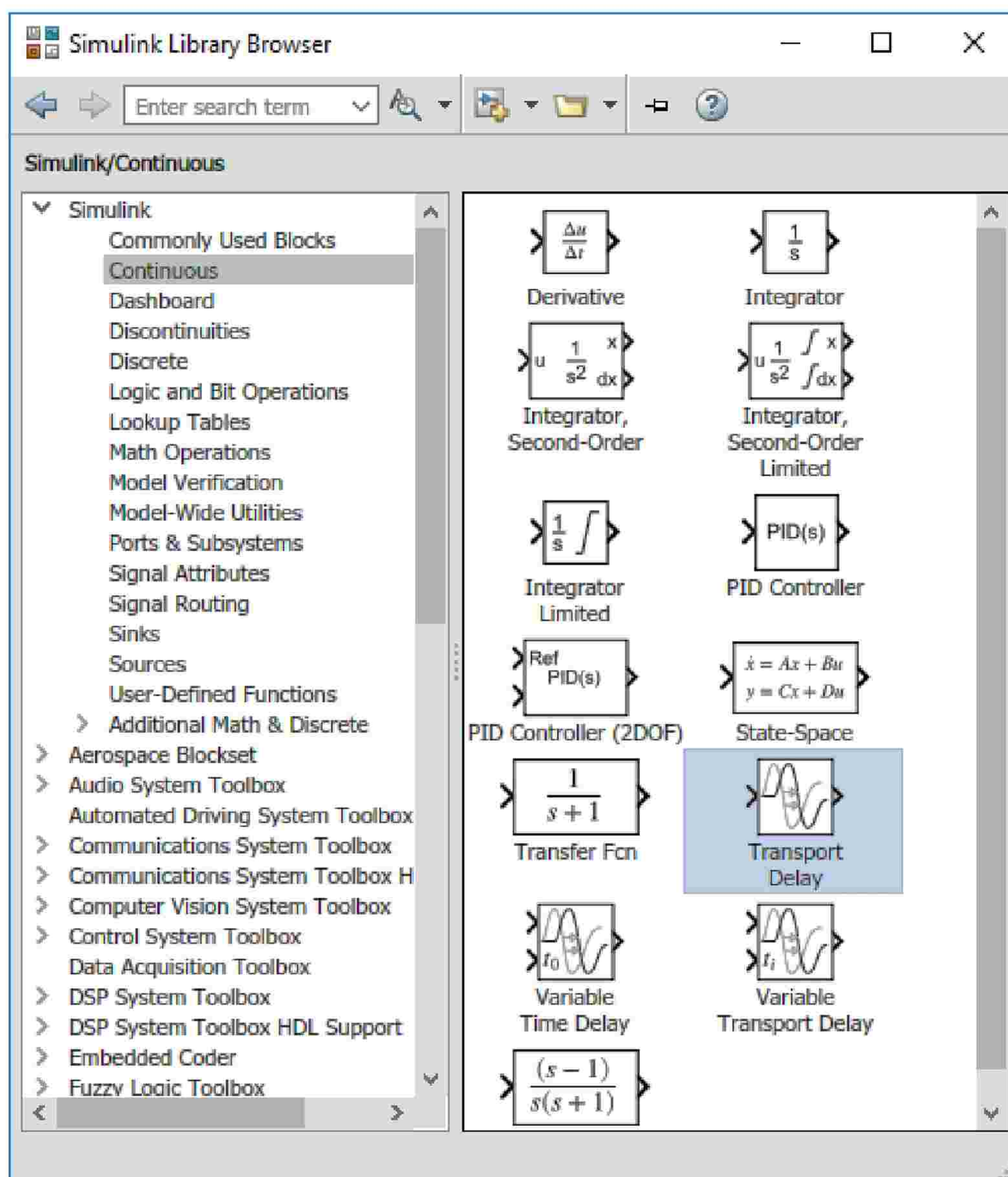


Рис. 2.2. Вкладка «Continuous»

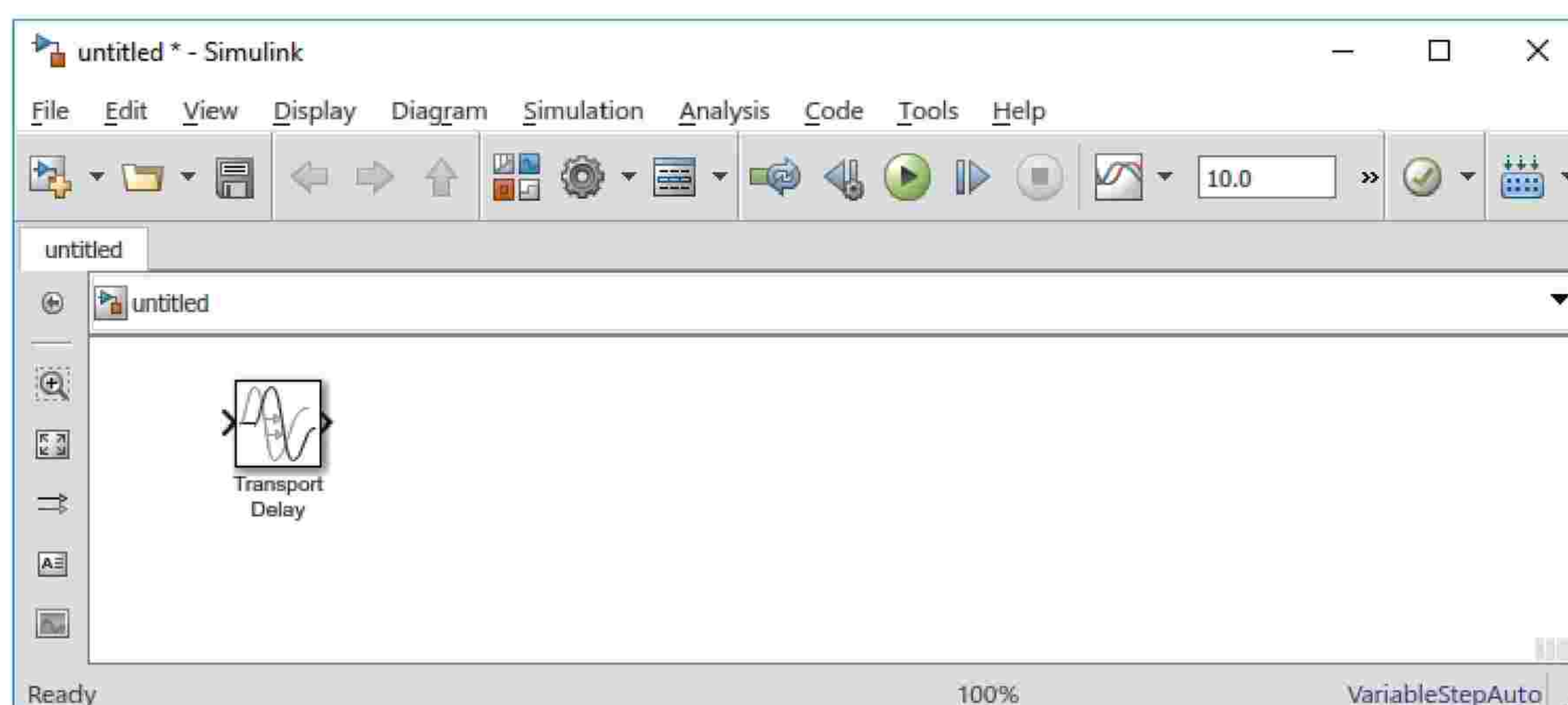


Рис. 2.3. Элемент «Transport Delay»



Далее необходимо настроить параметры элемента «Transport Delay» в модели.

Для этого надо открыть вкладку «Function Block Parameters: Transport Delay» (рис. 2.4).

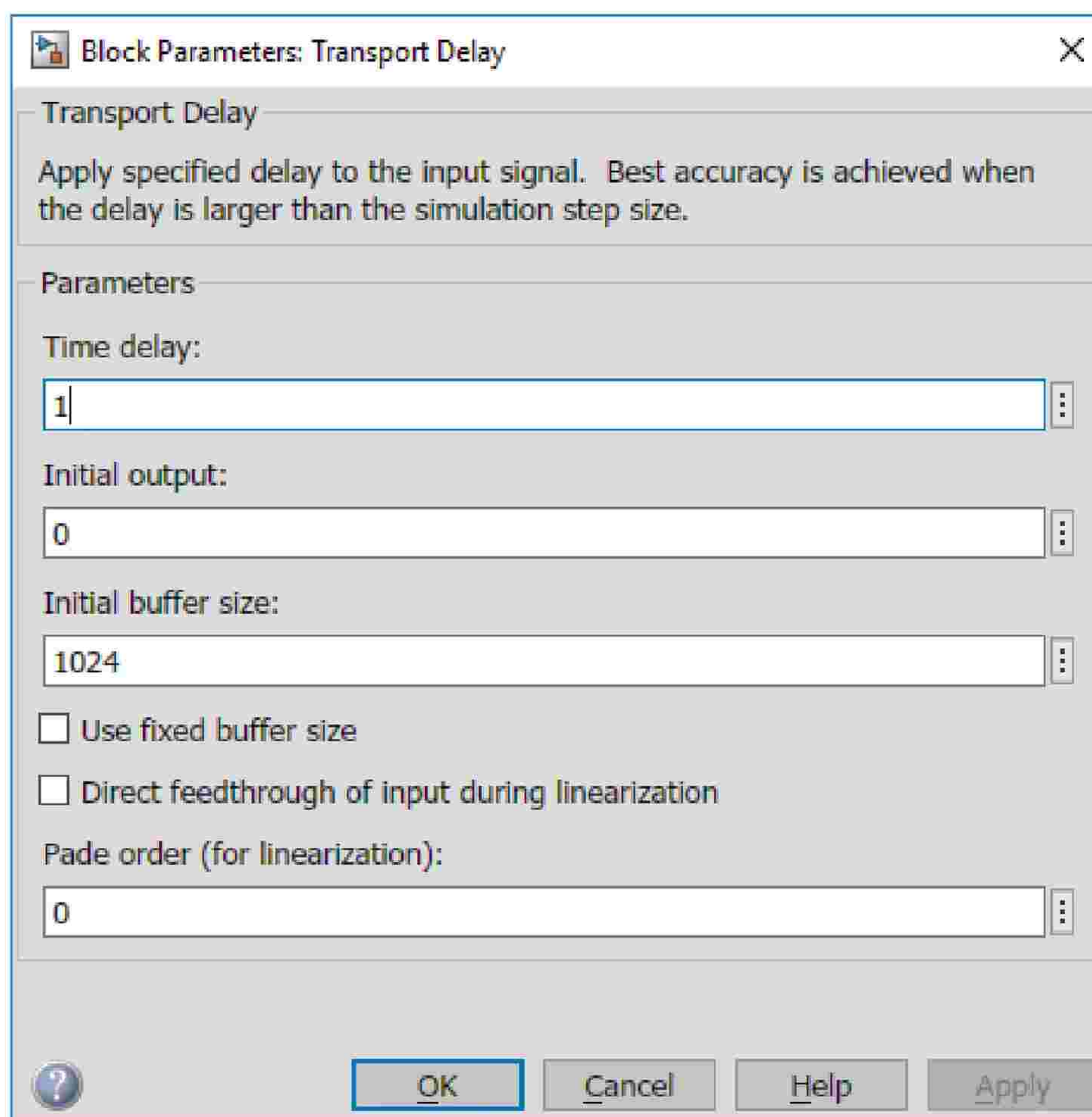


Рис. 2.4. Настройка параметров элемента «Transport Delay»

На вкладке «Function Block Parameters: Transport Delay» в поле «Time delay» устанавливается значение времени задержки входного сигнала. По умолчанию значение равно 1.

Значения остальных параметров элемента «Transport Delay» на вкладке «Function Block Parameters: Transport Delay», установленных по умолчанию, изменять не нужно.

Далее для анализа работы элемента «Transport Delay» необходимо добавить в модель элементы: источник ступенчато изменяющегося сигнала «Step» и осциллограф «Scope» (рис. 2.5).

Необходимо установить значения параметров элементов модели: источника ступенчато изменяющегося сигнала «Step» и осциллографа «Scope» (см. рис. 2.5) в соответствии с рис. 2.6–2.8.



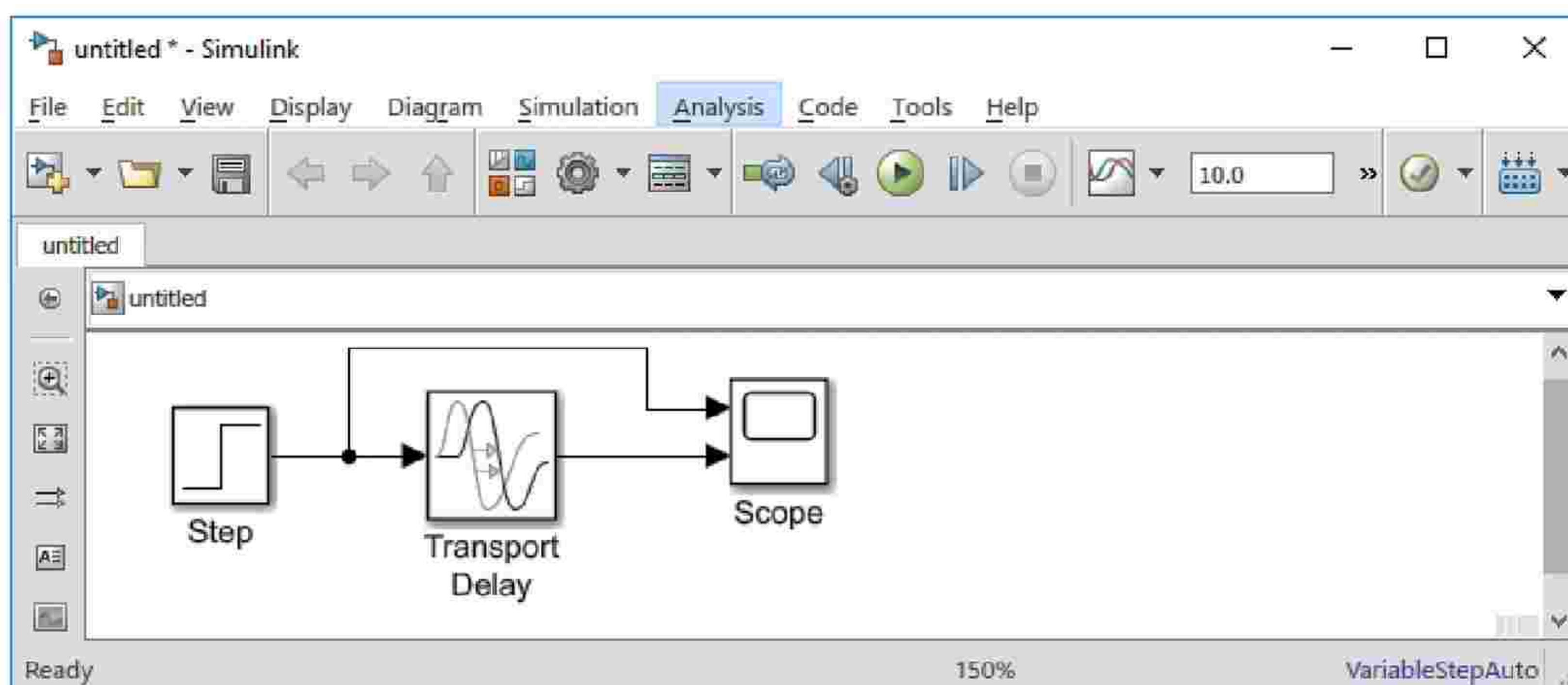


Рис. 2.5 Модель с элементом «Transport Delay»

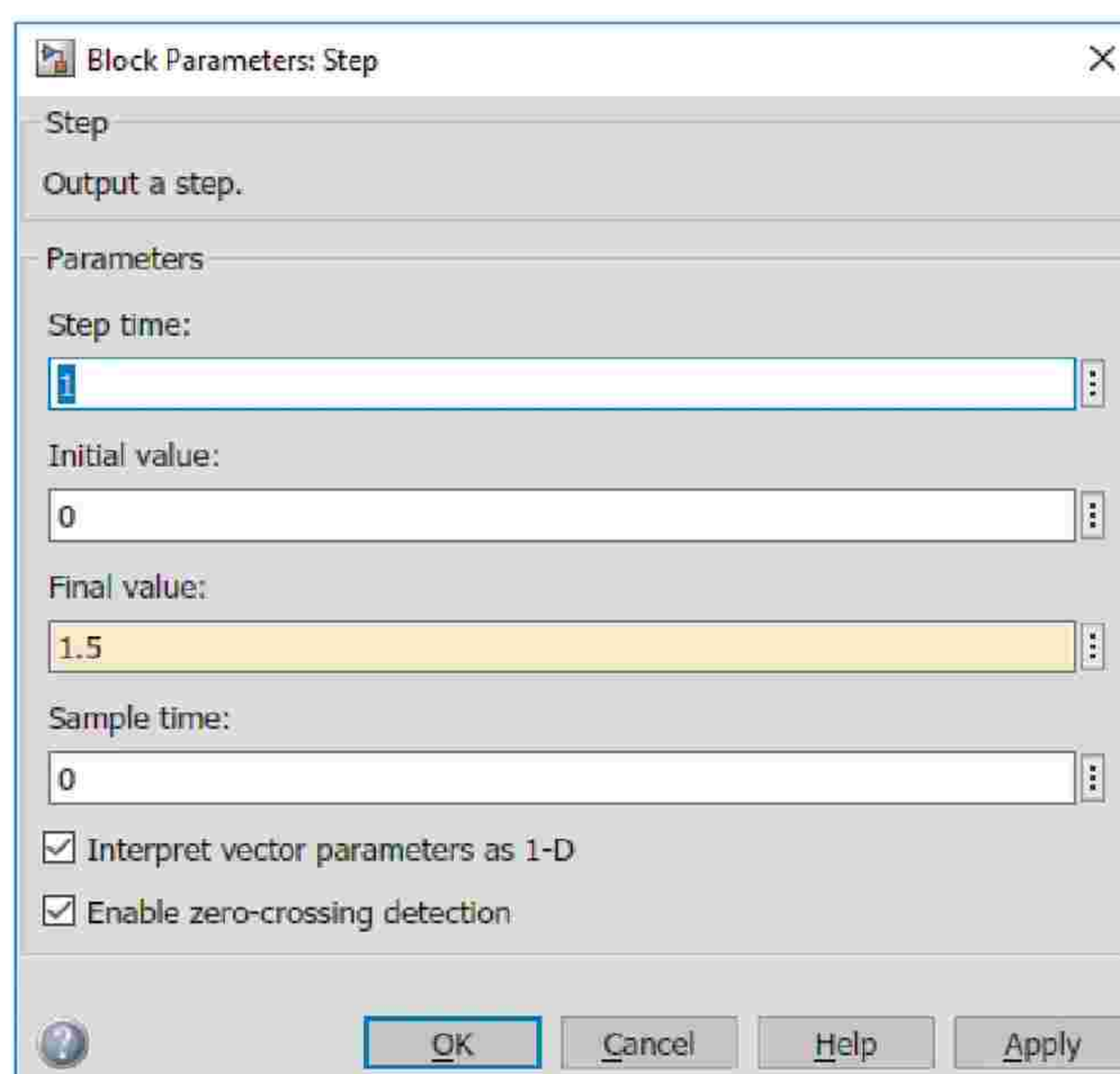


Рис. 2.6. Настройка параметров элемента «Step»

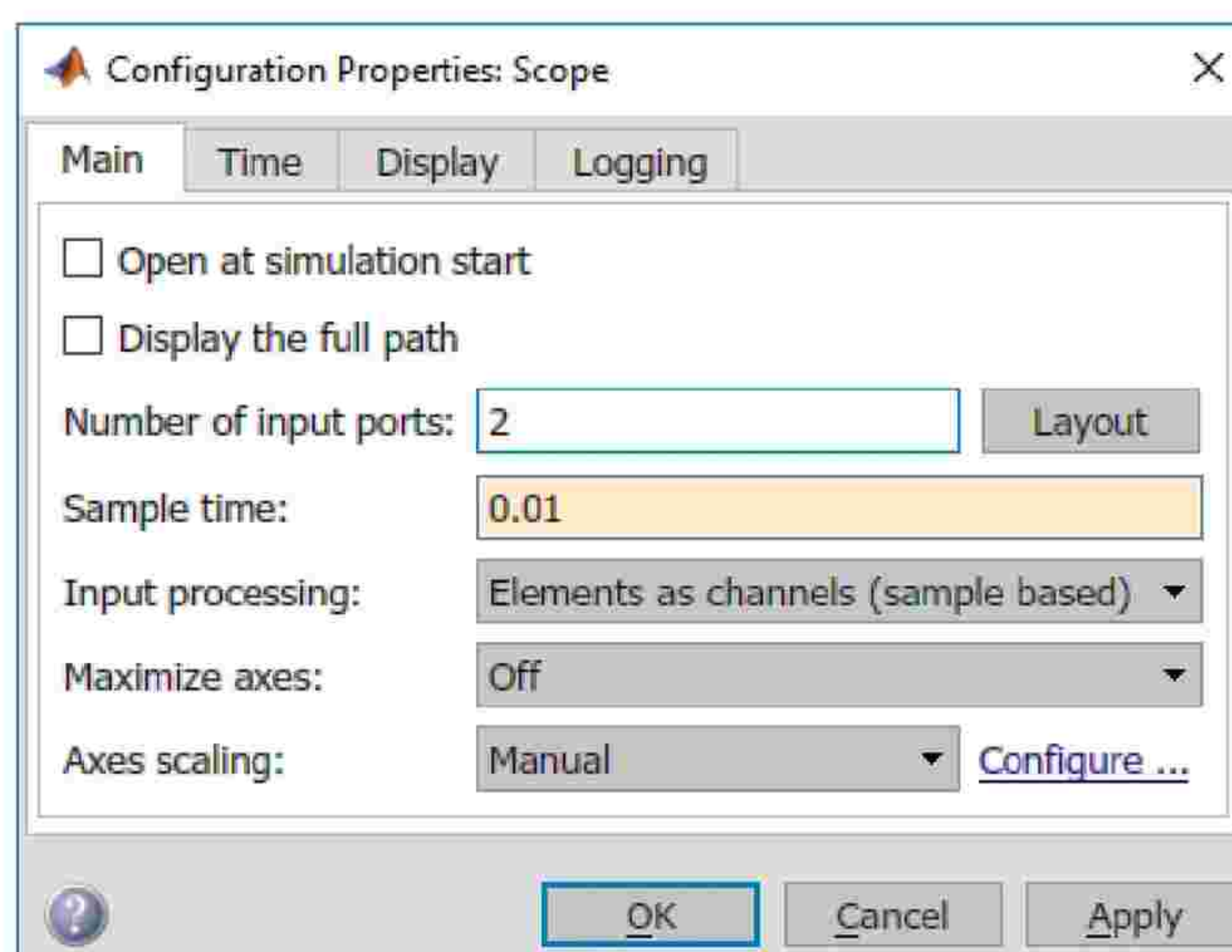


Рис. 2.7. Настройка параметров элемента «Scope»  
(вкладка «General»)



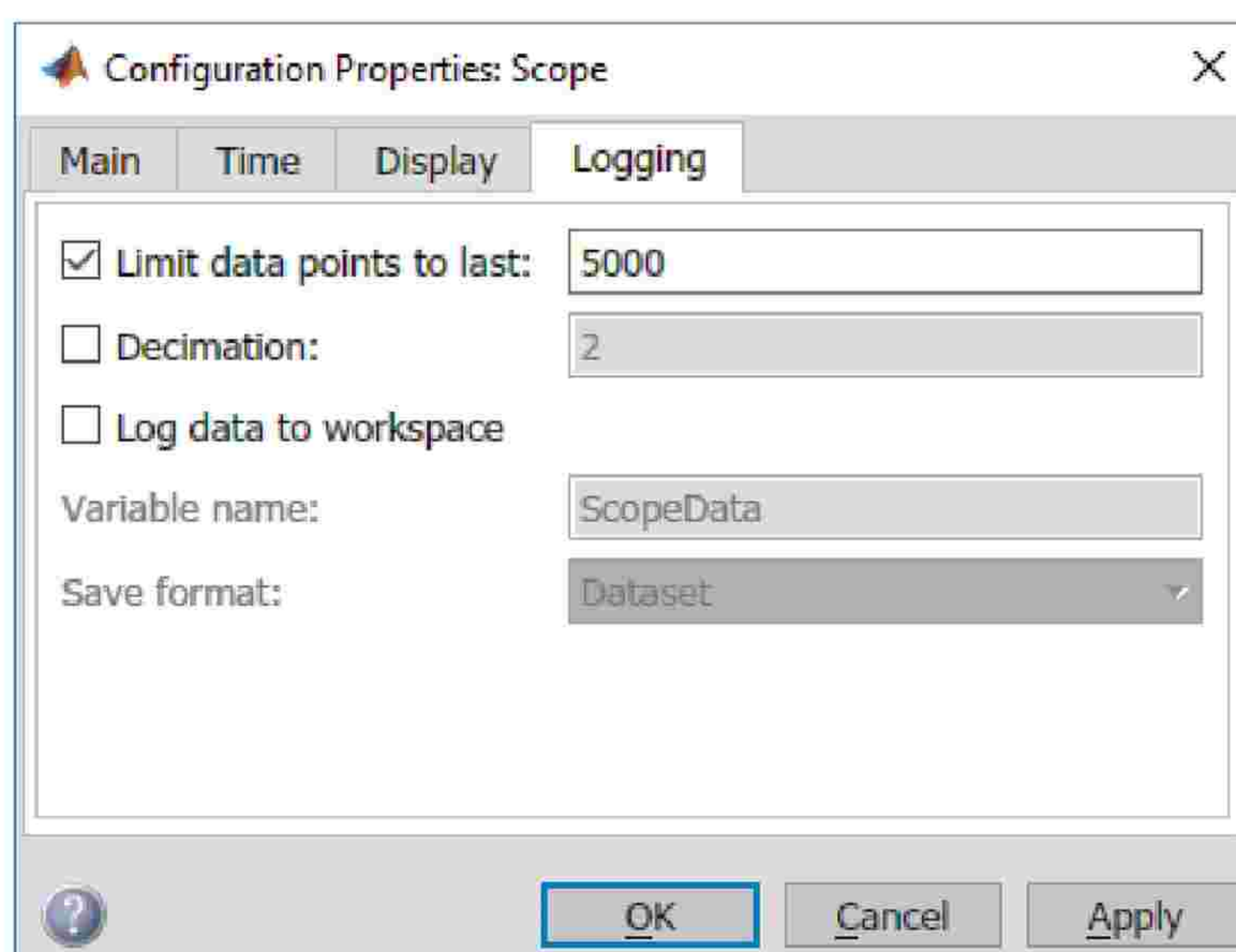


Рис. 2.8. Настройка параметров элемента «Scope»  
(вкладка «Data History»)

Далее необходимо установить для модели значение интервала времени расчета. В соответствии с рис. 2.9 оно равно 4.

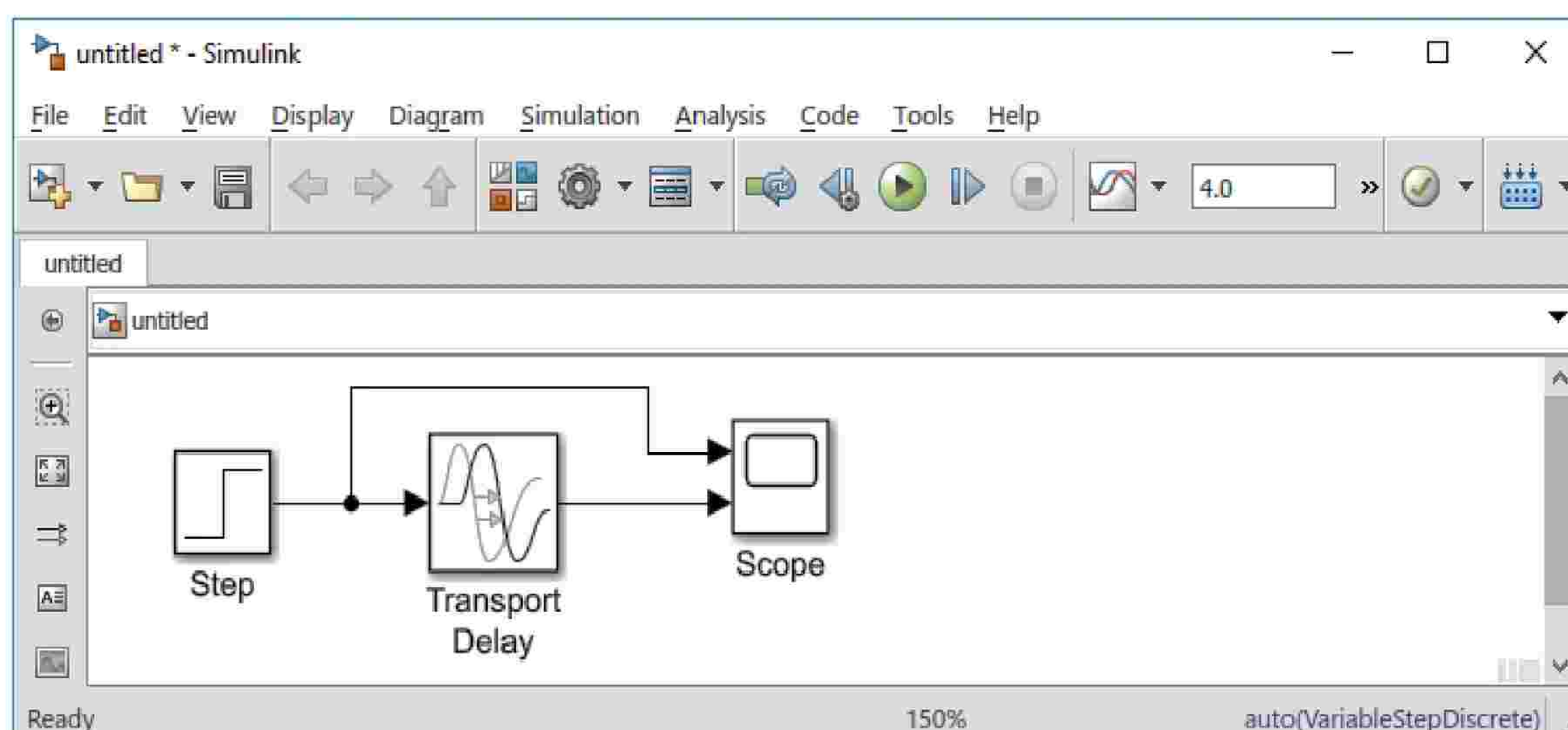


Рис. 2.9. Модель с интервалом времени расчета,  
равным 4

Далее для анализа работы построенной модели необходимо запустить модель и посмотреть графики входного и выходного сигналов. Графики входного и выходного сигналов, полученные с помощью элемента «Scope», представлены на рис. 2.10. Для того, чтобы выровнять график, необходимо использовать свойство элемента «Scope» «ZoomX».



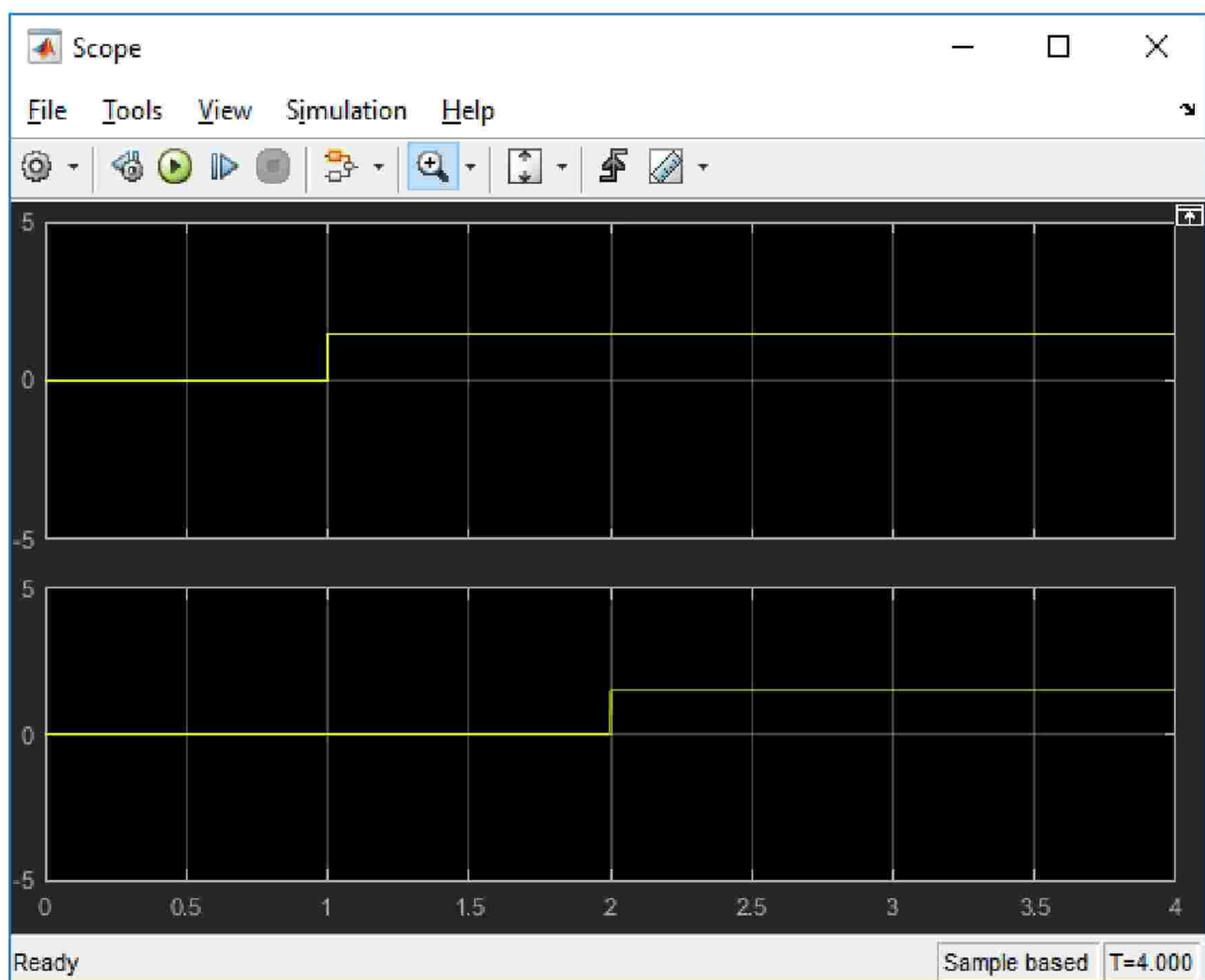


Рис. 2.10. Графики входного и выходного сигналов

Из анализа графиков, представленных на рис. 2.10, видно, что время задержки выходного сигнала по отношению к входному равно 1 в соответствии с установленным значением параметра в поле «Time delay» на вкладке «Function Block Parameters: Transport Delay» (см. рис. 2.4).

## 2. Изучение элемента «Quantizer» (квантователь) среды визуального программирования MATLAB-Simulink, входящего в подсистему управления.

Элемент «Quantizer» используется в подсистеме управления модели для изучения поведения модели динамической системы в непрерывном (непрерывном) и дискретном режимах работы.

Добавление этого элемента в модель приводит к увеличению времени переходного процесса в динамической системе и появлению погрешности установившегося значения амплитуды выходного сигнала динамического звена. Необходимо открыть новую рабочую страницу MATLAB-Simulink. Данный элемент модели находится на вкладке «Discontinuities» (рис. 2.11).



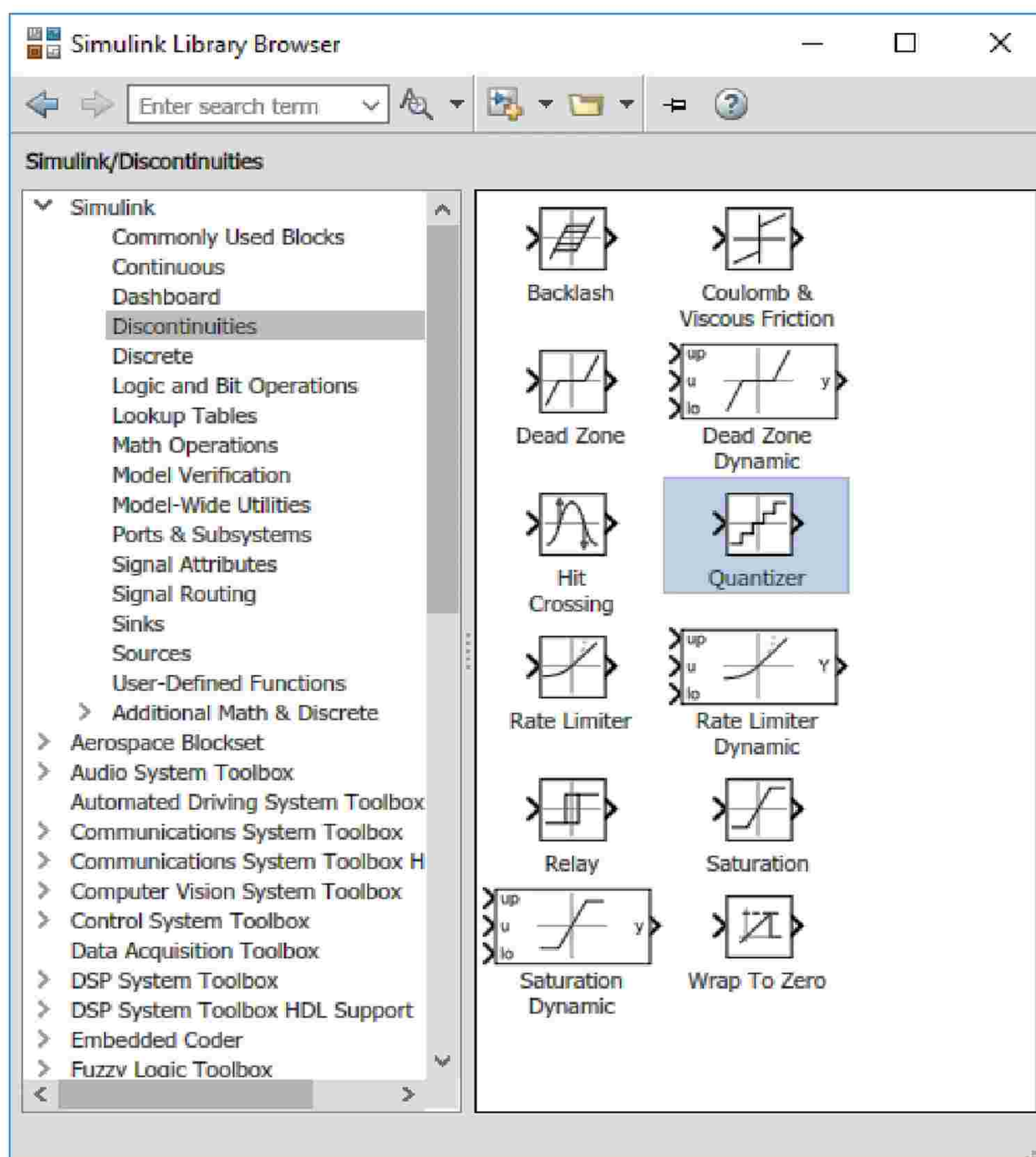


Рис. 2.11. Вкладка «Discontinuities»

Выбираем элемент «Quantizer» (квантователь) и добавляем его на рабочую страницу (рис. 2.12).

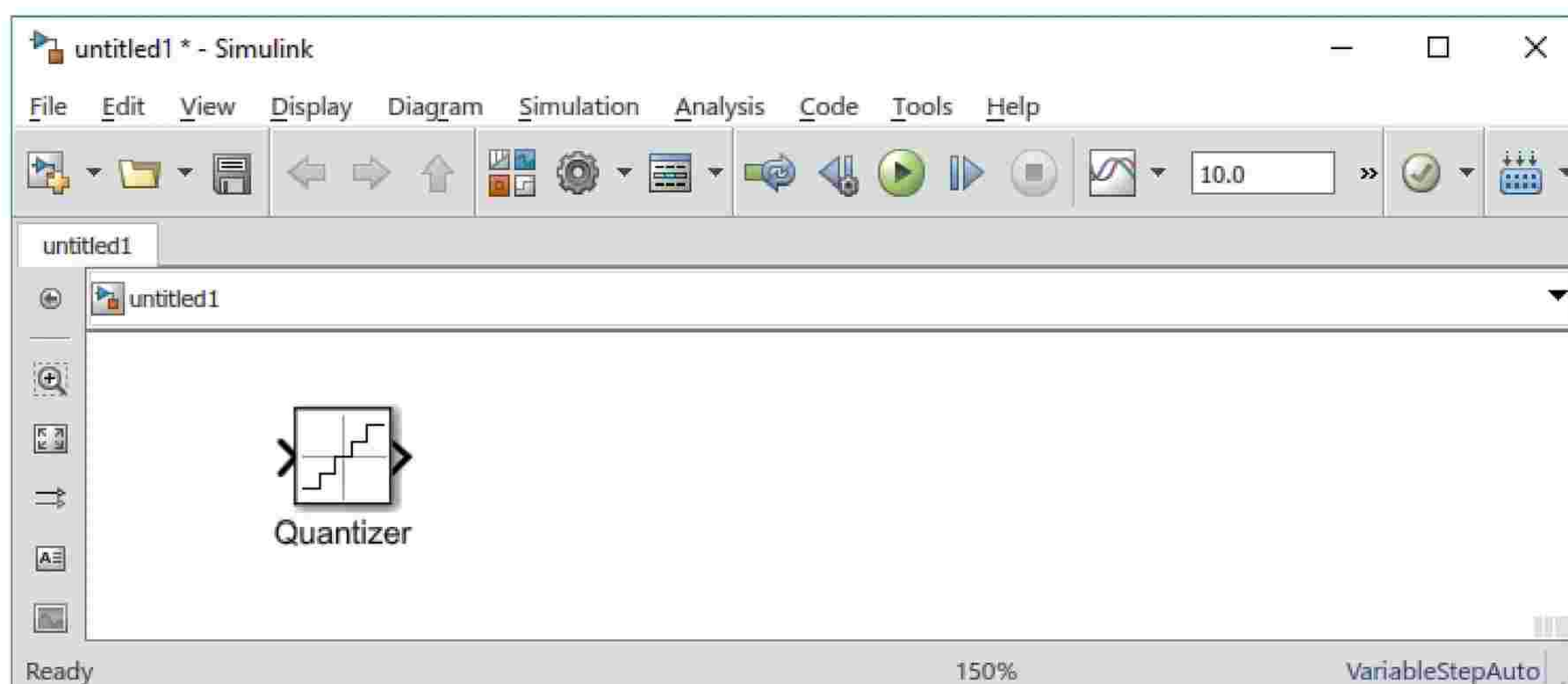


Рис. 2.12. Элемент «Quantizer»



Далее необходимо настроить параметры элемента «Quantizer» в модели.

Для этого надо открыть вкладку «Function Block Parameters: Quantizer» (рис. 2.13).

На вкладке «Function Block Parameters: Quantizer» в поле «Quantization interval» устанавливается значение кванта. По умолчанию значение равно 0,5.

Функция элемента «Quantizer» заключается в выполнении операции округления значения амплитуды входного сигнала до ближайшего значения, кратного значению, установленному в поле «Quantization interval». В данном примере при установленном в поле «Quantization interval» значении 2 значение амплитуды выходного сигнала принимает дискретные значения (ступенчатая функция): 0, 2, 4 и т.д. (при этом амплитуда входного сигнала является непрерывной (непрерывной) функцией).

Значения остальных параметров элемента «Quantizer» на вкладке «Function Block Parameters: Quantizer», установленные по умолчанию, изменять не нужно.

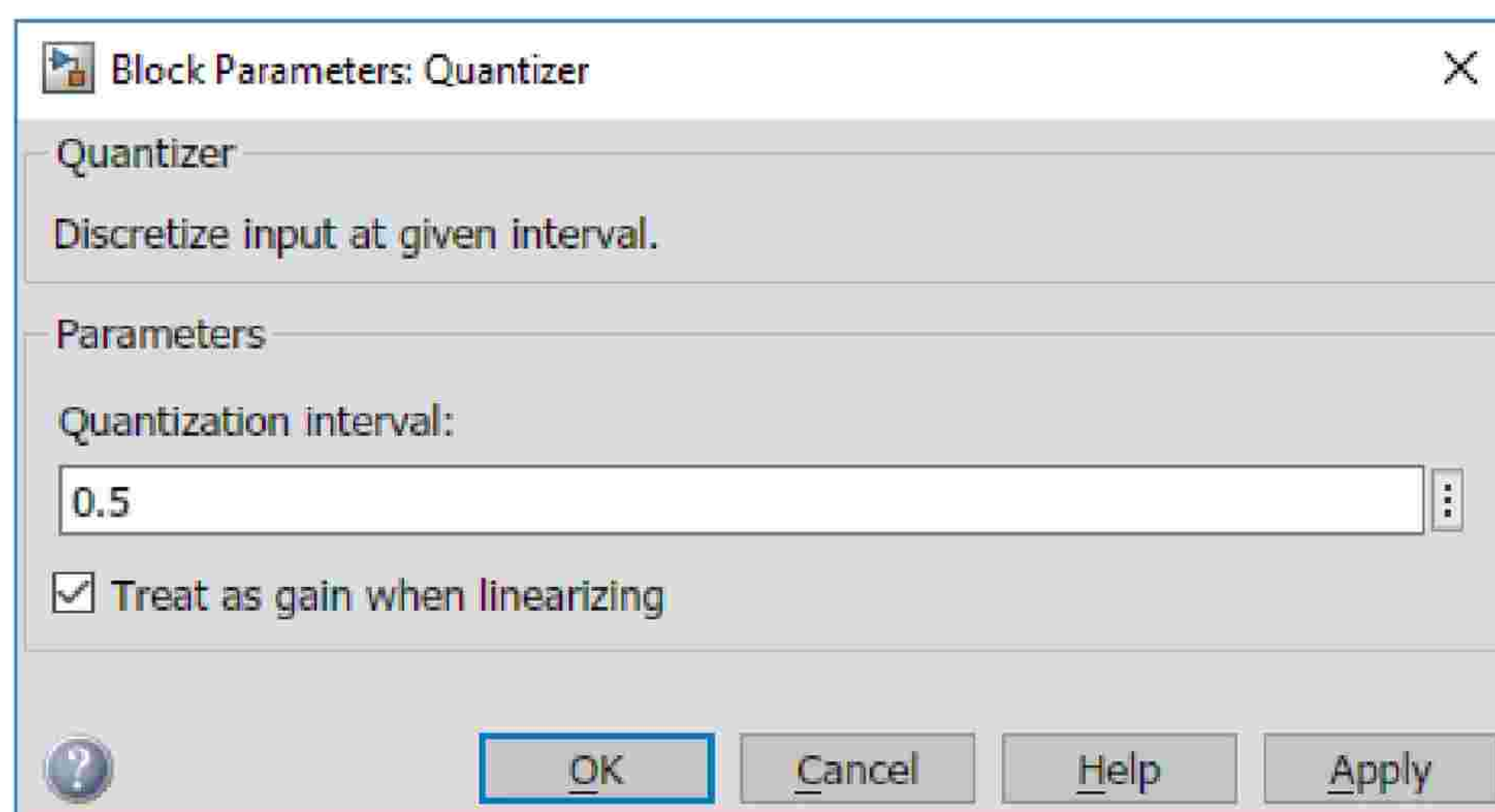


Рис. 2.13. Вкладка «Function Block Parameters: Quantizer»

Далее для анализа работы элемента «Quantizer» необходимо добавить в модель элементы: источник постоянного сигнала «Constant», динамическое звено «Integrator» и осциллограф «Scope» (рис. 2.14).

Необходимо установить значения параметров элементов модели: квантователя «Quantizer» и осциллографа «Scope» (см. рис. 2.14) в соответствии с рис. 2.15, 2.16.



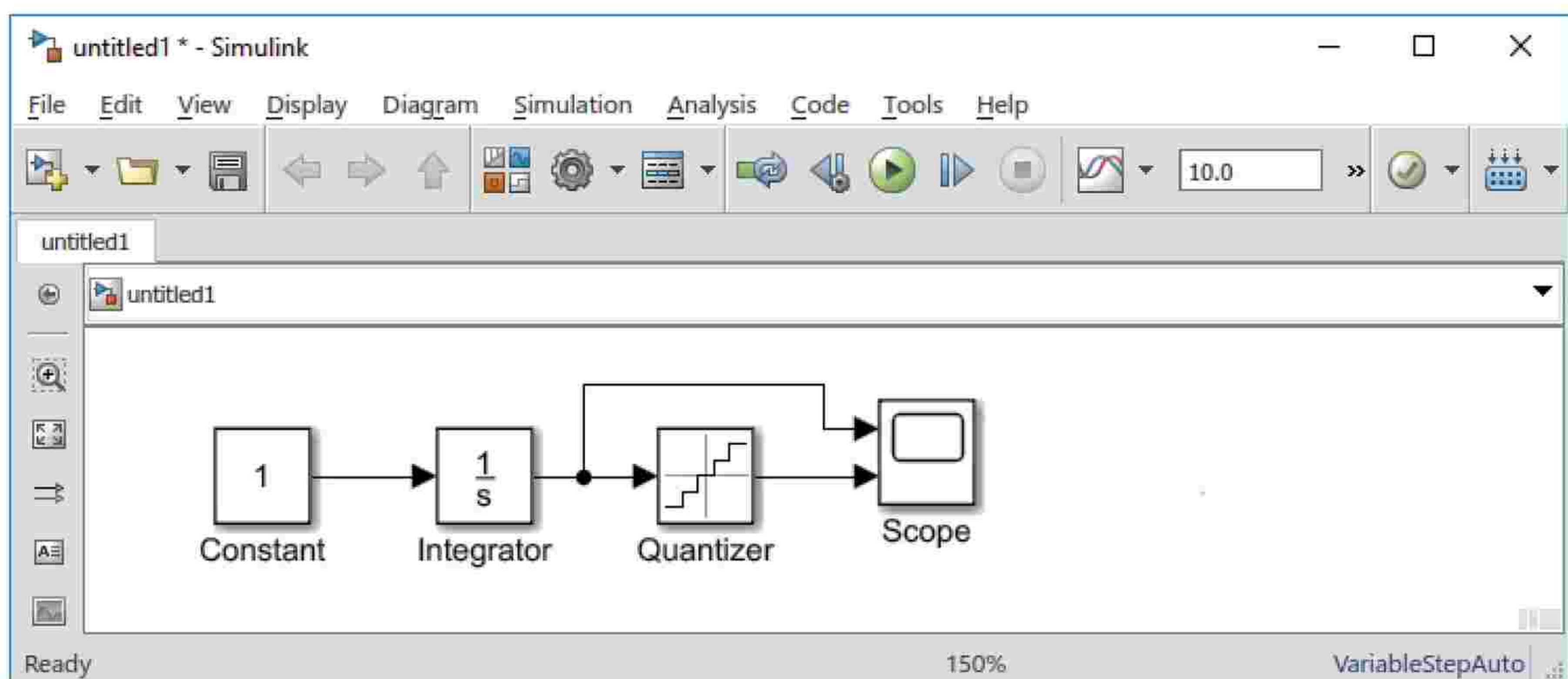


Рис. 2.14. Модель с элементом «Quantizer»

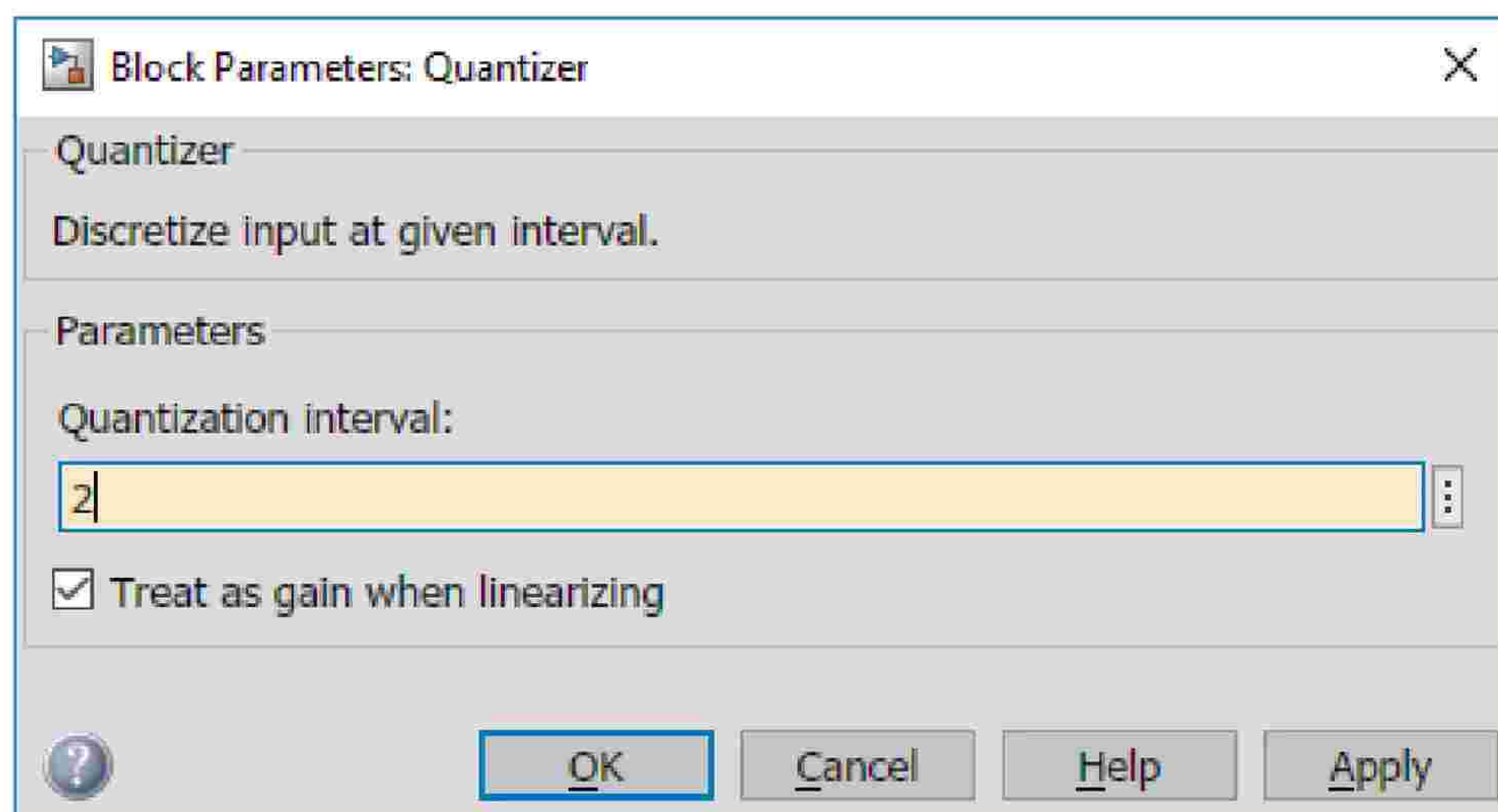


Рис. 2.15. Настройка параметров элемента «Quantizer»

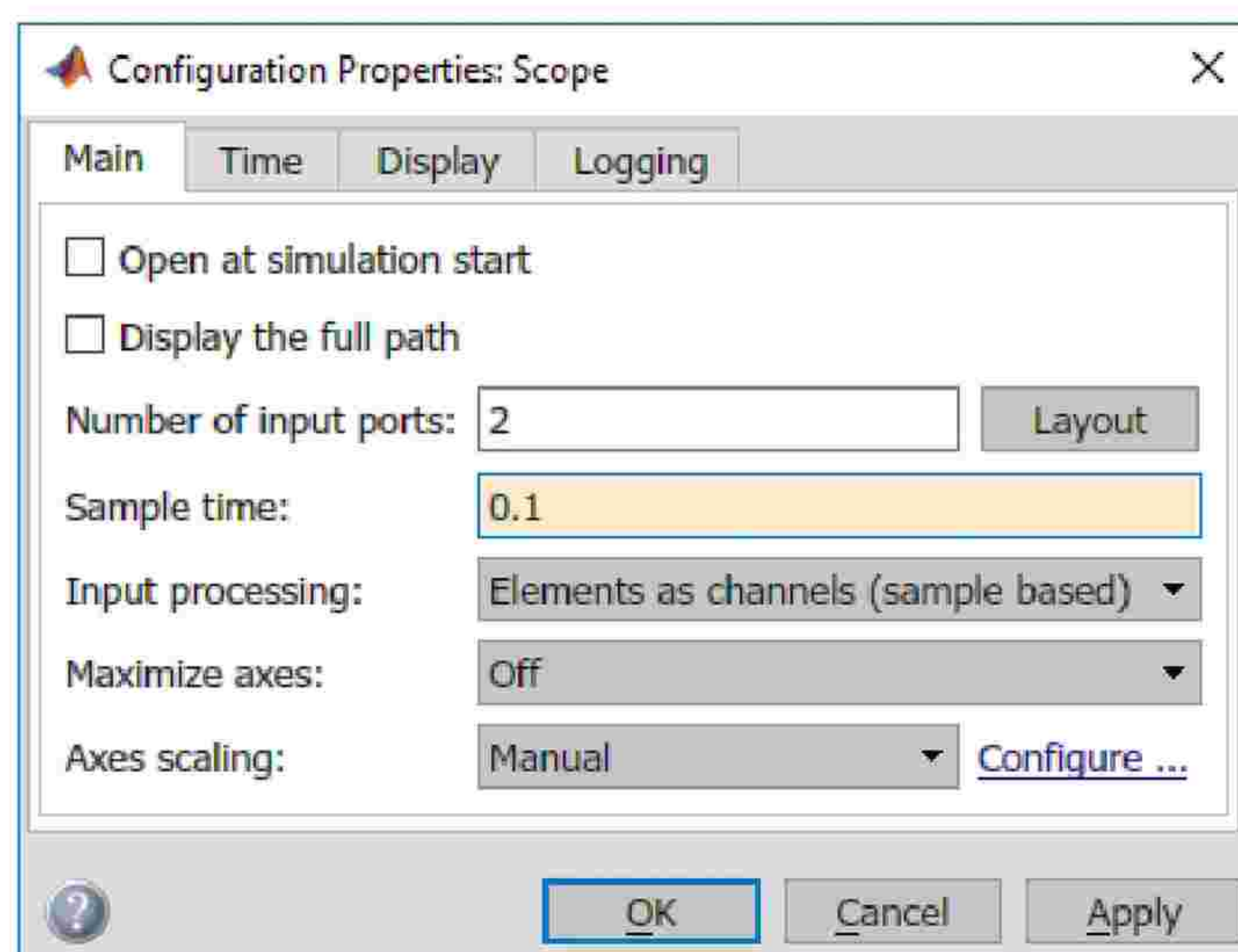


Рис. 2.16. Настройка параметров элемента «Scope»



Далее для анализа работы построенной модели необходимо запустить модель и посмотреть входной и выходной сигналы. Графики входного и выходного сигналов, полученные с помощью элемента «Scope», представлены на рис. 2.17.

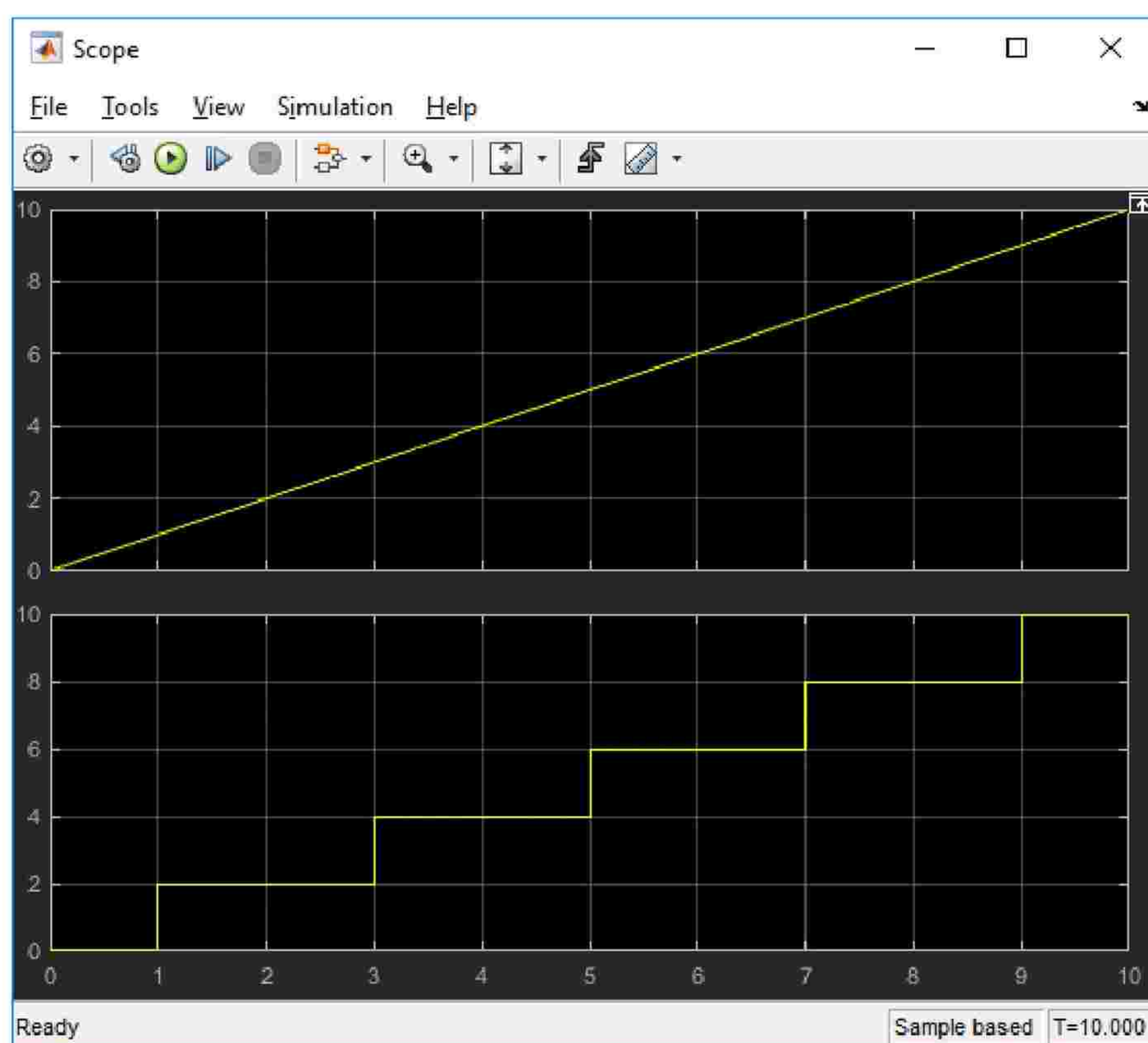


Рис. 2.17. Графики входного и выходного сигналов модели

Из анализа графиков, представленных на рис. 2.17, видно, что входной сигнал с амплитудой от 0 до 10 представляет собой линейную монотонно возрастающую функцию. Значение амплитуды выходного сигнала меняется дискретно и равно: 0, 2, 4, ..., 10, т.е. кратно значению кванта (равного 2), установленного на вкладке «Function Block Parameters: Quantizer» в поле «Quantization interval» в соответствии с рис. 2.15.

### **3. Изучение элемента «Manual Switch» (переключатель) среды визуального программирования MATLAB-Simulink, входящего в подсистему управления.**

Элемент «Manual Switch» используется в модели для изменения структуры модели путем подключения (отключения) ее элементов.

Необходимо открыть новую рабочую страницу MATLAB Simulink. Данный элемент модели находится на вкладке «Signal Routing» (рис. 2.18).



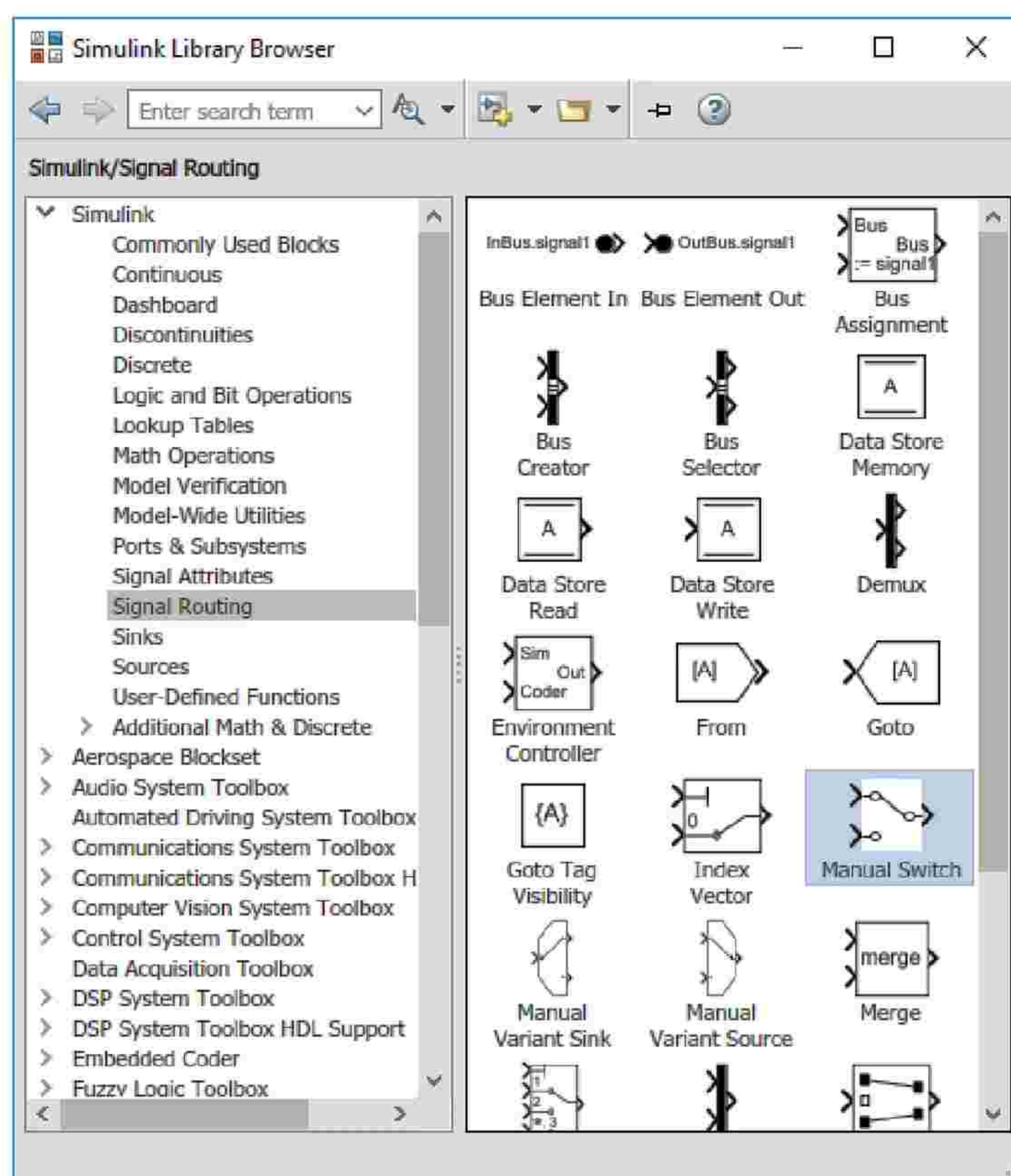


Рис. 2.18. Вкладка «Signal Routing»

Выбираем элемент «Manual Switch» (ручной переключатель) и добавляем его на рабочую страницу (рис. 2.19).

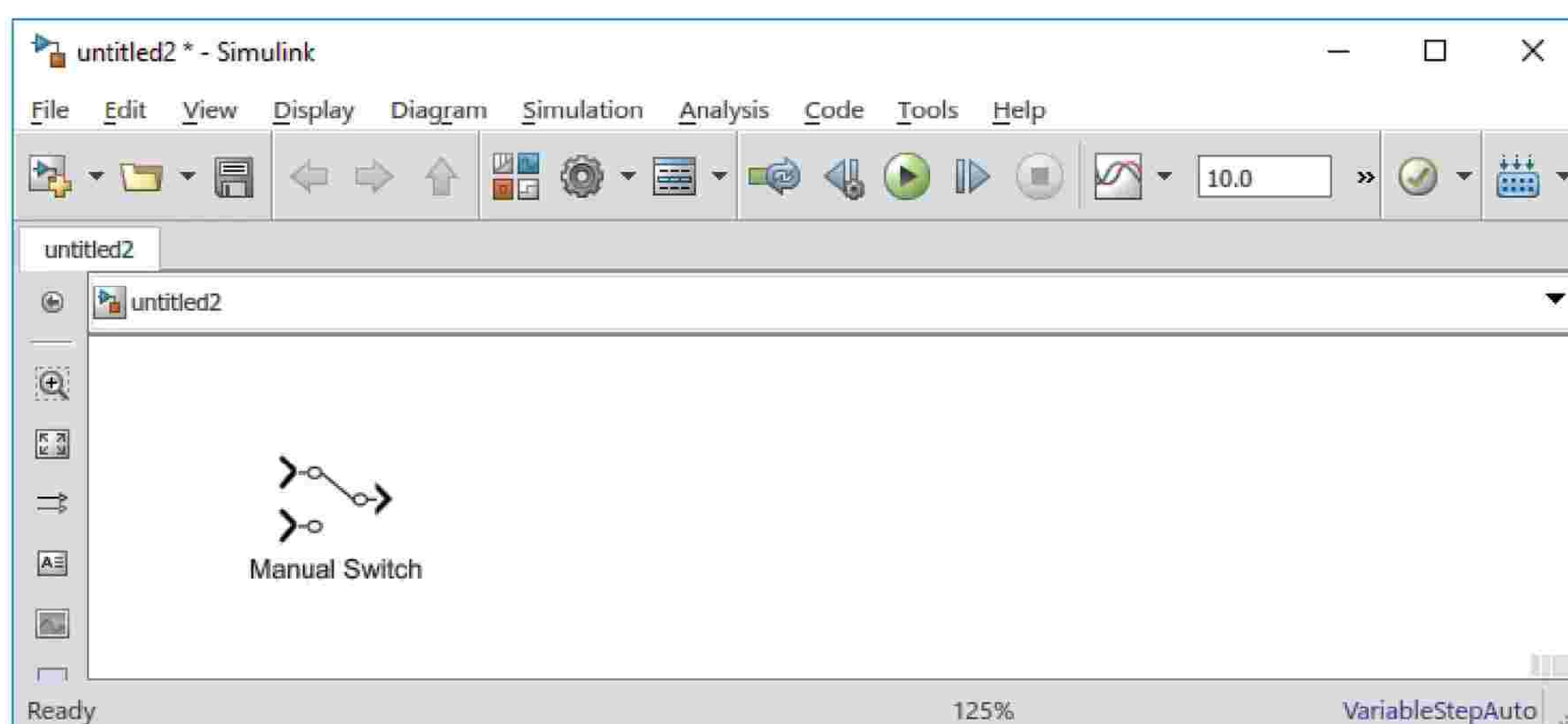


Рис. 2.19. Элемент «Manual Switch» (первое состояние)

Элемент «Manual Switch» может находиться в двух состояниях (см. рис. 2.19, 2.20). Для переключения этого элемента из одного состояния в другое и обратно необходимо дважды кликнуть левой кнопкой мыши по изображению этого элемента на рабочей странице.



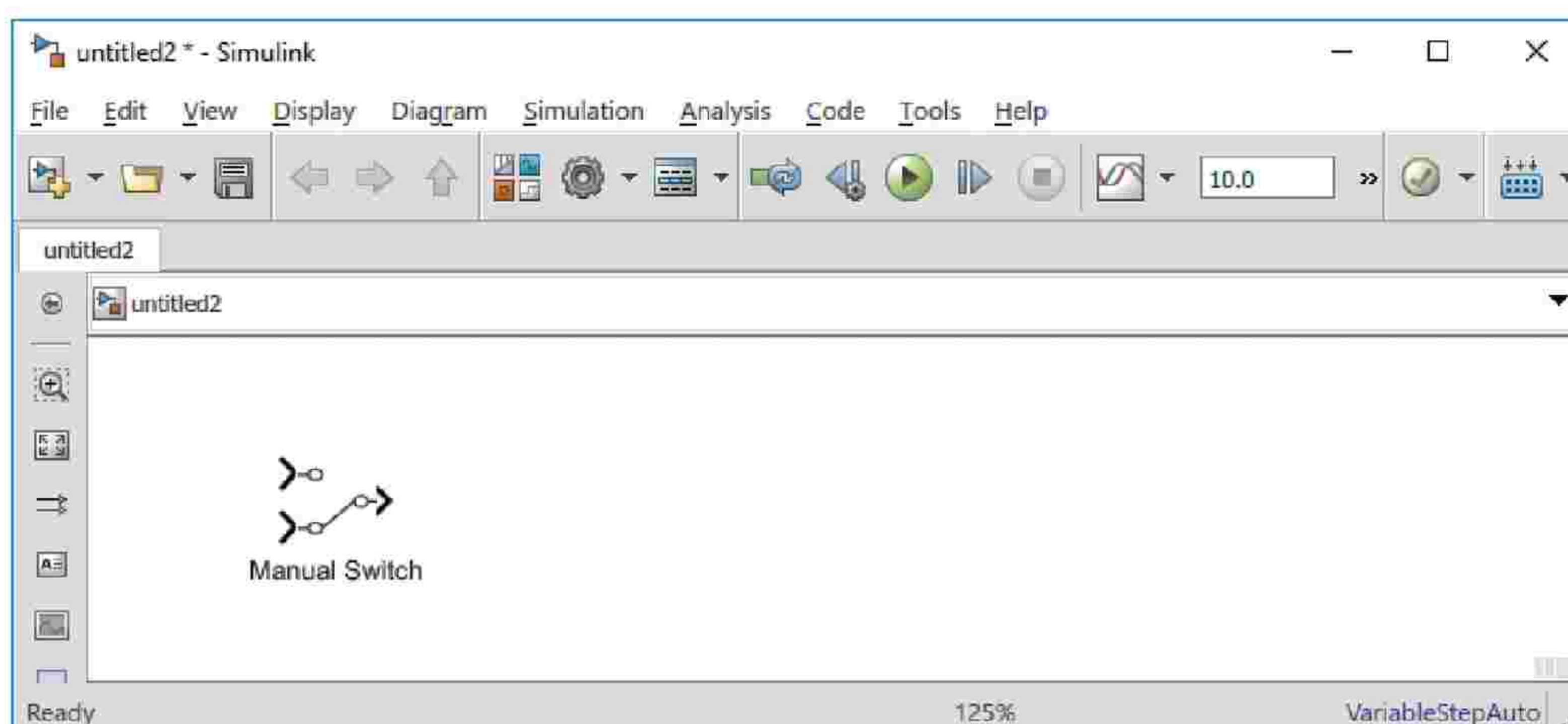


Рис. 2.20. Элемент «Manual Switch» (второе состояние)

**4. Изучение элемента «XY Graph» (двухкоординатный осциллограф) среды визуального программирования MATLAB-Simulink, использующегося для отображения сигналов.**

Элемент «XY Graph» используется в модели для визуализации графиков сигналов и имеет два входа X и Y, где X – абсцисса точки графика, Y – ордината точки графика.

Необходимо открыть новую рабочую страницу MATLAB Simulink. Данный элемент модели находится на вкладке «Sinks» (рис. 2.21).

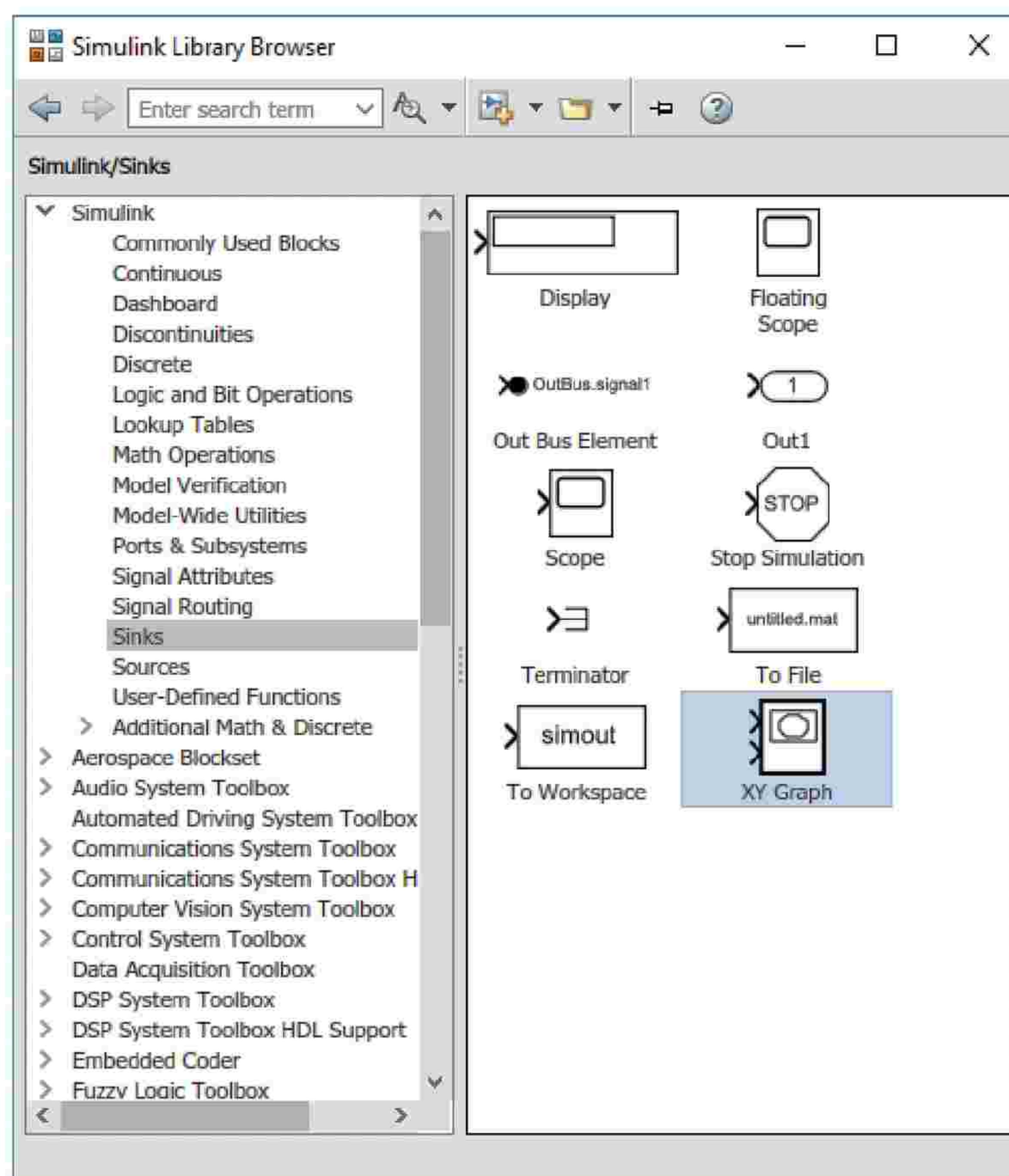


Рис. 2.21. Вкладка «Sinks»



Выбираем элемент «XY Graph» (двухкоординатный осциллограф) и добавляем его на рабочую страницу (рис. 2.22).

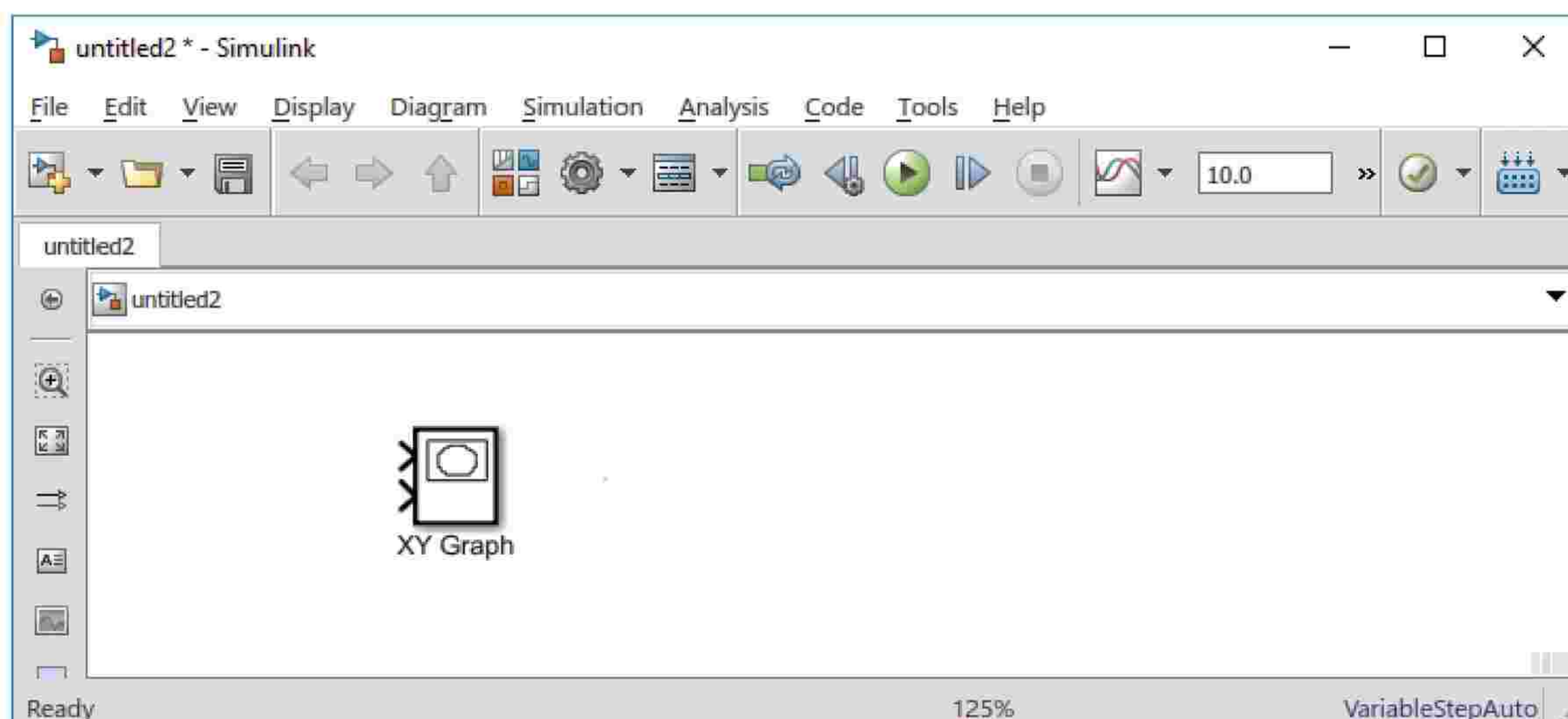


Рис. 2.22. Элемент «XY Graph»  
(двухкоординатный осциллограф)

Далее для анализа работы элемента «XY Graph» необходимо добавить в модель элементы: источник постоянного сигнала «Constant», два элемента «Integrator», составляющих динамическое звено (рис. 2.23).

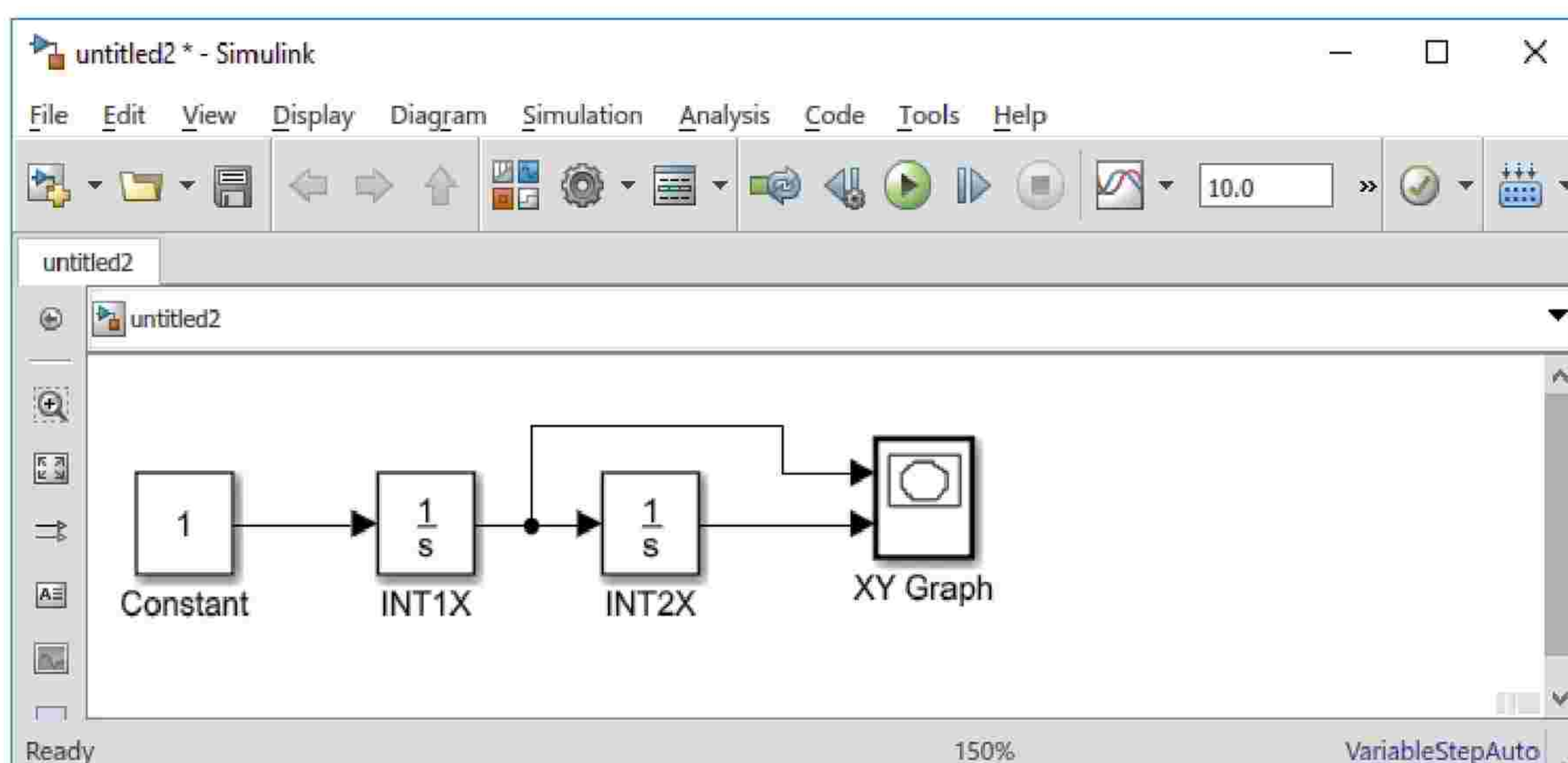


Рис. 2.23. Модель с элементом «XY Graph»

Необходимо установить значения параметров элемента модели: двухкоординатного осциллографа «XY Graph» (см. рис. 2.23) в соответствии с рис. 2.24, 2.25.



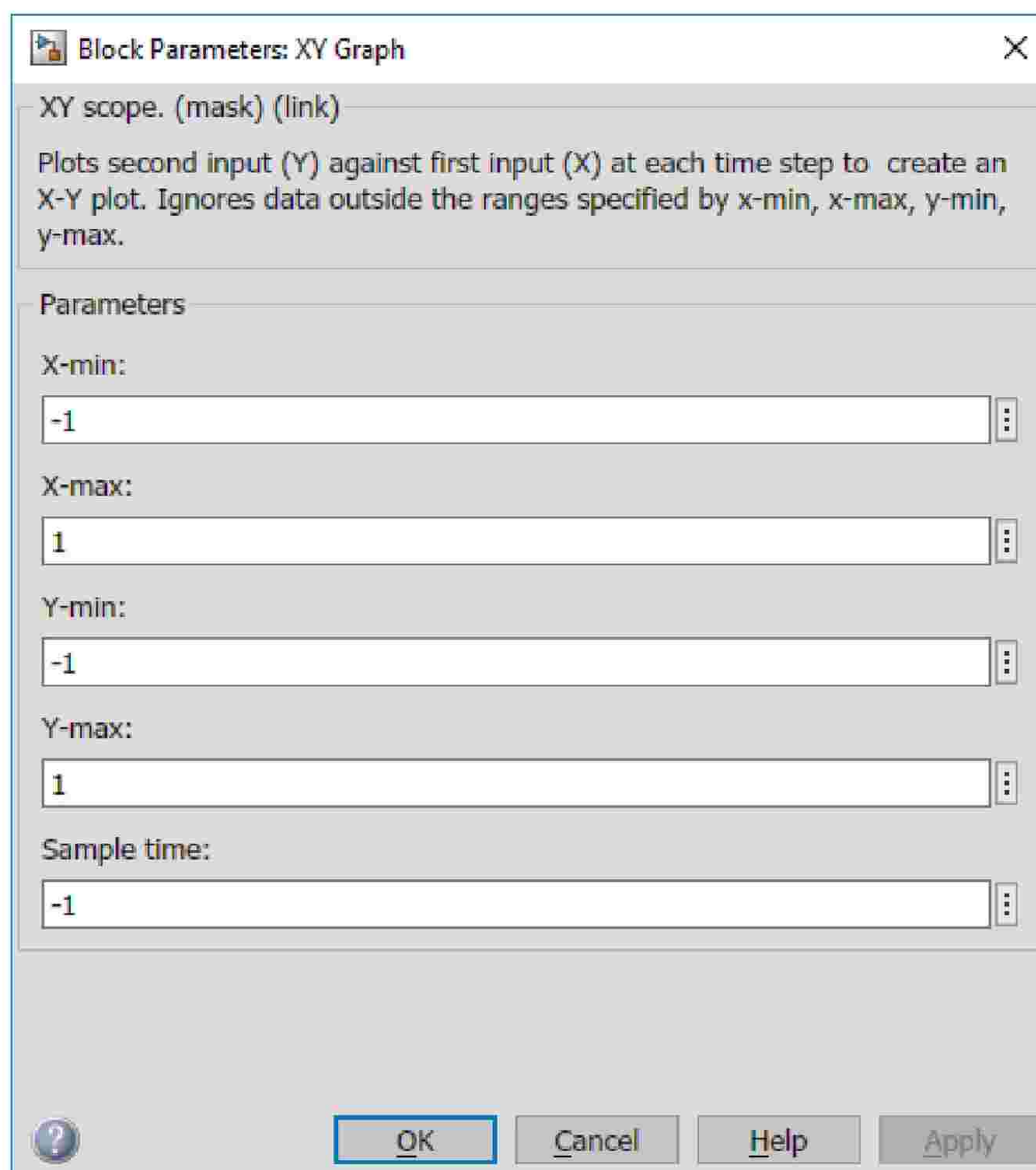


Рис. 2.24. Вкладка «Sink Block Parameters: XY Graph»

Для этого необходимо открыть вкладку «Sink Block Parameters: XY Graph» (см. рис. 2.24).

На вкладке «Sink Block Parameters: XY Graph» в поле «x-min» устанавливается минимальное значение амплитуды входного сигнала X. По умолчанию значение равно  $-1$ .

На вкладке «Sink Block Parameters: XY Graph» в поле «x-max» устанавливается максимальное значение амплитуды входного сигнала X. По умолчанию значение равно  $1$ .

На вкладке «Sink Block Parameters: XY Graph» в поле «y-min» устанавливается минимальное значение амплитуды входного сигнала Y. По умолчанию значение равно  $-1$ .

На вкладке «Sink Block Parameters: XY Graph» в поле «y-max» устанавливается максимальное значение амплитуды входного сигнала Y. По умолчанию значение равно  $1$ .

Значение параметра в поле «Sample time» задает любой положительный шаг построения графика сигналов X,Y (аналогично



параметру элемента «Score» в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 1). По умолчанию оно равно  $-1$ .

Далее необходимо изменить значения параметров элемента модели: двухкоординатного осциллографа «XY Graph» (см. рис. 2.23) в соответствии с рис. 2.25.

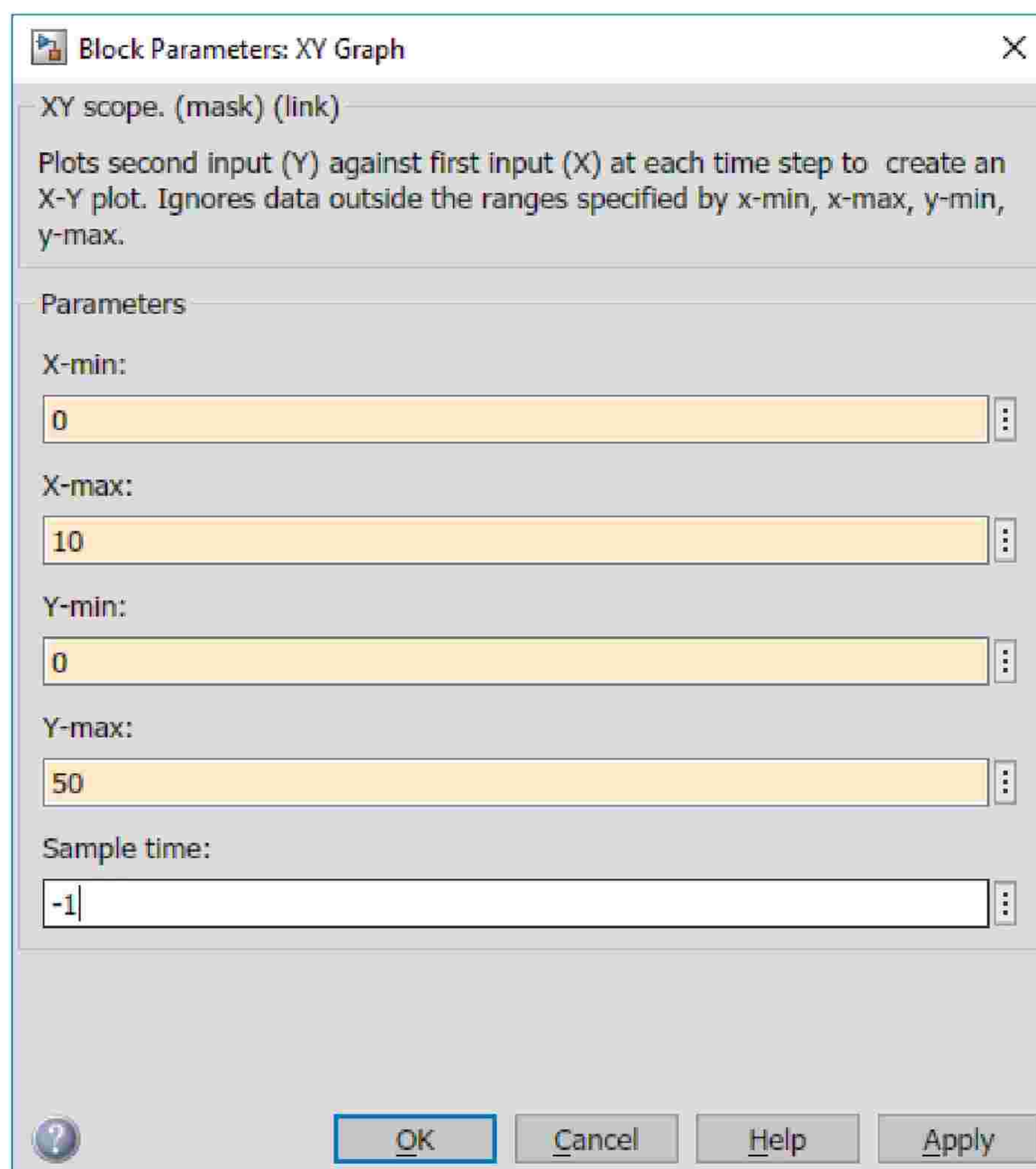


Рис. 2.25. Настройка параметров на вкладке «Sink Block Parameters: XY Graph»

Далее необходимо запустить модель. Согласно рис. 2.23 абсцисса  $X$  сигнала на входе элемента «XY Graph» изменяется прямо пропорционально времени (см. методические указания к лабораторной работе № 1), а ордината  $Y$  сигнала на входе элемента «XY Graph» изменяется по квадратичному закону (парабола). На рис. 2.26 представлен график сигнала с выхода динамического звена, точки которого имеют координаты  $X$  и  $Y$ .



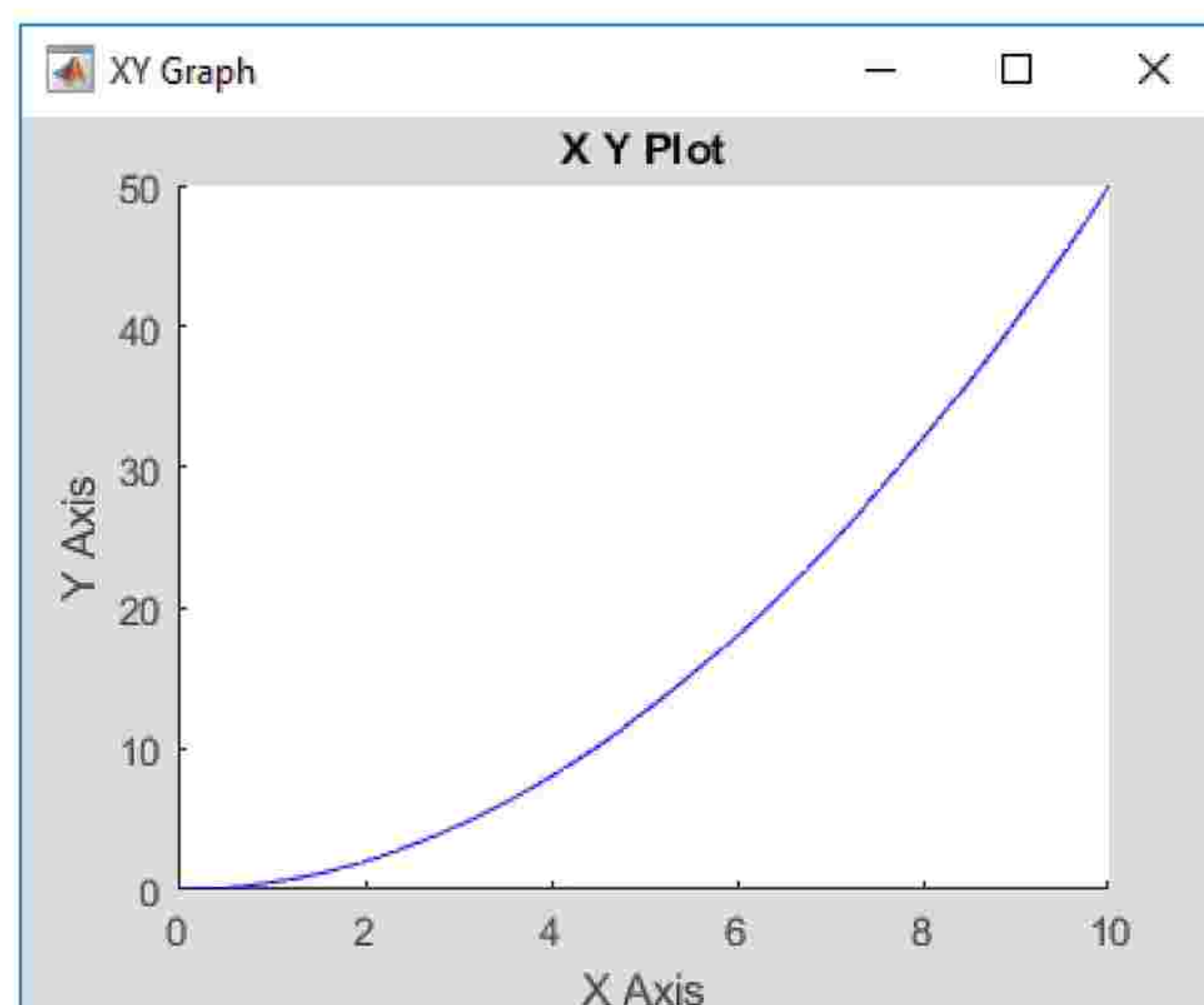


Рис. 2.26. График сигнала с выхода динамического звена

## 5. Построение модели динамической системы с подсистемой управления.

Построить модель динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с рис. 2.27.

**Указание.** Модель должна храниться в файле. Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами). Файл должен находиться в папке **LR5**. Все элементы модели (в том числе и подсистемы), их входы и выходы должны иметь обозначения, соответствующие рис. 2.27.

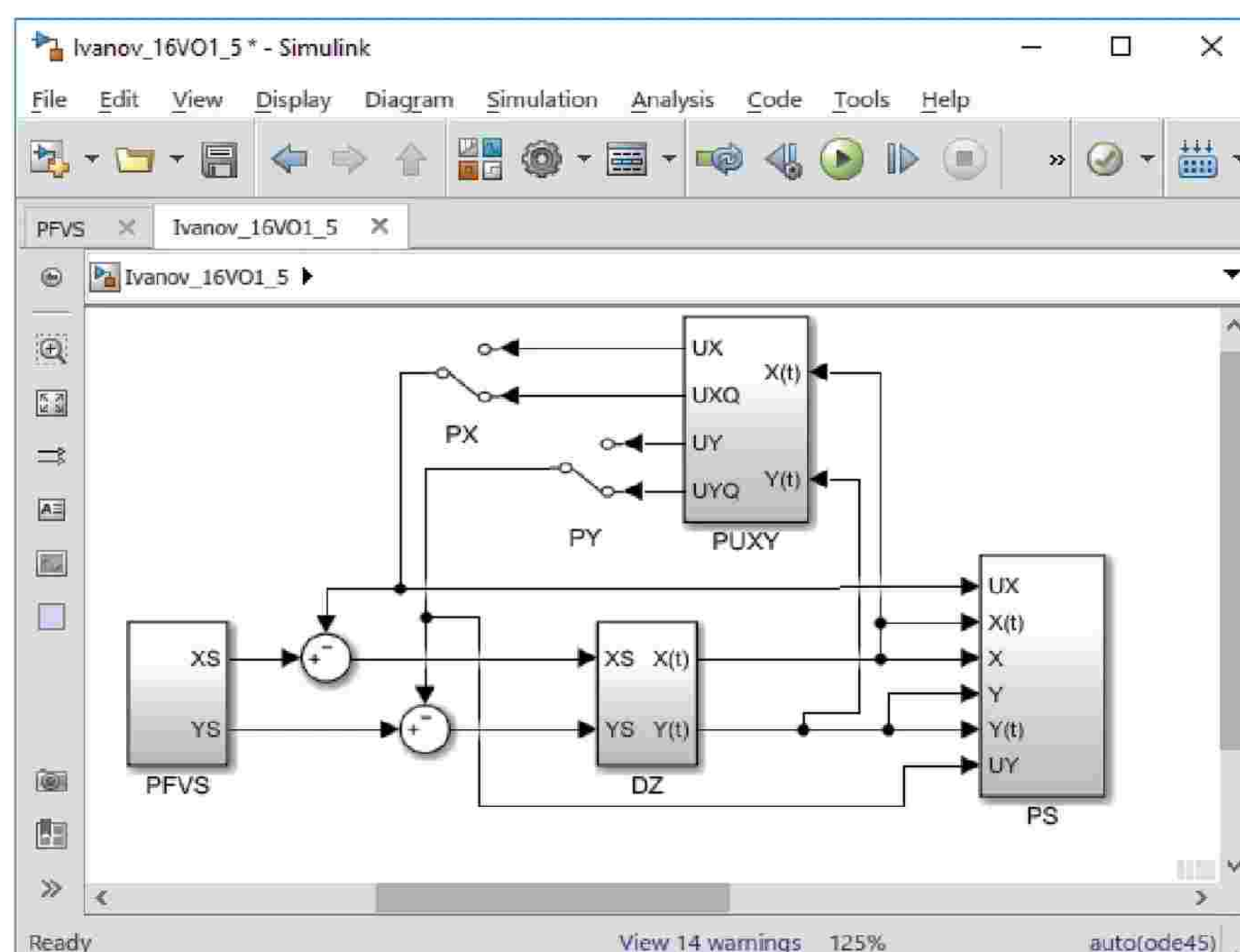


Рис. 2.27. Модель динамической системы с подсистемой управления



Модель, представленная на рис. 2.27, состоит из подсистемы формирования входных сигналов (PFVS), подсистемы, выполняющей функцию динамического звена (DZ), подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов (PS), и подсистемы управления PUXY с элементами переключения PX и PY. В модели, представленной на рис. 2.27, переключатели PX и PY установлены в нижнее положение, что соответствует режиму работы модели с подключенным элементом «Quantizer» (квантователь).

5.1. Построить модель подсистемы PFVS формирования входных сигналов динамической системы (рис. 2.28) в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3.

Подсистема PFVS формирования входных сигналов состоит из двух элементов: двух источников ступенчато изменяющихся сигналов X и Y (рис. 2.28).

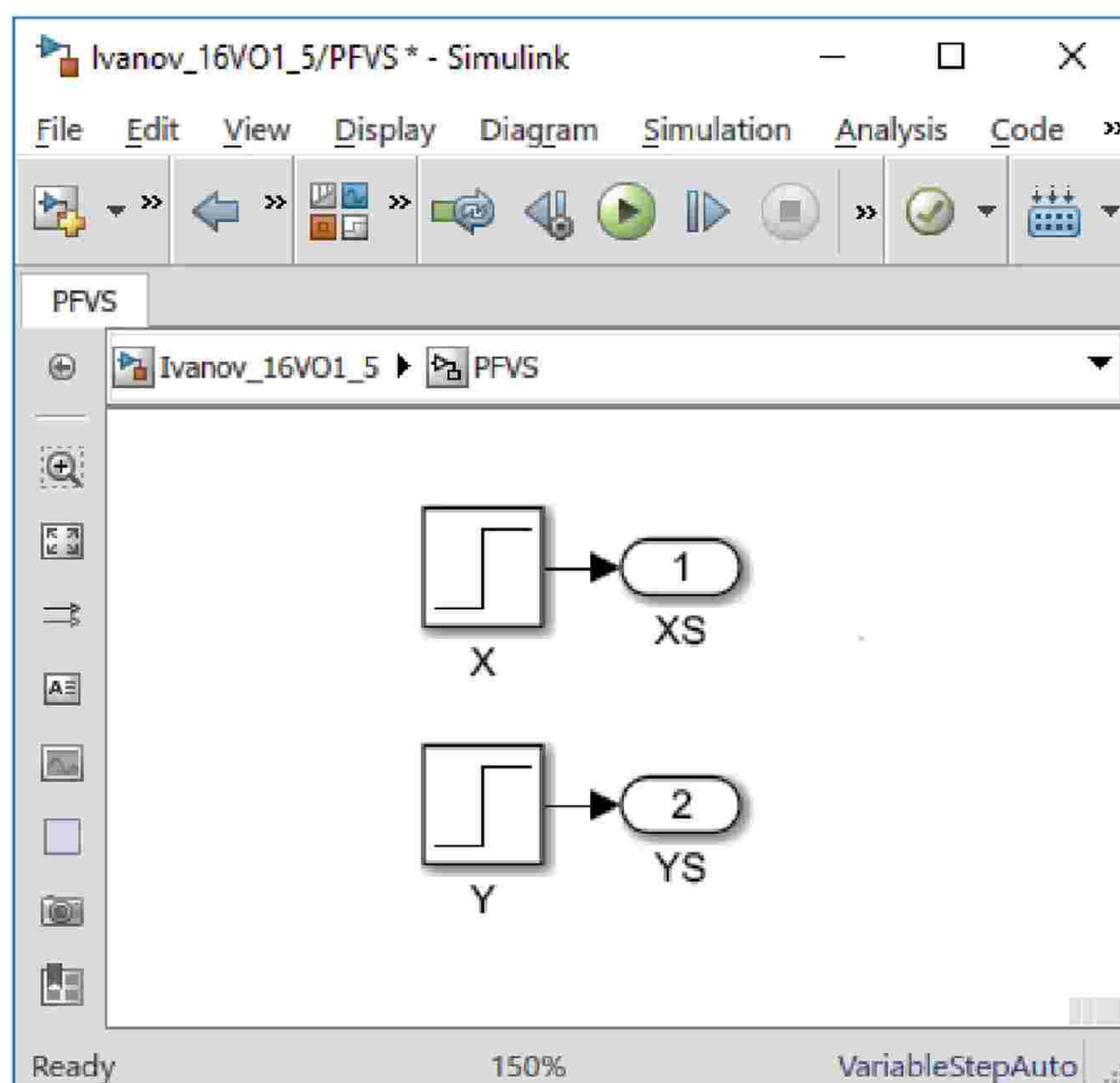


Рис. 2.28. Модель подсистемы формирования входных сигналов

Далее в соответствии с рис. 2.29, 2.30 необходимо настроить параметры элементов подсистемы формирования входных сигналов PFVS.



Block Parameters: X

Step

Output a step.

Parameters

Step time:

2

Initial value:

0

Final value:

0.51

Sample time:

0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

☒ Enable zero-crossing detection

? OK Cancel Help Apply

Рис. 2.29. Параметры источника ступенчато изменяющегося сигнала X

Block Parameters: Y

Step

Output a step.

Parameters

Step time:

4

Initial value:

0

Final value:

0.51

Sample time:

0

☒ Interpret vector parameters as 1-D

☒ Enable zero-crossing detection

? OK Cancel Help Apply

Рис. 2.30. Параметры источника ступенчато изменяющегося сигнала Y



5.2. Построить модель подсистемы DZ, выполняющей функцию динамического звена динамической системы, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3.

Модель подсистемы DZ, выполняющей функцию динамического звена динамической системы, представлена на рис. 2.31.

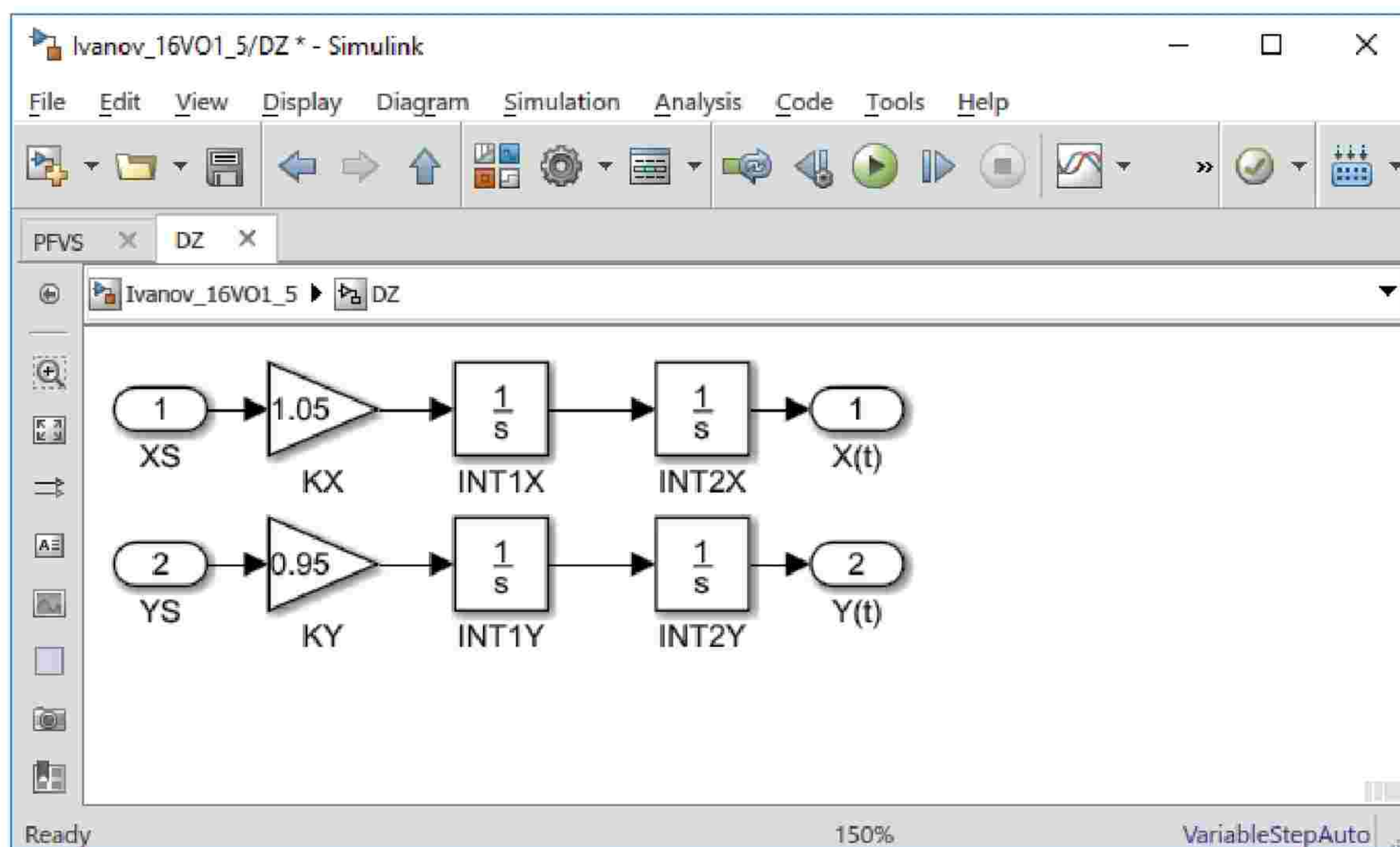


Рис. 2.31. Модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ

Модель динамического звена состоит:

- из умножителя KX и двух интеграторов INT1X, INT2X, причем вход умножителя KX подключен к выходу источника ступенчато изменяющегося сигнала X подсистемы формирования входных сигналов PFVS;

- из умножителя KY и двух интеграторов INT1Y, INT2Y, причем вход умножителя KY подключен к выходу источника ступенчато изменяющегося сигнала Y подсистемы формирования входных сигналов PFVS.

Модель подсистемы DZ, выполняющей функцию динамического звена динамической системы, построена в соответствии с формулами:

$$\begin{aligned} X(t) &= KX \cdot \text{INT}[\text{INT}(XS(t))], \\ Y(t) &= KY \cdot \text{INT}[\text{INT}(YS(t))], \end{aligned} \quad (2.1)$$

где INT – функция интегрирования.



Далее в соответствии с рис. 2.32, 2.33 необходимо настроить параметры элементов подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ.

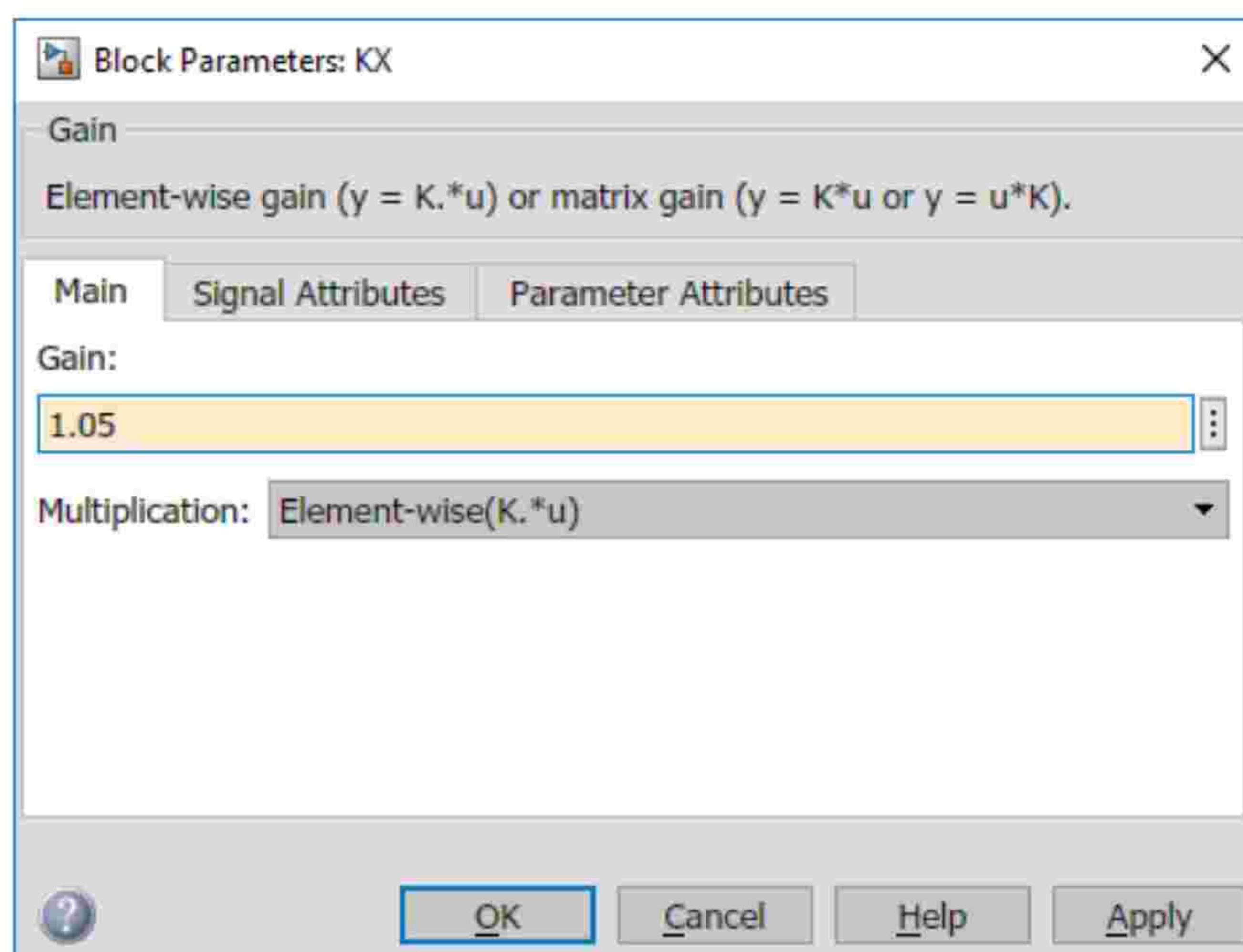


Рис. 2.32. Параметры умножителя KX

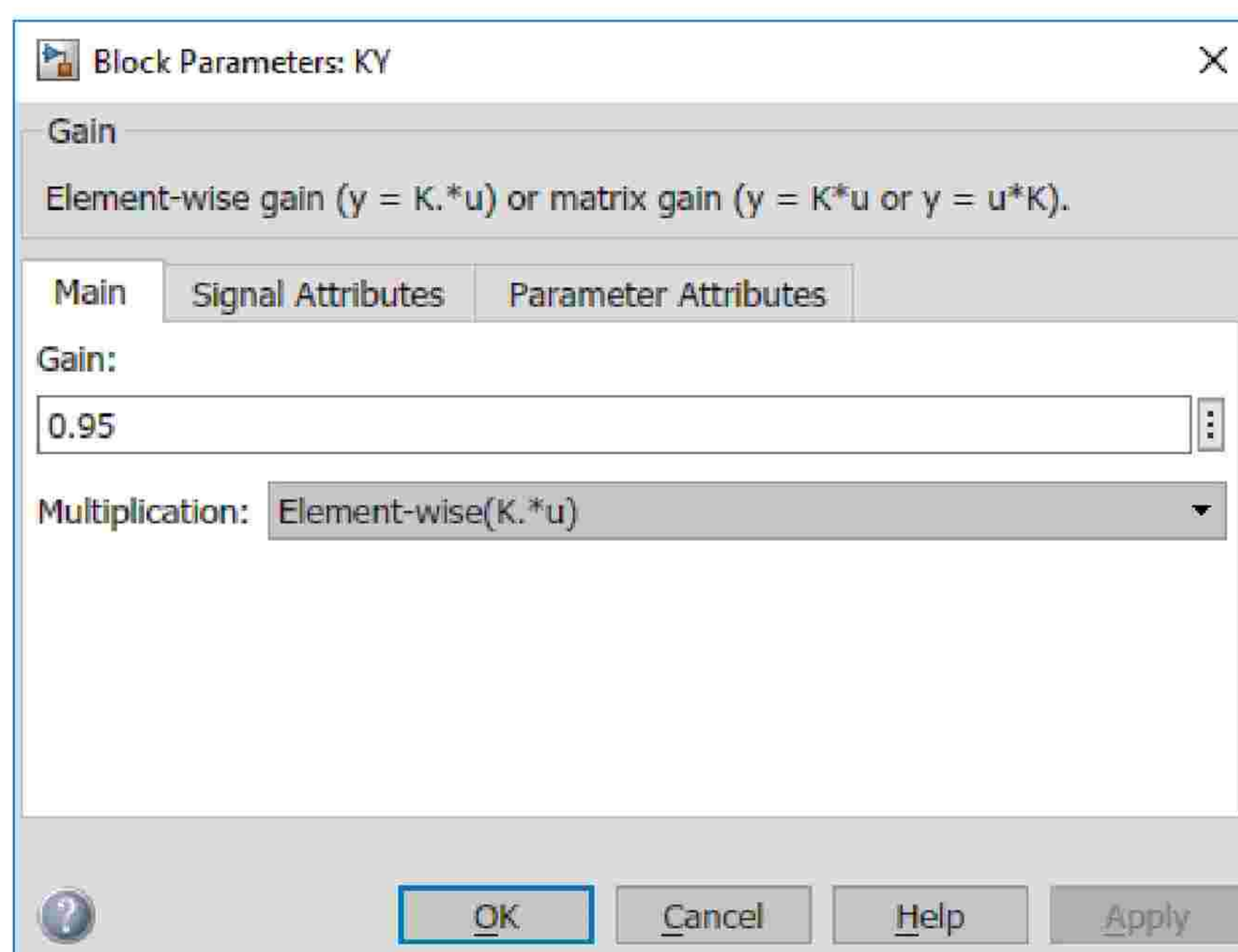


Рис. 2.33. Параметры умножителя KY

5.3. Построить модель подсистемы управления динамической системой PUXY.

Модель подсистемы управления PUXY представлена на рис. 2.34.



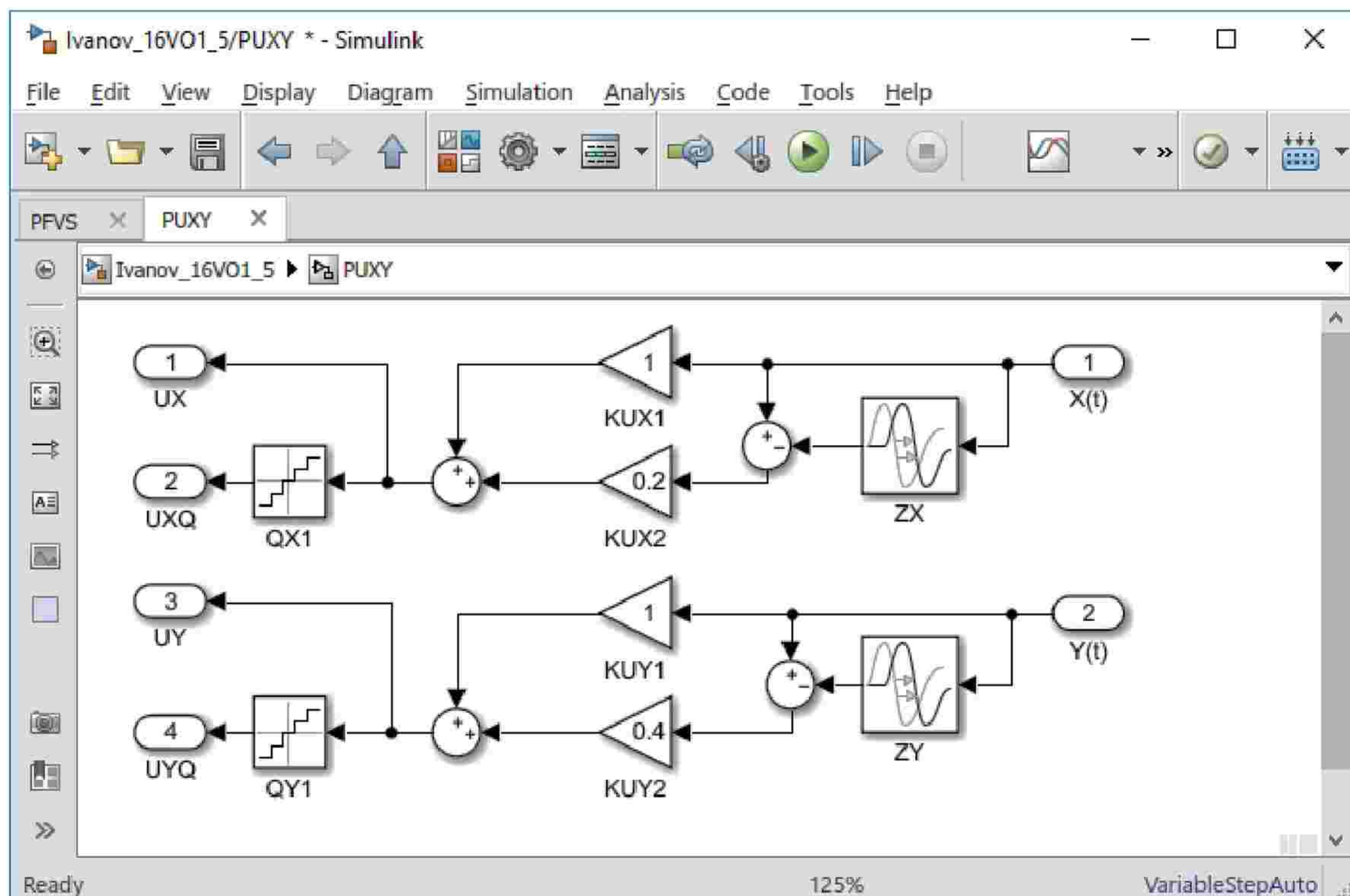


Рис. 2.34. Модель подсистемы управления PUXY

Модель подсистемы управления состоит:

- из квантователя QX1, двух умножителей KUX1 и KUX2, линии задержки ZX;
- из квантователя QY1, двух умножителей KUY1 и KUY2, линии задержки ZY.

Модель подсистемы управления динамической системы PUXY построена в соответствии с формулами:

$$\begin{aligned} UX &= KUX1 \cdot X(t) + KUX2 \cdot (X(t) - X(t - Z)), \\ UY &= KUY1 \cdot Y(t) + KUY2 \cdot (Y(t) - Y(t - Z)), \end{aligned} \quad (2.2)$$

где  $Z$  – время задержки сигналов  $X(t)$  и  $Y(t)$ .

Сигналы на выходе подсистемы управления UXQ и UYQ выражаются формулами:

$$\begin{aligned} UXQ &= QV[KUX1 \cdot X(t) + KUX2(X(t) - X(t - Z))] = QV[UX], \\ UYQ &= QV[KUY1 \cdot Y(t) + KUY2(Y(t) - Y(t - Z))] = QV[UY], \end{aligned} \quad (2.3)$$

где  $QV$  обозначает функцию элементов квантователей QX1 и QY1.



Далее в соответствии с рис. 2.35–2.42 необходимо настроить параметры элементов подсистемы управления РУХУ.

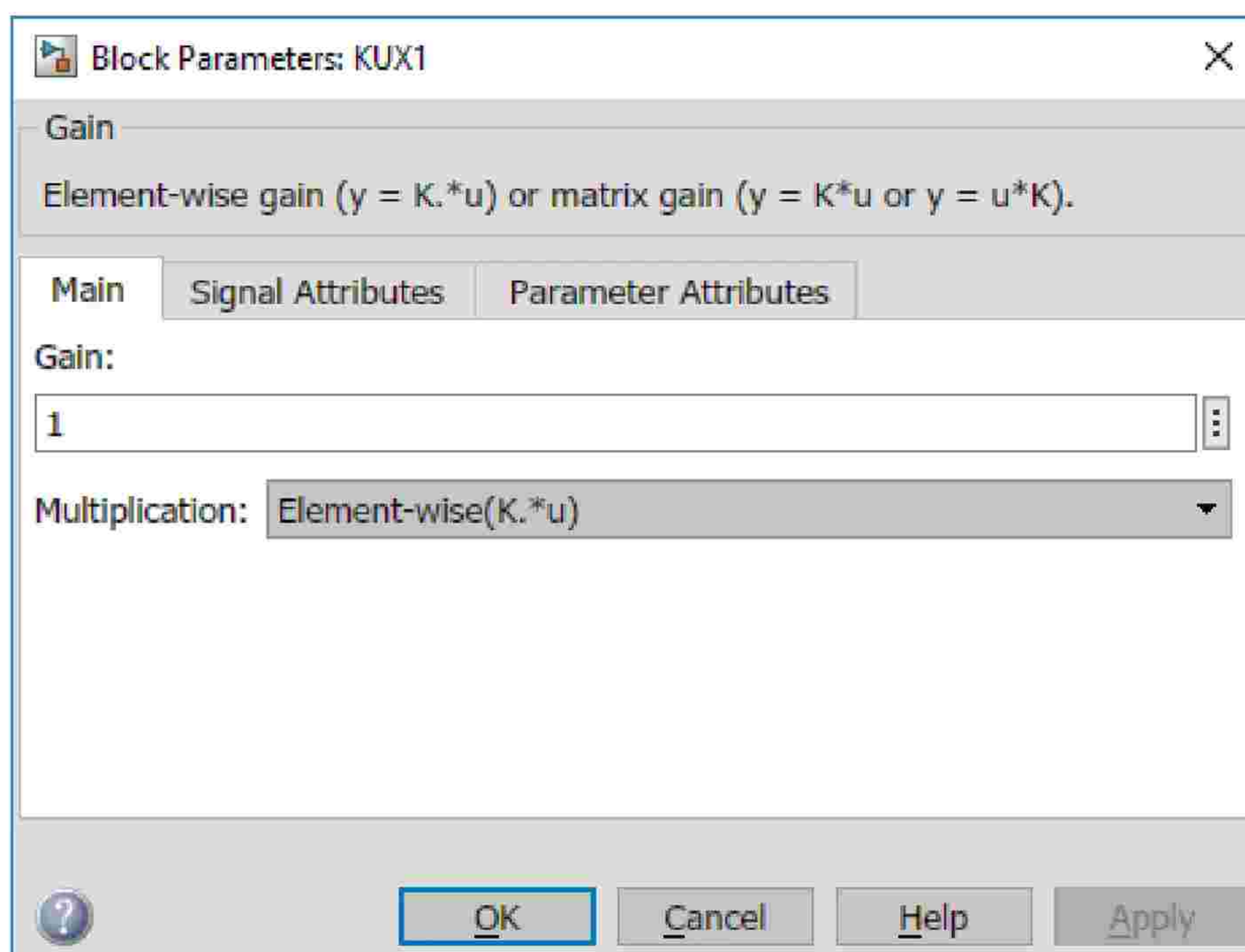


Рис. 2.35. Параметры настройки элемента KUX1

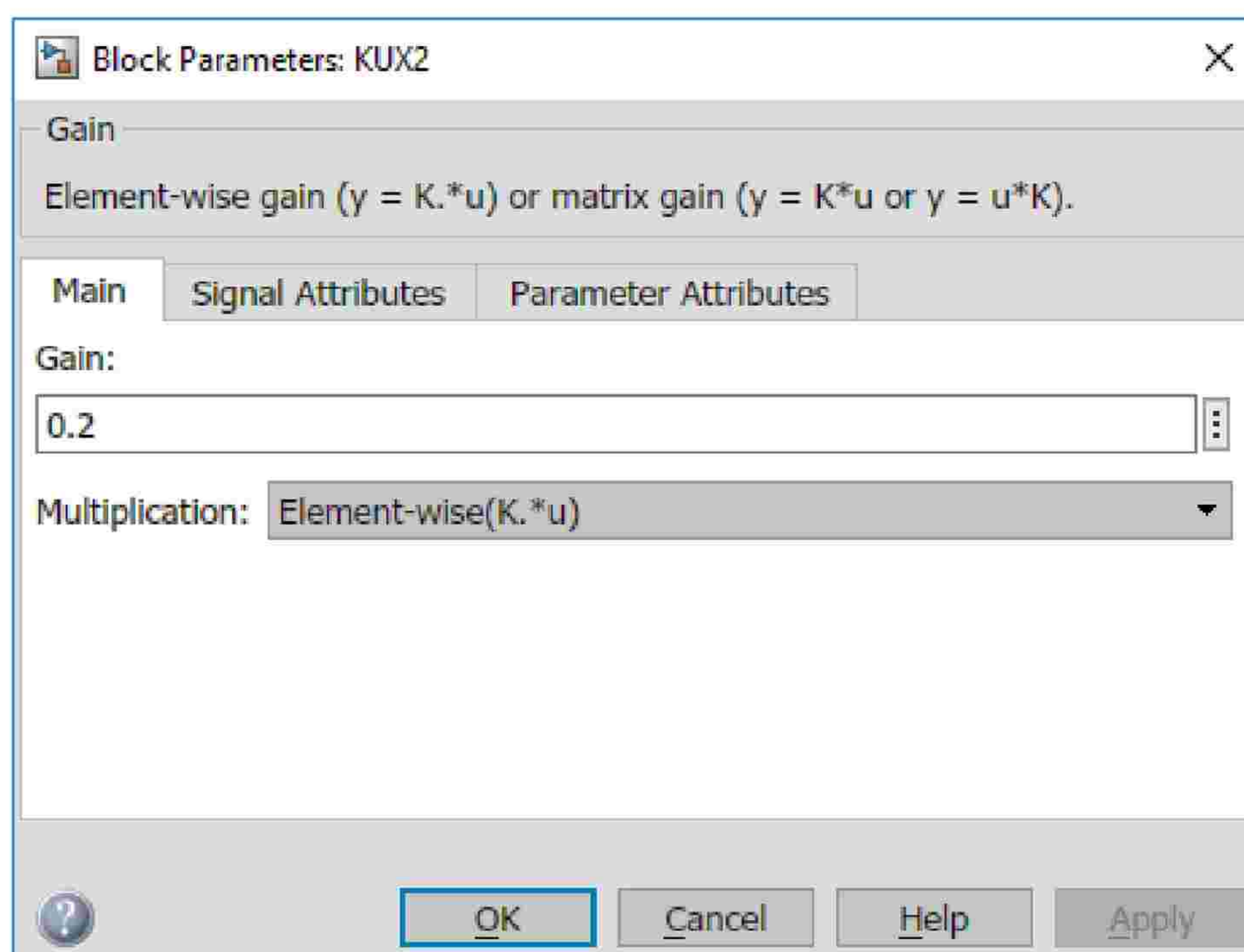


Рис. 2.36. Параметры настройки элемента KUX2



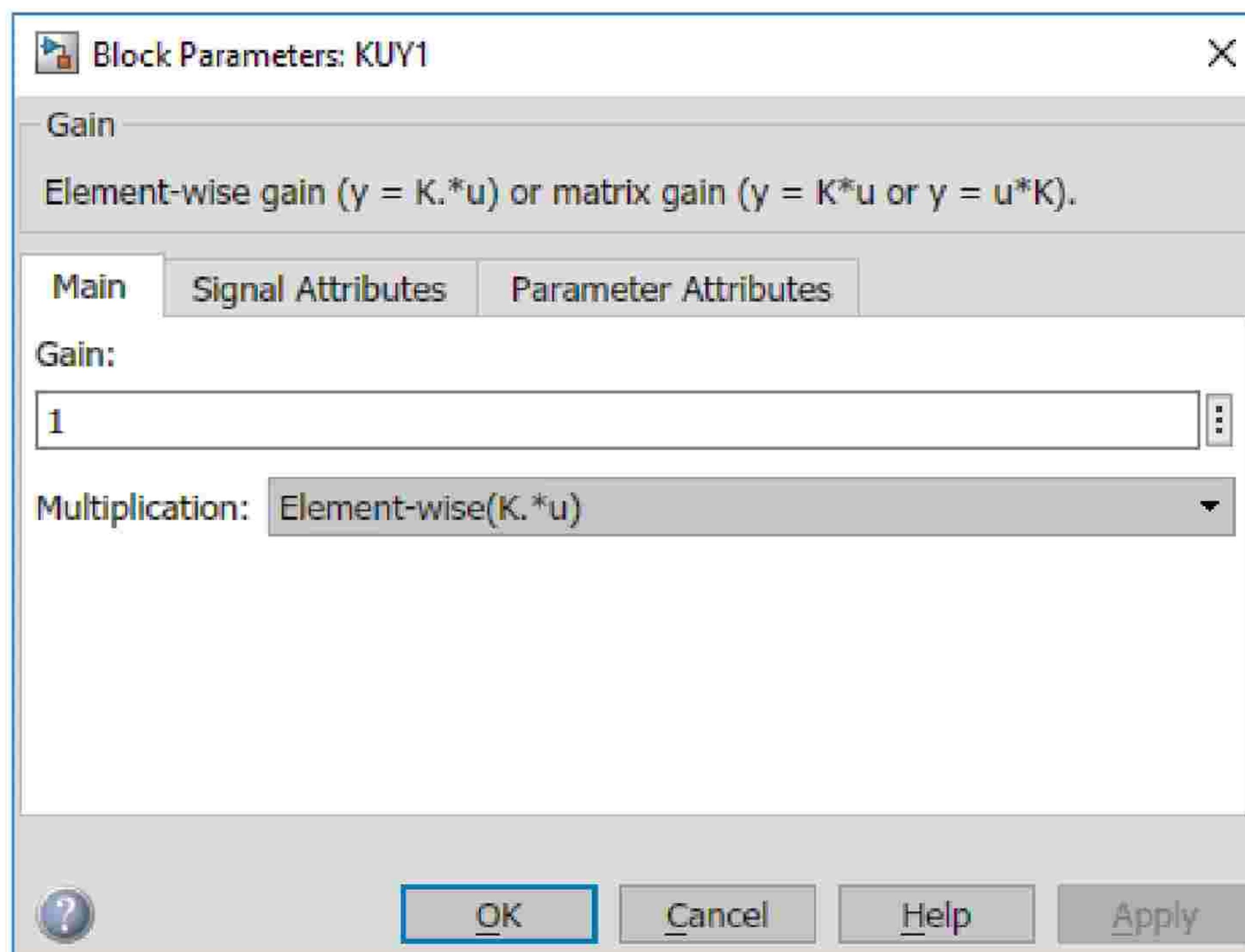


Рис. 2.37. Параметры настройки элемента KUY1

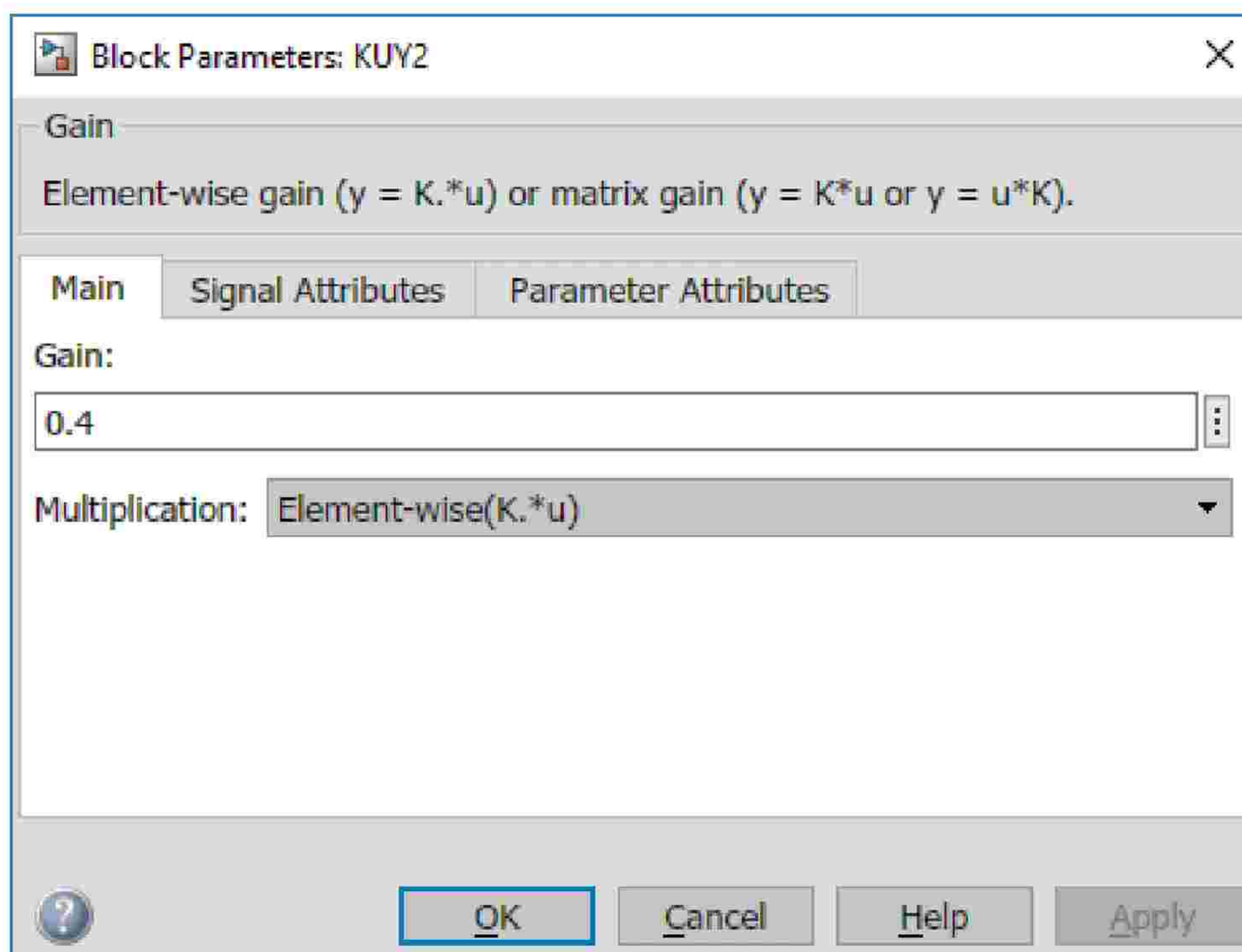


Рис. 2.38. Параметры настройки элемента KUY2



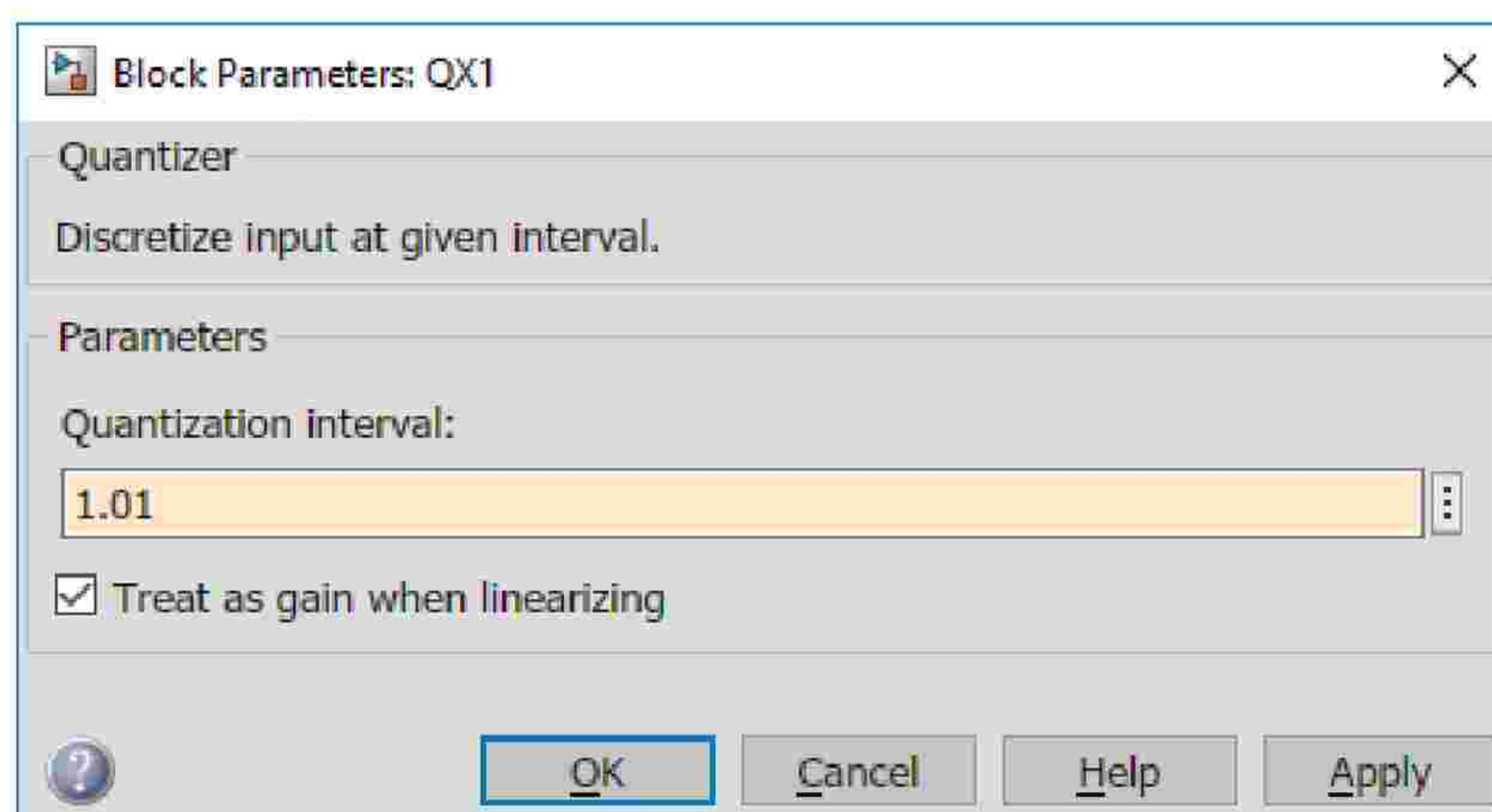


Рис. 2.39. Параметры настройки элемента QX1

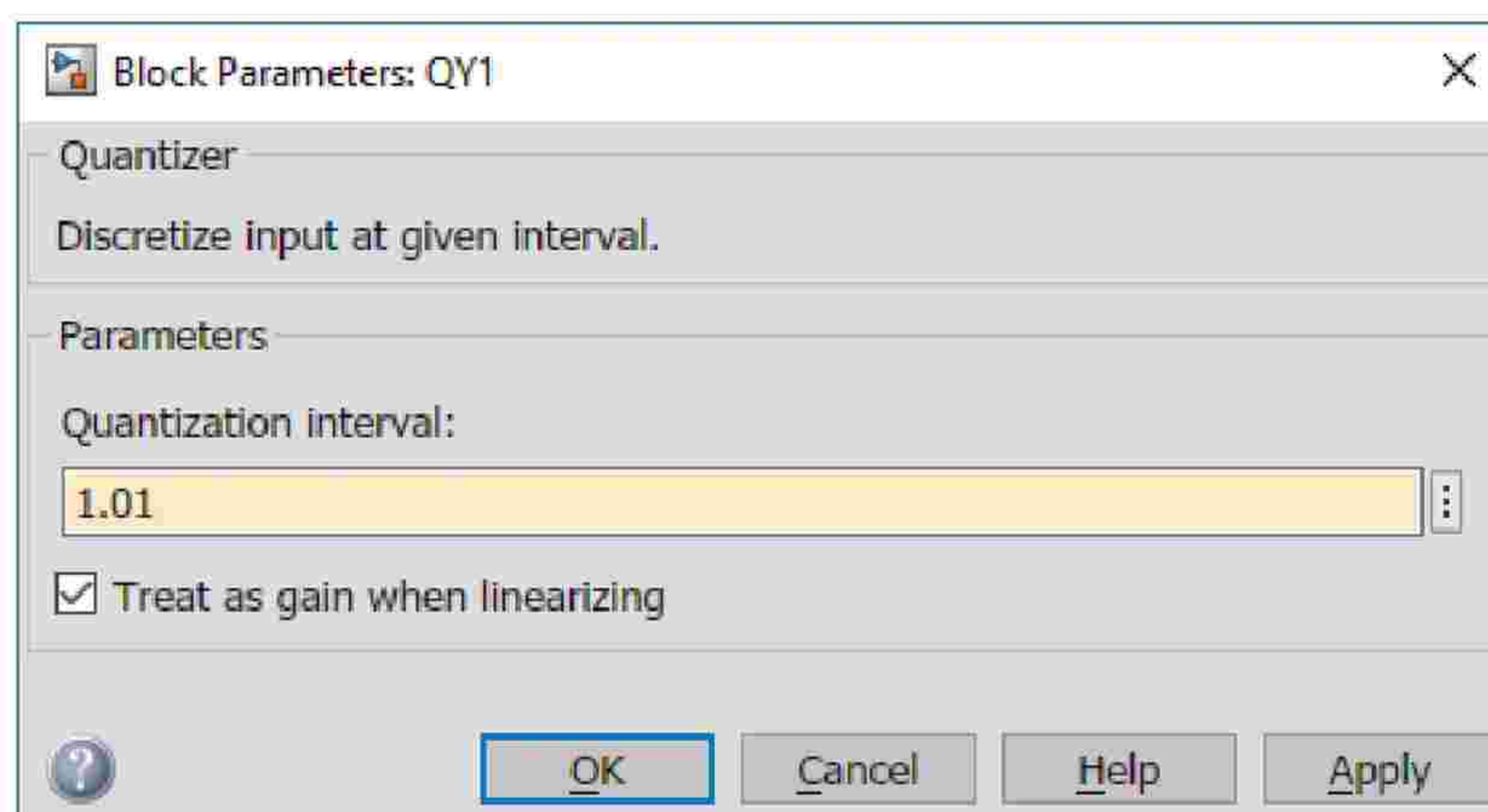


Рис. 2.40. Параметры настройки элемента QY1

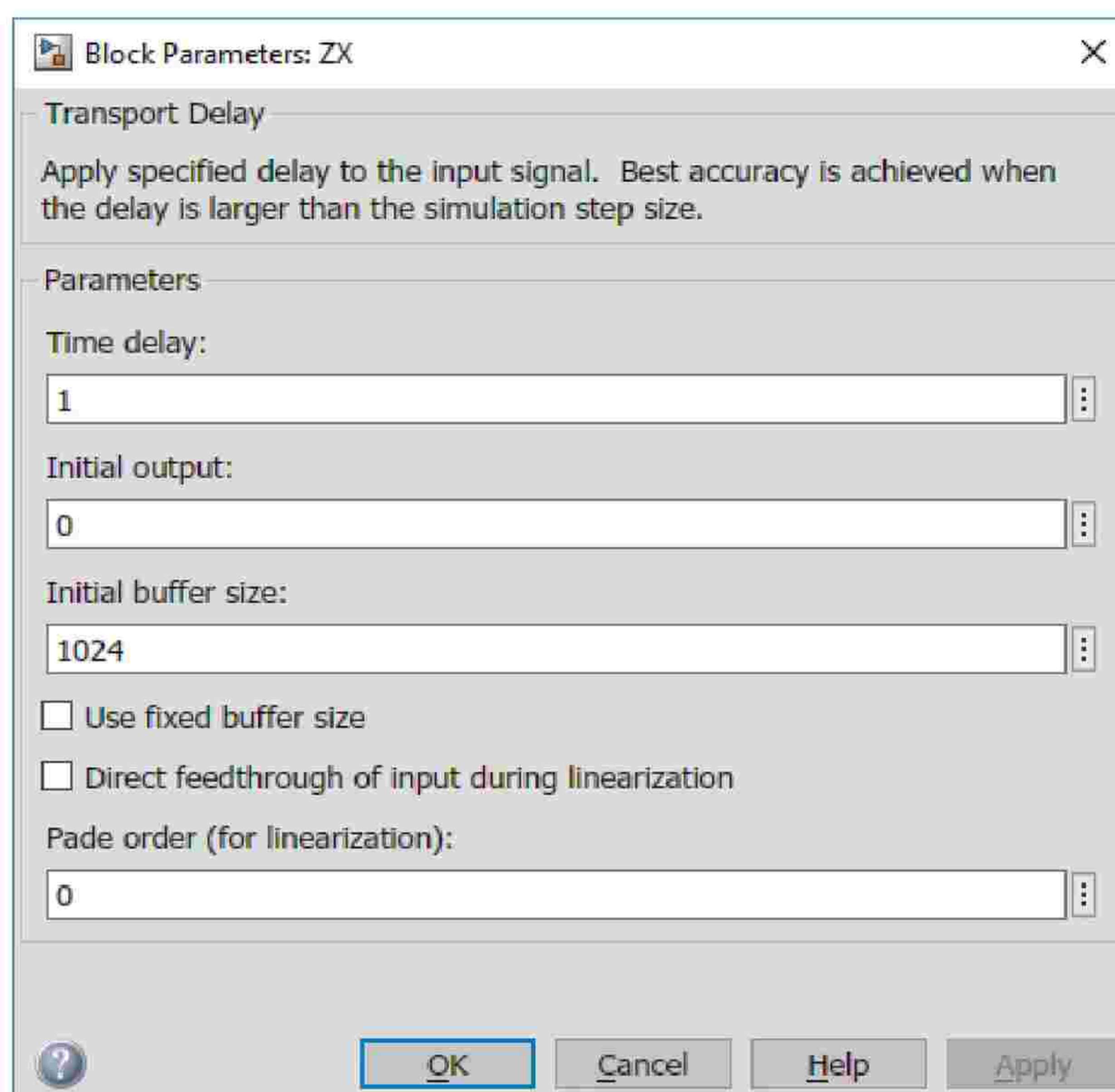


Рис. 2.41. Параметры настройки элемента ZX



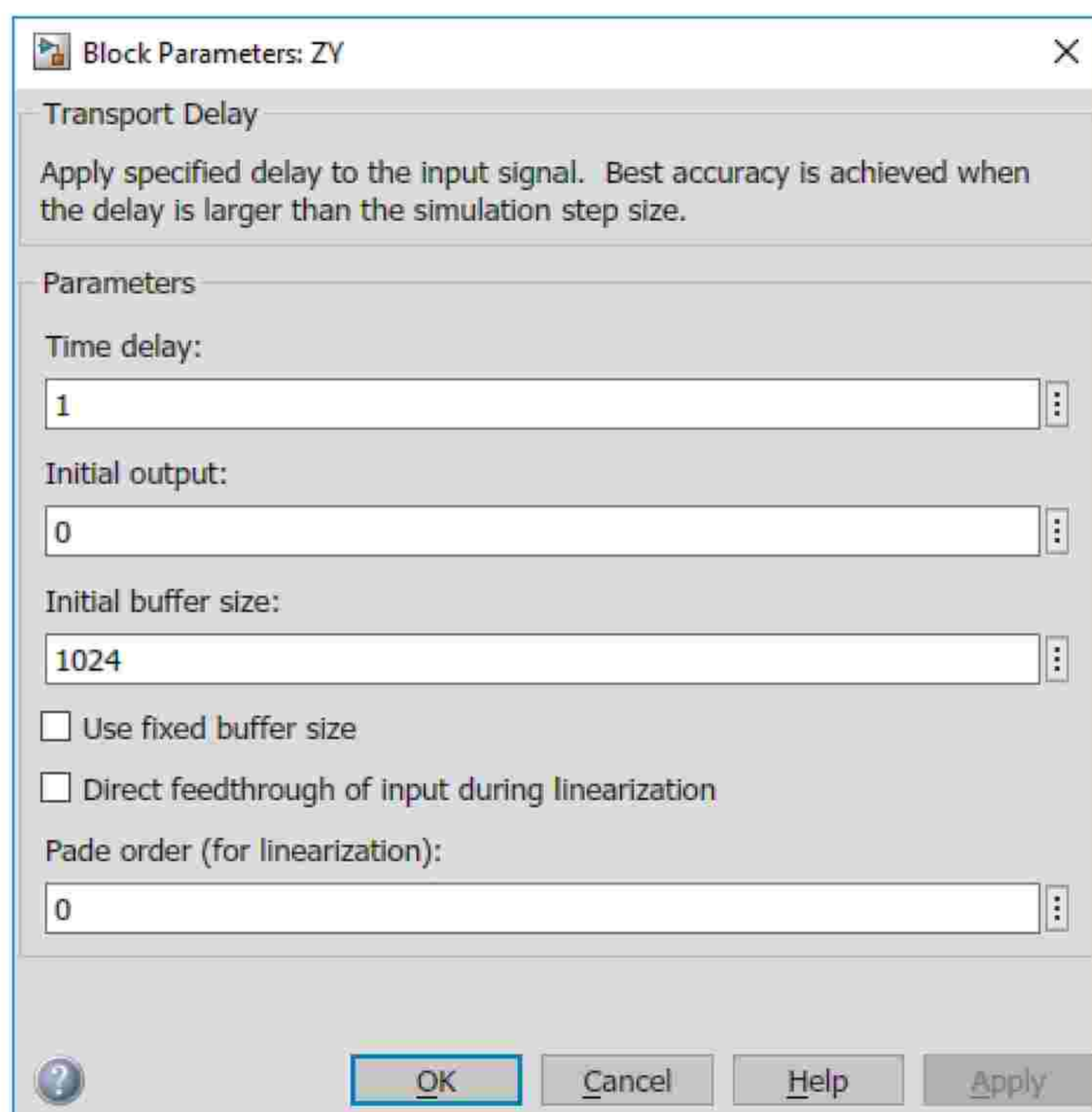


Рис. 2.42. Параметры настройки элемента ZY

5.4. Построить модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов динамической системы, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 3.

Модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, представлена на рис. 2.43.

Модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, состоит:

- из элемента «осциллограф» «Scope 1», на входы которого подаются сигналы: UX или UXQ с выхода подсистемы управления, в зависимости от положения переключателя PX, на вход UX и X(t) с выхода X(t) подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, на вход X(t);

- из элемента «двухкоординатный осциллограф» «XY Graph», на входы которого подаются сигналы: на вход X – сигнал X(t) с выхода X(t) подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, и Y(t) с выхода Y(t) подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, на вход Y;

- из элемента «осциллограф» «Scope 2», на входы которого подаются сигналы: на вход UY – сигнал UY или UYQ с выхода подсистемы управления, в зависимости от положения переключателя PY, и Y(t) с выхода Y(t) подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, на вход Y(t).



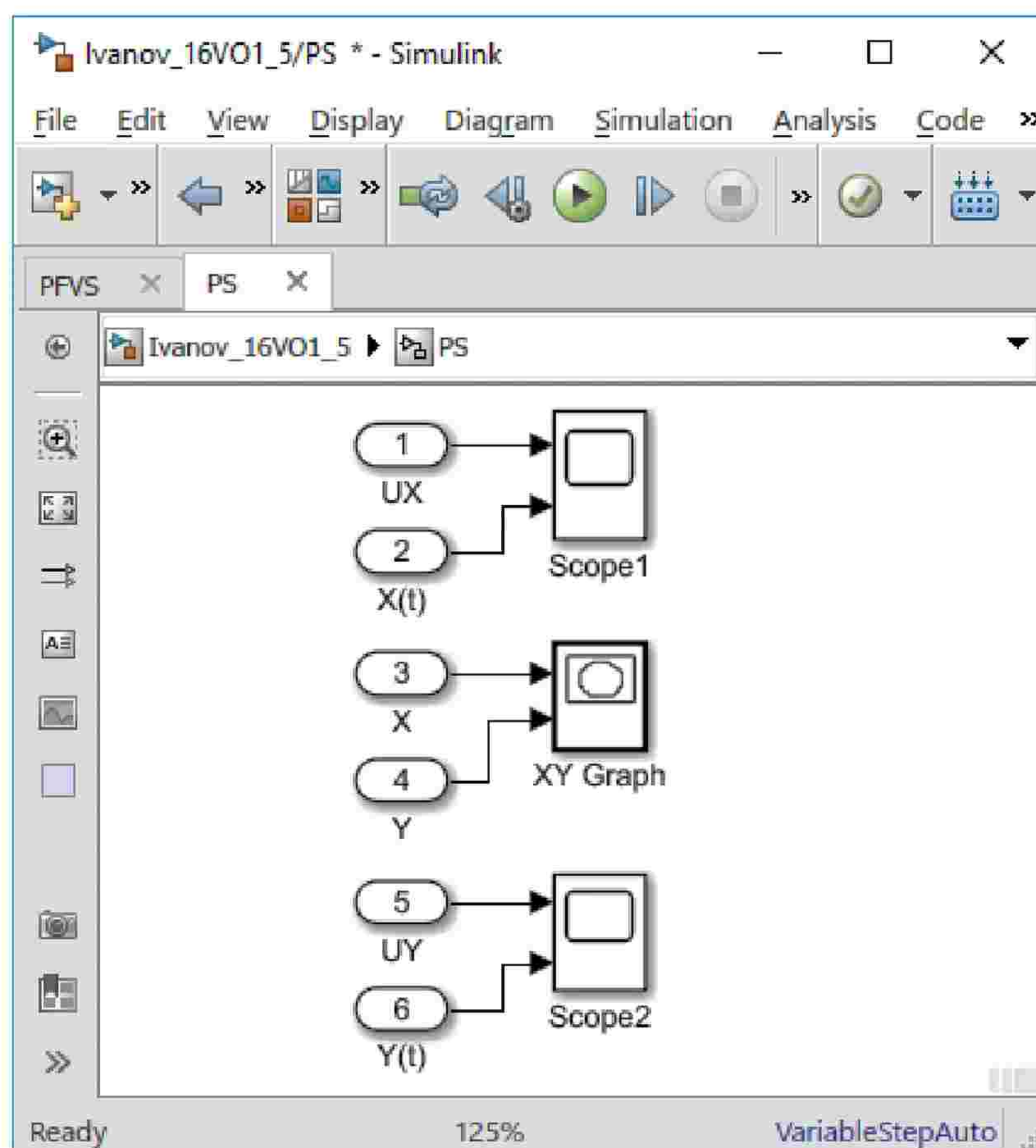


Рис. 2.43. Модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов

Далее в соответствии с рис. 2.44, 2.45 необходимо настроить параметры элемента «осциллограф» «Scope1» подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов.

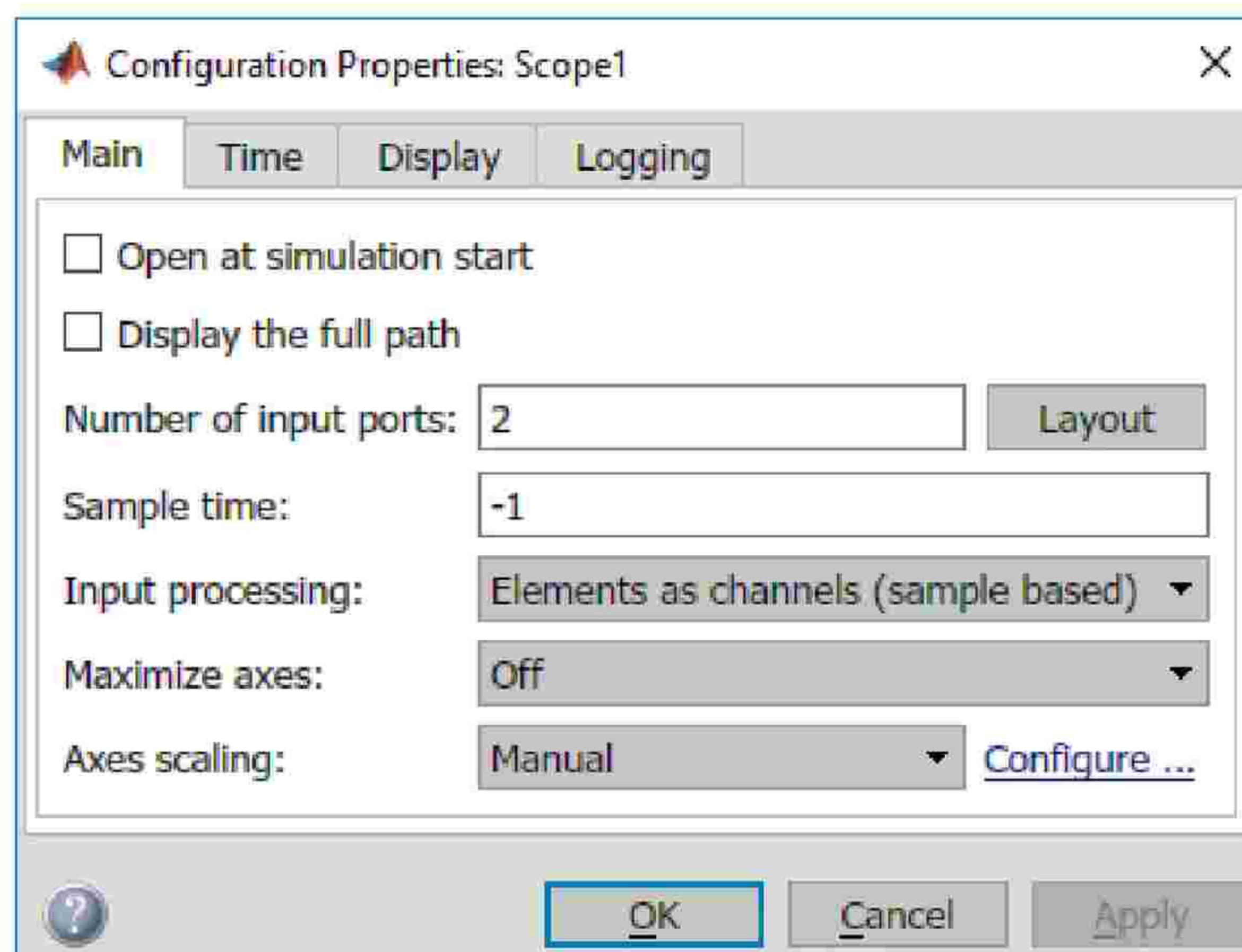


Рис. 2.44. Параметры настройки элемента Scope1 (панель «General»)



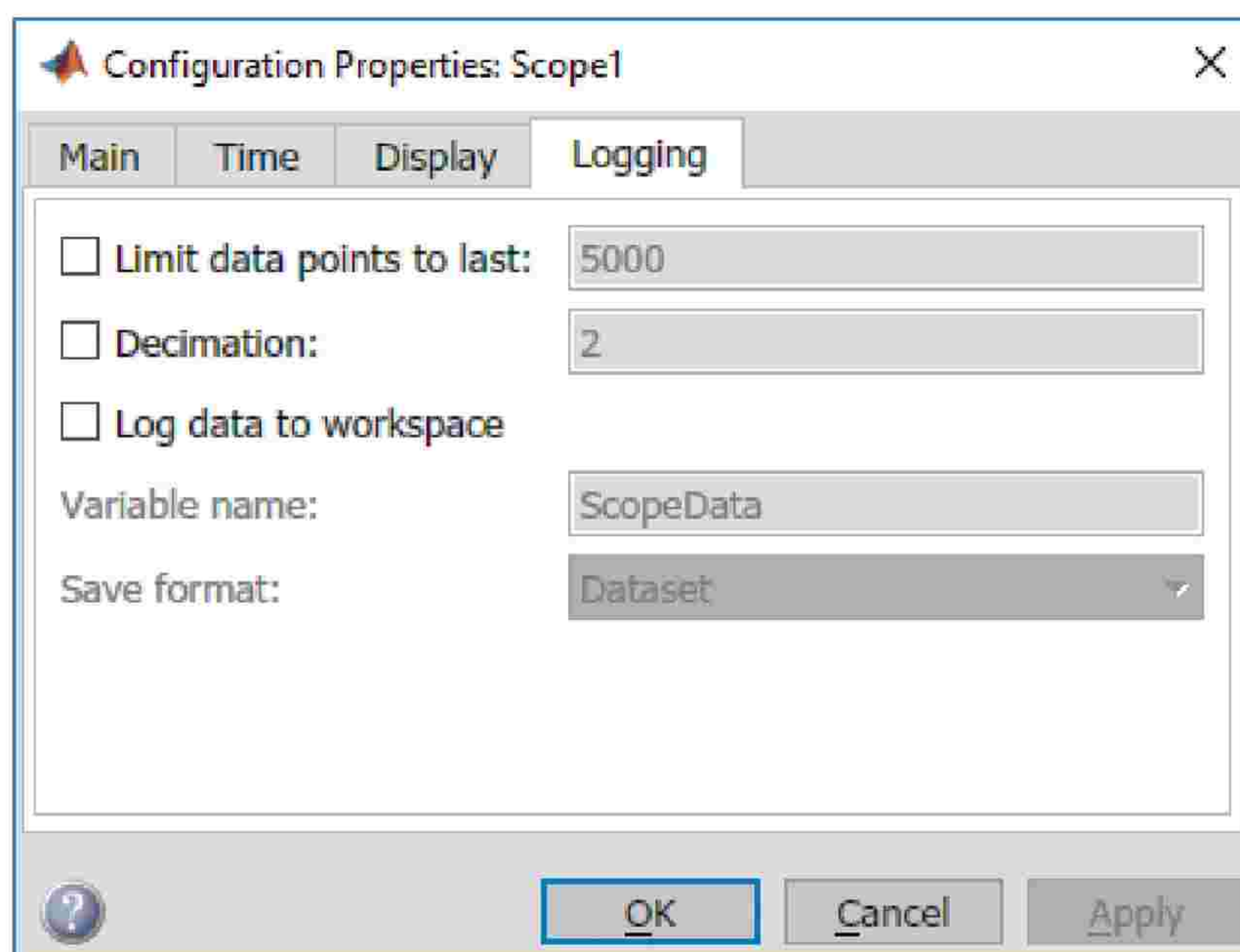


Рис. 2.45. Параметры настройки элемента «Scope1»  
(панель «Data History»)

Далее в соответствии с рис. 2.46, 2.47 необходимо настроить параметры элемента «осциллограф» «Scope2» подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов.

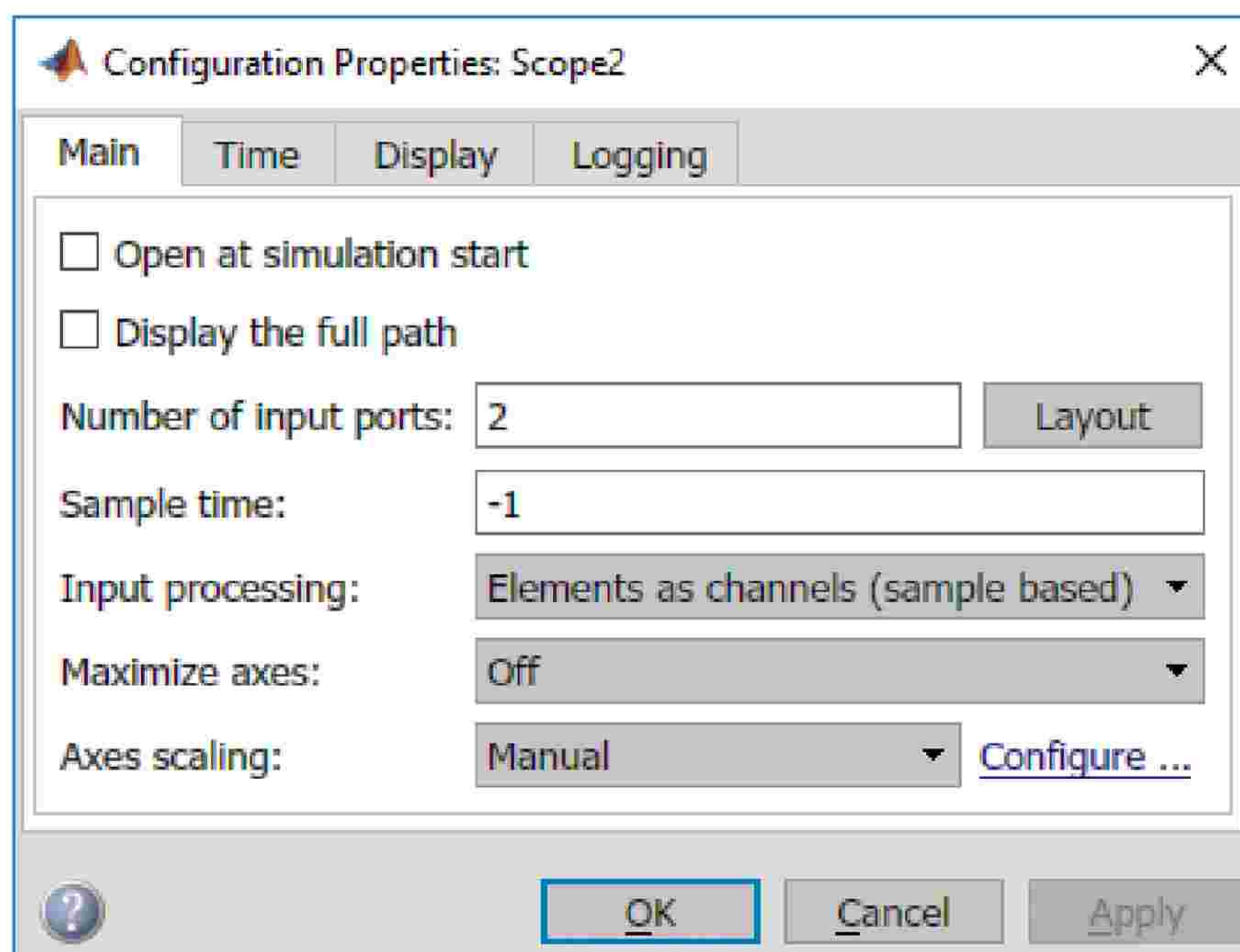


Рис. 2.46. Параметры настройки элемента «Scope2»  
(панель «Main»)



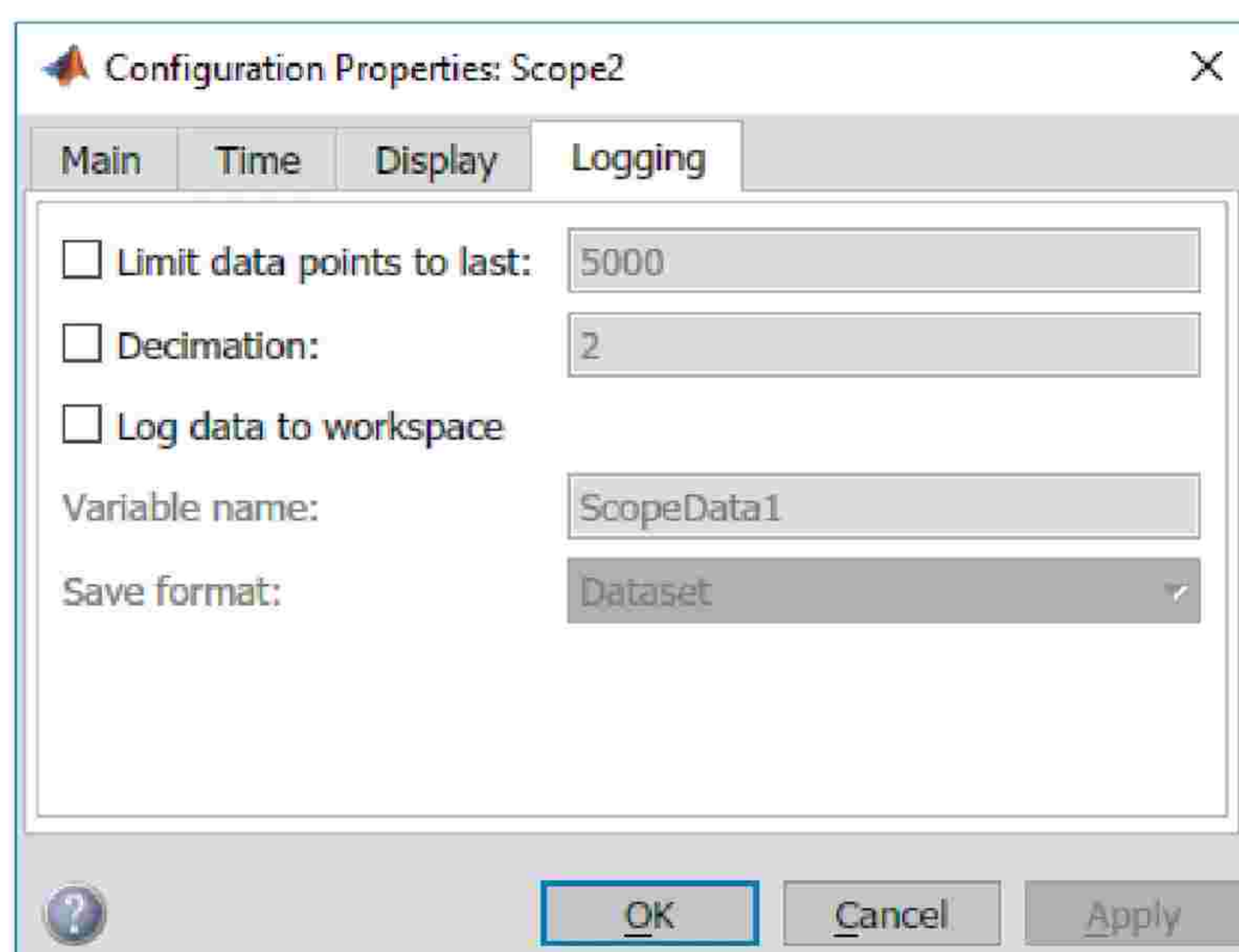


Рис. 2.47. Параметры настройки элемента «Scope2»  
(панель «Logging»)

Далее в соответствии с рис. 2.48 необходимо настроить параметры элемента «двухкоординатный осциллограф» «XY Graph» подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов.

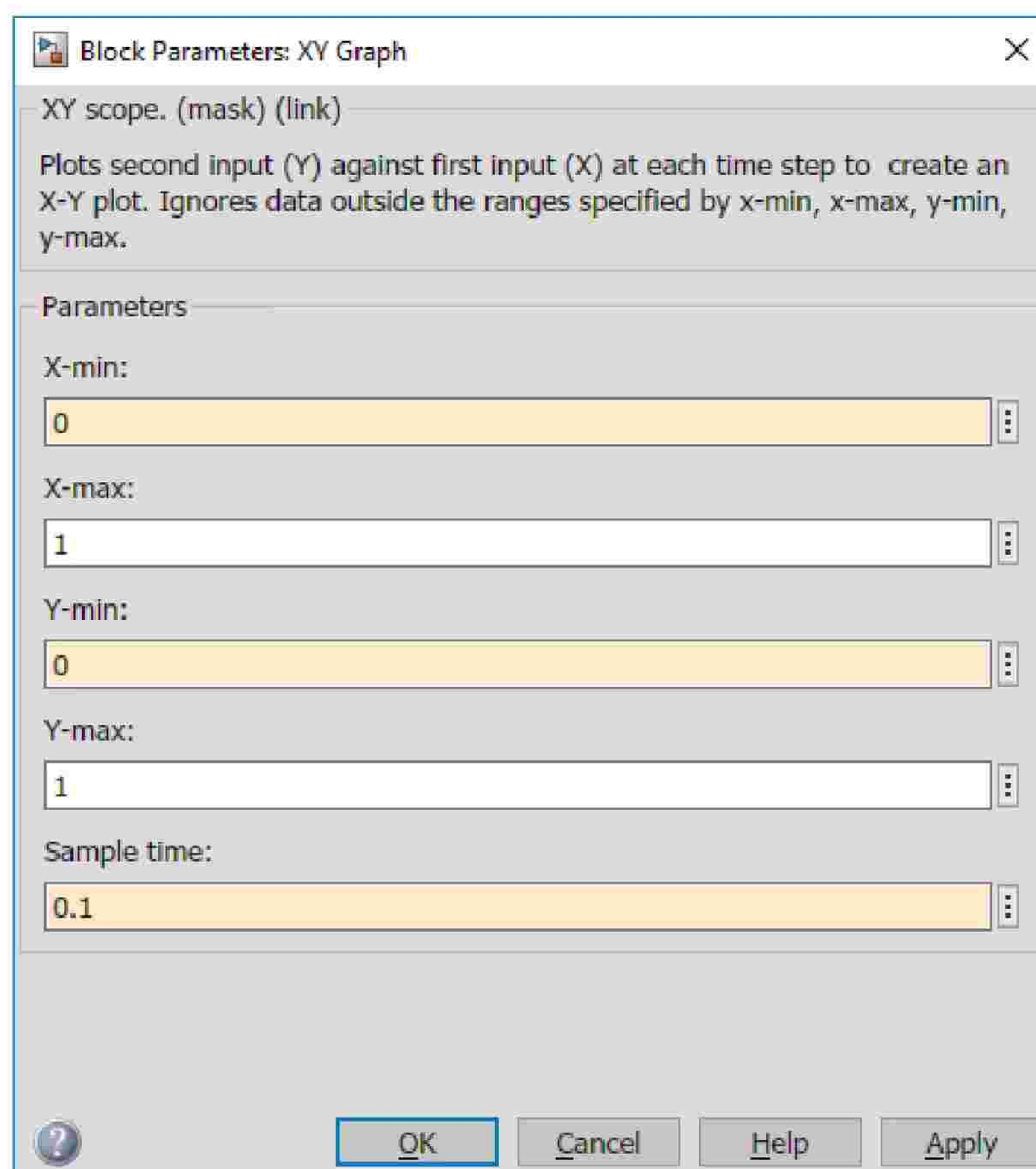


Рис. 2.48. Параметры настройки элемента «XY Graph»



## 6. Проанализировать результаты работы модели.

6.1. Получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

Запустить модель и получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink (сигналов с входов элементов «Scope1» (рис. 2.49), «Scope2» (рис. 2.50), «XY Graph» (рис. 2.51)).

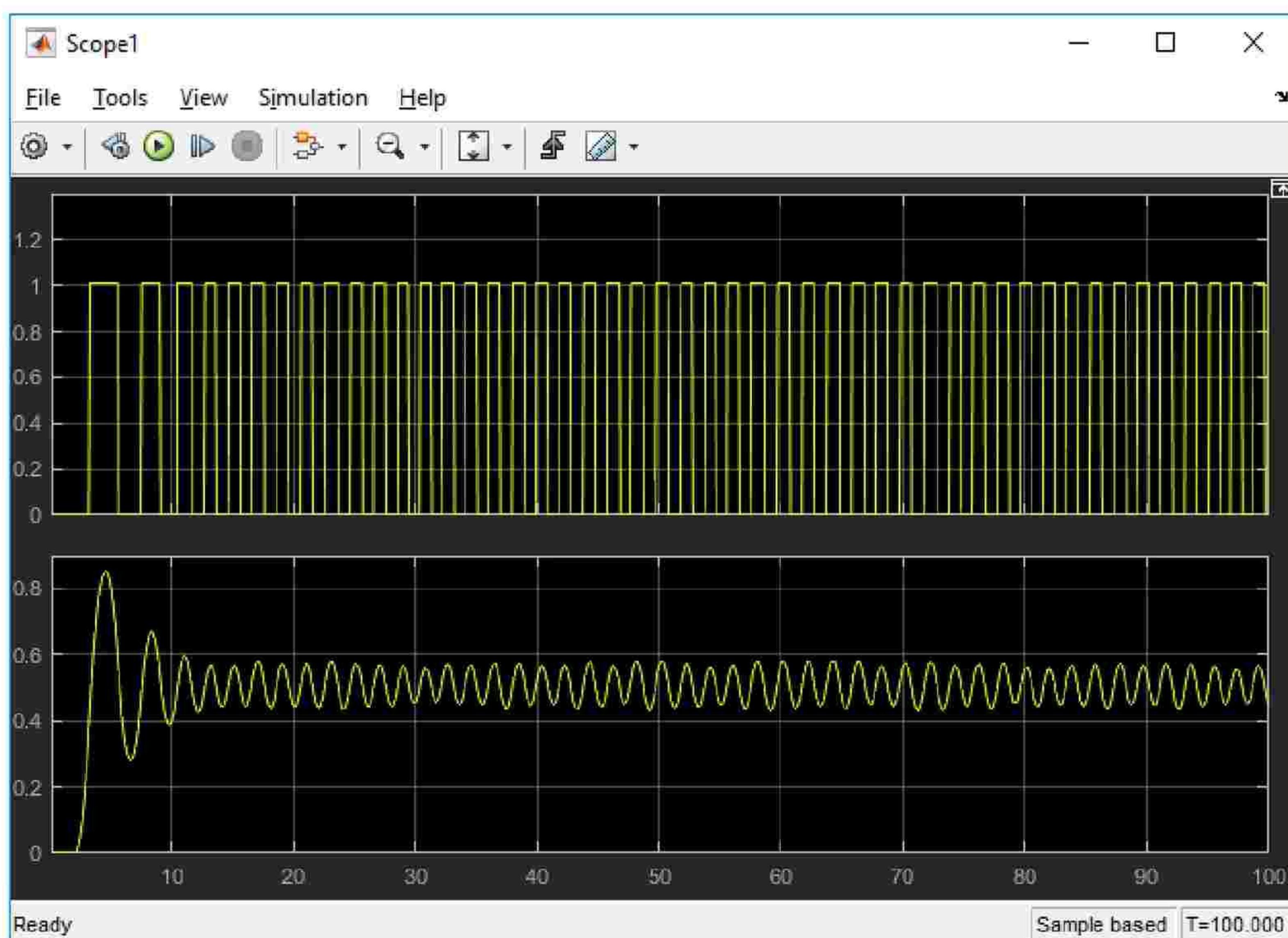


Рис. 2.49. Графики сигналов на входах элемента «Scope1»

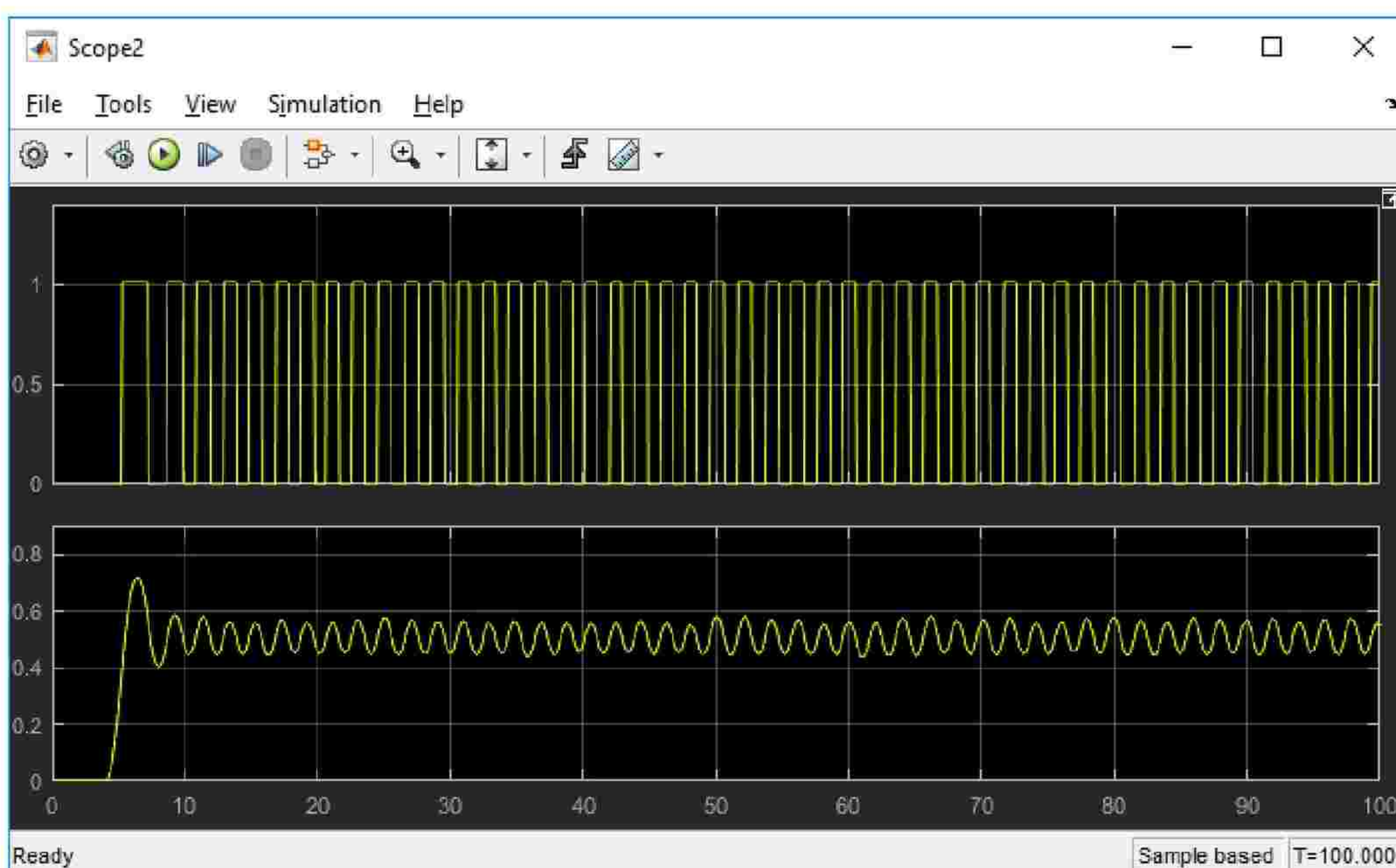


Рис. 2.50. Графики сигналов на входах элемента «Scope2»



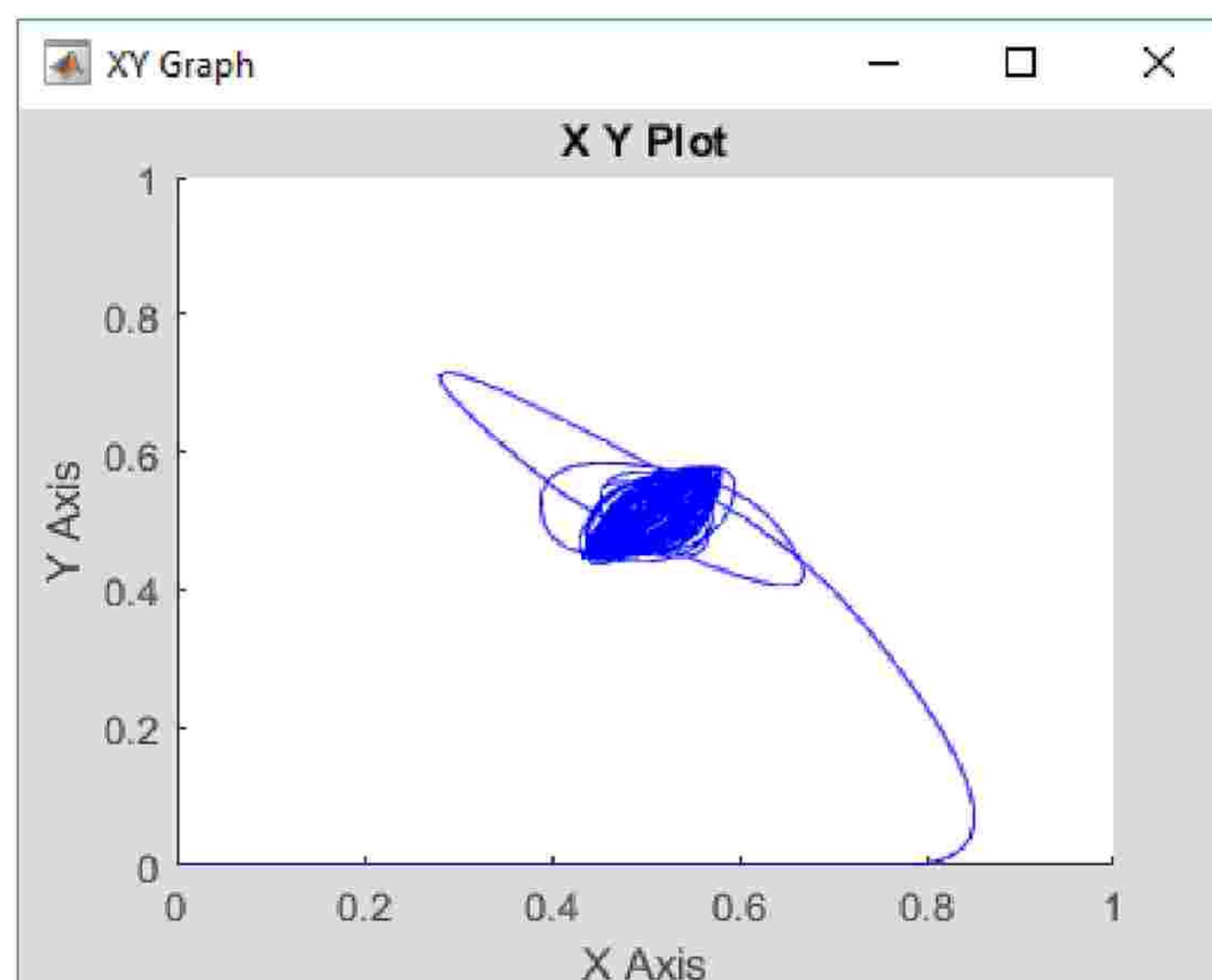


Рис. 2.51. График сигнала, полученный с помощью элемента «XY Graph»

6.2. Установить положение переключателей РХ и РУ в соответствии с рис. 2.52.

В этом положении в подсистеме управления отключен элемент «Quantizer» (квантователь).

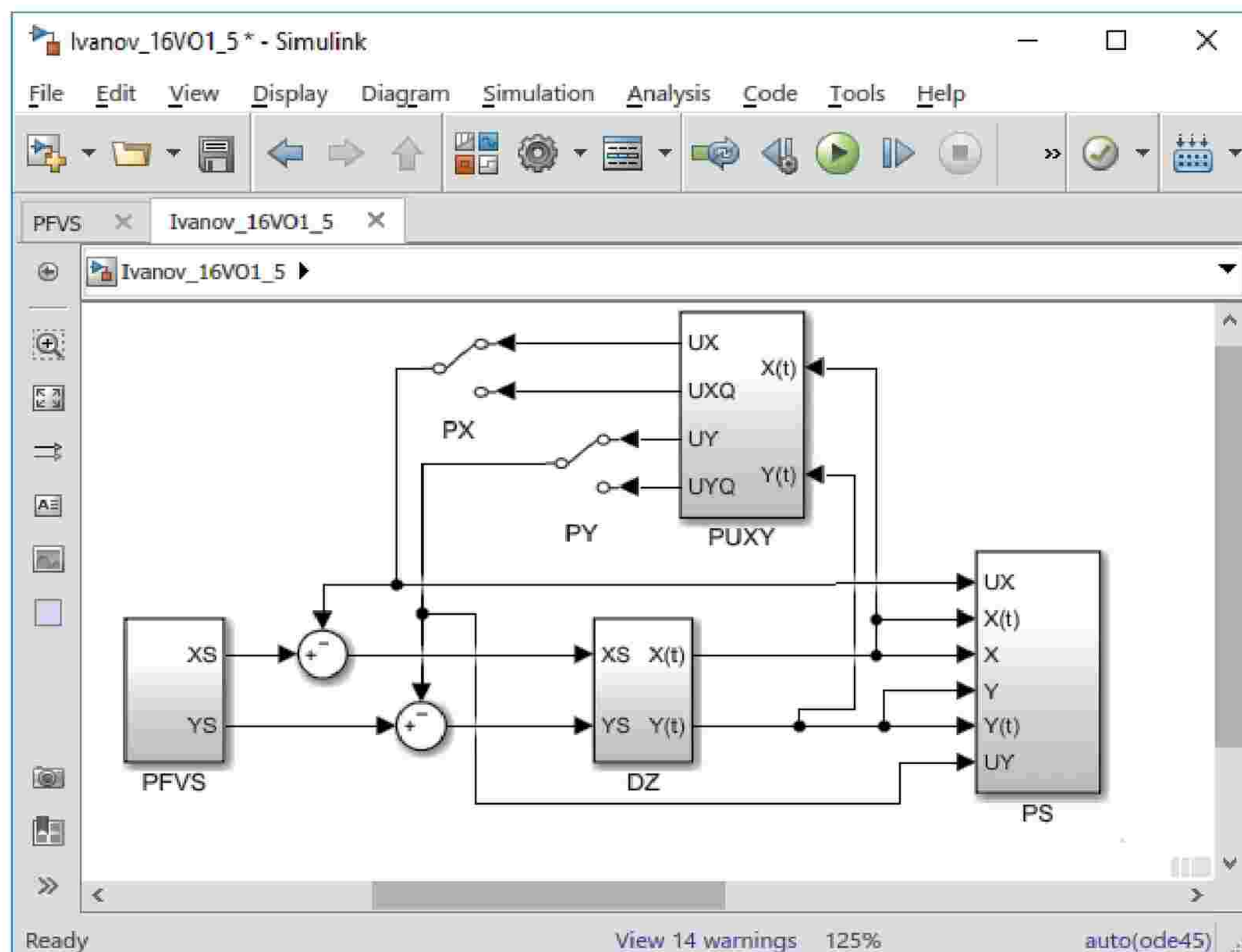


Рис. 2.52. Модель динамической системы с подсистемой управления без квантователя



6.3. Получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

Запустить модель и получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink (сигналов с входов элементов «Scope1» (рис. 2.53), «Scope2» (рис. 2.54), «XY Graph» (рис. 2.55)).

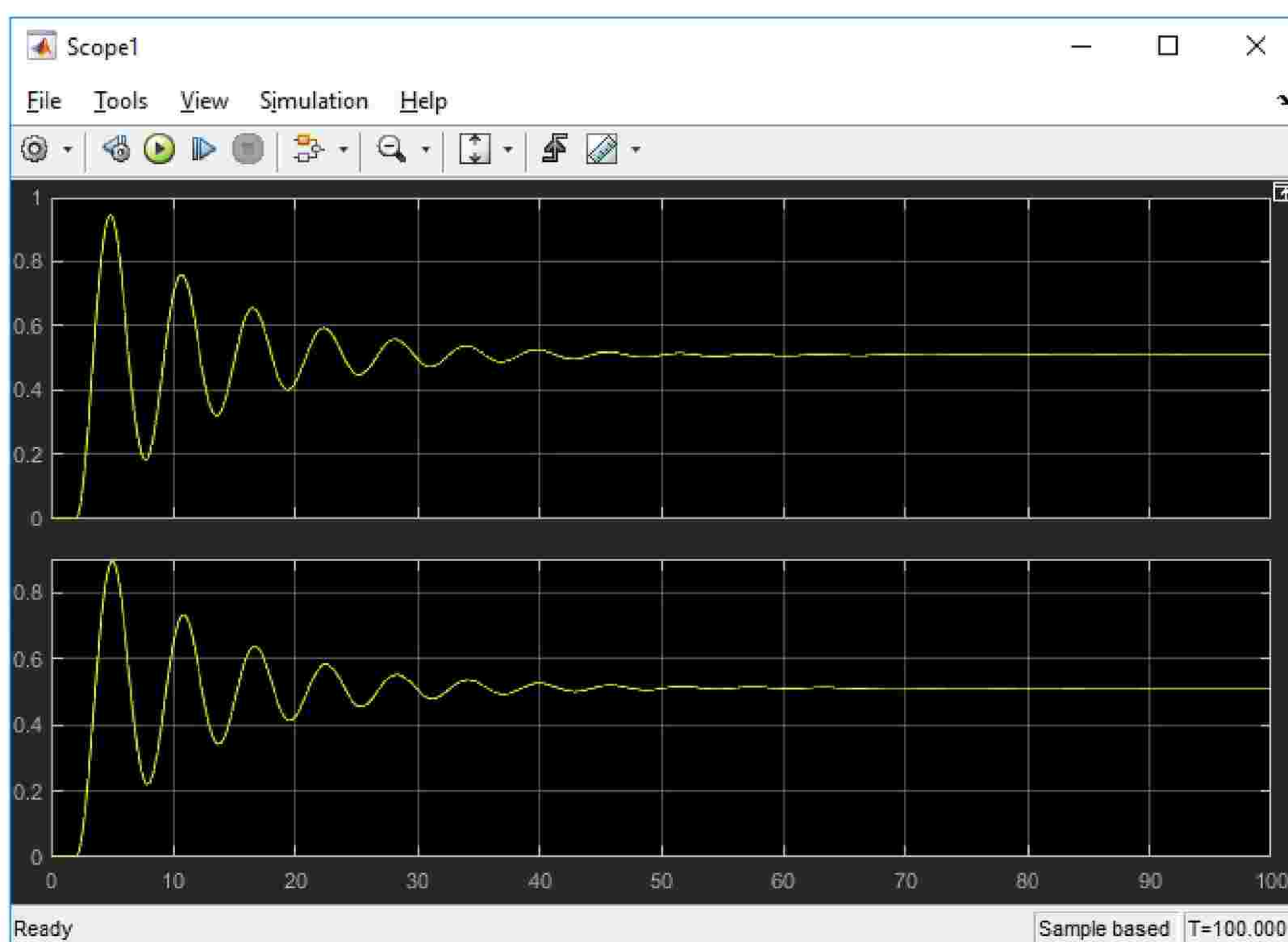


Рис. 2.53. Графики сигналов на входах элемента «Scope1»

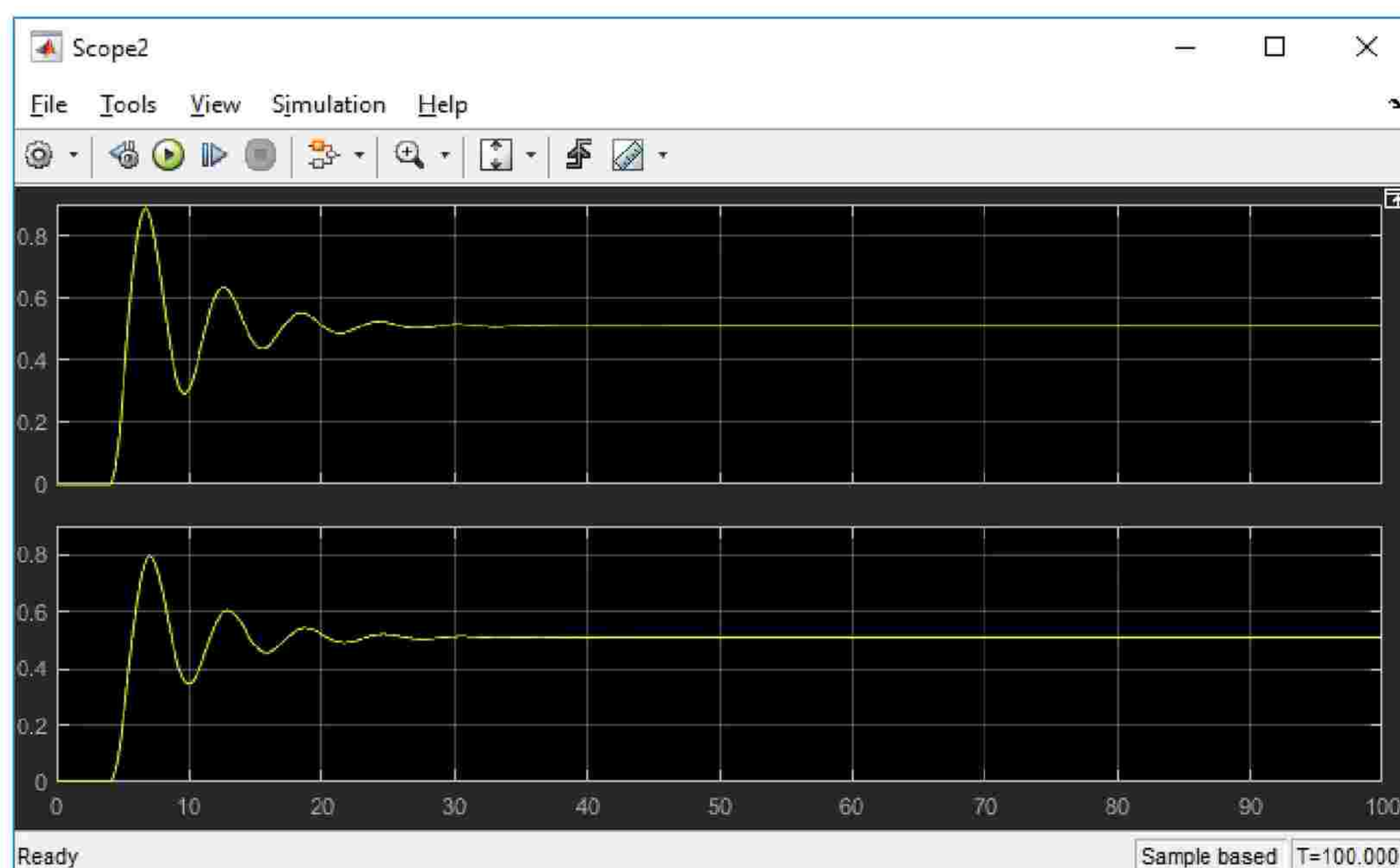


Рис. 2.54. Графики сигналов на входах элемента «Scope2»



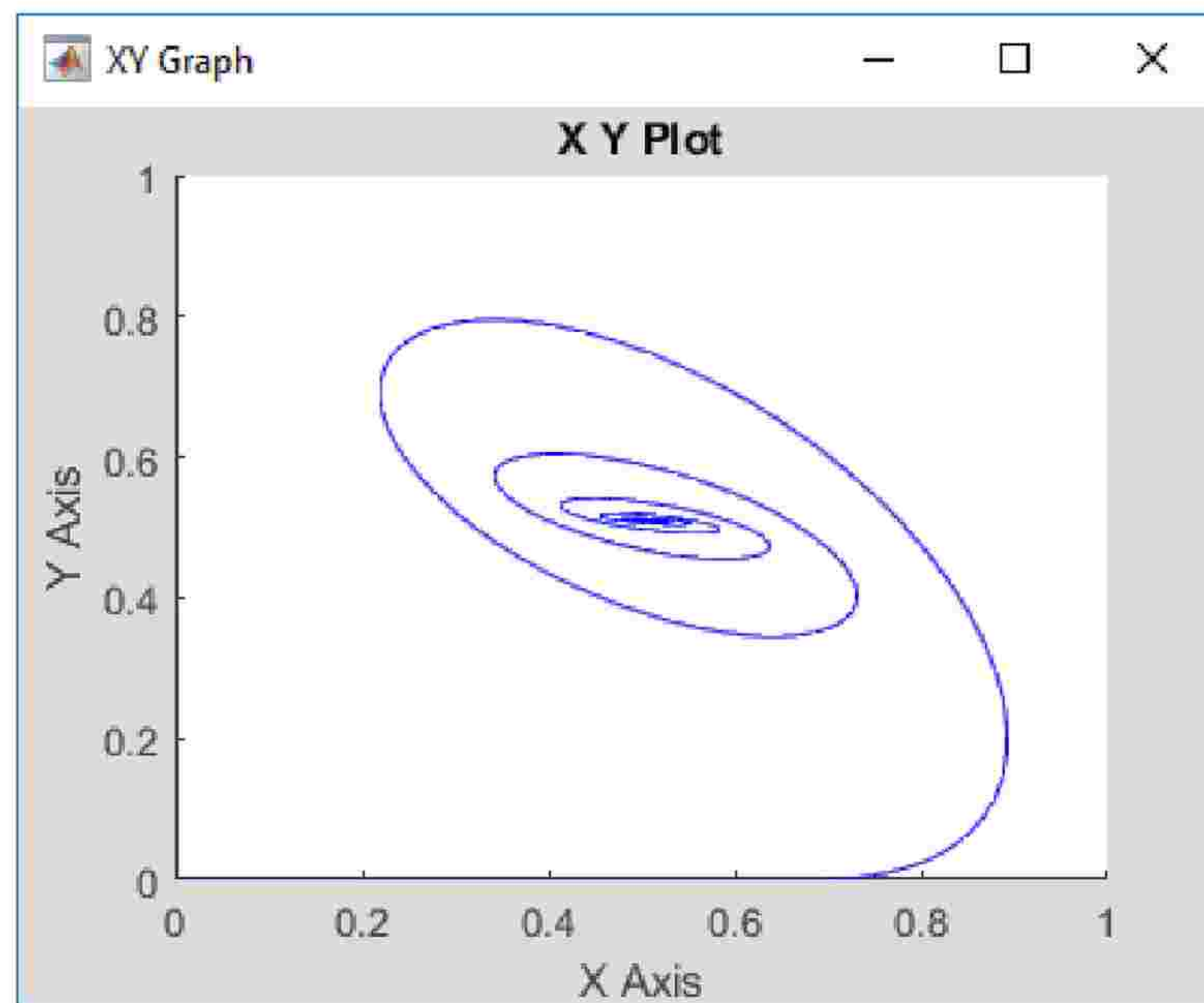


Рис. 2.55. График сигнала, полученный с помощью элемента «XY Graph»

6.4. Проанализировать результаты работы модели динамической системы (см. п. 2).

Сопоставить графики сигналов на входах элемента «Score1» на рис. 2.49 и рис. 2.53. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на характер графиков (время переходного процесса и погрешность, вносимая квантователем) (см. п. 2).

Сопоставить графики сигналов на входах элемента «Score2» на рис. 2.50 и рис. 2.54. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на характер графиков (время переходного процесса и погрешность, вносимая квантователем) (см. п. 2).

Сопоставить графики сигналов на входах элемента «XY Graph» на рис. 2.51 и рис. 2.55. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на характер графиков (форма графиков).

## **7. Оформить отчет о лабораторной работе.**

### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать **следующие разделы:**

- 1) цель работы;
- 2) создание модели в среде MATLAB-Simulink.



Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели динамической системы с подсистемой управления в соответствии с методическими указаниями с приведением экранных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);

3) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных в соответствии с методическими указаниями, отображенные в виде графиков с комментариями и числовых значений выходного сигнала;

4) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и краткий анализ результатов;

5) письменные ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 5**

1. Дайте определение теории принятия решений.
2. Основные типы задач ТПР.
3. Этапы развития ТПР.

## **2.3. Создание модели динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink**

### **Лабораторная работа № 6**

**Цель работы:** построить модель динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания.

### **Ход работы**

1. Разработать структурную схему динамической системы с подсистемой управления в соответствии с вариантом задания (табл. 2.2).

2. Построить модель динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.1. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.



## Варианты заданий

№	Параметры подсистемы формирования входных сигналов (PFVS)	Параметры подсистемы «динамическое звено» (DZ)	Параметры подсистемы управления (PUXY)	Значение шага квантования Q сигналов UX и UY
1	2	3	4	5
1	$XS(t)=0,6$ $T_x=5$ $YS(t)=0,6$ $T_y=3$	$X(t)=1,1\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,9\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) + KUX_2[X(t) - X(t-z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) + KUY_2[Y(t) - y(t-z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,21;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,41$	$Q=1,2$
2	$XS(t)=0,7$ $T_x=3$ $YS(t)=2,1$ $T_y=2$	$X(t)=1,15\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,85\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) + KUX_2[X(t) - X(t-z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) + KUY_2[Y(t) - y(t-z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,23;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,43$	$Q=1,4$
3	$XS(t)=0,65$ $T_x=1$ $YS(t)=0,65$ $T_y=2$	$X(t)=1,05\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,95\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) + KUX_2[X(t) - X(t-z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) + KUY_2[Y(t) - y(t-z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,23;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,43$	$Q=1,3$
4	$XS(t)=0,55$ $T_x=4$ $YS(t)=1,65$ $T_y=5$	$X(t)=1,05\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,95\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) + KUX_2[X(t) - X(t-z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) + KUY_2[Y(t) - y(t-z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,21;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,41$	$Q=1,1$



Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5
5	XS(t)=0,65 Tx=7 YS(t)=0,65 Ty=8	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,23; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,43	Q=1,3
6	XS(t)=0,75 Tx=5 YS(t)=0,75 Ty=8	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,23; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,43	Q=1,5
7	XS(t)=0,7 Tx=4 YS(t)=0,7 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,4
8	XS(t)=1,8 Tx=3 YS(t)=0,6 Ty=3	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,23; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,43	Q=1,2
9	XS(t)=0,55 Tx=8 YS(t)=0,55 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,1



1	2	3	4	5
10	$XS(t)=0,6$ $T_x=8$ $YS(t)=1,8$ $T_y=8$	$X(t)=1,05\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,95\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) +$ $+KUX_2[X(t) - X(t - z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) +$ $+KUY_2[Y(t) - y(t - z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,26;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,47$	$Q=1,2$
11	$XS(t)=1,65$ $T_x=5$ $YS(t)=0,55$ $T_y=5$	$X(t)=1,05\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,9\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) +$ $+KUX_2[X(t) - X(t - z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) +$ $+KUY_2[Y(t) - y(t - z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,23;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,43$	$Q=1,1$
12	$XS(t)=0,503$ $T_x=4$ $YS(t)=0,503$ $T_y=5$	$X(t)=1,05\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,95\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) +$ $+KUX_2[X(t) - X(t - z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) +$ $+KUY_2[Y(t) - y(t - z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,25;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,45$	$Q=1,06$
13	$XS(t)=0,58$ $T_x=5$ $YS(t)=0,58$ $T_y=4$	$X(t)=1,05\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,95\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) +$ $+KUX_2[X(t) - X(t - z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) +$ $+KUY_2[Y(t) - y(t - z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,2;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,4$	$Q=1,16$
14	$XS(t)=0,63$ $T_x=4$ $YS(t)=0,63$ $T_y=6$	$X(t)=1,05\text{Int}[\text{Int}(XS(t))]$ $Y(t)=0,95\text{Int}[\text{Int}(YS(t))]$	$UX=KUX_1 \cdot X(t) +$ $+KUX_2[X(t) - X(t - z)]$ $UY=KUY_1 \cdot Y(t) +$ $+KUY_2[Y(t) - y(t - z)],$ где $KUX_1=1;$ $KUX_2=0,2;$ $KUY_1=1;$ $KUY_2=0,4$	$Q=1,26$



Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5
15	XS(t)=0,75 Tx=4 YS(t)=0,75 Ty=9	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,5
16	XS(t)=0,7 Tx=4 YS(t)=2,1 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,4
17	XS(t)=0,6 Tx=3 YS(t)=1,8 Ty=3	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,23; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,43	Q=1,2
18	XS(t)=1,59 Tx=4 YS(t)=0,503 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,25; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,45	Q=1,06
19	XS(t)=1,74 Tx=5 YS(t)=0,58 Ty=4	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,16



1	2	3	4	5
20	XS(t)=1,89 Tx=4 YS(t)=0,63 Ty=6	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,26
21	XS(t)=0,75 Tx=5 YS(t)=2,25 Ty=8	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,22; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,5
22	XS(t)=0,7 Tx=4 YS(t)=2,1 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,4
23	XS(t)=1,8 Tx=3 YS(t)=1,8 Ty=3	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,42	Q=1,2
24	XS(t)=0,55 Tx=5 YS(t)=0,55 Ty=16	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,1



1	2	3	4	5
25	XS(t)=0,6 Tx=9 YS(t)=1,8 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,2
26	XS(t)=1,65 Tx=9 YS(t)=0,55 Ty=10	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,42	Q=1,1
27	XS(t)=1,59 Tx=9 YS(t)=0,503 Ty=3	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,06
28	XS(t)= 0,58 Tx=5 YS(t)= 1,74 Ty=4	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,16
29	XS(t)= 0,63 Tx=4 YS(t)= 1,89 Ty=6	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,26



1	2	3	4	5
30	XS(t)=0,75 Tx=4 YS(t)=2,25 Ty=9	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,5
31	XS(t)=2,1 Tx=4 YS(t)=2,1 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,4
32	XS(t)=1,8 Tx=3 YS(t)=1,8 Ty=3	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,2
33	XS(t)=0,55 Tx=8 YS(t)=1,65 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,1
34	XS(t)=0,6 Tx=8 YS(t)=1,8 Ty=8	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,2



1	2	3	4	5
35	XS(t)=1,65 Tx=5 YS(t)=0,55 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,1
36	XS(t)=0,503 Tx=4 YS(t)=1,59 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,25; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,45	Q=1,06
37	XS(t)=0,58 Tx=5 YS(t)=1,74 Ty=4	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,16
38	XS(t)=0,63 Tx=4 YS(t)=1,89 Ty=6	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,26
39	XS(t)=0,75 Tx=5 YS(t)=0,75 Ty=8	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2 KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,5



1	2	3	4	5
40	XS(t)=0,7 Tx=4 YS(t)=2,1 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21 KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,4
41	XS(t)=0,6 Tx=3 YS(t)=0,6 Ty=3	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2 KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,2
42	XS(t)=0,75 Tx=4 YS(t)=2,25 Ty=9	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,5
43	XS(t)=2,1 Tx=4 YS(t)=0,7 Ty=5	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,21; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,41	Q=1,4
44	XS(t)=0,6 Tx=3 YS(t)=1,8 Ty=3	X(t)=1,05Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,2



1	2	3	4	5
45	XS(t)=0,55 Tx=4 YS(t)=1,65 Ty=10	X(t)=1,15Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,95Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,1
46	XS(t)=0,6 Tx=8 YS(t)=1,8 Ty=3	X(t)=1,15Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,2
47	XS(t)=1,65 Tx=10 YS(t)=0,55 Ty=4	X(t)=1,15Int[Int(XS(t))] Y(t)=0,9Int[Int(YS(t))]	UX=KUX <sub>1</sub> ·X(t) + +KUX <sub>2</sub> [X(t) – X(t – z)] UY=KUY <sub>1</sub> ·Y(t) + +KUY <sub>2</sub> [Y(t) – y(t – z)], где KUX <sub>1</sub> =1; KUX <sub>2</sub> =0,2; KUY <sub>1</sub> =1; KUY <sub>2</sub> =0,4	Q=1,1

2.2. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена.

2.3. Построить модель подсистемы управления.

2.4. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов.

3. Проанализировать результаты работы модели.

4. Оформить отчет о лабораторной работе.

### Порядок выполнения работы

**1. Рассмотреть вариант задания (см. табл. 2.2) и разработать структурную схему динамической системы в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5 (см. рис. 2.1).**

**2. По разработанной структурной схеме динамической системы (см. п. 1) построить модель динамической системы**



**с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 2.2) и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.**

**Указание.** Модель должна храниться в файле. Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами). Файл должен находиться в папке **LR6**. Все элементы модели (в том числе и подсистемы), их входы и выходы должны иметь соответствующие обозначения (см. методические указания к лабораторной работе № 5).

2.1. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания из табл. 2.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.2. Установить параметры источников входных сигналов в соответствии с вариантом задания из табл. 2.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.3. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, в соответствии с вариантом задания из табл. 2.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.4. Выполнить настройку параметров элементов подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, в соответствии с вариантом задания из табл. 2.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.5. Построить модель подсистемы управления PUXY динамической системы в соответствии с вариантом задания из табл. 2.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.6. Построить модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.7. Выполнить настройку параметров элементов подсистемы управления PUXY динамической системы в соответствии с вариантом задания из табл. 2.2 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

2.8. Выполнить настройку параметров элементов подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, так, чтобы получить на экранах элементов подсистемы PS графики входных



и выходных сигналов, отражающие характер переходных процессов, протекающих в динамической системе (см. п. 5.2 методических указаний к лабораторной работе № 5).

### **3. Проанализировать результаты работы модели.**

3.1. Запустить модель и получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink (сигналов с входов элементов «Scope1», «Scope2», «XYGraph» (см. методические указания к лабораторной работе № 5)) в континуальном (непрерывном) и дискретном режимах работы (см. п. 2 методических указаний к лабораторной работе № 5).

3.2. Объяснить влияние работы подсистемы управления на характер переходных процессов, протекающих в динамической системе.

Для этого:

а) сопоставить графики сигналов на входах элемента «Scope1». Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на характер графиков (время переходного процесса и погрешность, вносимая квантователем) (см. п. 2 методических указаний к лабораторной работе № 5);

б) сопоставить графики сигналов на входах элемента «Scope2». Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на характер графиков (время переходного процесса и погрешность, вносимая квантователем) (см. п. 2 методических указаний к лабораторной работе № 5);

в) сопоставить графики сигналов на входах элемента «XYGraph». Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на характер графиков (форма графиков).

### **4. Оформить отчет о лабораторной работе.**

#### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

- 1) цель работы;
- 2) вариант задания;
- 3) описание структуры модели в соответствии с заданием;
- 4) создание модели динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания.

Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели в соответствии с вариантом задания



и методическими указаниями с приведением экранных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);

5) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных в соответствии с вариантом задания, отображенные в виде графиков с комментариями, а также приведен анализ полученных результатов;

6) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и краткий анализ результатов;

7) письменные ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6**

1. Назовите основные классы концептуальных задач теории принятия решений.

2. Что означают термины «однокритериальная» и «многокритериальная» задачи?

3. Перечислите виды математических моделей.

### **Варианты заданий**

Варианты заданий приведены в табл. 2.2, в которой заданы параметры для каждой подсистемы модели динамической системы (выделенным шрифтом представлены параметры, которые необходимо взять из табл. 1.1 согласно номеру своего варианта):

– подсистема формирования входных сигналов (PFVS). Формирует сигналы  $\mathbf{XS}(t)$ , начиная с времени  $T_x$ , и  $\mathbf{YS}(t)$ , начиная с времени  $T_y$  (начальное значение амплитуд сигналов  $\mathbf{XS}(0)$  и  $\mathbf{YS}(0)$  равно 0);

– подсистема «динамическое звено» (DZ). Сигналы на её выходе  $\mathbf{X}(t)$  и  $\mathbf{Y}(t)$  описываются формулами

$$\mathbf{X}(t) = K_X \cdot \text{Int}[\text{Int}(\mathbf{XS}(t))]; \mathbf{Y}(t) = K_Y \cdot \text{Int}[\text{Int}(\mathbf{YS}(t))],$$

где Int – операция интегрирования с нулевыми начальными условиями;

– подсистема управления (PUXY). Сигналы на её выходе  $\mathbf{UX}$  и  $\mathbf{UY}$  описываются формулами

$$\mathbf{UX} = K_{UX_1} \cdot \mathbf{X}(t) + K_{UX_2} \cdot [\mathbf{X}(t) - \mathbf{X}(t - z)];$$

$$\mathbf{UY} = K_{UY_1} \cdot \mathbf{Y}(t) + K_{UY_2} \cdot [\mathbf{Y}(t) - \mathbf{Y}(t - z)],$$

где  $K_{UX_1}$ ,  $K_{UX_2}$ ,  $K_{UY_1}$ ,  $K_{UY_2}$  – начальные значения масштабных коэффициентов элементов подсистемы управления (умножители).



Значения масштабных коэффициентов элементов подсистемы управления (умножители)  $KUX_2$  и  $KUY_2$  уточняются на этапе настройки системы;  $z$  – задержка сигналов (принять  $z = 1$ ).

Для варианта дискретного управления задать шаг квантования  $Q$  (элемент «квантователь» подсистемы управления) сигналов  $UX$  и  $UY$ .



## **3. ТЕОРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

### **3.1. Основы теории эффективности функционирования информационных систем**

Эффективность информационных систем подразделяется на техническую эффективность информационных систем и экономическую эффективность информационных систем [11].

Под технической эффективностью в большинстве случаев понимается степень приспособленности информационных систем к выполнению поставленных задач (функций).

Измерение эффективности осуществляется с помощью критериев, или показателей эффективности. Выбор конкретных критериев эффективности зависит от назначения системы и требований, предъявляемых к ней. Известны общие рекомендации, которые целесообразно учитывать при выборе критериев эффективности [12]:

- критерий эффективности должен отражать основное назначение системы;
- критерий должен быть критичен по отношению к параметрам системы, позволяющим его варьировать;
- критерий должен обладать определенной конструктивностью, позволяющей относительно просто определять его численное значение для системы;
- критерий должен быть достаточно универсальным, позволять сравнивать эффективность систем одного назначения и выбирать наилучший вариант.

Выбор критерия для системы всегда связан с некоторым (большим или малым) риском. При этом необходимо всесторонне взвешивать назначение системы, ее взаимосвязь с другими частями, если система не автономна, последствия того или иного выбора критерия.

Таким образом, критерий эффективности – количественный показатель, который устанавливает степень достижения цели для каждого из вариантов принятия решения. Цель задается вне системы, обычно системой более верхнего уровня по отношению к рассматриваемой системе. В качестве показателей могут использоваться экономические (доход, прибыль, капитализация, ликвидность, мультипликатор капитала), технические (надежность, быстродействие, помехозащищенность, безопасность), социальные (уровень дохода персонала, степень воздействия на окружающую



среду). Выбор формы критерия зависит от типа задачи принятия решения, т.е. от степени детерминированности параметров, характеризующих моделируемую деятельность.

Если формализовать требования к критерию эффективности системы, то в общем виде критерием эффективности ИИС является функционал вида[11]:

$$W = F(\mathbf{X}, \mathbf{Y}), \quad (3.1)$$

где  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  – вектор, характеризующий параметры системы, которыми можно управлять и, таким образом, изменять численное значение критерия;  $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$  – вектор параметров системы, не поддающихся управлению, но влияющих на значение критерия эффективности.

Значение  $W$  определяется алгоритмическими, структурными, схемными и конструктивными решениями системы, а также условиями применения.

Число параметров, влияющих на критерий эффективности, может быть очень велико. Но для конкретного варианта системы лишь некоторые из них в значительной мере изменяют критерий, а большая часть влияет относительно слабо или почти не влияет. Для упрощения исследования необходимо выбирать минимальное число параметров, т.е. ограничиться только существенными. Для анализа влияния параметра на критерий могут использоваться методы корреляционного и регрессионного анализа.

Таким образом, моделируемая система характеризуется следующими параметрами: *управляемые и неуправляемые параметры* [11].

Если критерием является точность информационных систем, то управляемыми переменными (параметрами) могут быть коэффициенты передачи отдельных частей системы, число уровней квантования, полоса пропускания, коэффициенты обратной связи, постоянные времени и т.д. Неуправляемыми параметрами, влияющими на точность системы, являются окружающие условия (температура, влажность и т.д.), уровень помех, радиации и др.

Конкретное выделение параметров, в особенности управляемых, зависит от степени детализации модели системы.

Большинство из управляемых параметров может быть изменено только в определенных пределах, т. е. существует ограничение вида  $X \in M$ , где  $M$  – допустимая область изменения параметров.

Неуправляемые параметры полезно разделить на три группы:  
– фиксированные, значения которых известны, но изменяться они не могут;



– случайные параметры, законы распределения которых известны;

– неопределенные случайные параметры, для которых известны только области изменения, но неизвестны законы распределения вероятностей.

Фиксированные факторы для конкретной системы можно не учитывать. Если согласно проведенному выше разделению обозначить через  $Y^I$  вектор случайных управляемых параметров, законы распределения которых известны, а через  $Y^{II}$  – вектор неопределенных случайных параметров, то выражение (3.1) можно переписать в виде

$$W = F(X, Y^I, Y^{II}). \quad (3.2)$$

Выражения (3.1), (3.2) могут использоваться для оценки эффективности проектируемых и функционирующих систем. При оптимальном проектировании задачей математического синтеза системы является отыскание экстремума функционала критерия при заданных ограничениях на управляемые параметры и учете всей доступной информации о неопределенных параметрах.

Ввиду многообразия аспектов рассмотрения критериев технической эффективности ИИС необходимо провести их классификацию.

Обобщенным критерием эффективности называется критерий, измеряющий общую эффективность системы в целом [12].

Частный критерий эффективности характеризует отдельную сторону системы. Он совпадает с той или иной характеристикой системы – характеристикой точности, быстродействия, надежности и т.д. Система, оптимальная по одному из частных критериев, может оказаться далеко не оптимальной по другим критериям. При проектировании систем естественно стремиться не к экстремальному значению какой-либо частной характеристики, а к общей оптимальности системы, т.е. к экстремуму обобщенного критерия.

Обобщенный критерий, очевидно, является функцией частных критериев

$$W = F(W_1, W_2, \dots, W_m). \quad (3.3)$$

Кроме того, обобщенный критерий в некоторых задачах можно представить как функционал от соответствующих управляемых и управляемых параметров системы.

Как обобщенные, так и частные критерии могут быть качественными и количественными.



Качественный критерий характеризует, достигнута или не достигнута цель (эффект), поставленная перед системой. Этот критерий эффективности можно трактовать как принимающий только два значения: 1, если цель достигнута, и 0 в противном случае (например, получена ли при измерении (контроле) заданная достоверность (1) или не получена (0)). Аналогичный смысл можно придать обеспечению работоспособности системы. Для качественного критерия должна быть установлена связь с параметрами системы, определенные значения или интервал изменения которых позволили бы получить численное значение критерия (1 или 0).

Количественный критерий есть некоторая величина, характеризующая выполнение системой ее функций. Этот критерий принимает непрерывный или дискретный ряд значений. Примерами количественных критериев являются максимальная или среднеквадратичная ошибка, быстродействие, достоверность контроля, вероятность выполнения задачи в определенные интервалы времени и др.

Помимо такого разделения критериев, существует условный критерий. Условным критерием эффективности называют критерий, вычисляемый в предположении, что какие-либо события или случайные величины, влияющие на критерий эффективности, произошли или приняли определенные значения. Условные критерии чаще всего используются в задачах исследования надежности сложных технических систем. Безусловный критерий определяется как математическое ожидание условного.

До сих пор рассматривались критерии эффективности, характеризующие систему в целом. Для системы, состоящей из  $l$  подсистем (частей), общий (суммарный) критерий может определяться через критерии отдельных подсистем  $W^{(i)}$  как

$$W = \psi (W^{(1)}, W^{(2)}, \dots, W^{(l)}), \quad (3.4)$$

где

$$W^{(i)} = F_i (X^{(i)}, Y^{(i)}) \quad (i = 1, 2, \dots, l),$$

причем  $X^{(i)}$  – вектор управляемых параметров  $i$ -й подсистемы;  $Y^{(i)}$  – вектор неуправляемых параметров  $i$ -й подсистемы.

В качестве подсистем конкретной информационной системы можно рассматривать части ее, выполняющие какую-либо одну функцию. Так, например, в системах автоматического контроля можно выделить подсистемы, выполняющие функцию контроля, периодического измерения, измерения по вызову. Эффективность



выполнения системой отдельных функций, естественно, анализируется более просто, чем эффективность всей системы.

Как указывалось выше, критерий эффективности системы в общем случае зависит не только от управляемых параметров и неуправляемых параметров с известными законами распределения, но и от неопределенных неуправляемых параметров (факторов). По этой причине в ряде случаев нельзя найти даже статистические характеристики критерия, и возникает статистическая неопределенность в нахождении его числовых значений.

Задачи вычисления критериев рассматриваются в детерминированной либо в статистической постановке, а неопределенные факторы игнорируются. В детерминированной постановке каждому варианту системы с выбранной структурой и параметрами ставится в соответствие единственное значение критерия. В статистической постановке выбранному варианту соответствует значение критерия с определенной вероятностью; в этом случае говорят также о риске, возникающем из-за статистического характера неуправляемых параметров. В обеих этих постановках неопределенные факторы не учитываются, а критерий эффективности принимает более простой вид:

$$W = F(X, Y^I). \quad (3.5)$$

Цена этого упрощения – неточное вычисление истинного значения критерия. В правильно построенной модели должны учитываться все существующие неопределенные факторы (параметры).

Неопределенные факторы можно разделить на две подгруппы:

а) неопределенные факторы, появляющиеся из-за недостаточной изученности каких-либо процессов и величин, в теории исследования операций такие неопределенности называют природными;

б) неопределенности, заключающиеся в неточном знании некоторых параметров критерия эффективности; эти неопределенности тоже можно относить к природным, хотя это и условно.

Примером неопределенностей первой подгруппы являются неопределенности в законах распределения вероятностей помех, параметров вибраций, радиационных воздействий и других внешних факторов. Примером неопределенности второй подгруппы является неопределенность в разделении общей погрешности сложной измерительной системы на систематическую и случайную составляющие.



Неопределенности зависят от степени информированности проектировщика системы о неуправляемых параметрах, влияющих на эффективность системы. Увеличение информированности, например, проведением специальных исследований или уточнением требований заказчика может уменьшить влияние неуправляемых факторов на эффективность.

Основой для выбора варианта системы в условиях неопределенности является принцип гарантированного результата [7]. Суть этого принципа заключается в том, что при данном критерии эффективности и данном уровне информированности о неопределенных факторах оценка эффективности вариантов системы должна осуществляться на основе получения гарантированного (максимально гарантированного) значения критерия эффективности.

В математической форме гарантированной оценкой эффективности является

$$W = \inf W(X, Y^I, Y^{II}), \quad (3.6)$$

$$Y^{II} \in N,$$

где  $N$  – область изменения неопределенных неуправляемых параметров (неконтролируемых факторов).

Таким образом, при оценке эффективности системы в соответствии с принципом гарантированного результата значение рассматриваемого критерия будет обеспечено при любых значениях неуправляемых параметров, влияющих на эффективность. Примером использования принципа гарантированного результата в области измерительной техники является нормирование погрешностей измерительных средств по классам точности.

Подход на основе гарантированного результата является обоснованным, если правильно учитывается вся доступная информация о неопределенных факторах. Само понятие гарантированного результата зависит от принятого критерия. Так, если критерием является не максимальная погрешность, а среднеквадратичное отклонение, то гарантированной оценкой общей погрешности  $\sigma_x$  является

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_i \sigma_{x_i}^2 + 2 \sum_{i < j} \sigma_{x_i} R_{x_i, x_j}}, \quad (3.7)$$

где  $\sigma_{x_i}$  – среднеквадратичные отклонения (или их статистические оценки) отдельных слагаемых.



В соответствии с принципом гарантированного результата предполагается максимальная корреляция слагаемых, поэтому берется  $R_{x_i, x_i} = 1$ .

Что дает увеличение информированности о неуправляемых параметрах, например, знание не только области их изменения, но и статистических законов распределения? Превращение неопределенного случайного фактора  $Y^{\text{II}}$  в статистически определенный  $Y^{\text{I}}$  может дать следующее преимущество. Множество  $N$  – область изменения параметра – при этом может быть заменено на меньшее множество  $N'$  так, что для вероятности обеспечивается неравенство

$$p[Y^{\text{I}} \in N] \geq 1 - \alpha,$$

где  $\alpha$  – достаточно малая величина, значение которой выбирается в зависимости от конкретной ситуации. Для сравнительно равномерных законов распределения такая замена не дает особенного выигрыша, так как вероятности любых  $Y^{\text{I}} \in N$  примерно одинаковы.

Но для распределений с ярко выраженной неравномерностью, например, для нормального, может быть получен существенный выигрыш в уменьшении степени влияния неуправляемых случайных факторов на эффективность.

Рассмотрим некоторые положения, связанные с применением критериев эффективности в информационных системах:

1. Если получена математическая модель системы, то она может быть использована для оптимизации системы, т.е. для точного или приближенного нахождения в допустимой области значений управляемых параметров, обращающих в максимум или минимум (смотря по постановке задачи) критерий качества системы. При этом, когда неопределенные факторы учитываются, оптимальный гарантированный вариант системы есть такой вектор параметров  $X_0$ , для которого достигается экстремум (максимум или минимум) критерия:

$$\inf_{Y \in N} F(X_0, Y) = \max_{X \in N} \inf_{Y \in N} F(X, Y), \quad (3.8)$$

где через  $Y$  обозначены все неуправляемые параметры.

2. Если неопределенные факторы не имеют существенного значения, то формальным подходом к выбору оптимального варианта являются классические методы решения экстремальных задач (дифференциальное и вариационное исчисление), а для более



сложных моделей – методы математического программирования (линейного, нелинейного, дискретного, динамического, стохастического и др.).

3. В современной практике разработки информационных систем наиболее часто оптимизируют какой-либо один из частных критериев (например, точность или быстродействие в случае информационно-измерительной системы), ограничивая уровни остальных частных критериев допустимыми значениями.

Полученное в результате оптимизации решение улучшает качество системы только тогда, когда, используемая модель достаточно адекватна системе. Поэтому необходима проверка решения с целью определения его соответствия реальной действительности. В этой связи следует еще раз подчеркнуть значение информированности при выборе критерия и построения модели системы. При более широком подходе к оценке роли системы ее оптимальный вариант, найденный при ограниченной исходной информации, может оказаться в той или иной мере не лучшим.

Экономической эффективностью технических средств называют степень соответствия их условию, заключающемуся в том, что эффект от использования средств должен окупить затраты на их разработку, производство и эксплуатацию за заданное время. Этому определению экономической эффективности должны удовлетворять и информационные системы [11].

По принятой классификации измерительные и контрольные устройства относятся к основным производственным фондам предприятий.

Экономическая эффективность информационных систем должна ориентировочно определяться на стадии проектирования с целью экономической оценки вариантов исполнения системы и в дальнейшем после внедрения должна быть проверена и уточнена.

К основным источникам экономии от внедрения информационных систем можно отнести:

- увеличение объема продукции в натуральном и денежном выражении (например, увеличение выхода годных изделий);
- уменьшение эксплуатационных расходов (сокращение обслуживающего персонала);
- улучшение качества работы агрегатов, механизмов, устройств (например, благодаря диагностике их состояния);
- снижение трудовых затрат по эксплуатационному обслуживанию на единицу продукции (или единицу производственной мощности).



Необходимо отметить, что при современном уровне технического прогресса разработка и внедрение новых информационных систем позволяют решить качественно новые технические и научные задачи. При этом определение экономии от внедрения систем может составлять задачу большой сложности.

В некоторых случаях влияние новых прогрессивных информационных систем не отражается прямо на экономии в натуральном и денежном выражении, однако их внедрение приводит к важным социально-экономическим последствиям: устранению вредного и тяжелого труда, повышению безопасности работы, улучшению санитарно-гигиенических условий труда и др.

Основными критериями (показателями) экономической эффективности информационных систем являются следующие:

- капитальные вложения, необходимые для осуществления мероприятий по внедрению новых информационных систем;
- сроки окупаемости капитальных вложений;
- производительность труда (в расчете на одного работающего);
- себестоимость продукции объекта, на котором используется новая информационная система;
- сумма годового экономического эффекта.

Важнейшими из них являются приведенные затраты и срок окупаемости. Эти показатели рассмотрим подробнее.

*Приведенные затраты.* Полные приведенные затраты представляют денежные затраты на проектирование, производство и эксплуатацию данного варианта системы в течение определенного промежутка времени, чаще всего года. Они определяются по формуле [10]:

$$П_з = C_в + E_н K_в, \quad (3.9)$$

где  $K_в$  – капитальные вложения по данному варианту;  $C_в$  – эксплуатационные расходы в течение выбранного промежутка времени;  $E_н$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Установлен единый нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений для всех отраслей  $E_н = 0,12$ .

Для сравнения различных вариантов информационных систем приведенные затраты определяются при сопоставлении исходных данных для одного и того же числа измеряемых (контролируемых) величин, точности измерения, быстродействия, показателей надежности и др. Лучшим является вариант с наименьшей суммой приведенных затрат.



Капитальные вложения состояются из стоимости проектирования, стоимости вспомогательного оборудования, оптовой цены системы и стоимости строительных сооружений.

Эксплуатационные расходы по данному варианту есть сумма заработной платы обслуживающего персонала, стоимости потребляемой электроэнергии, стоимости запасных деталей, узлов и материалов, стоимости амортизации аппаратуры и здания, накладных расходов на ремонт. Все эти составляющие должны быть отнесены к одной и той же единице времени.

Срок окупаемости. Оценка срока окупаемости необходима при решении вопроса о целесообразности разработки и внедрения конкретного варианта системы.

Нормативный срок окупаемости капитальных вложений является величиной, обратной  $E_n$ :  $T_n = 1/E_n$ . Срок окупаемости системы определяется как период времени, в течение которого экономический эффект от эксплуатации системы достигает капитальных вложений на нее. Он не должен превышать нормативного срока окупаемости.

Если при внедрении информационных систем в промышленность снижается себестоимость продукции, то срок окупаемости рассчитывается по формуле

$$T_{ok} = \frac{K_2 - K_1}{S_2 - S_1}, \quad (3.10)$$

где  $K_1, K_2$  – капитальные вложения до и после внедрения системы, руб.;  $S_1, S_2$  – себестоимость готовой продукции до и после внедрения информационных систем, руб./г.

Внедрение информационных систем зачастую способствует повышению качества управления технологическим процессом или объектом, как автоматического, так и ручного, благодаря увеличению достоверности измерения и контроля, ускорению переработки информации о ходе производственных процессов. Однако пока эффект от этого повышения качества не рассчитывается ввиду отсутствия соответствующих методик.

При разработке систем важно не только обеспечить требуемые технические характеристики, но и знать затраты на их получение. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется проблеме общей эффективности, объединяющей техническую и экономическую эффективность систем. Основное внимание при этом уделяется поиску обобщенного критерия эффективности, который бы позволил связать характеристики систем с затратами



на их получение и, таким образом, однозначно охарактеризовать общую эффективность.

Необходимо отметить здесь и связь этой проблемы с проблемой качества системы. Под качеством системы (изделия) обычно понимают совокупность функциональных, технических и экономических характеристик, определяющих степень ее пригодности для использования по заданному назначению. Обобщенный критерий эффективности мог бы служить и единым показателем качества системы.

В качестве обобщенного критерия эффективности информационных систем предлагается следующий показатель [10]:

$$\eta = \frac{V - S}{V_{\text{и}}}, \quad (3.11)$$

где  $V$  – результат использования системы (реальный доход);  $S$  – затраты на создание и эксплуатацию системы;  $V_{\text{и}}$  – результат применения системы при выполнении всех функций и отсутствии затрат на их осуществление (идеальный доход).

Числитель (3.11) равен прибыли, получаемой от эксплуатации системы.

В качестве критерия эффективности систем предлагается вероятность выполнения стоящих перед ними задач. Применительно к информационным измерительным системам этот критерий можно сформулировать как вероятность выполнения измерения с заданной точностью. Соответствующее выражение имеет вид [10]:

$$W = P_r \left( p_0 W_0 + \sum_{i=1}^n p_i W_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^n p_{ij} W_{ij} + \sum_{\substack{i,j,k=1 \\ i < j \\ i < k}}^n p_{ijk} W_{ijk} + \dots + p_{1,\dots,n} W_{1,\dots,n} \right), \quad (3.12)$$

где  $P_r$  – коэффициент готовности системы;  $p_0$  – вероятность того, что все элементы системы работоспособны;  $p_i$  – вероятность отказа  $i$ -го элемента;  $p_{ij}$  – вероятность отказа  $i$ -го и  $j$ -го элементов;  $p_{1,\dots,n}$  – вероятность отказа всех элементов;  $W_0, W_i, W_{ij}, \dots, W_{1,\dots,n}$  – условные критерии эффективности, равные условным вероятностям выполнения задачи в предположении безотказности всех элементов, отказа  $i$ -го элемента и т.д.

Условные критерии эффективности предполагаются независимыми от моментов возникновения отказов элементов системы на заданном интервале времени.



При вычислении данного критерия должны быть предварительно определены условные вероятности безотказной работы и условные критерии, что для вновь проектируемых систем в большинстве случаев затруднено.

Широко распространен подход к конструированию обобщенного критерия как к произведению частных критериев, нормированных относительно некоторых номинальных значений показателей для получения безразмерных сомножителей, хотя такой подход при высоком общем показателе не гарантирует приемлемого значения какого-либо частного критерия.

После определения алгоритма расчета численного значения критерия эффективности информационной системы с учетом величин всех выбранных управляемых и неуправляемых параметров системы необходимо провести проверки правильности разработанной модели данной системы.

Для проверки правильности разработанной модели информационной системы, оценки ее эффективности, а также для практического использования полученных результатов с целью поддержки процессов принятия решений необходимо произвести сбор данных. Одна из задач этого этапа состоит в правильном определении степени необходимой точности исходных данных. Проверка модели включает оценку ее непротиворечивости, чувствительности, реалистичности и работоспособности [9]. *Непротиворечивость* предполагает логический анализ результатов моделирования при варьировании исходных параметров. Детальной оценке подвергаются результаты оптимизационных расчетов для предельных значений параметров. *Чувствительность* основана на анализе изменения характеристик системы и показателя эффективности при наибольших вариациях управляемых параметров. Одним из методов проверки *реалистичности* модели является установление соответствия результатов моделирования известным частным случаям. *Работоспособность* модели связана с оценкой ресурсов, необходимых для сбора исходных и проведения машинных экспериментов.

Для оценки работоспособности модели проводятся численные эксперименты с использованием компьютерных средств моделирования [13] с целью получения количественных зависимостей, которые представляются либо в графической, либо в табличной формах.

Затем выполняются качественный анализ полученных результатов решений, интерпретация графических данных и конструирование



системным аналитиком окончательного решения по конфигурации и подбору параметров проектируемой информационной системы с учетом выбранного критерия (критериев) эффективности.

### **3.2. Построение модели динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink**

#### **Методические указания к лабораторной работе № 7**

**Цель работы:** изучить элементы среды визуального программирования MATLAB-Simulink. Построить модель динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

#### **Общие сведения**

В состав динамической системы могут входить подсистемы, выполняющие различные функции. Рассмотрим систему (рис. 3.1), состоящую из подсистемы формирования входных сигналов (PFVS), подсистемы, выполняющей функцию динамического звена (DZ), подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов (PS), подсистемы управления (PUXY), подсистемы анализа (РА), причем сигналы с выходов UX и UY подсистемы управления суммируются с сигналами XS и YS с выходов подсистемы формирования входного сигнала, а входные сигналы SKOX и SKOY подсистемы анализа (РА) получаются как разность сигналов X(t) и Y(t) с выходов подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, и соответствующих сигналов XS и YS с выходов подсистемы формирования входного сигнала PFVS.

Для построения модели такой динамической системы необходимо построить модели составляющих ее подсистем.

Подсистема анализа РА предназначена для оценки технической эффективности работы подсистемы управления PUXY. При идеальном управлении значения амплитуд выходных сигналов X(t) и Y(t) динамического звена (DZ) устанавливаются равными значениям амплитуд входных сигналов XS и YS. Практически идеальное управление недостижимо и всегда существует ошибка управления, т.е.  $X(t) - XS \neq 0$  и  $Y(t) - YS \neq 0$ .

В качестве количественной оценки критерия технической эффективности работы подсистемы управления PUXY принимается значение ошибки управления.



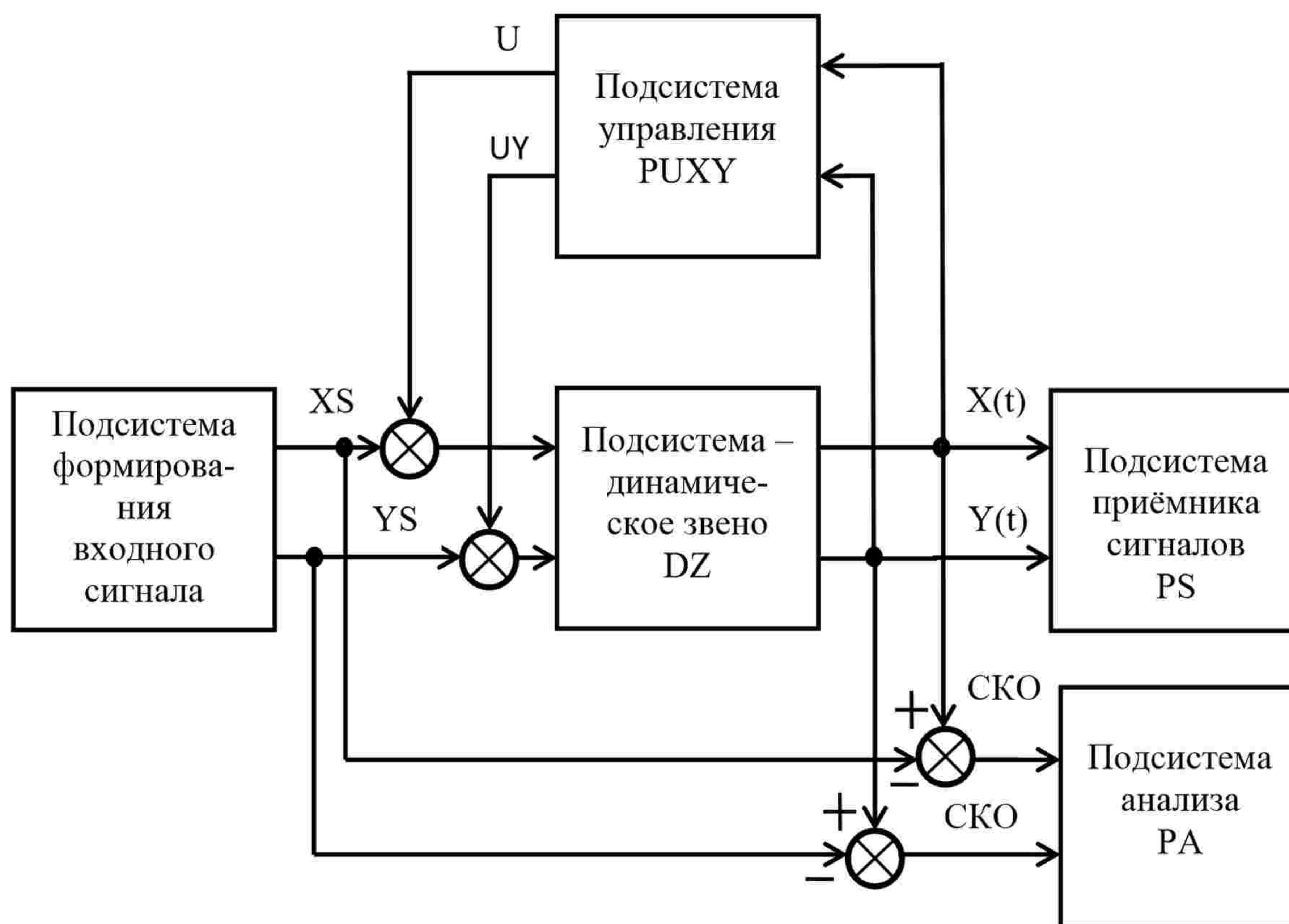


Рис. 3.1. Структура динамической системы с подсистемой анализа

В соответствии с принципом гарантированного результата в качестве критерия эффективности принимается среднеквадратическое отклонение (СКО). Значение СКО вычисляется для сигналов  $X$  и  $Y$ . Значение СКО для сигнала  $X$  численно равно корню квадратному из среднего значения интеграла квадрата разности значений амплитуд выходного сигнала  $X(t)$  динамического звена (подсистема ДЗ) и входного сигнала  $X_S$  (подсистема формирования входного сигнала ПФВС). Значение СКО для сигнала  $Y$  численно равно корню квадратному из среднего значения интеграла квадрата разности значений амплитуд выходного сигнала  $Y(t)$  динамического звена (подсистема ДЗ) и входного сигнала  $Y_S$  (подсистема формирования входного сигнала ПФВС).

$$CKOX = \sqrt{\frac{1}{T - T_0} \cdot \int_{T_0}^T (X(t) - X_S)^2 dt}, \quad (3.13)$$



$$CKOY = \sqrt{\frac{1}{T - T_0} \cdot \int_{T_0}^T (Y(t) - YS)^2 dt}, \quad (3.14)$$

где  $T_0$  – начало интервала времени расчёта СКО;  $T$  – окончание интервала времени расчёта СКО;  $X(t)$  и  $Y(t)$  – выходные сигналы динамического звена;  $XS$  и  $YS$  – входные сигналы.

Значение времени  $T_0$  выбирается из условия  $T_0 > T_r$ , где  $T_r$  – время переходного процесса (см. методические указания к лабораторной работе № 5). В данном случае  $T_0 = 50$ ,  $T = 100$ .

### **Ход работы**

1. Изучить элементы среды визуального программирования MATLAB-Simulink: «Product» (вычисляет произведение значений амплитуд входных сигналов), «MathFunction» (реализует выбранную математическую функцию), входящие в подсистему анализа.

2. Построить модель динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

2.1. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

2.2. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена.

2.3. Построить модель подсистемы управления.

2.4. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов.

2.5. Построить модель подсистемы анализа.

3. Проанализировать результаты работы модели.

4. Оформить отчет о лабораторной работе.

### **Порядок выполнения работы**

**1. Изучение элемента «Product» среды визуального программирования MATLAB-Simulink, входящего в подсистему анализа.**

Элемент «Product» (вычисляет произведение значений амплитуд входных сигналов) используется в подсистеме анализа модели для вычисления произведения значений амплитуд входного сигнала и ступенчатой функции.

Запустить систему MATLAB. Необходимо открыть рабочую страницу MATLAB-Simulink. Данный элемент модели находится на вкладке «MathOperations» (рис. 3.2).



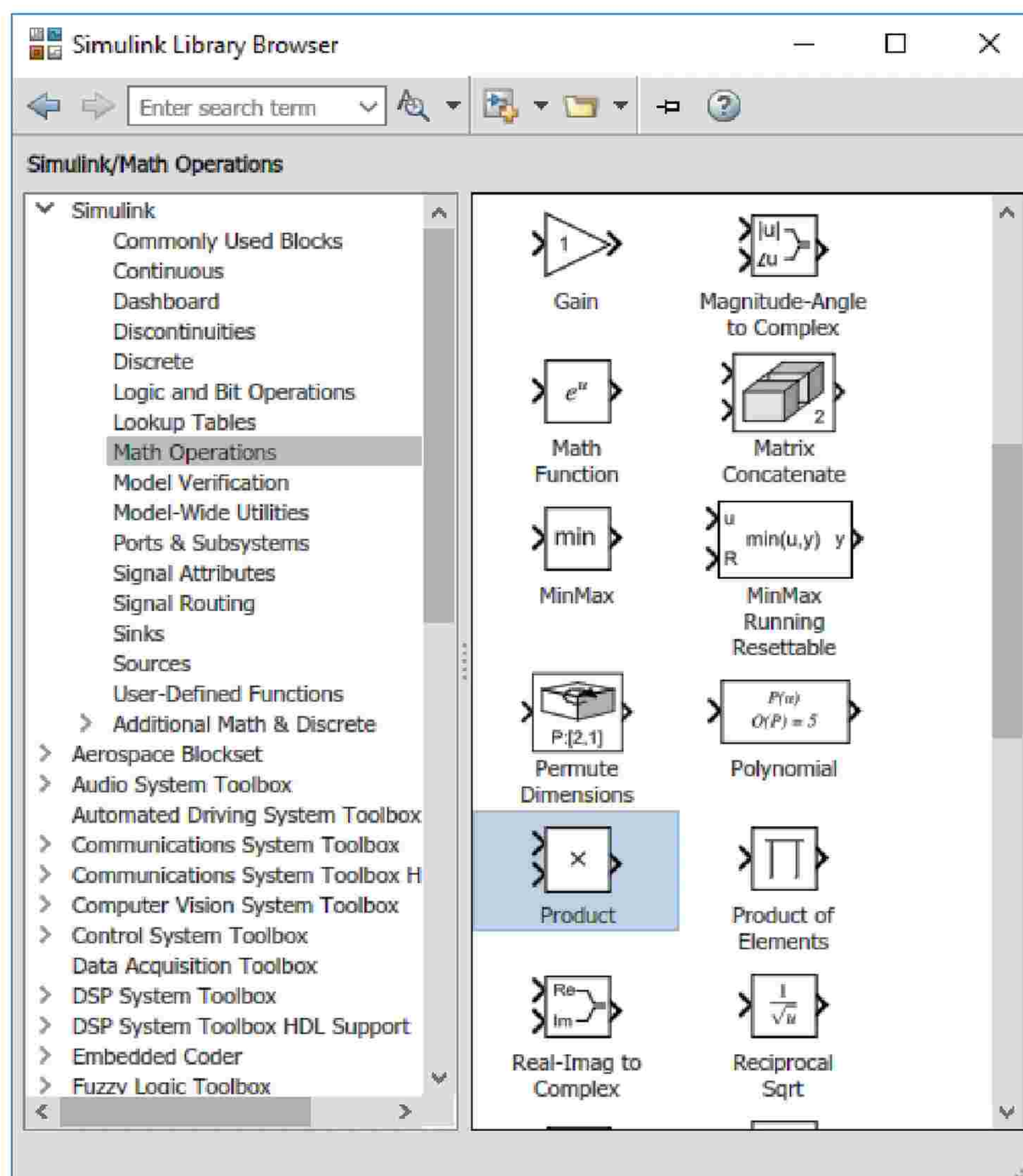


Рис. 3.2. Вкладка «MathOperations»

Выбираем элемент «Product» (вычисляет произведение значений амплитуд входных сигналов) и добавляем его на рабочую страницу (рис. 3.3).

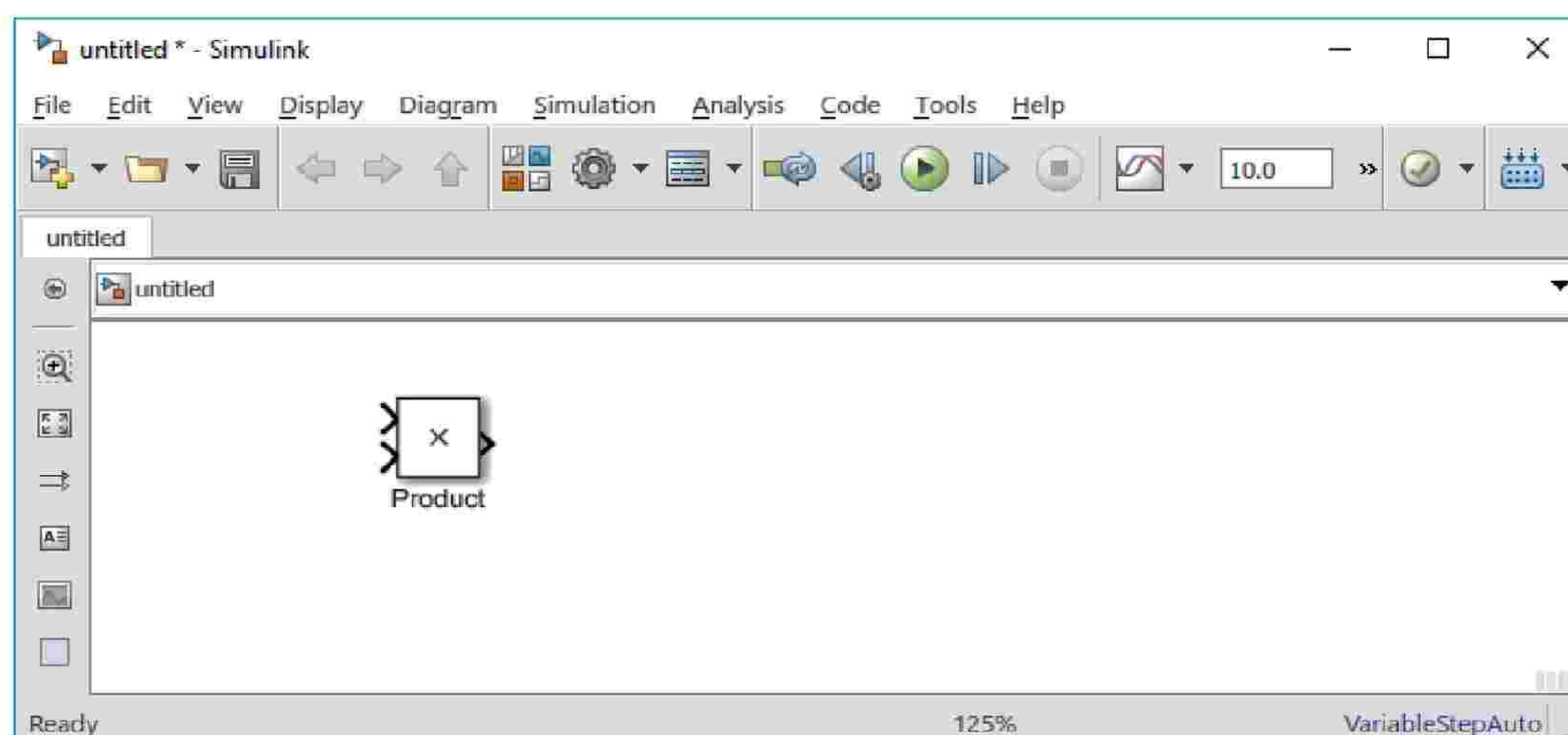


Рис. 3.3. Элемент «Product»



Далее необходимо настроить параметры элемента «Product» в модели.

Для этого необходимо открыть вкладку «Function Block Parameters: Product » (рис. 3.4).

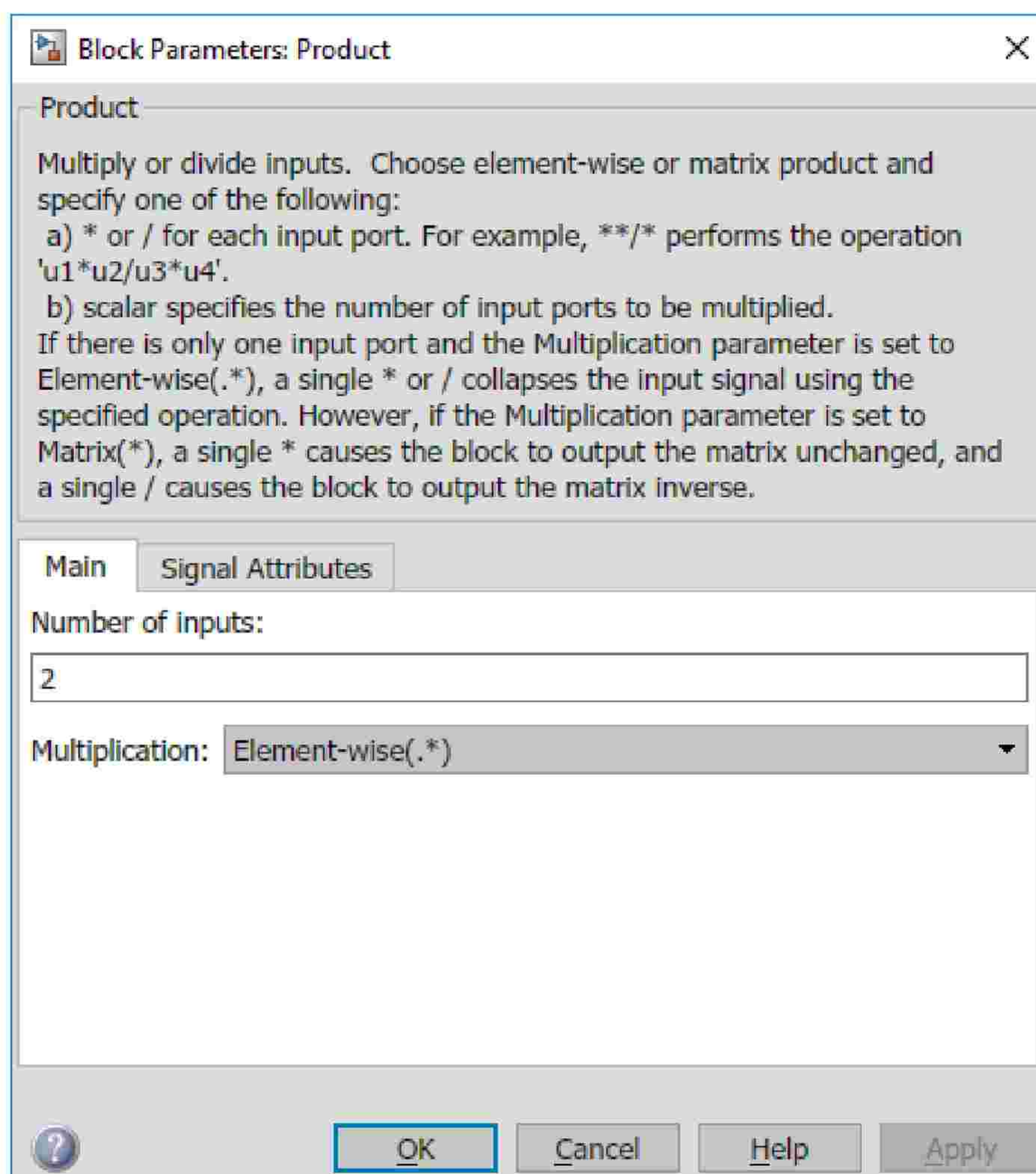


Рис. 3.4. Настройка параметров элемента «Product»

На вкладке «Function Block Parameters: Product» в поле «Number of inputs» устанавливается количество входов элемента «Product». По умолчанию значение этого параметра равно 2. Значение параметра «Number of inputs» определяет количество сомножителей произведения.

Значения остальных параметров элемента «Product» на вкладке «Function Block Parameters: Product», установленных по умолчанию, изменять не нужно.

Далее для анализа работы элемента «Product» необходимо добавить в модель элементы: источник ступенчато изменяющегося сигнала «Step», источник сигнала с постоянной амплитудой «Constant» и осциллограф «Scope» (рис. 3.5).



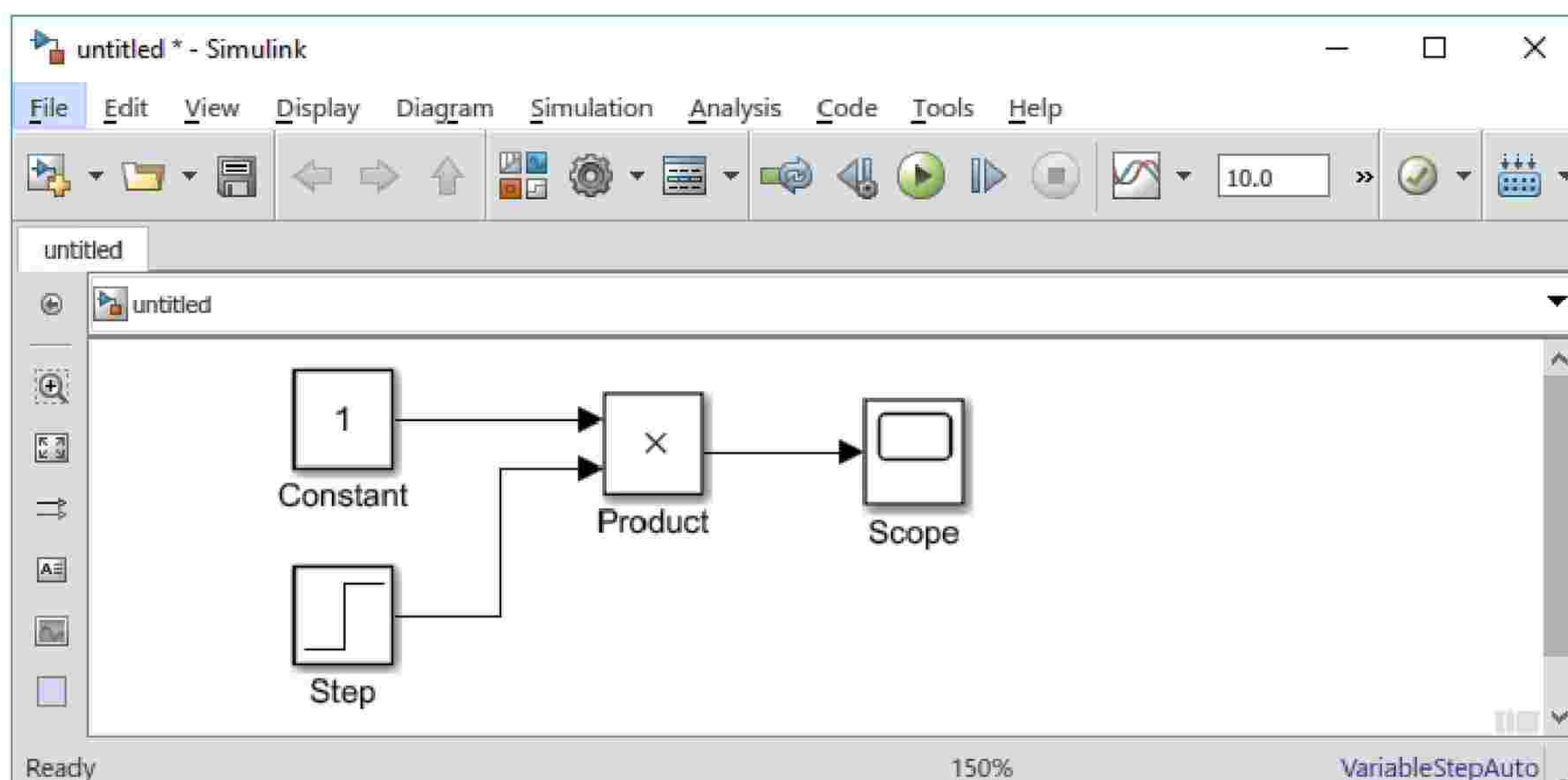


Рис. 3.5. Модель с элементом «Product»

Необходимо установить значения параметров элементов модели: источника сигнала с постоянной амплитудой «Constant» и источника ступенчато изменяющегося сигнала «Step» (см. рис. 3.5) в соответствии с рис. 3.6, 3.7.

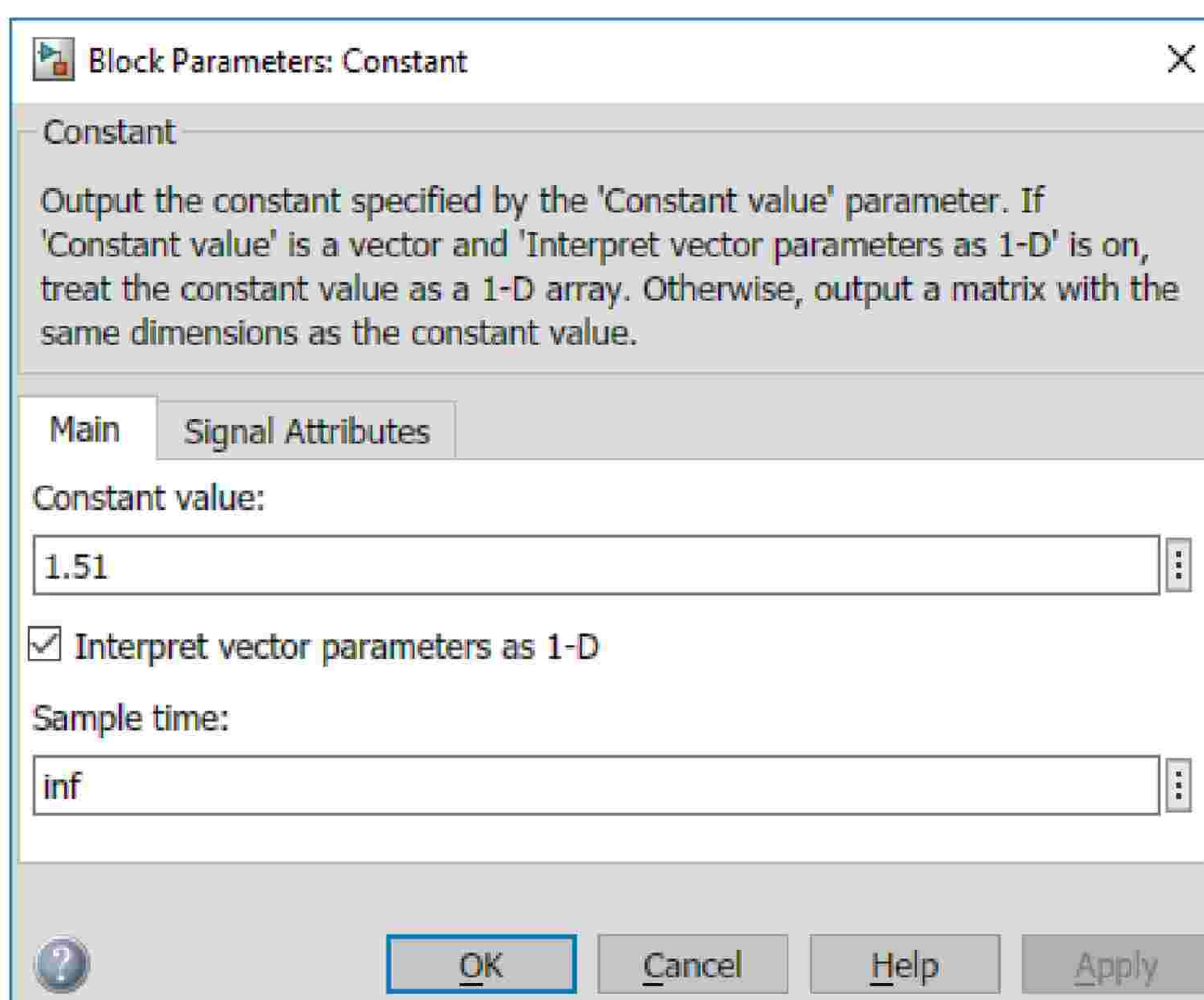


Рис. 3.6. Настройка параметров элемента «Constant»



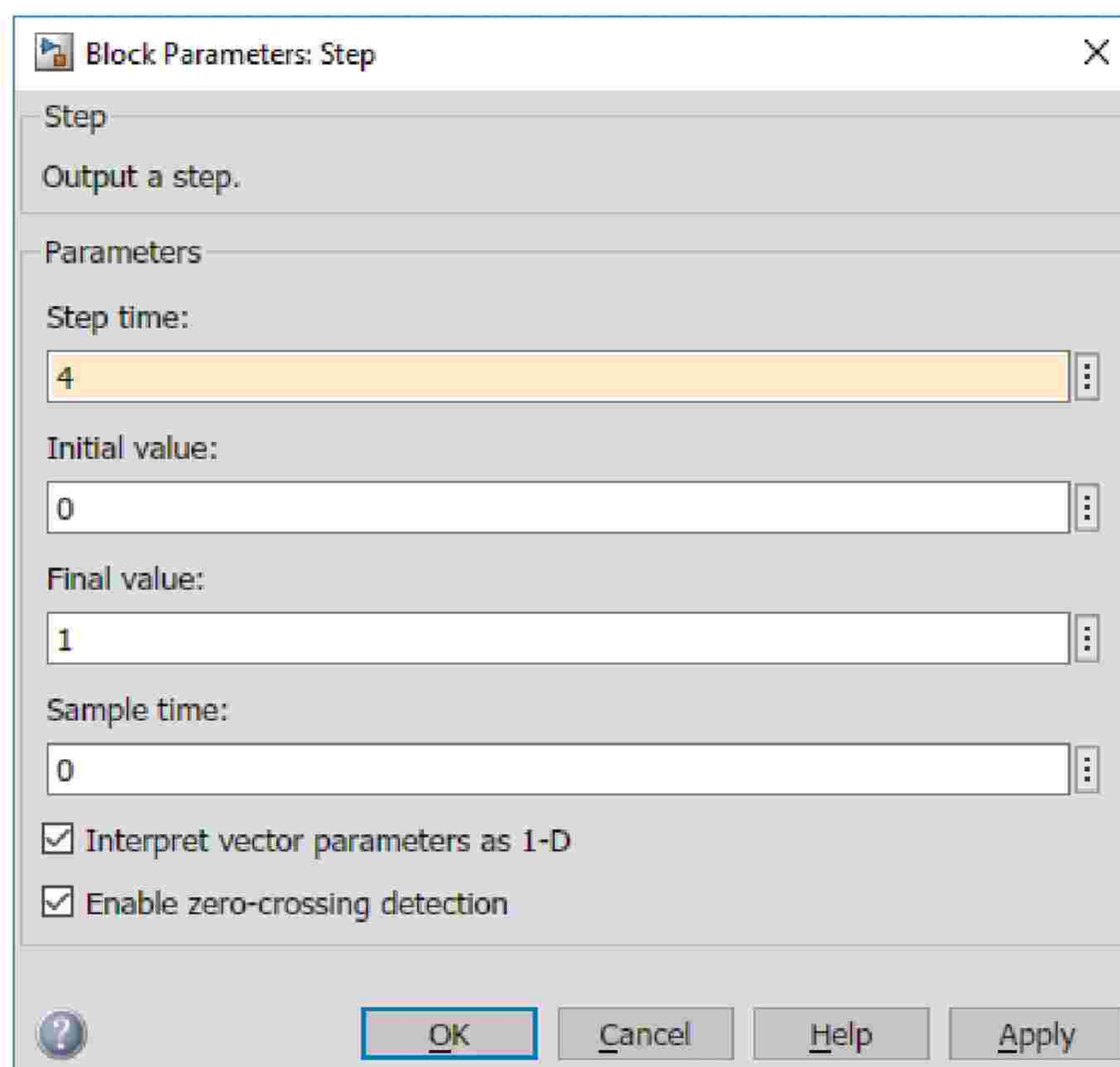


Рис. 3.7. Настройка параметров элемента «Step»

На рис. 3.8 представлена экранная форма модели с элементом «Product» с установленными параметрами входящих в модель элементов.

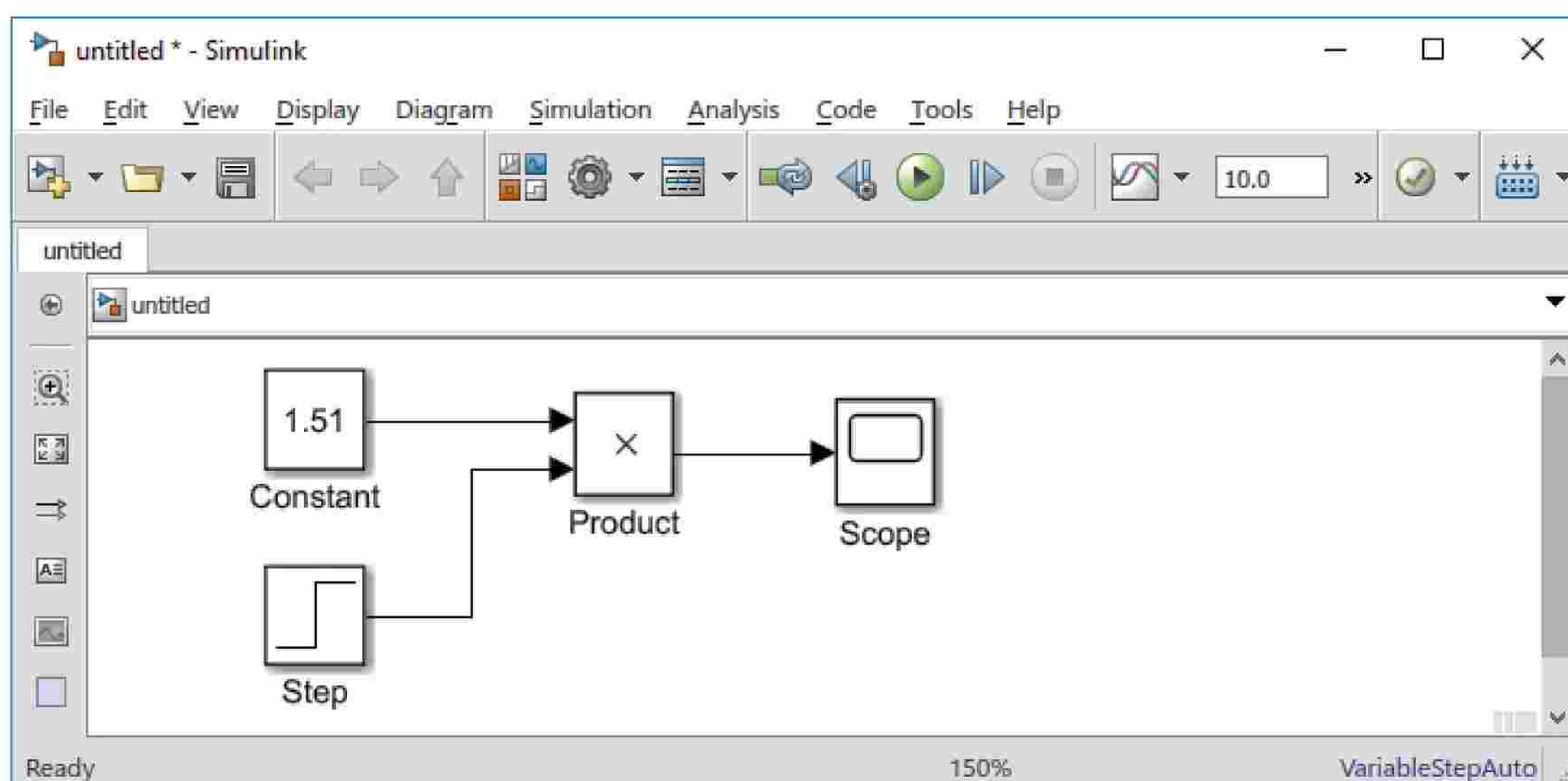


Рис. 3.8 Экранная форма модели с элементом «Product»



Далее для анализа работы построенной модели необходимо запустить модель и посмотреть график выходного сигнала. График выходного сигнала, полученный с помощью элемента «Scope», представлен на рис. 3.9.

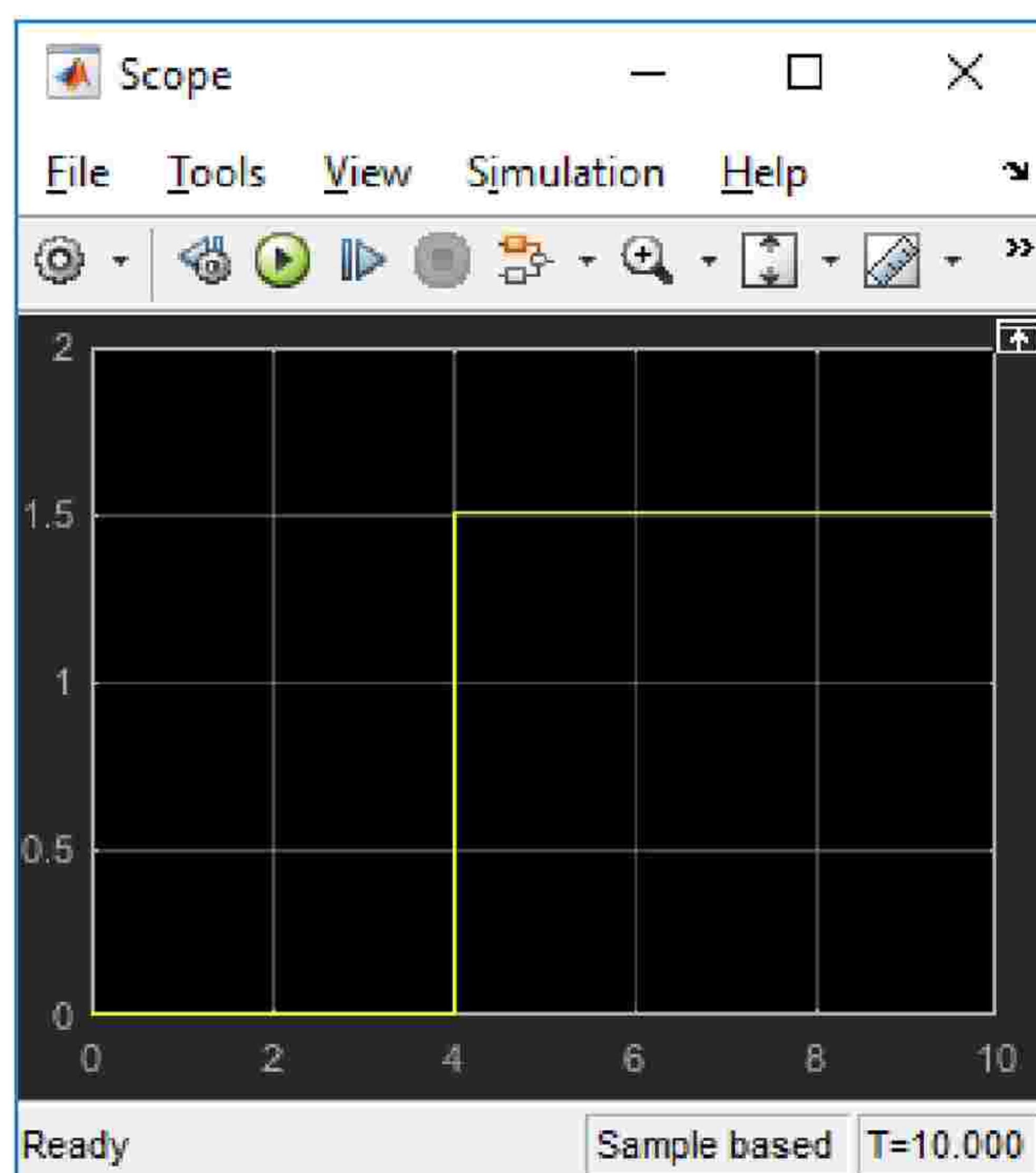


Рис. 3.9. Графики выходного сигнала

Из анализа графика, представленного на рис. 3.9, видно, что значение амплитуды выходного сигнала «Product» представляет собой значение произведения амплитуд входных сигналов этого элемента: сигнала с выхода источника с постоянной амплитудой «Constant» и сигнала с выхода источника ступенчато изменяющегося сигнала «Step» (см. рис. 3.8).

**2. Изучение элемента «MathFunction» среды визуального программирования MATLAB-Simulink, входящего в подсистему управления, для реализации выбранной математической функции.**

Элемент «MathFunction» используется в подсистеме анализа модели для реализации выбранной математической функции. В данной работе в качестве математических функций выбираются:

- функция возведения в квадрат;
- функция извлечения квадратного корня.

Необходимо открыть новую рабочую страницу MATLAB-Simulink. Данный элемент модели находится на вкладке «Math-Operations» (рис. 3.10).



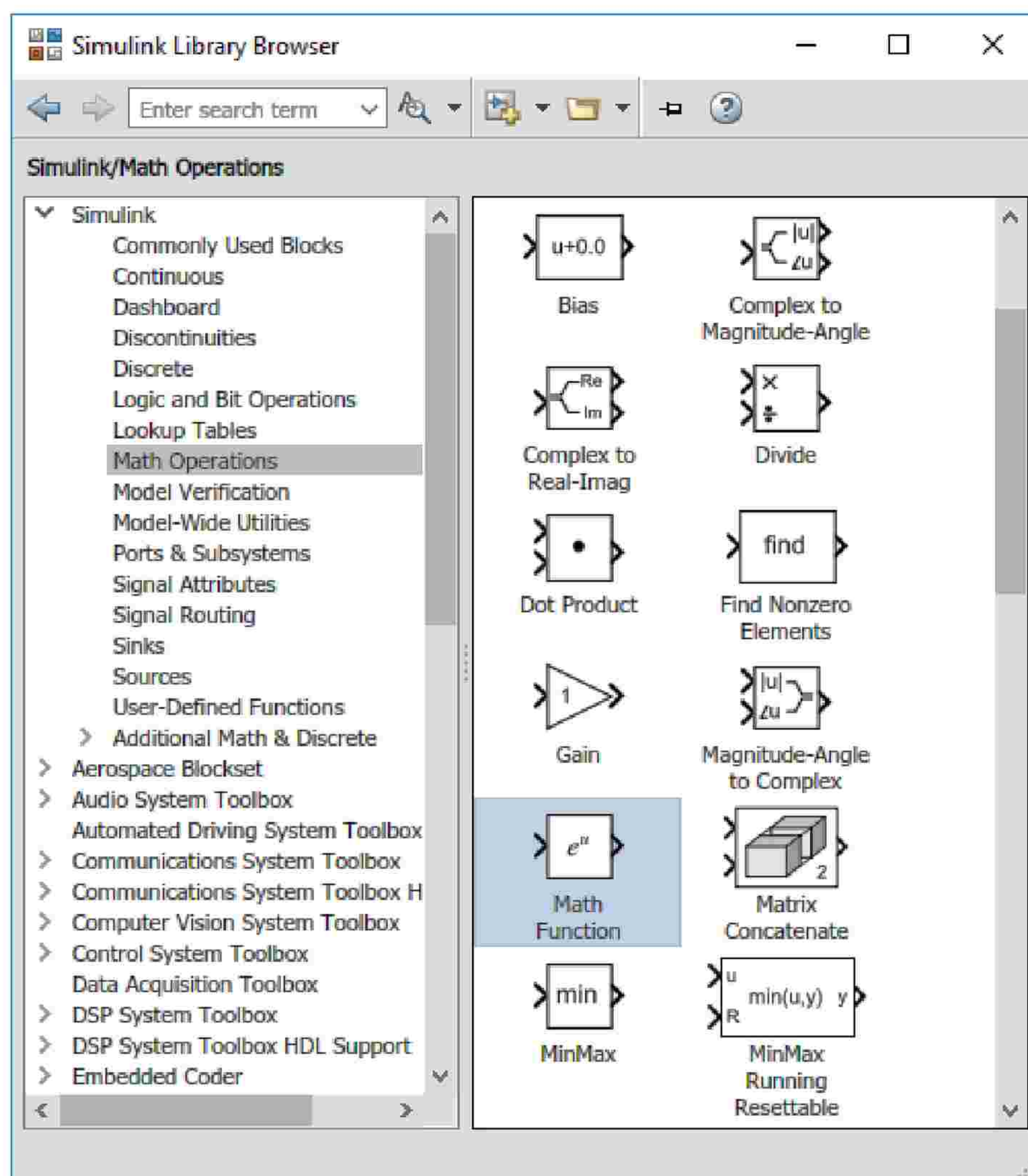


Рис. 3.10. Вкладка «MathOperations»

Выбираем элемент «MathFunction» и добавляем его на рабочую страницу (рис. 3.11).

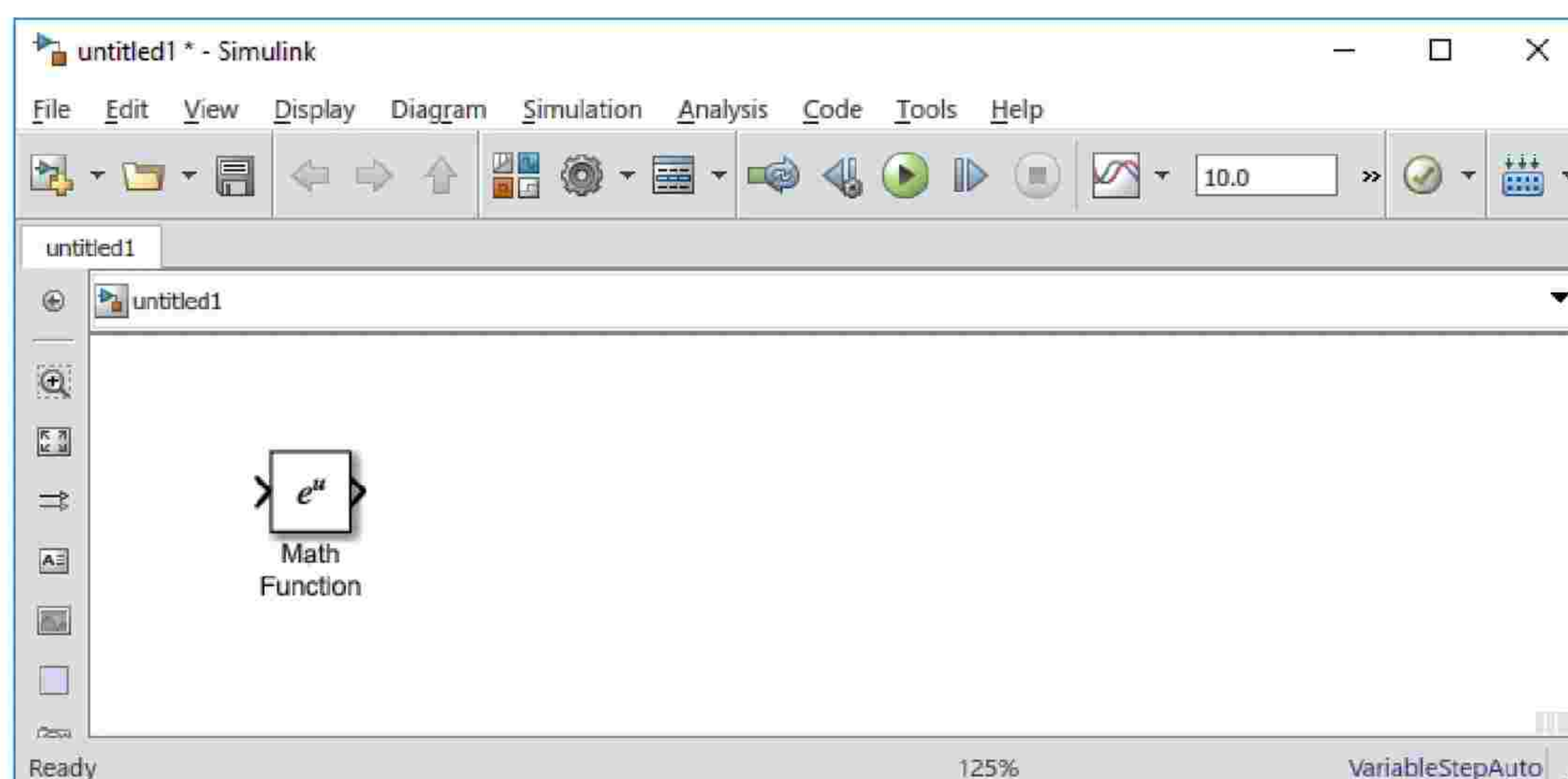


Рис. 3.11. Элемент «MathFunction»



Далее необходимо настроить параметры элемента «Math-Function» в модели.

Для этого необходимо открыть вкладку «Function Block Parameters: Math Function» (рис. 3.12).

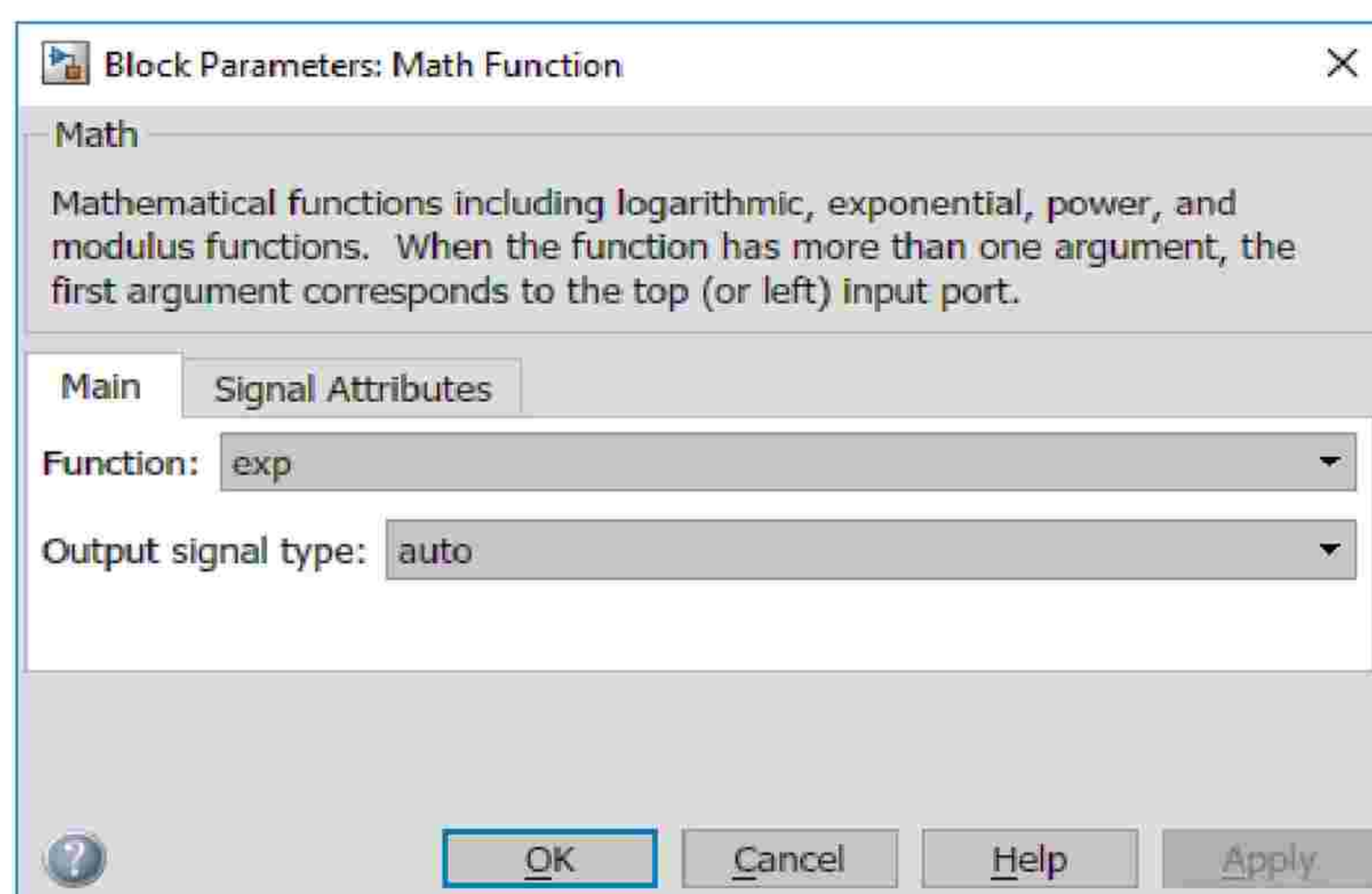


Рис. 3.12. Вкладка «Function Block Parameters: Math Function»

На вкладке «Function Block Parameters: Math Function» в поле «Function» из предложенного списка выбирается математическая функция (рис. 3.13). При выборе значения «square» будет реализована математическая функция возведения в квадрат. При выборе значения «sqrt» будет реализована математическая функция извлечения квадратного корня.

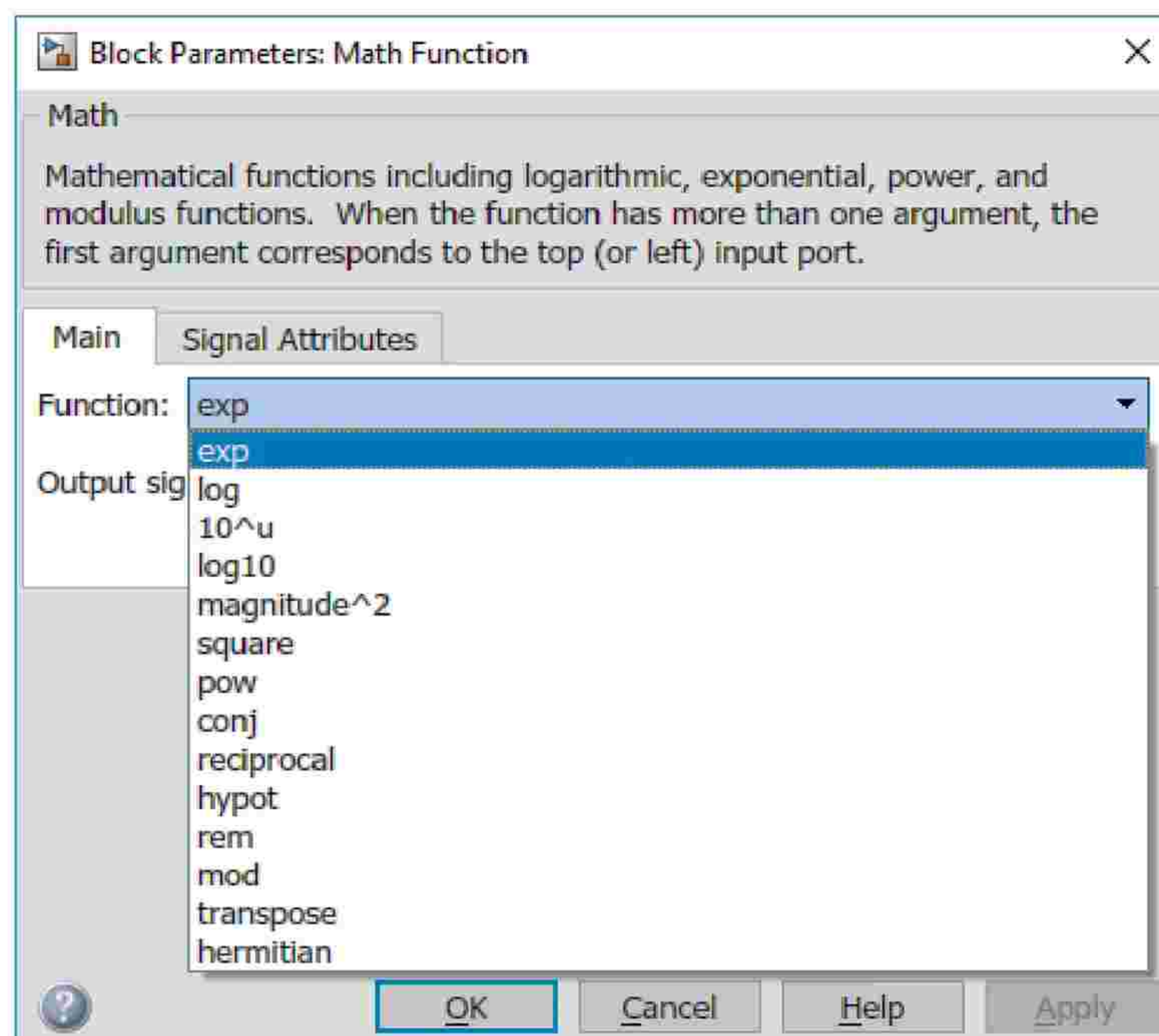


Рис. 3.13. Вкладка «Function Block Parameters: Math Function» с раскрытым списком выбора функций



Выберем функцию «возведение в квадрат». Для этого в поле «Function» необходимо установить значение «square» (рис. 3.14).

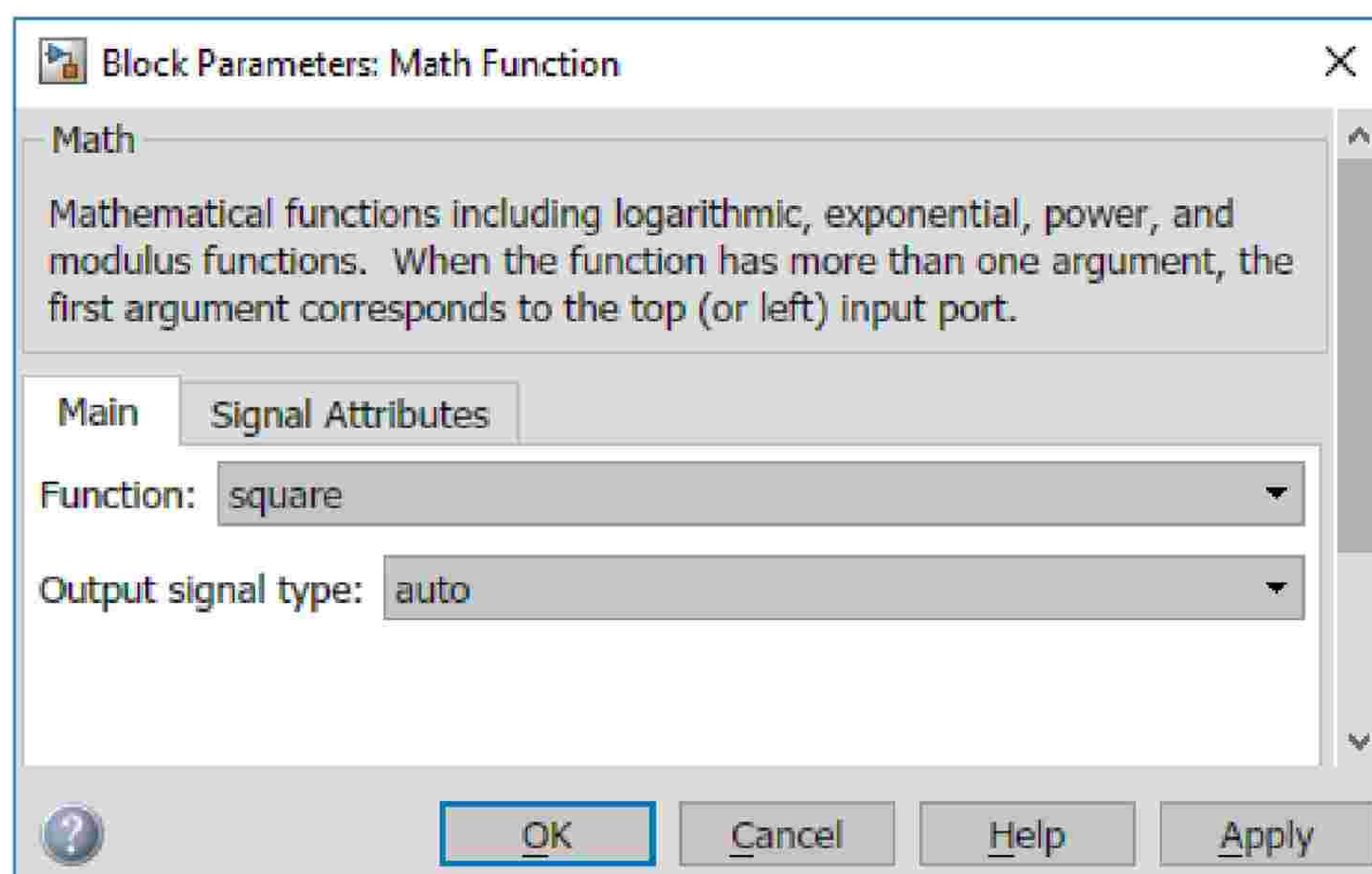


Рис. 3.14. Вкладка «Function Block Parameters: Math Function» с выбранной функцией «возведение в квадрат»

Значения остальных параметров элемента «Math Function» на вкладке «Function Block Parameters: Math Function», установленных по умолчанию, изменять не нужно.

Далее для анализа работы элемента «Math Function» необходимо добавить в модель элементы: источник постоянного сигнала «Constant» и элемент «Display» (рис. 3.15).

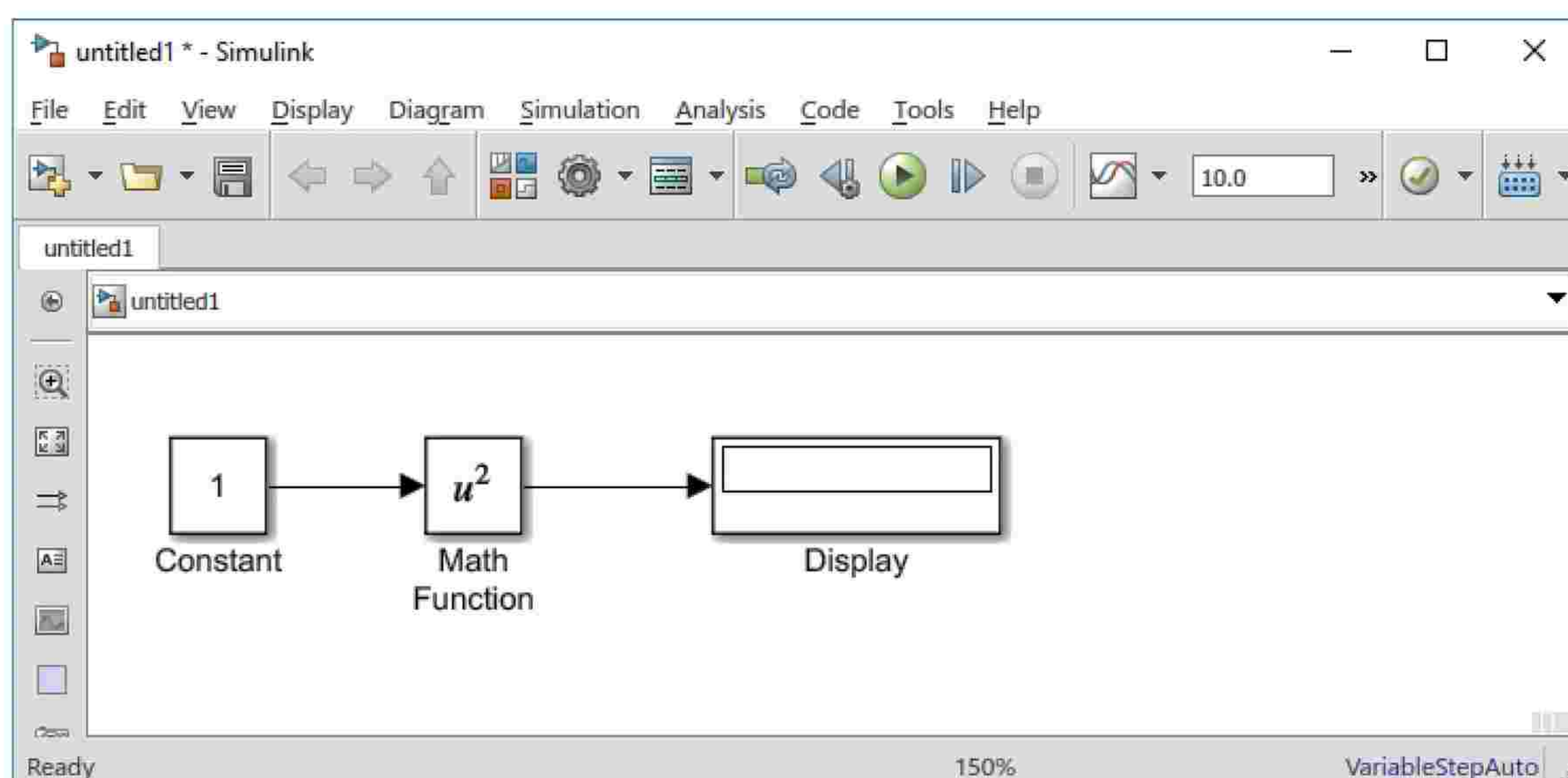


Рис. 3.15. Модель с элементом «Math Function»



Необходимо установить значения параметров элемента модели: источника постоянного сигнала «Constant» (см. рис. 3.15) в соответствии с рис. 3.16.

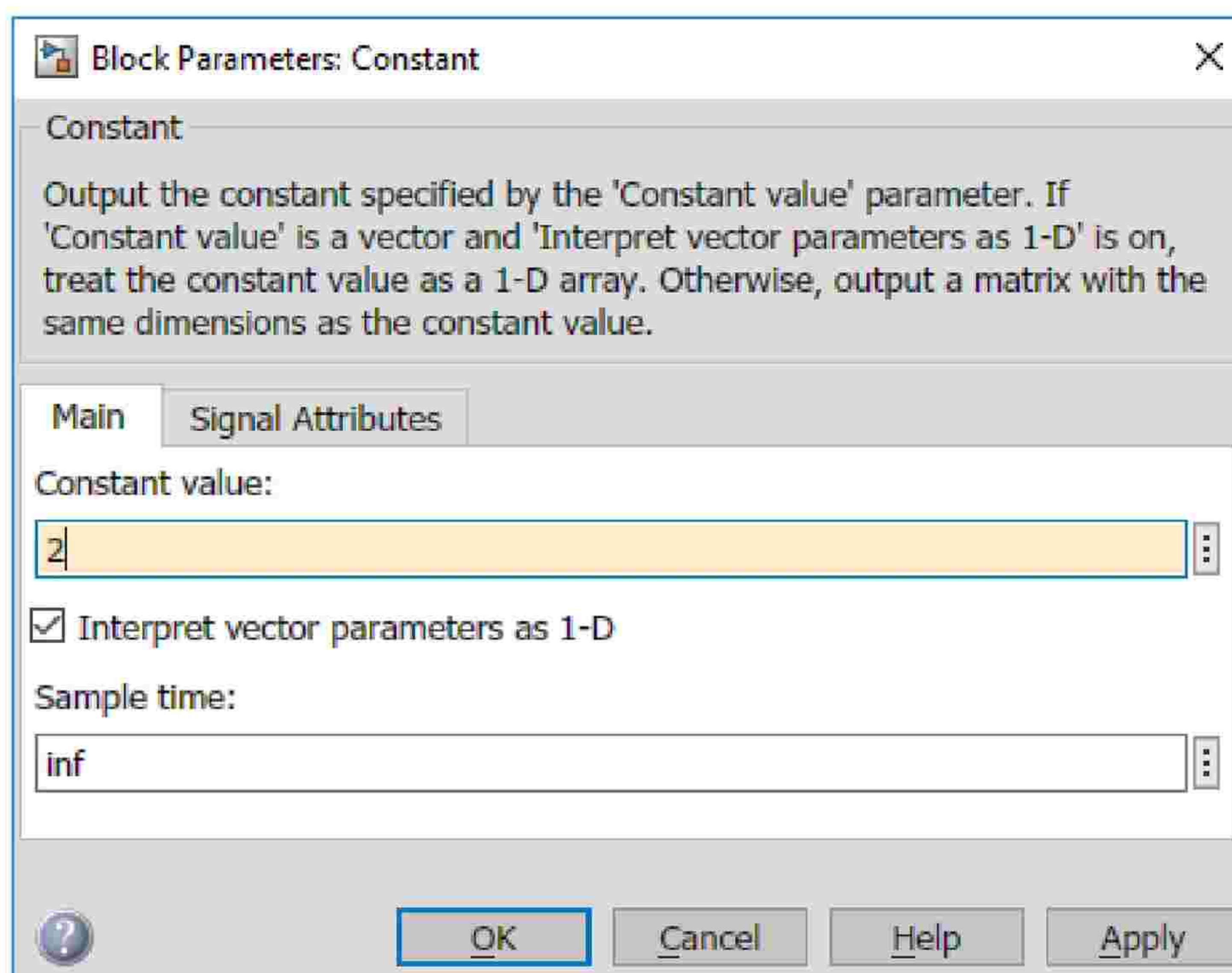


Рис. 3.16. Настройка параметров элемента «Constant»

Далее для анализа работы построенной модели необходимо запустить модель и посмотреть значение амплитуды выходного сигнала. Значение амплитуды выходного сигнала можно посмотреть после запуска модели на экране элемента «Display» (рис. 3.17).

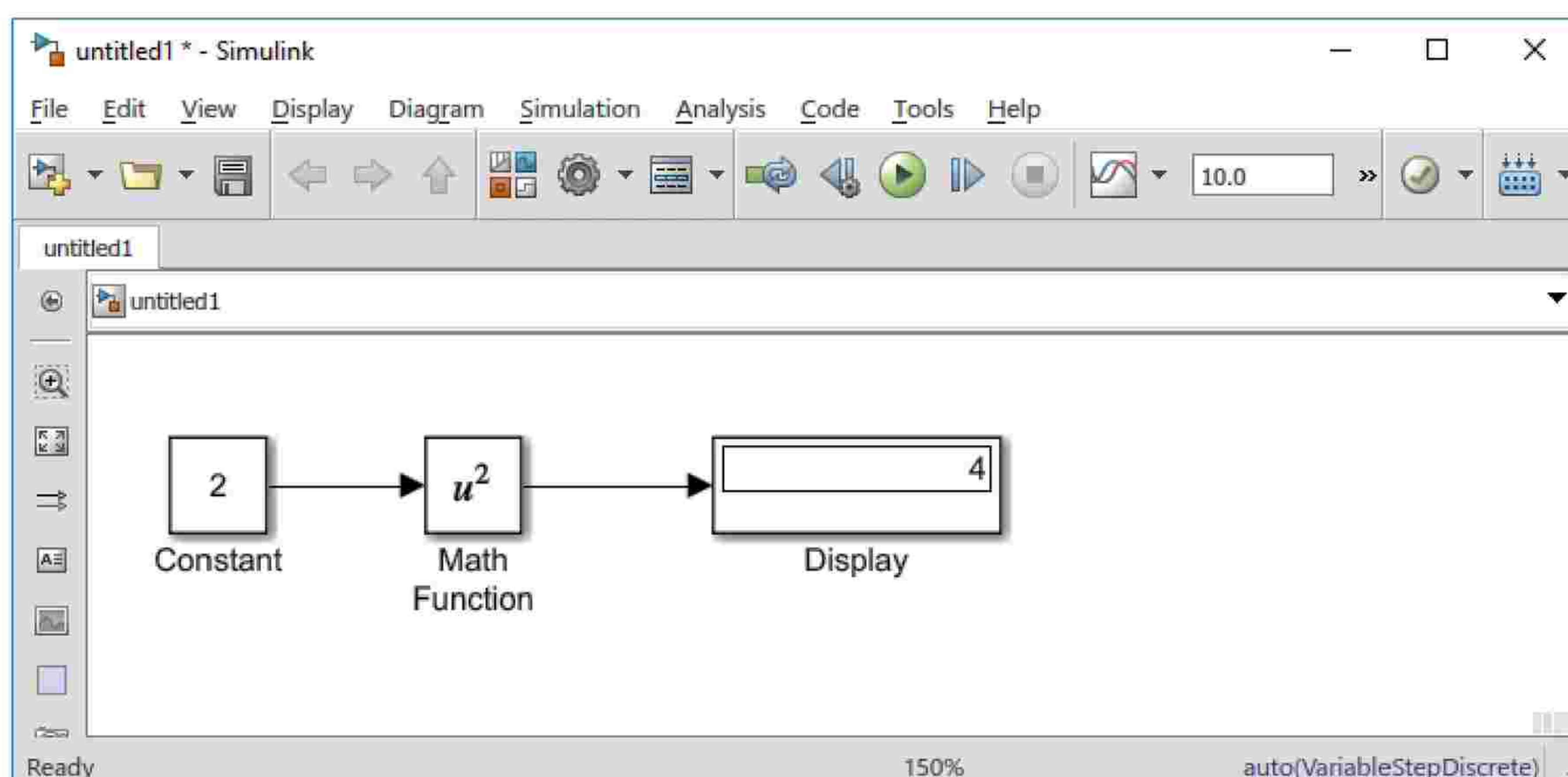


Рис. 3.17. Результат работы модели с элементом «Math Function»



### 3. Построить модель динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

**Указание.** Модель должна храниться в файле. Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами). Файл должен находиться в папке **LR7**. Все элементы модели (в том числе и подсистемы), их входы и выходы должны иметь обозначения, соответствующие рис. 3.18.

Модель, представленная на рис. 3.18, состоит из подсистемы формирования входных сигналов (PFVS), подсистемы, выполняющей функцию динамического звена (DZ), подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов (PS), подсистемы управления PUXY с элементами переключения PX и PY и подсистемы анализа (PA). Элементы переключения PX и PY установлены в верхнее положение.

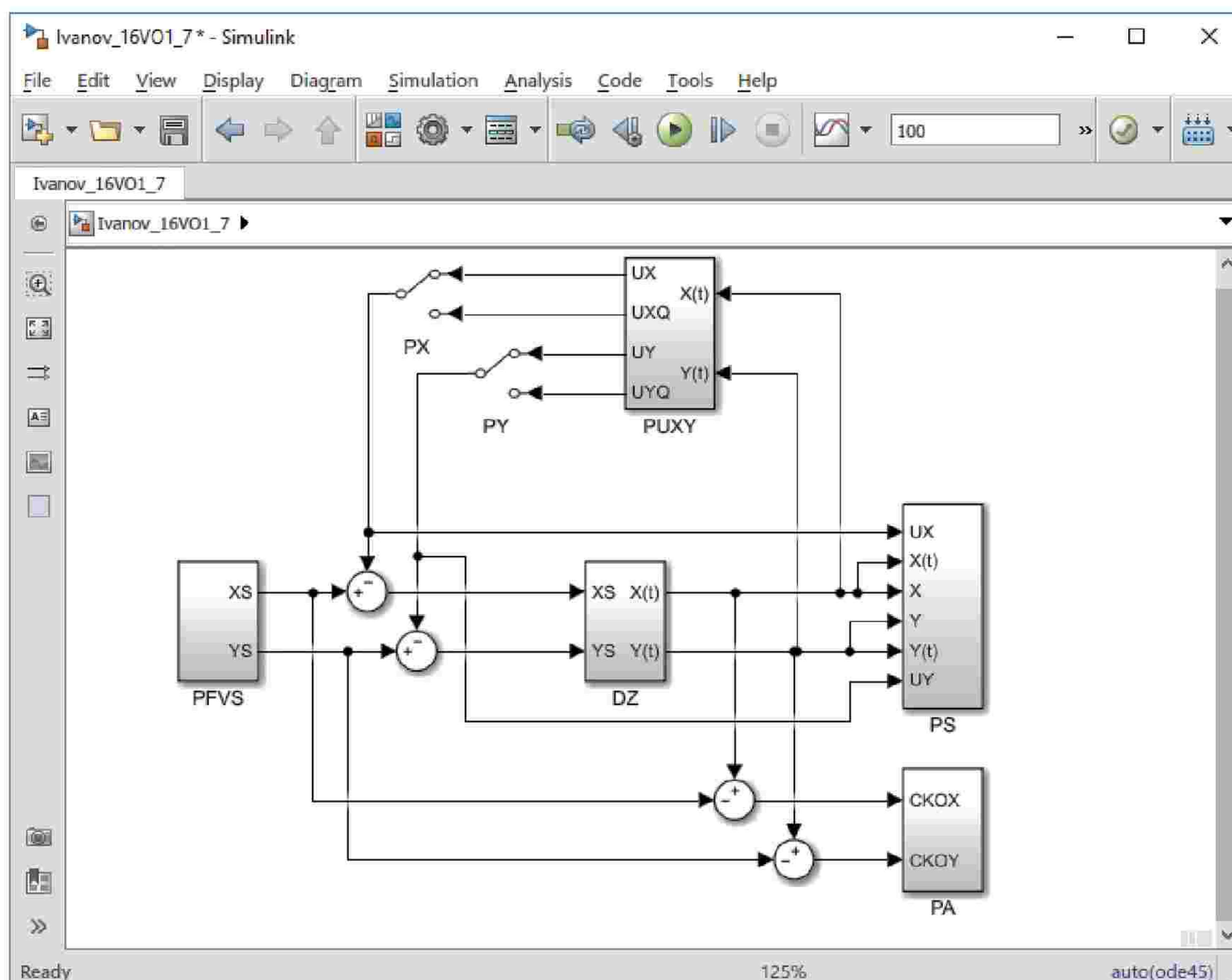


Рис. 3.18. Модель динамической системы с подсистемой анализа PA (переключатели PX и PY установлены в верхнее положение)

3.1. Построить модель подсистемы PFVS формирования входных сигналов динамической системы (рис. 3.19) в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.



Подсистема PFVS формирования входных сигналов состоит из двух элементов: двух источников ступенчато изменяющихся сигналов  $X$  и  $Y$  (см. рис. 3.19). Исходными данными являются:

- $T_x$  – время перехода значения амплитуды сигнала  $X$  от значения, равного 0, к значению  $X_S$  (в данном случае  $T_x = 5$ ,  $X_S = 0,65$ );
- $T_y$  – время перехода значения амплитуды сигнала  $Y$  от значения, равного 0, к значению  $Y_S$  (в данном случае  $T_y = 2$ ,  $Y_S = 0,13$ ).

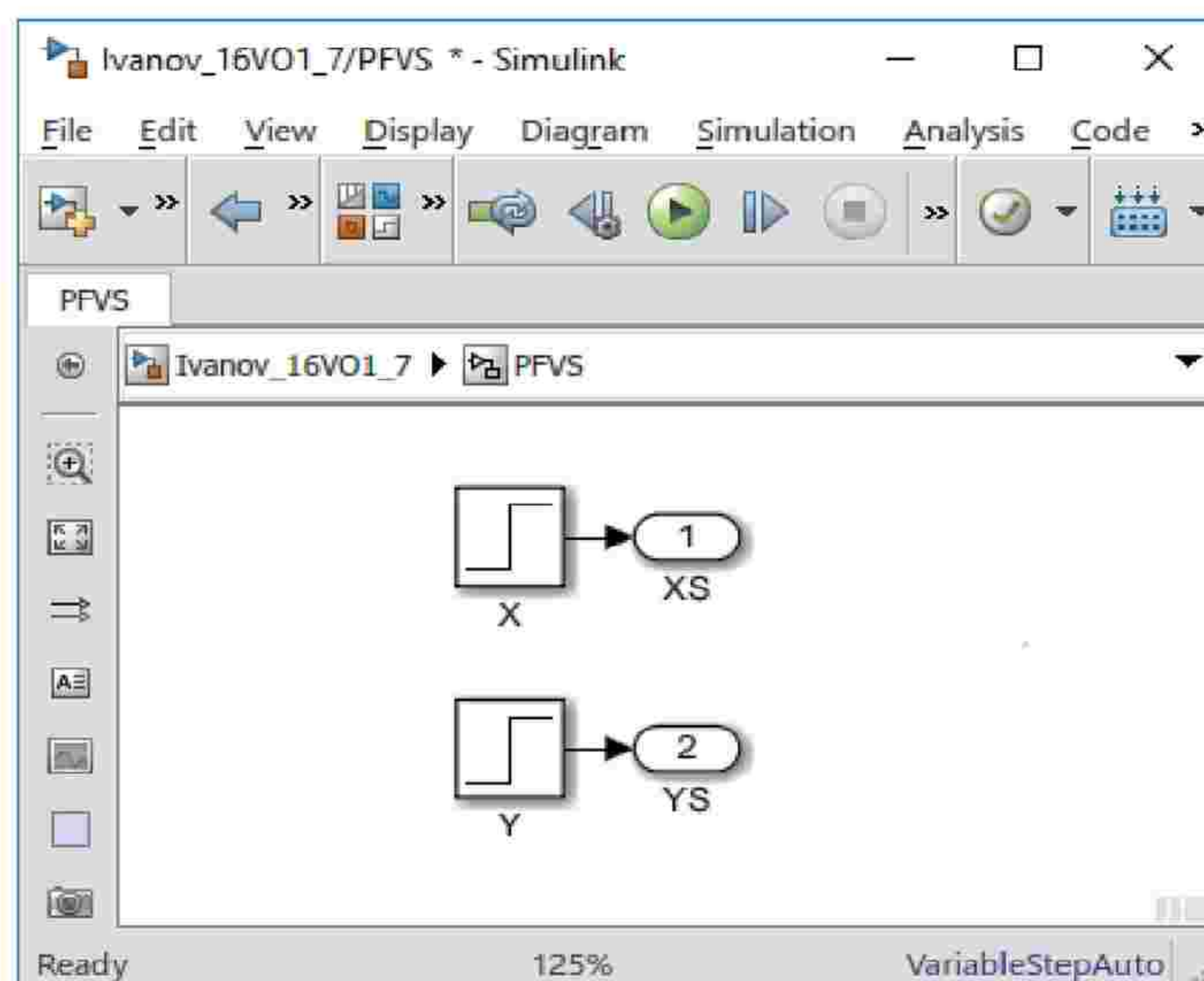


Рис. 3.19. Модель подсистемы формирования входных сигналов

Далее в соответствии с рис. 3.20, 3.21 необходимо настроить параметры элементов подсистемы формирования входных сигналов PFVS.

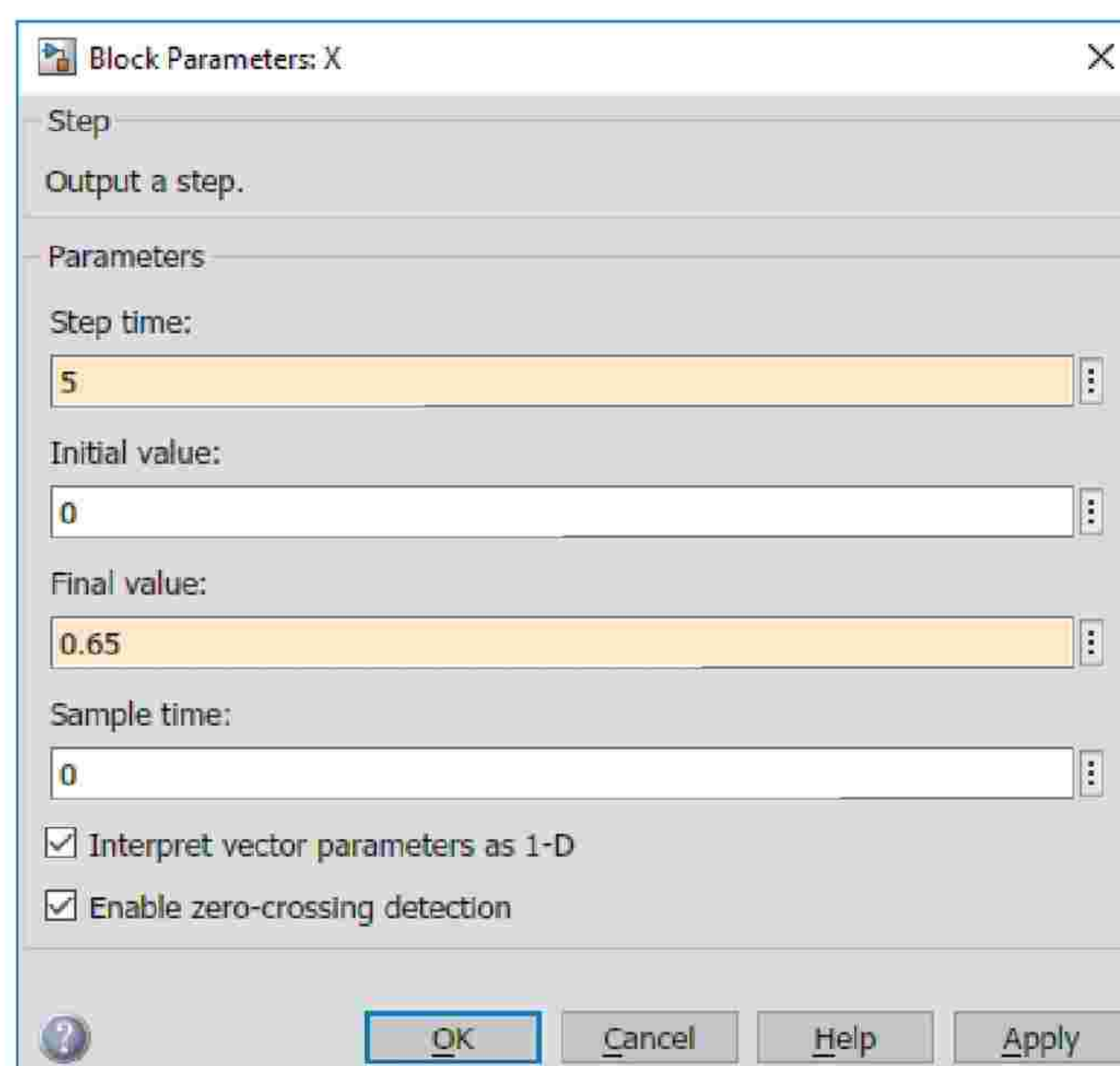


Рис. 3.20. Параметры источника ступенчато изменяющегося сигнала  $X$



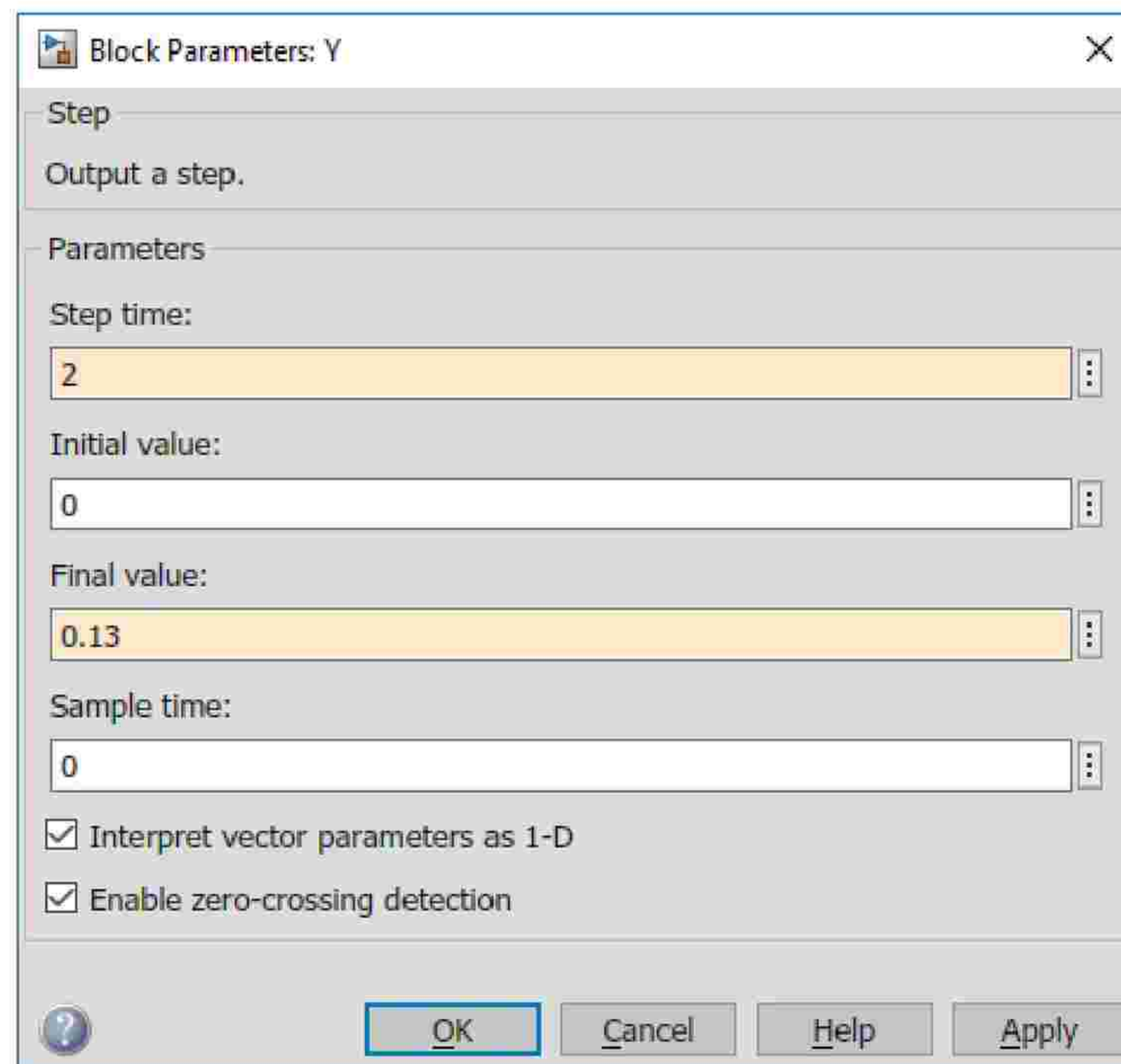


Рис. 3.21. Параметры источника ступенчато изменяющегося сигнала Y

3.2. Построить модель подсистемы DZ, выполняющей функцию динамического звена динамической системы.

Построить модель подсистемы DZ, выполняющей функцию динамического звена динамической системы (рис. 3.22), в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

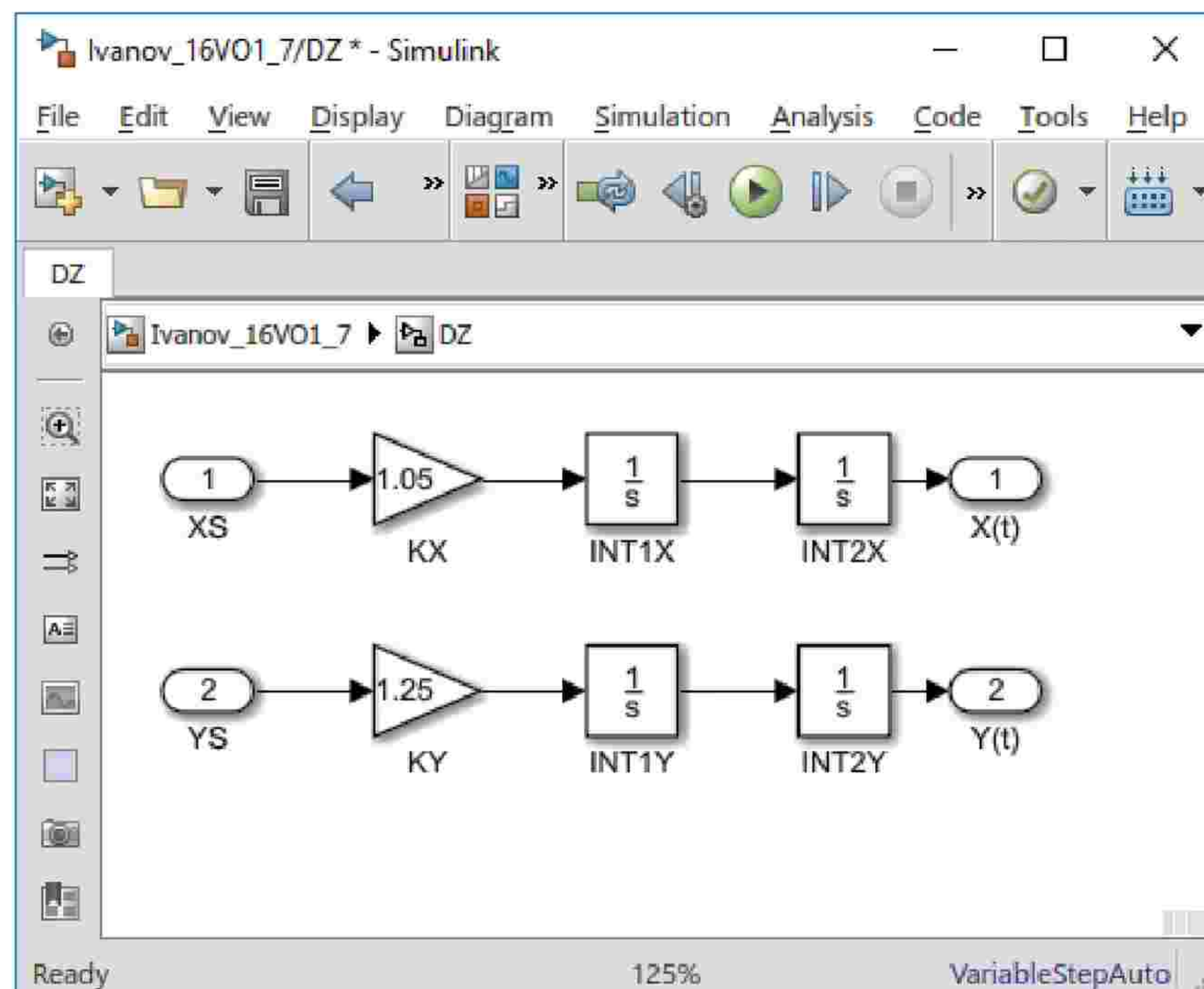


Рис. 3.22. Модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ



Динамическое звено реализует функцию:

$$X(t) = KX \cdot \text{Int}[\text{Int}(XS - UX)], \quad (3.15)$$

$$Y(t) = KY \cdot \text{Int}[\text{Int}(YS - UY)]. \quad (3.16)$$

В данном случае  $KX = 1,05$ ,  $KY = 1,25$ .

Модель подсистемы DZ, выполняющей функцию динамического звена динамической системы, представлена на рис. 3.22.

Модель динамического звена состоит:

- из умножителя  $KX$  и двух интеграторов INT1X, INT2X, причем вход умножителя  $KX$  подключен к выходу источника ступенчато изменяющегося сигнала  $X$  подсистемы формирования входных сигналов PFVS и выходу  $UX$  подсистемы управления;
- из умножителя  $KY$  и двух интеграторов INT1Y, INT2Y, причем вход умножителя  $KY$  подключен к выходу источника ступенчато изменяющегося сигнала  $Y$  подсистемы формирования входных сигналов PFVS и выходу  $UY$  подсистемы управления.

Модель подсистемы DZ, выполняющей функцию динамического звена динамической системы, построена в соответствии с формулами (3.15) и (3.16) и методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

Параметры элементов подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, установить в соответствии с рис. 3.22.

3.3. Построить модель подсистемы управления динамической системой PUXY.

Модель подсистемы управления PUXY представлена на рис. 3.23.

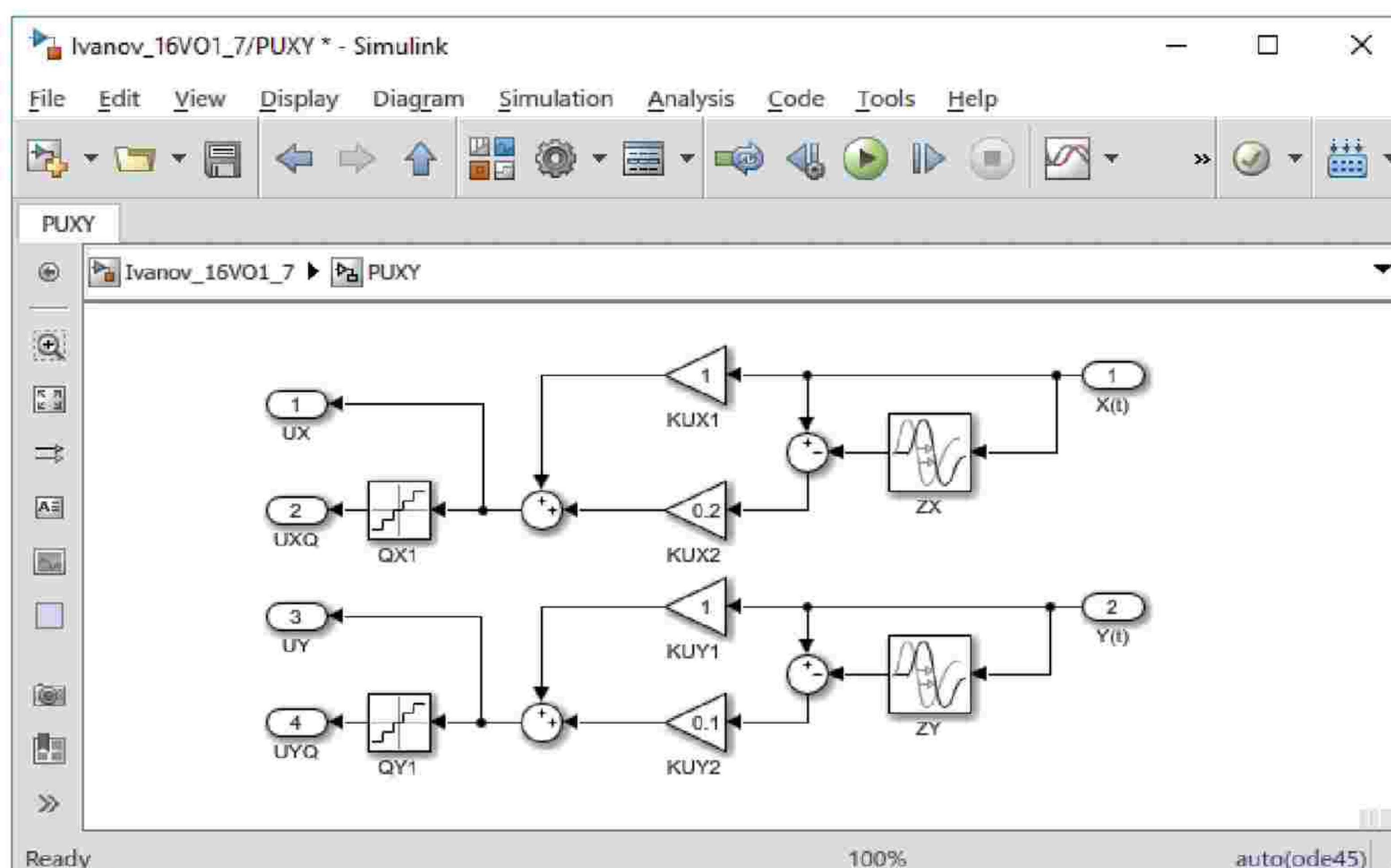


Рис. 3.23. Модель подсистемы управления PUXY



Модель подсистемы управления состоит:

- из квантователя QX1, двух умножителей KUX1 и KUX2, линии задержки ZX;
- из квантователя QY1, двух умножителей KUY1 и KUY2, линии задержки ZY.

Модель подсистемы управления динамической системы PUXY построена в соответствии с формулами (3.14) и (3.15) и методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

Сигналы на выходе подсистемы управления UXQ и UYQ выражаются формулой (3.15).

Параметры элементов подсистемы управления PUXY установить в соответствии с рис. 3.23–3.27.

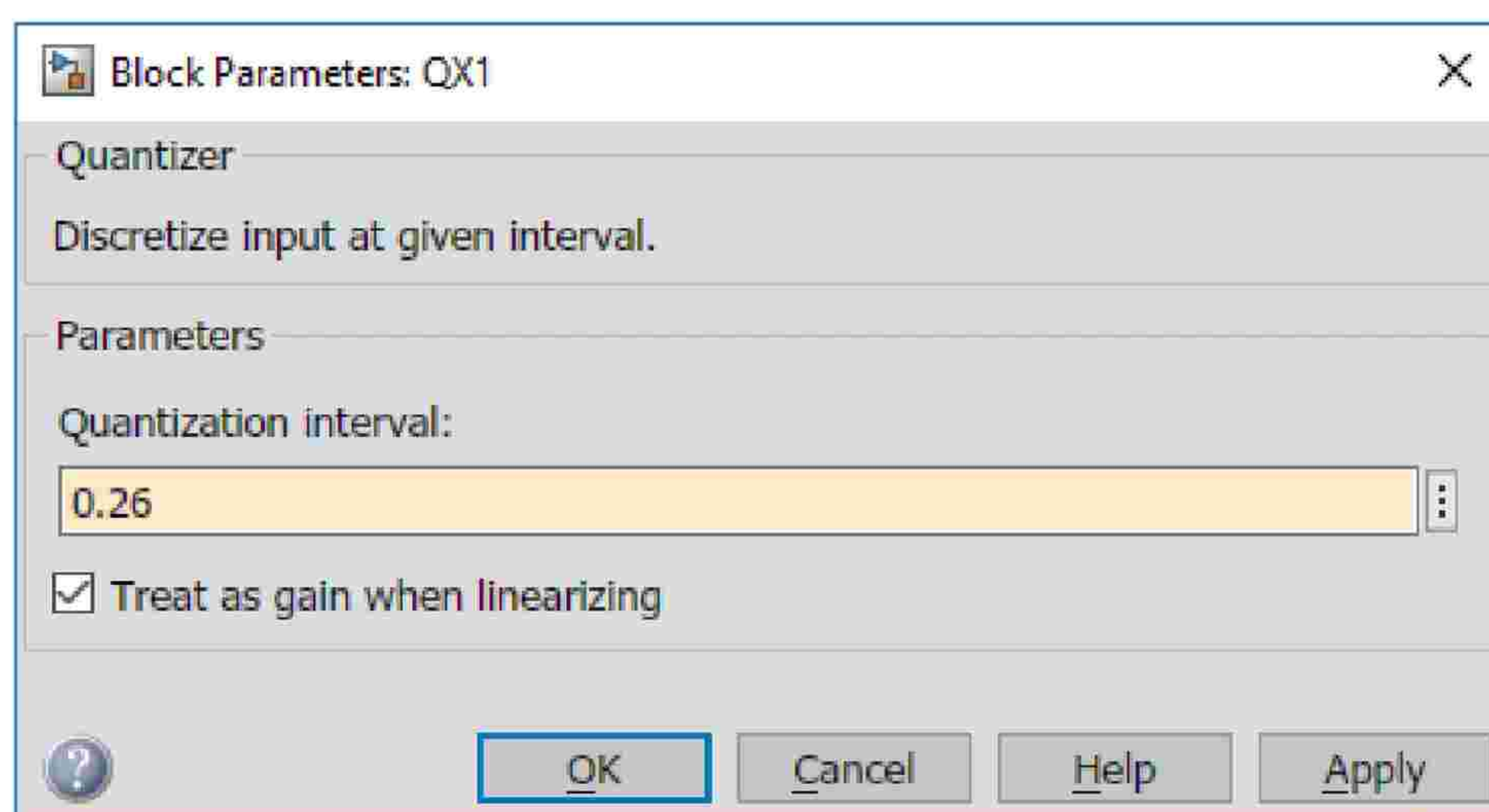


Рис. 3.24. Параметры настройки элемента QX1

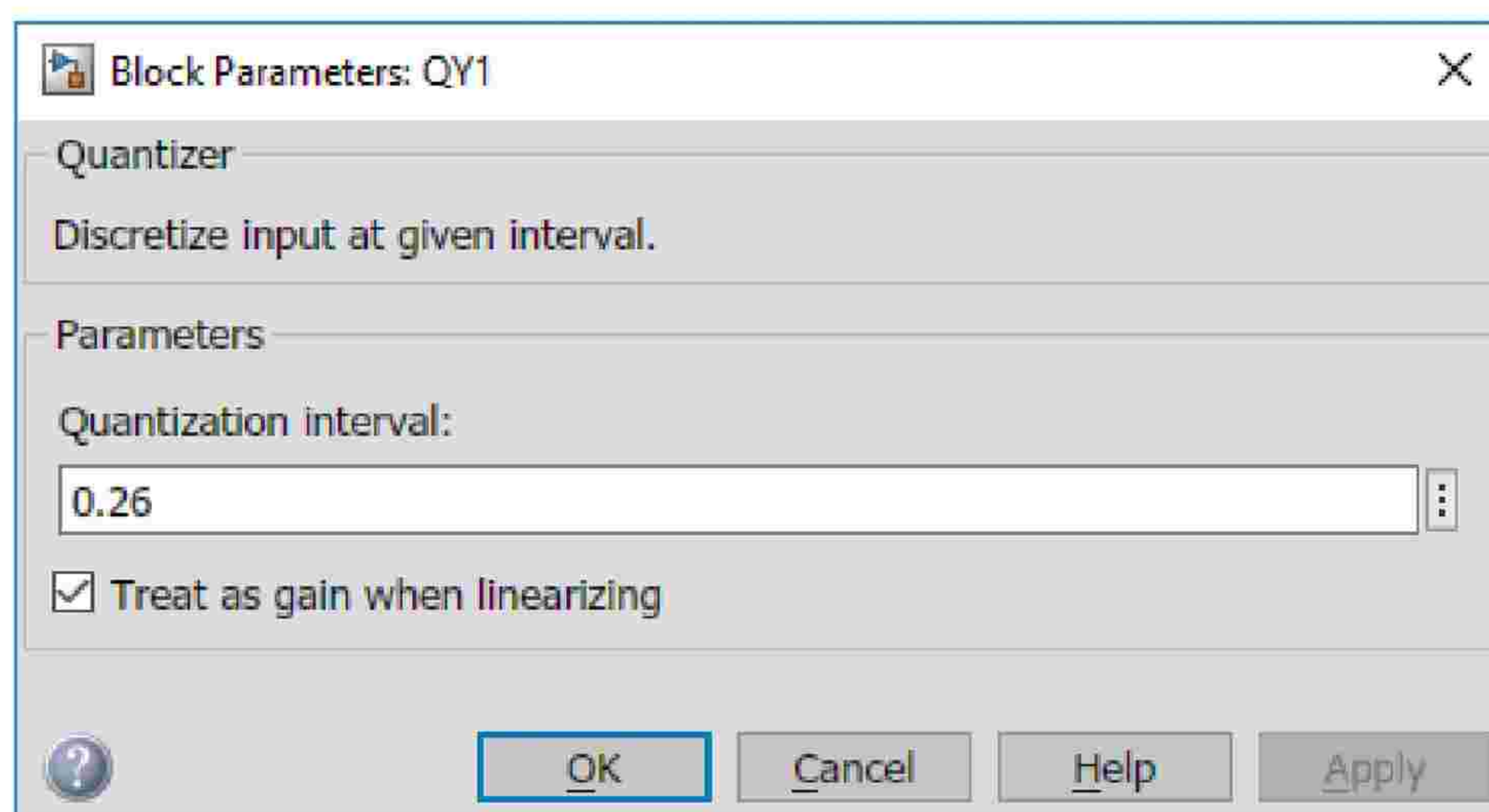


Рис. 3.25. Параметры настройки элемента QY1



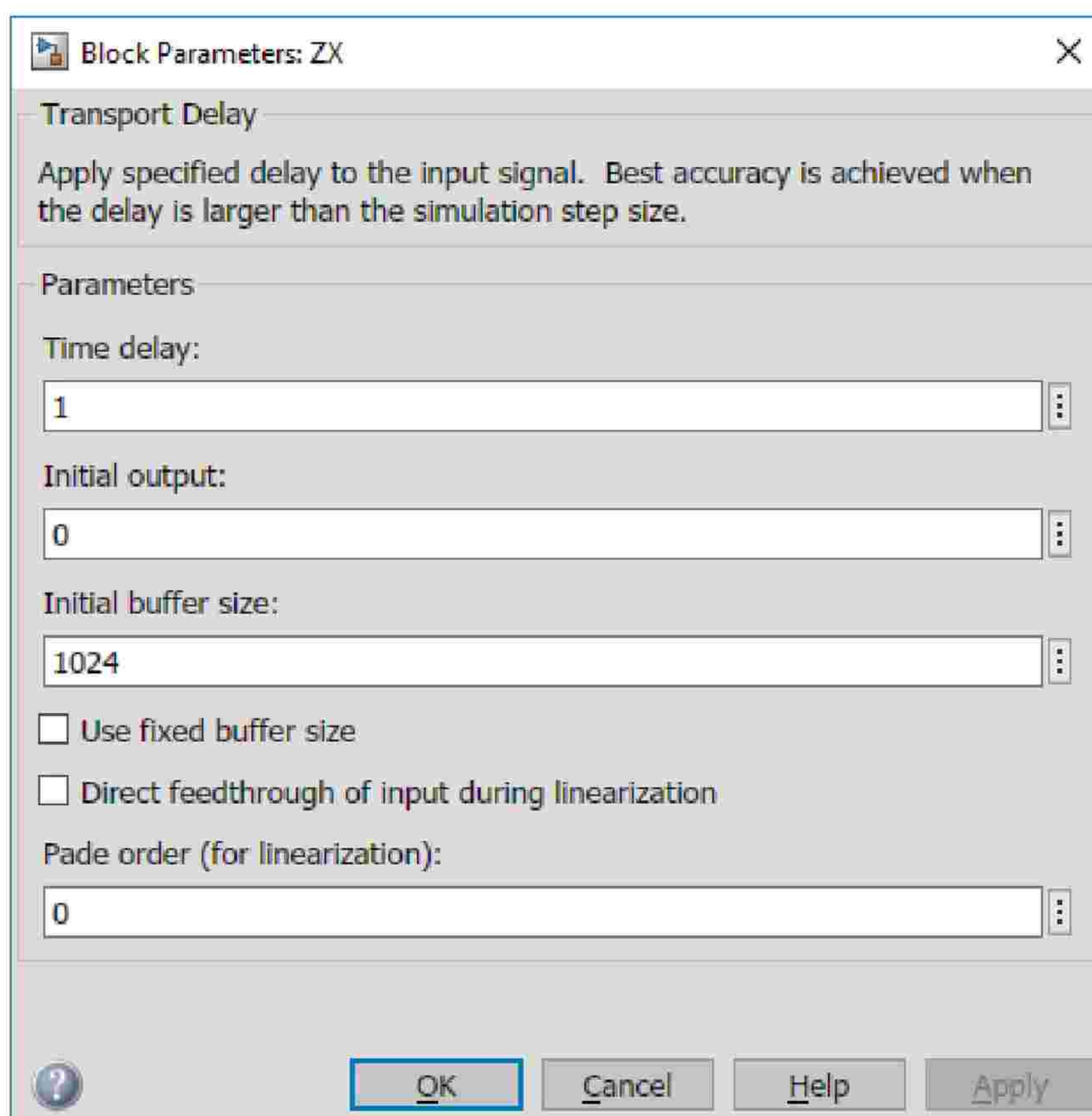


Рис. 3.26. Параметры настройки элемента ZX

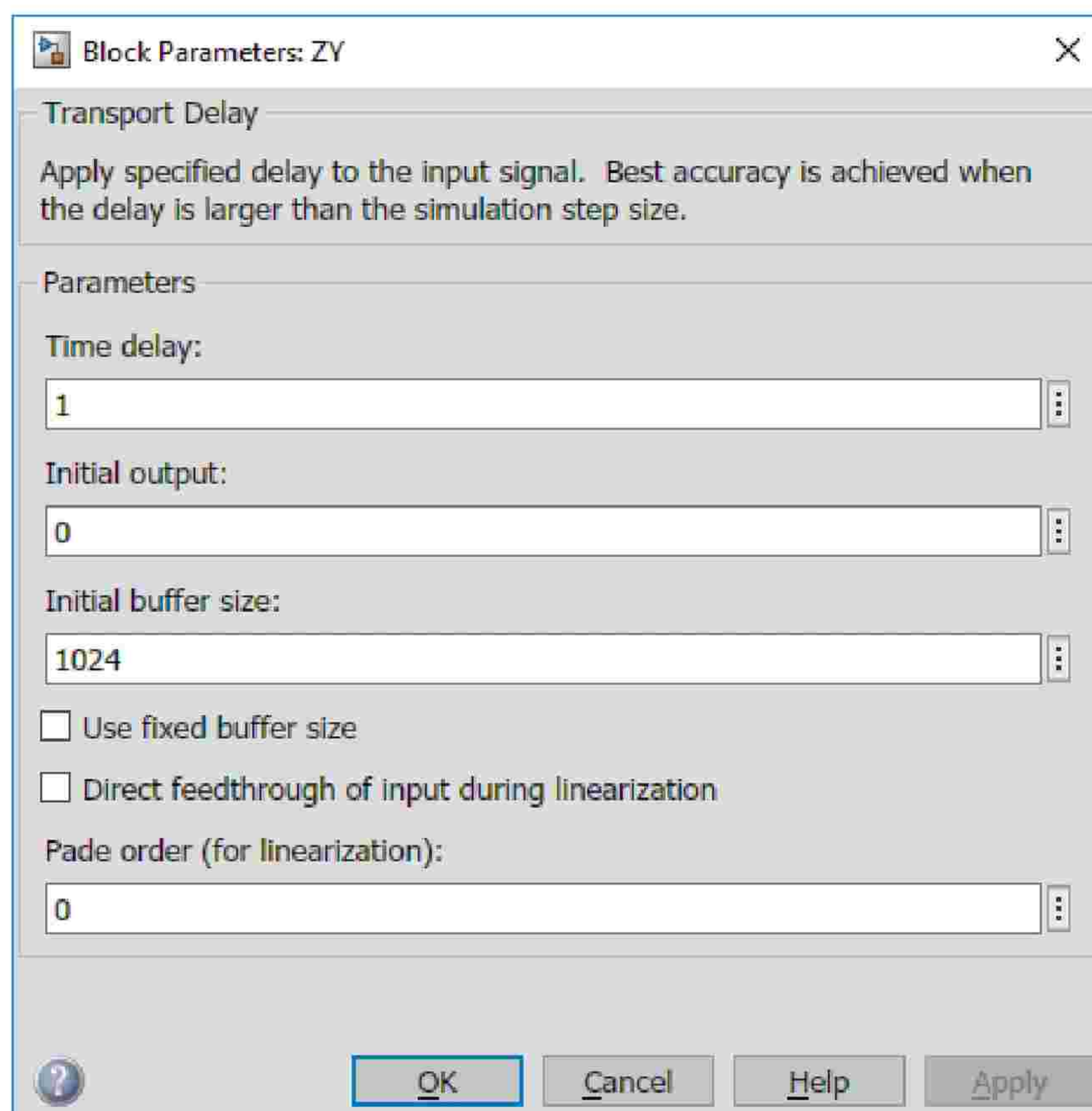


Рис. 3.27. Параметры настройки элемента ZY



3.4. Построить модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов динамической системы, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

Модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, представлена на рис. 3.28.

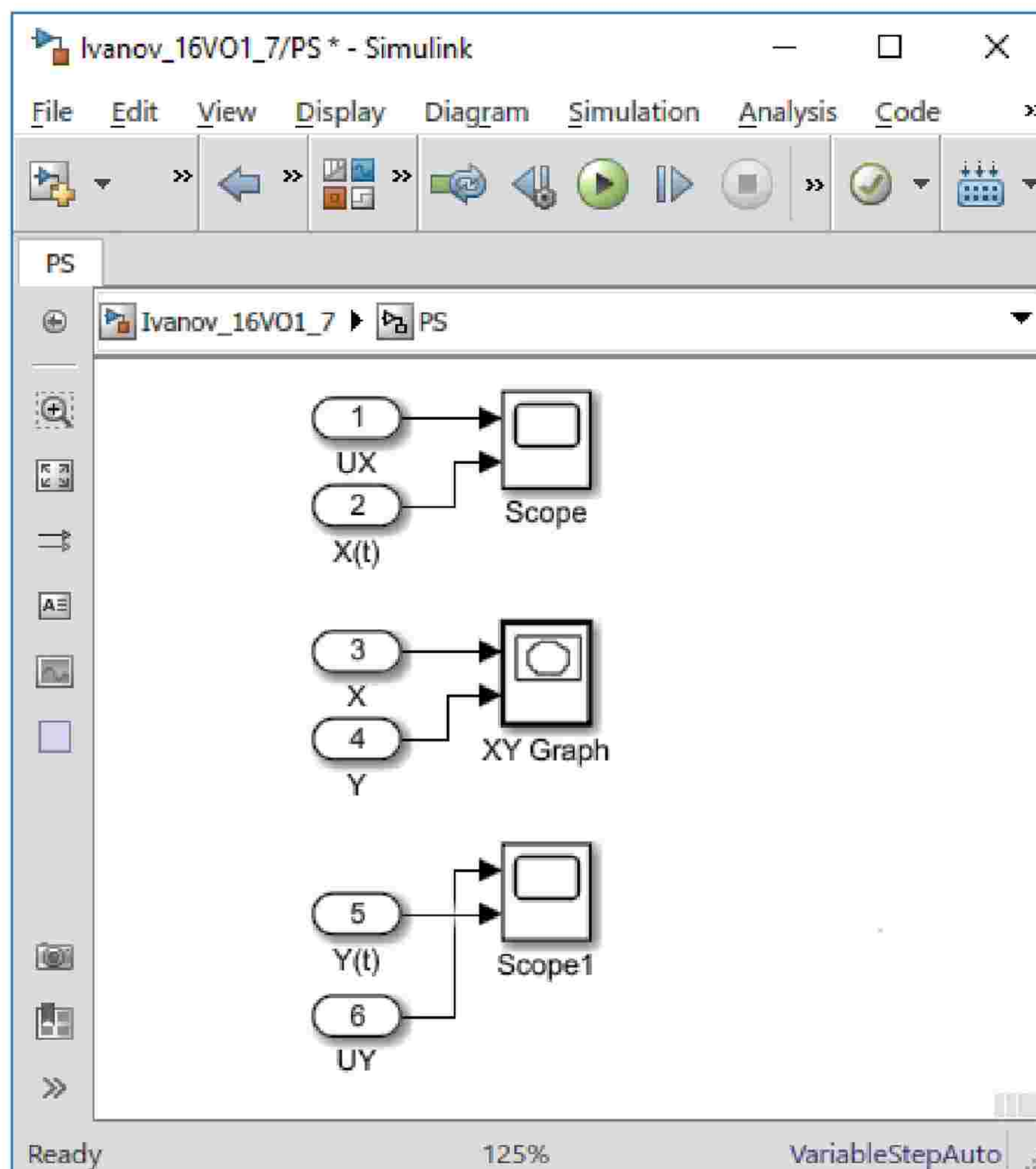


Рис. 3.28. Модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов

Модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, состоит:

- из элемента осциллограф «Scope 1», на входы которого подаются сигналы: UX или UXQ с выхода подсистемы управления в зависимости от положения переключателя PX на вход UX и X(t) с выхода X(t) подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, на вход X(t);

- из элемента двухкоординатный осциллограф «XY Graph», на входы которого подаются сигналы: на вход X – сигнал X(t)



с выхода  $X(t)$  подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, и  $Y(t)$  с выхода  $Y(t)$  подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, на вход  $Y$ ;

– из элемента осциллограф «Scope 2», на входы которого подаются сигналы: на вход  $UY$  – сигнал  $UY$  или  $UYQ$  с выхода подсистемы управления в зависимости от положения переключателя  $PY$  и  $Y(t)$  с выхода  $Y(t)$  подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, на вход  $Y(t)$ .

Параметры элементов «Scope1» и «Scope2» подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, установить в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 5.

Параметры настройки элемента «XYGraph» установить в соответствии с рис. 3.29.

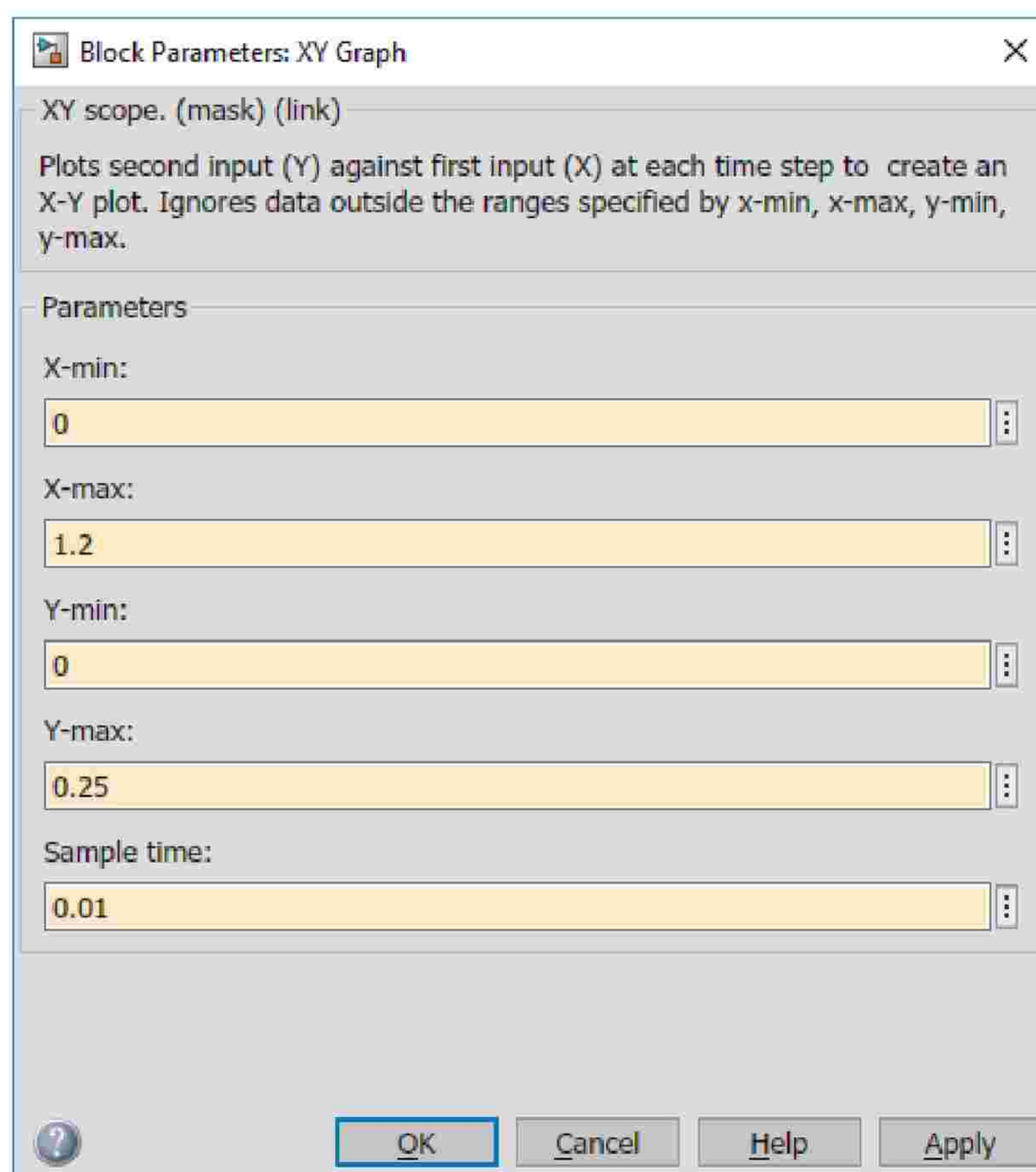


Рис. 3.29. Параметры настройки элемента «XYGraph»

3.5. Получить графики сигналов модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

Для проверки работы модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink необходимо построить графики сигналов (сигналов с входов элементов «Scope1» (рис. 3.30), «Scope2» (рис. 3.31), «XY Graph» (рис. 3.32)).



**Указание.** Установить положение переключателей РХ и РУ в модели динамической системы в соответствии с рис. 3.18.

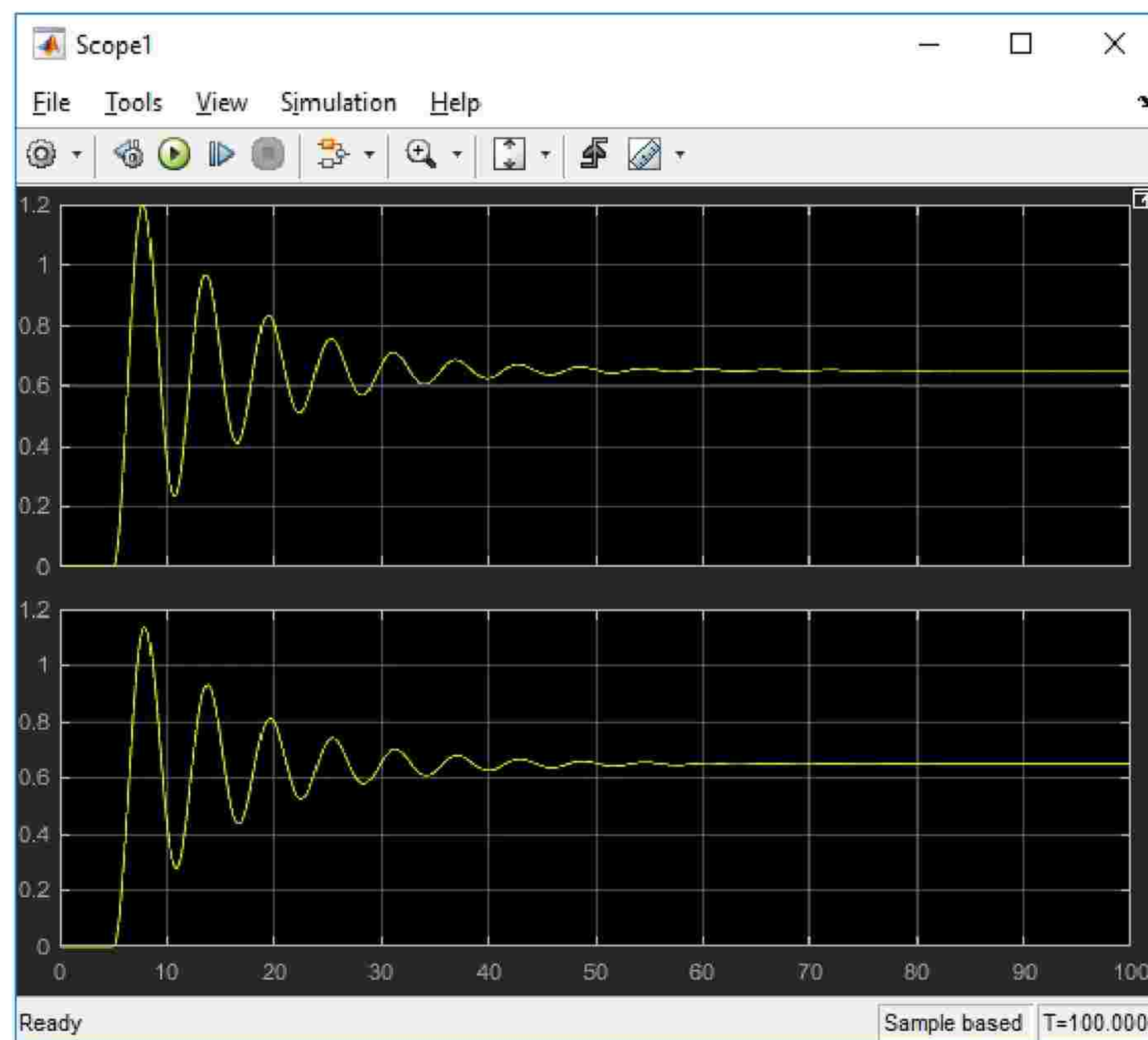


Рис. 3.30. Графики сигналов на входах элемента «Scope1»

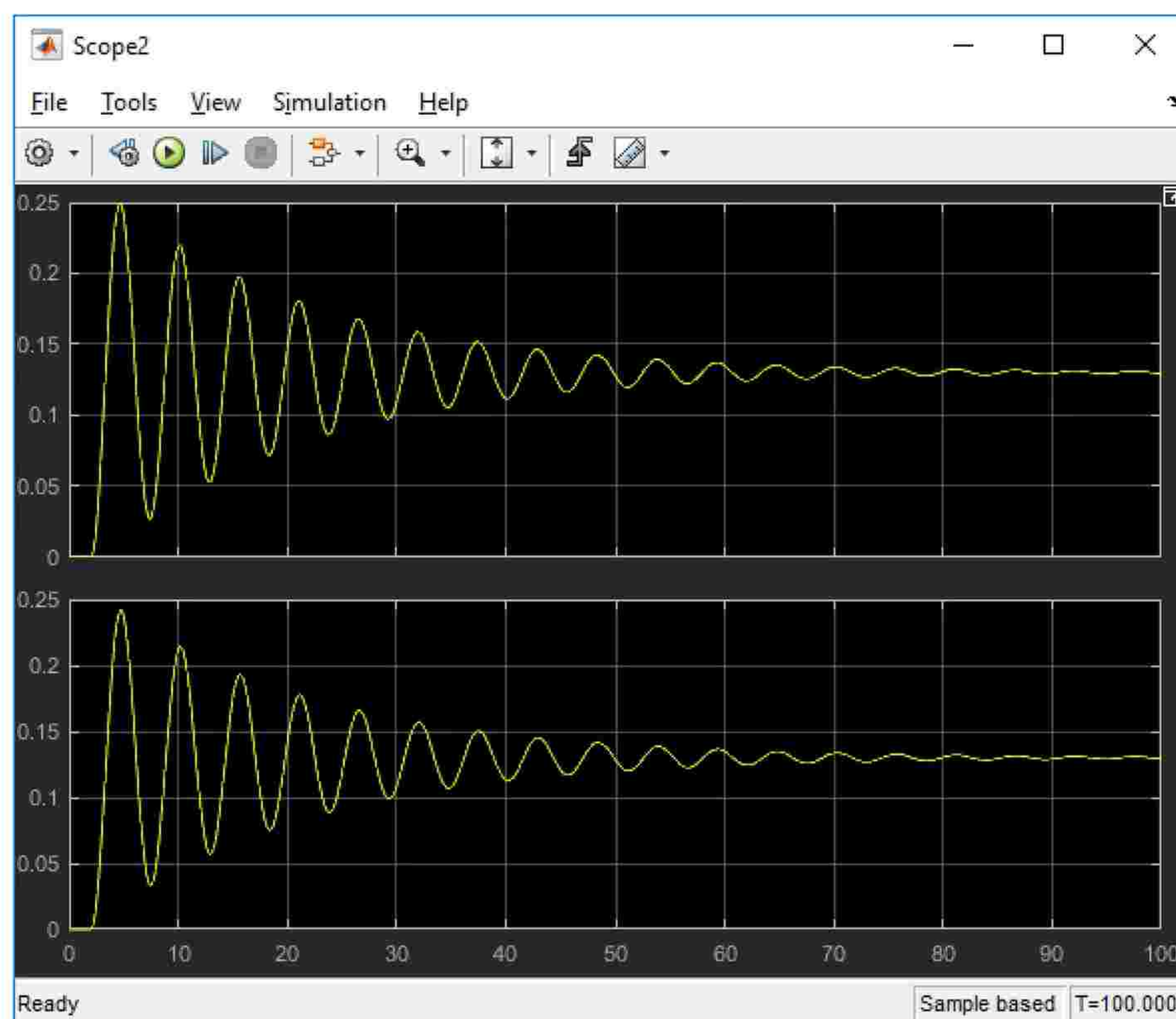


Рис. 3.31. Графики сигналов на входах элемента «Scope2»



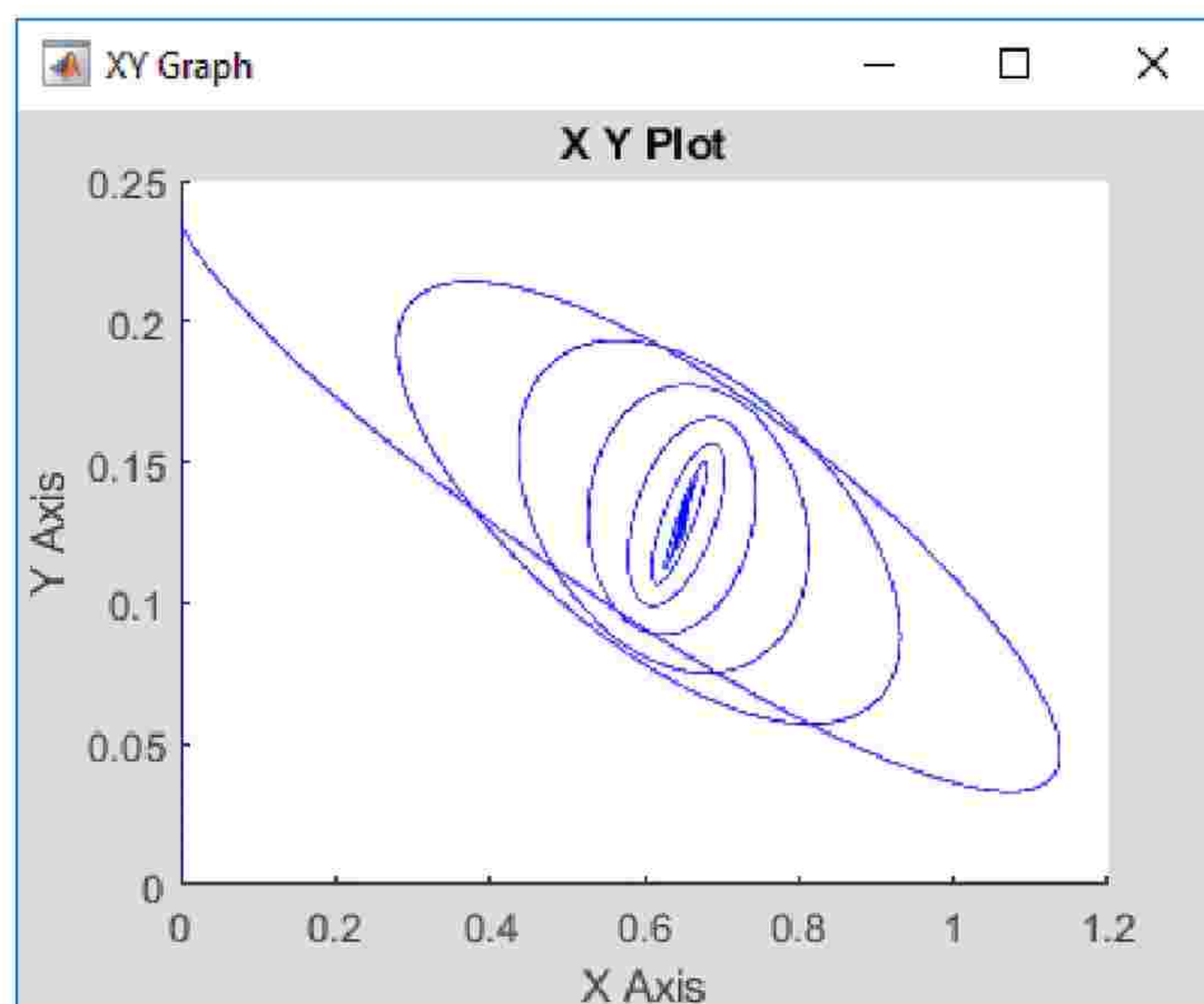


Рис. 3.32. График сигнала, полученный с помощью элемента «XY Graph»

**Указание.** Установить положение переключателей РХ и РY в модели динамической системы в соответствии с рис. 3.33.

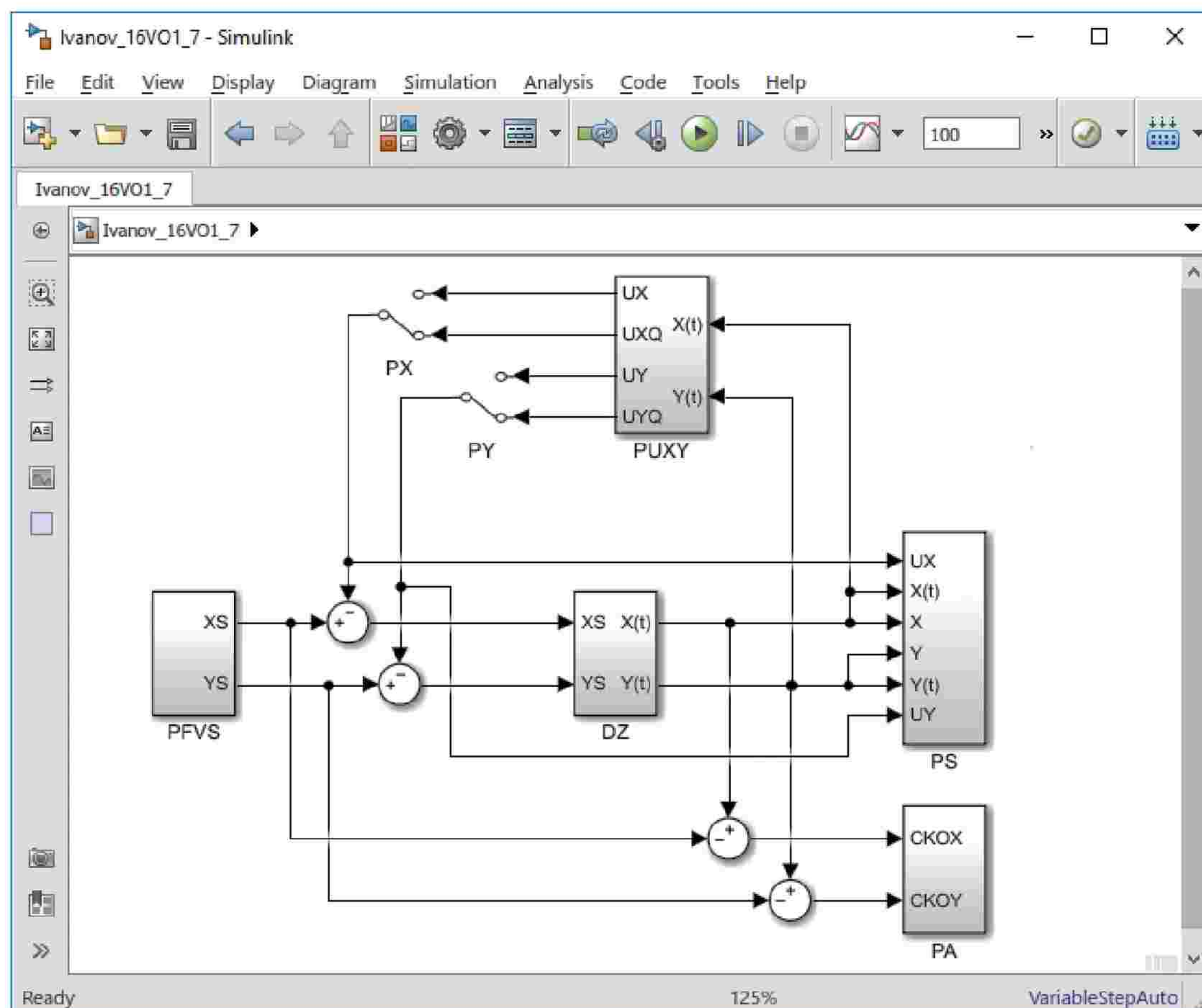


Рис. 3.33. Модель динамической системы с подсистемой анализа РА (переключатели РХ и РY установлены в нижнее положение)



Для проверки работы модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink необходимо запустить модель и построить графики сигналов (сигналов с входов элементов «Scope1» (рис. 3.34), «Scope2» (рис. 3.35), «XY Graph» (рис. 3.36)).

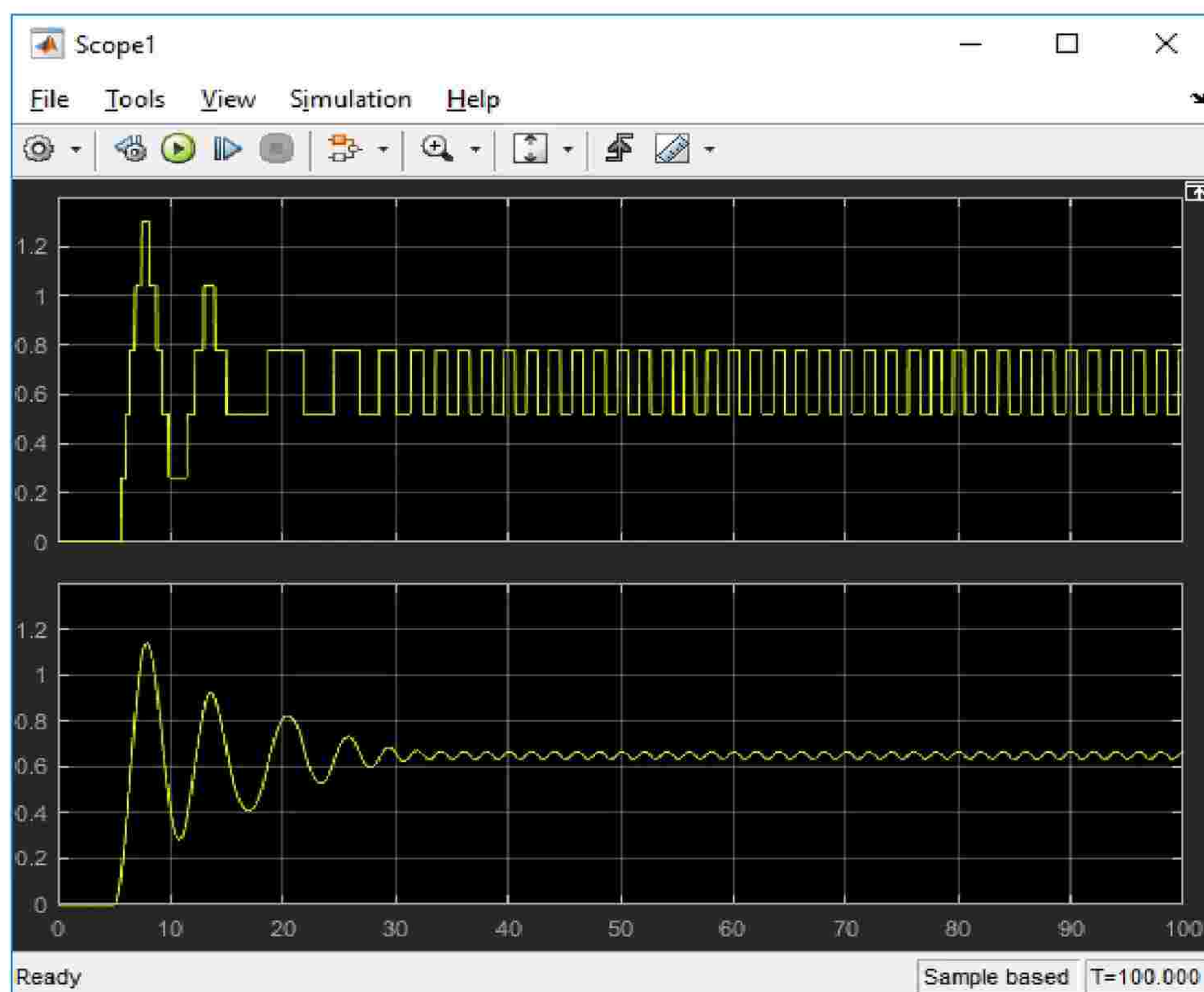


Рис. 3.34. Графики сигналов на входах элемента «Scope1»

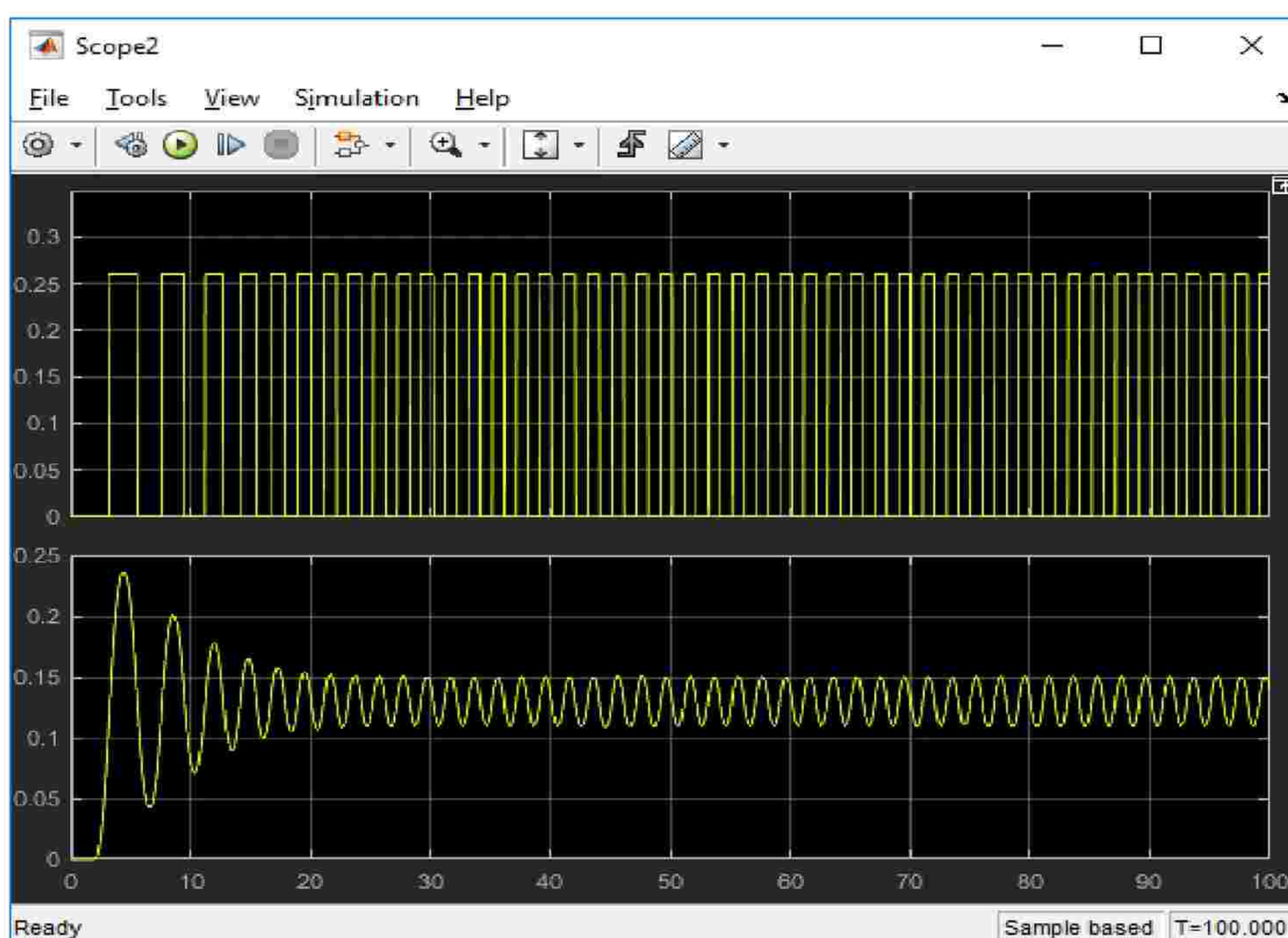


Рис. 3.35. Графики сигналов на входах элемента «Scope2»



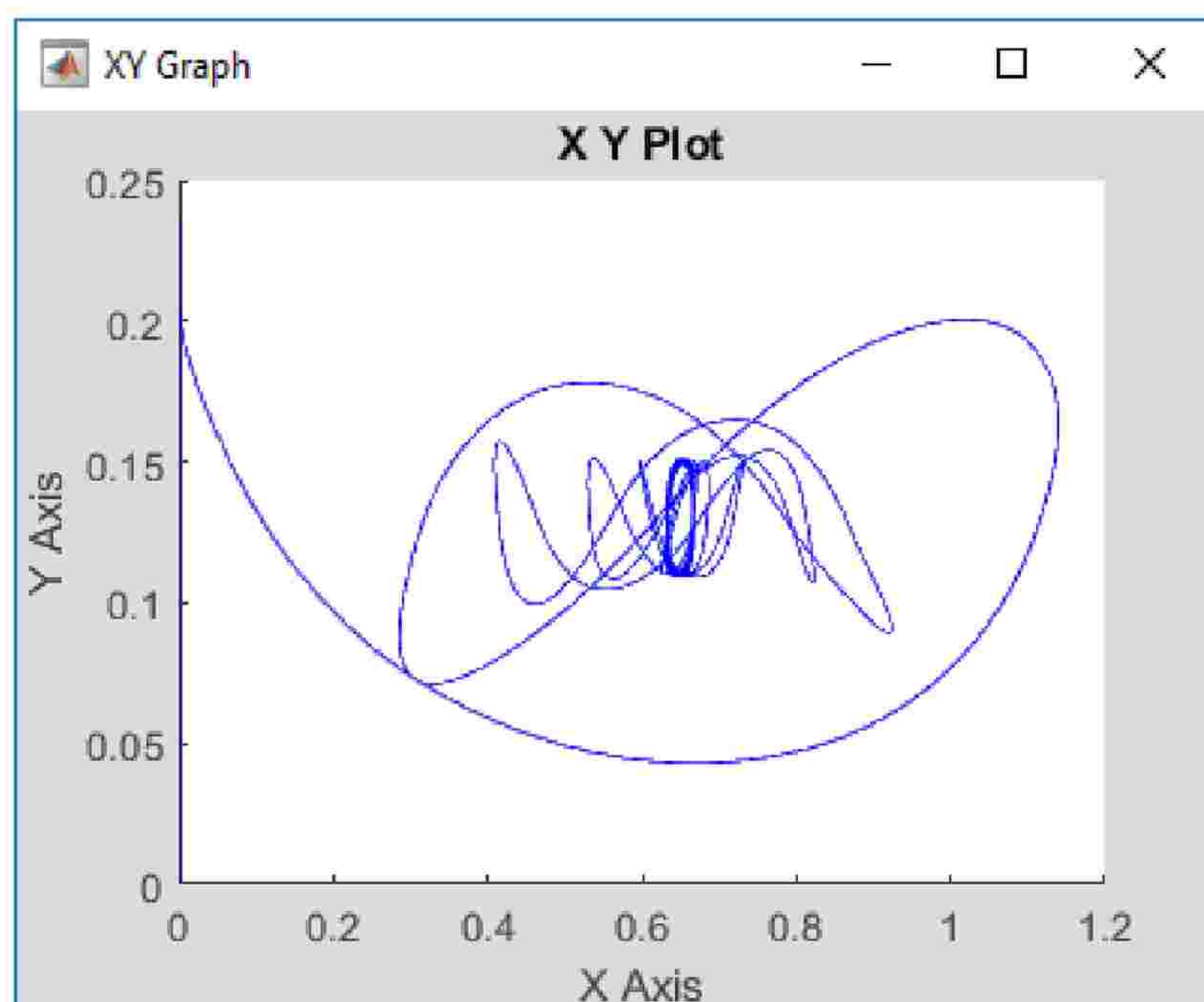


Рис. 3.36. График сигнала, полученный с помощью элемента «XY Graph»

3.6. Построить модель подсистемы анализа РА в соответствии с рис. 3.31.

Модель подсистемы анализа РА, реализующая функцию вычисления среднеквадратического отклонения (в соответствии с формулами (3.13) и (3.14)), представлена на рис. 3.37.

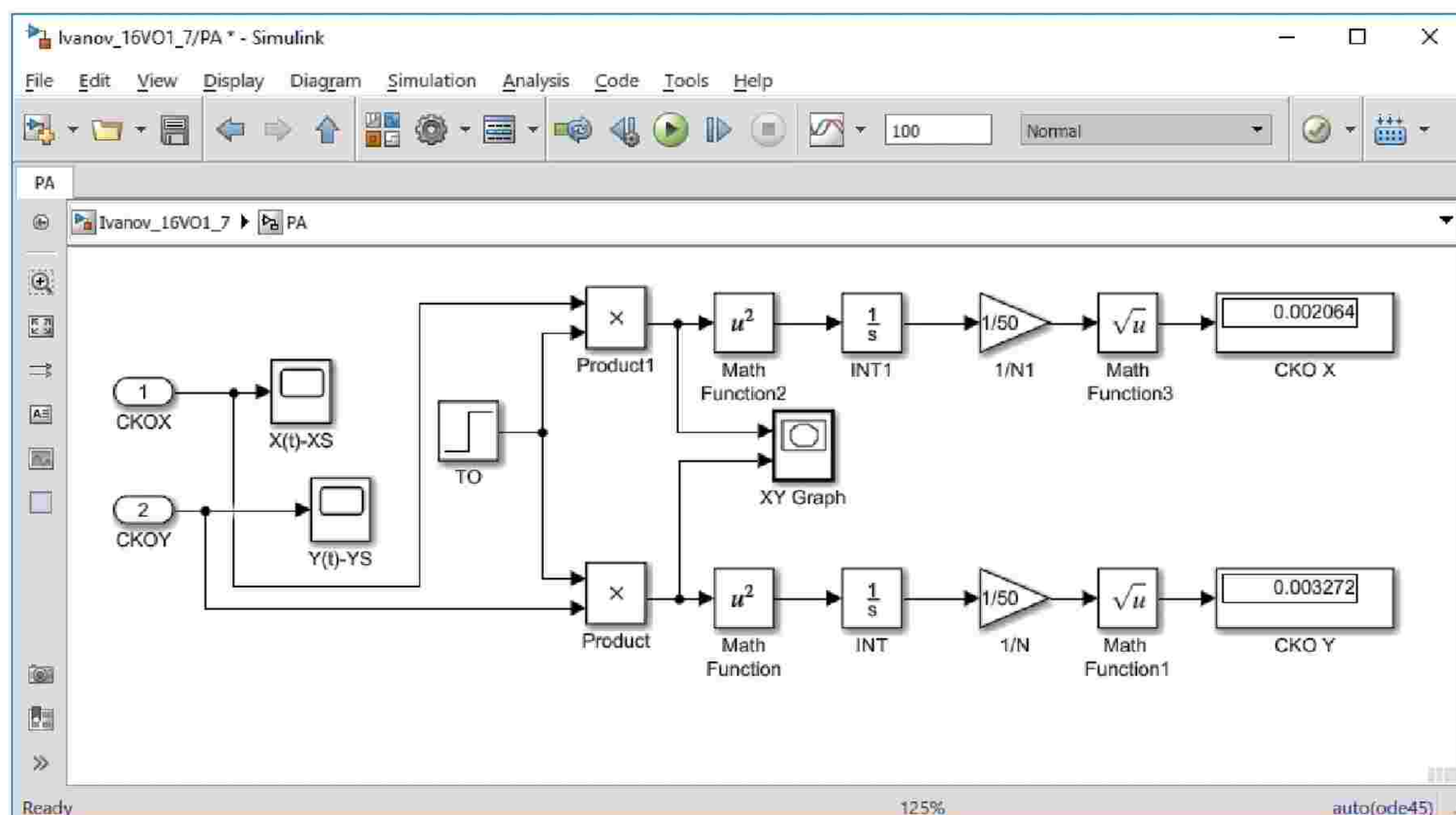


Рис. 3.37. Модель подсистемы анализа РА



Модель подсистемы анализа РА состоит:

- из элемента осциллограф «Scope» (см. на рис. 3.37 элемент « $X(t) - X_S$ »), на вход которого подается сигнал СКОХ, который вычисляется как разность сигналов  $X(t) - X_S$ , где  $X(t)$  – сигнал с выхода  $X(t)$  подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, а  $X_S$  – сигнал с выхода подсистемы формирования входных сигналов PFVS;
- из элемента осциллограф «Scope» (см. на рис. 3.37 элемент « $Y(t) - Y_S$ »), на вход которого подается сигнал СКОУ, который вычисляется как разность сигналов  $Y(t) - Y_S$ , где  $Y(t)$  – сигнал с выхода  $Y(t)$  подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, а  $Y_S$  – сигнал с выхода подсистемы формирования входных сигналов PFVS;
- из элемента источник ступенчато изменяющегося сигнала «TO»;
- из элемента «Product» для вычисления произведения значений амплитуд сигналов СКОУ и ТО;
- из элемента «Product1» для вычисления произведения значений амплитуд сигналов СКОХ и ТО;
- из элемента «Math Function» для реализации выбранной математической функции (функция возведения в квадрат значения амплитуды сигнала с выхода элемента «Product»);
- из элемента «Math Function2» для реализации выбранной математической функции (функция возведения в квадрат значения амплитуды сигнала с выхода элемента «Product1»);
- из элемента двухкоординатный осциллограф «XY Graph», на входы которого подаются сигналы: на вход X – сигнал с выхода элемента «Product», на вход Y – сигнал с выхода элемента «Product1»;
- из элемента интегратор «INT», на вход которого поступает сигнал с выхода элемента «Math Function»;
- из элемента интегратор «INT1», на вход которого поступает сигнал с выхода элемента «Math Function2»;
- из элемента умножитель «1/N», на вход которого поступает сигнал с выхода элемента «INT»;
- из элемента умножитель «1/N1», на вход которого поступает сигнал с выхода элемента «INT1»;
- из элемента «Math Function1» для реализации выбранной математической функции (функция извлечения квадратного корня из значения амплитуды сигнала с выхода элемента «1/N»);
- из элемента «Math Function3» для реализации выбранной математической функции (функция извлечения квадратного корня из значения амплитуды сигнала с выхода элемента «1/N1»);



- из элемента «Display» (см. на рис. 3.37 элемент «СКО X») для отображения значения сигнала с выхода элемента «Math Function3»;
- из элемента «Display» (см. на рис. 3.37 элемент «СКО Y») для отображения значения сигнала с выхода элемента «Math Function1».

Элементы подсистемы анализа РА: «ТО», «Product1», «Math Function2», «INT1», «1/N1», «Math Function3», используются для вычисления значения среднеквадратического отклонения амплитуды сигнала  $X(t)$  – сигнала с выхода  $X(t)$  подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, от амплитуды сигнала  $X_S$  – сигнала с выхода подсистемы формирования входных сигналов PFVS.

Элементы подсистемы анализа РА: «ТО», «Product», «Math Function», «INT», «1/N», «Math Function1», используются для вычисления значения среднеквадратического отклонения амплитуды сигнала  $Y(t)$  – сигнала с выхода  $Y(t)$  подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, от амплитуды сигнала  $Y_S$  – сигнала с выхода подсистемы формирования входных сигналов PFVS.

Далее в соответствии с рис. 3.37 необходимо настроить параметры элементов «1/N», «1/N1». В соответствии с рис. 3.38–3.49 необходимо настроить параметры элементов: «ТО», «Math Function», «Math Function1», «Math Function2», «Math Function3», « $X(t) - X_S$ », « $Y(t) - Y_S$ », «XY Graph», «СКО X», «СКО Y».

В данном случае время  $T_0$  начала вычисления СКОХ и СКОУ зададим равным 50 ( $T_0 = 50$ ).

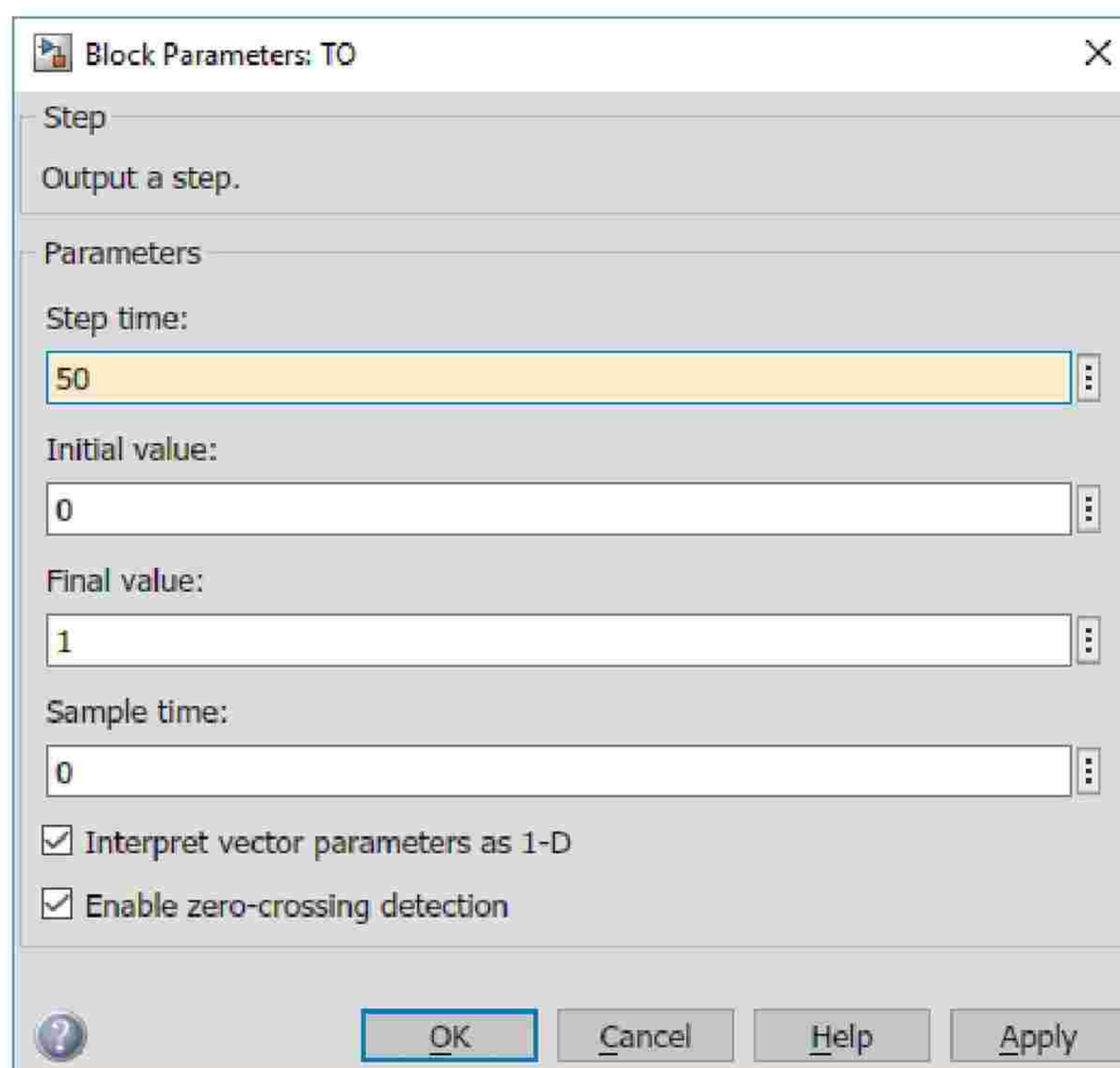


Рис. 3.38. Параметры настройки элемента «ТО»



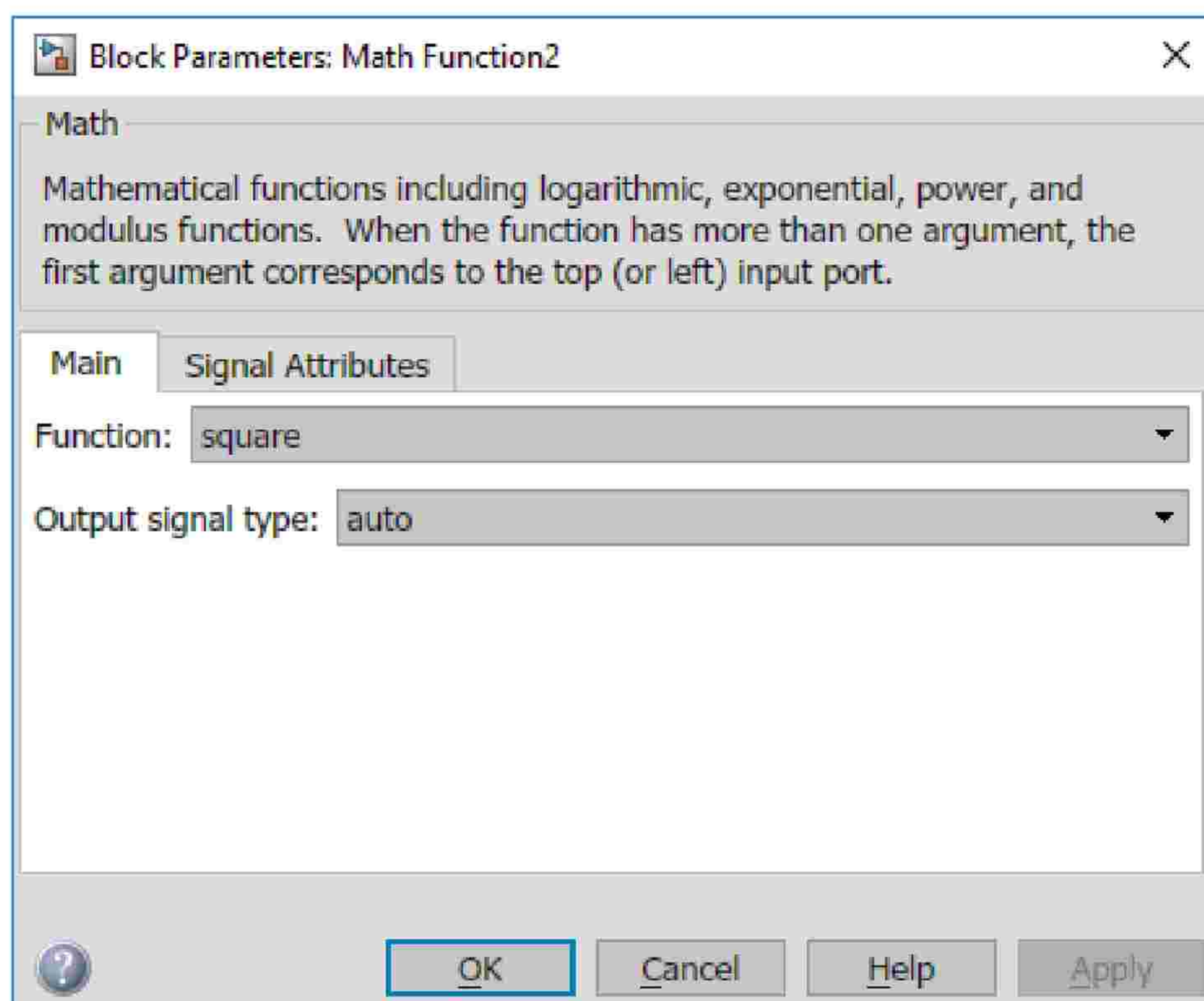


Рис. 3.39. Параметры настройки элемента «Math Function2»

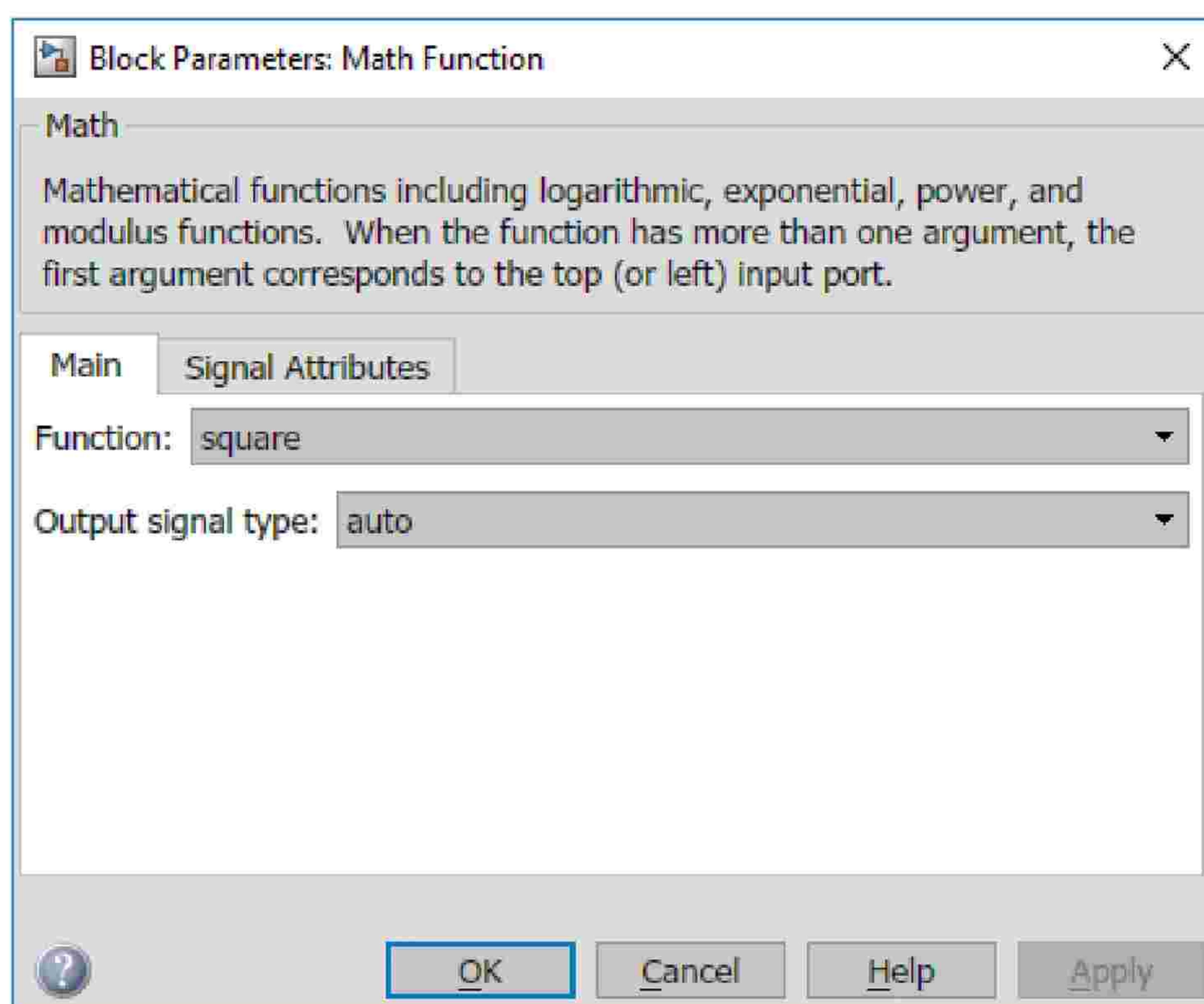


Рис. 3.40. Параметры настройки элемента «Math Function»



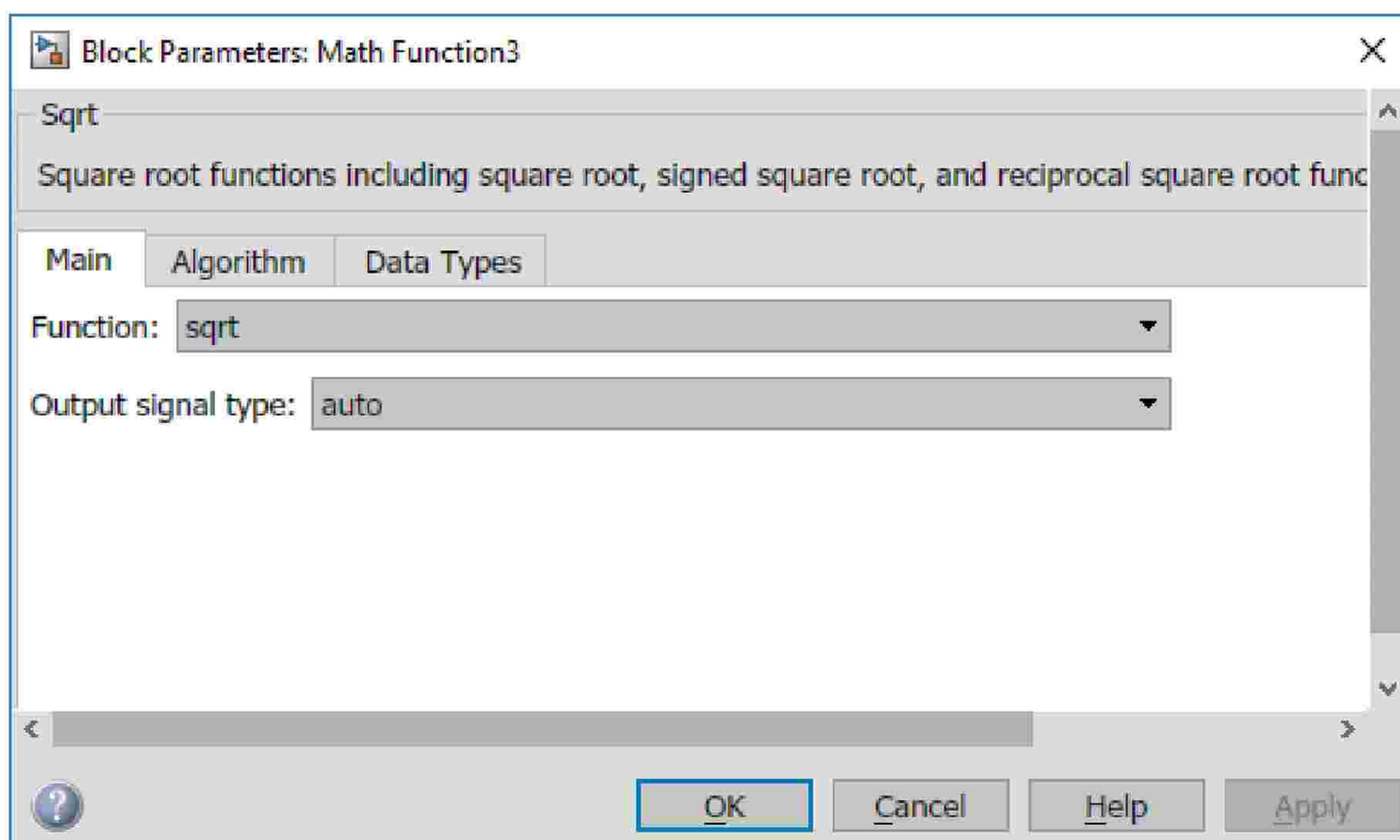


Рис. 3.41. Параметры настройки элемента «Math Function3»

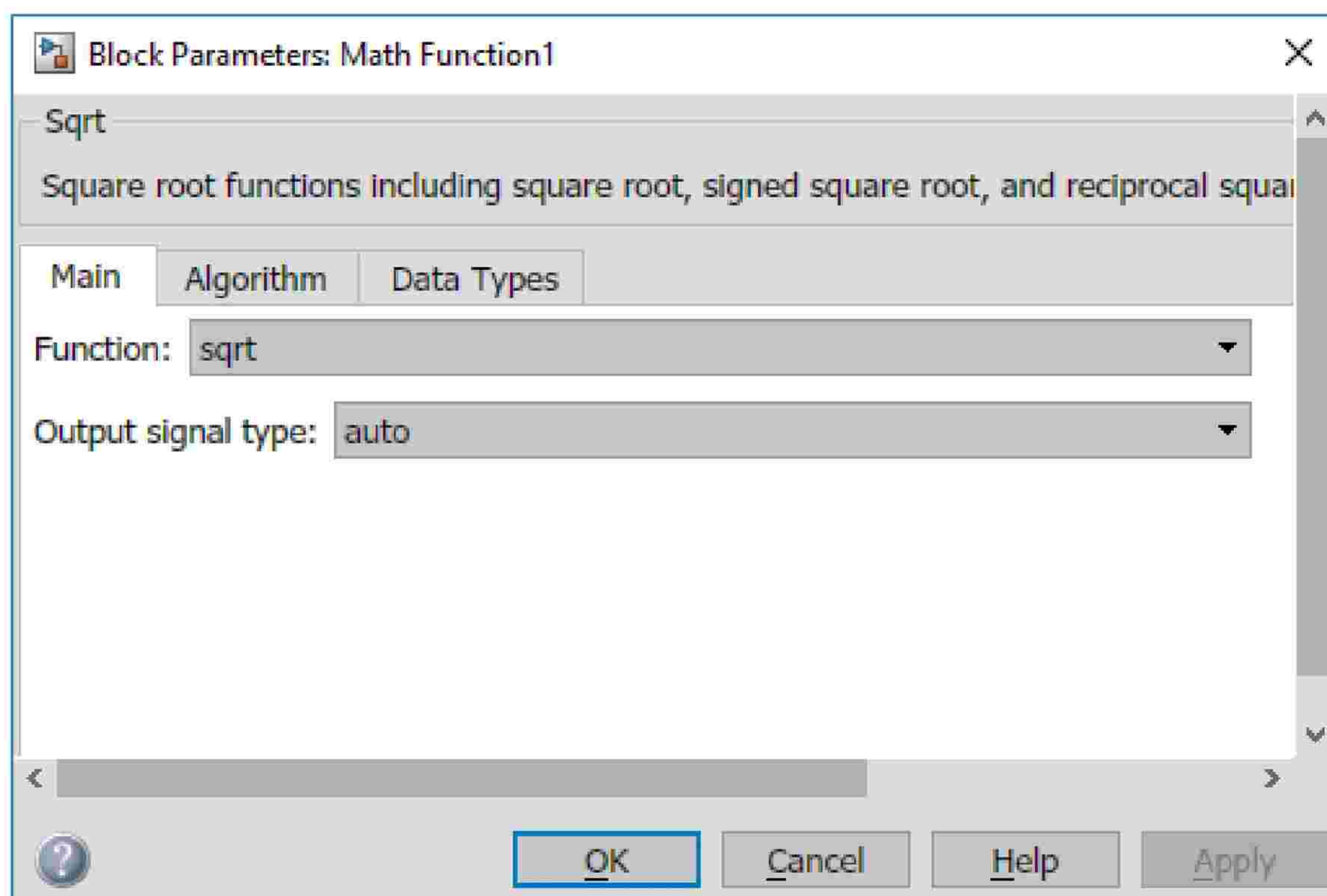


Рис. 3.42. Параметры настройки элемента «Math Function1»



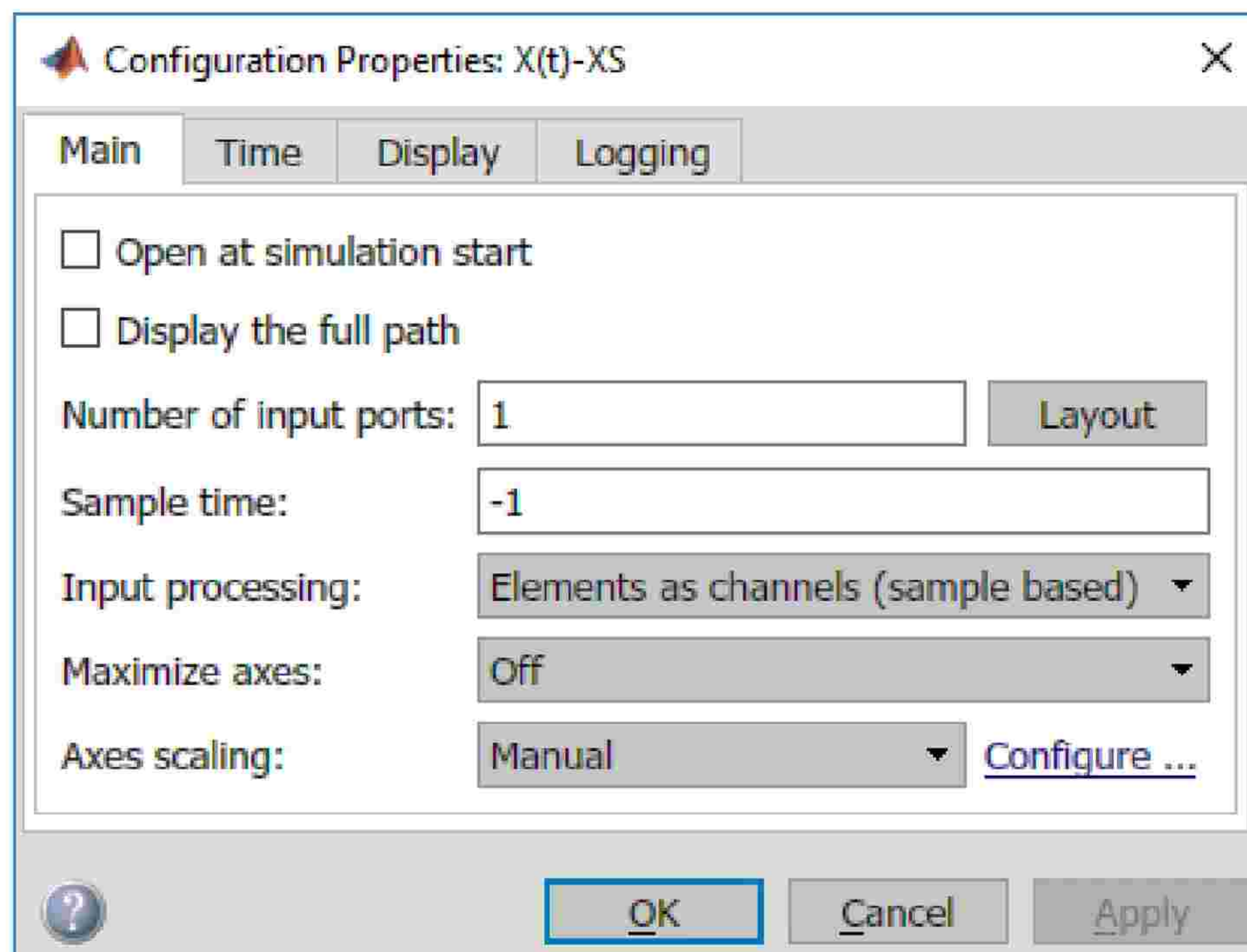


Рис. 3.43. Параметры настройки элемента «X(t) – XS»  
(вкладка «General»)

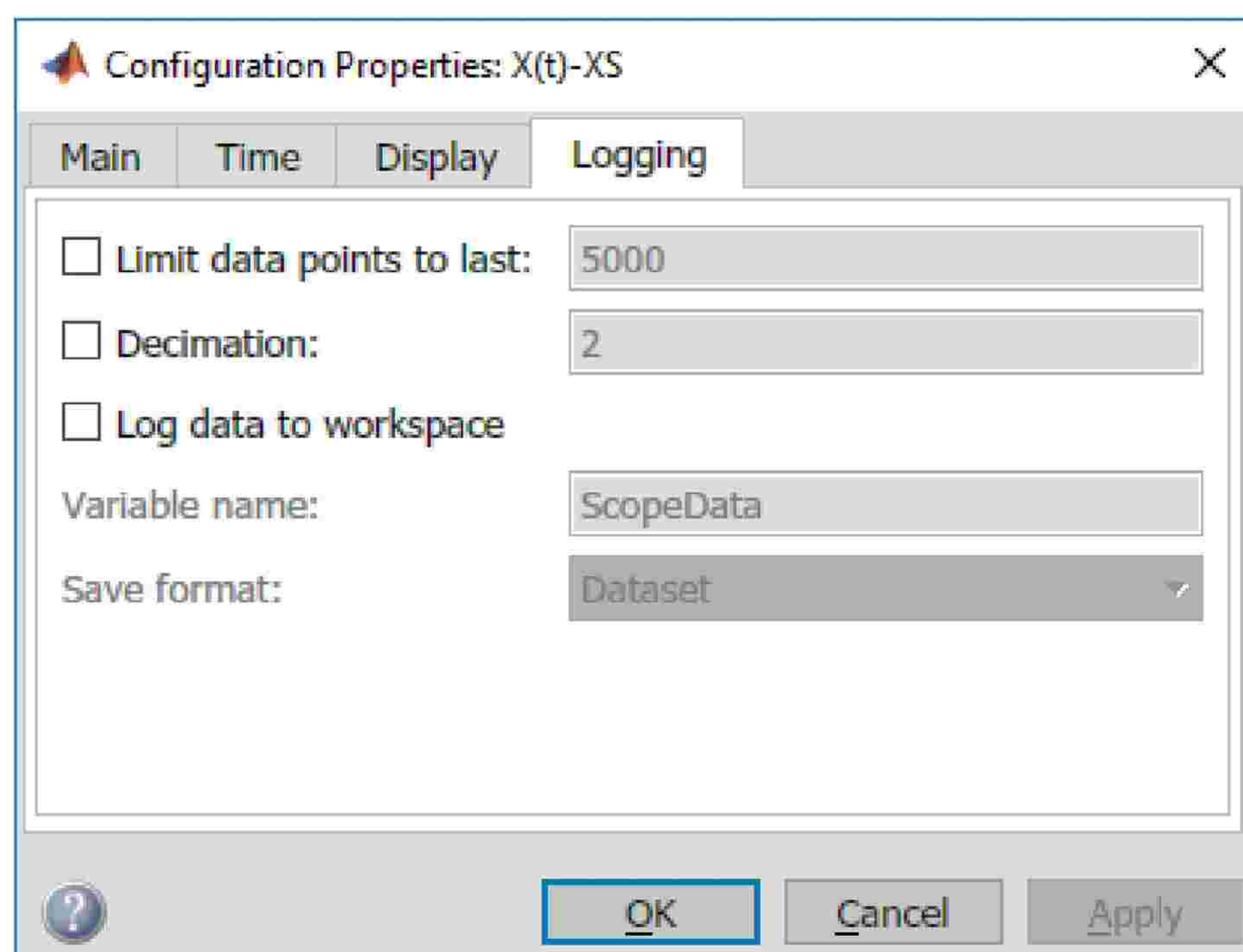


Рис. 3.44. Параметры настройки элемента «X(t) – XS»  
(вкладка «Data History»)



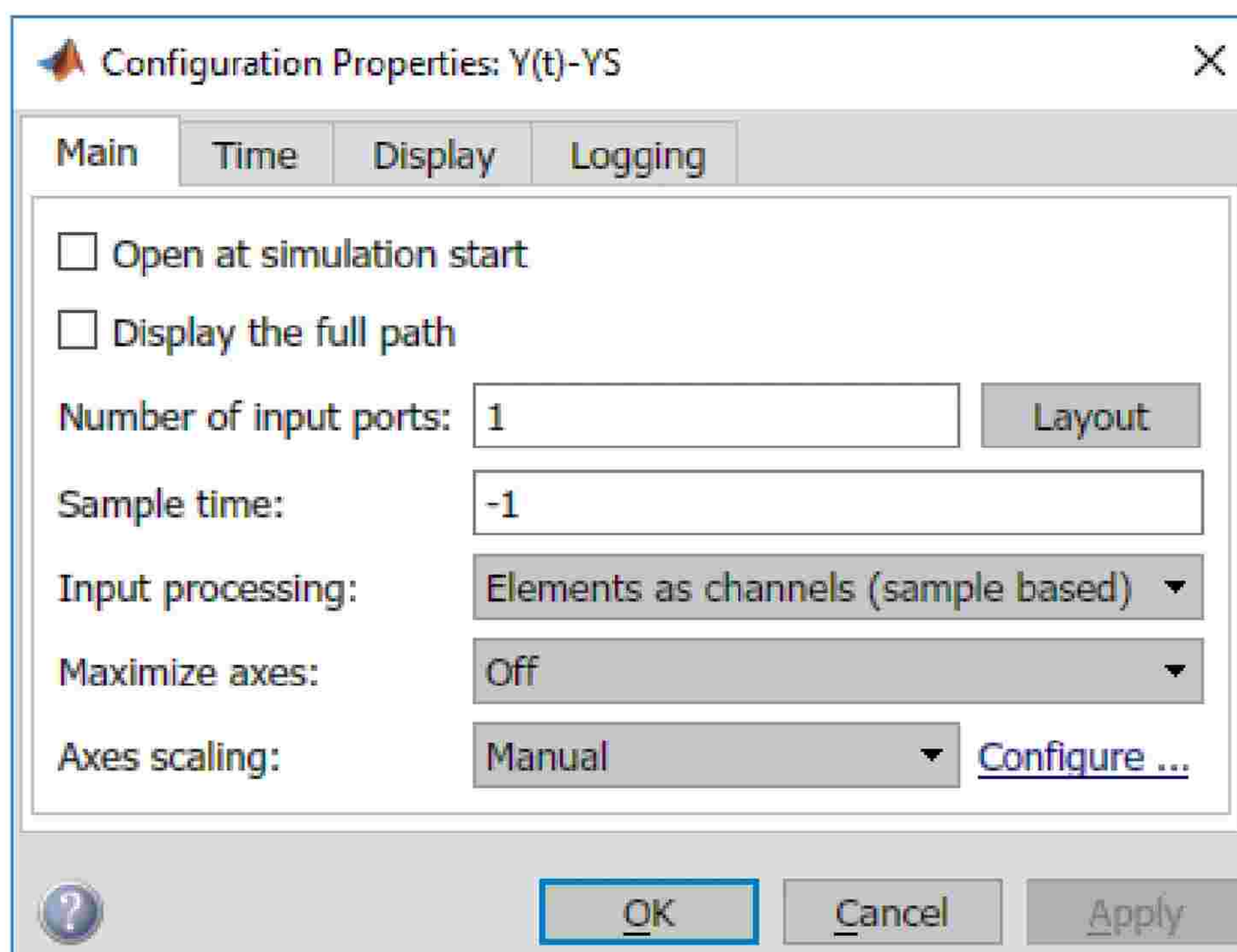


Рис. 3.45. Параметры настройки элемента «Y(t) – YS»  
(вкладка «General»)

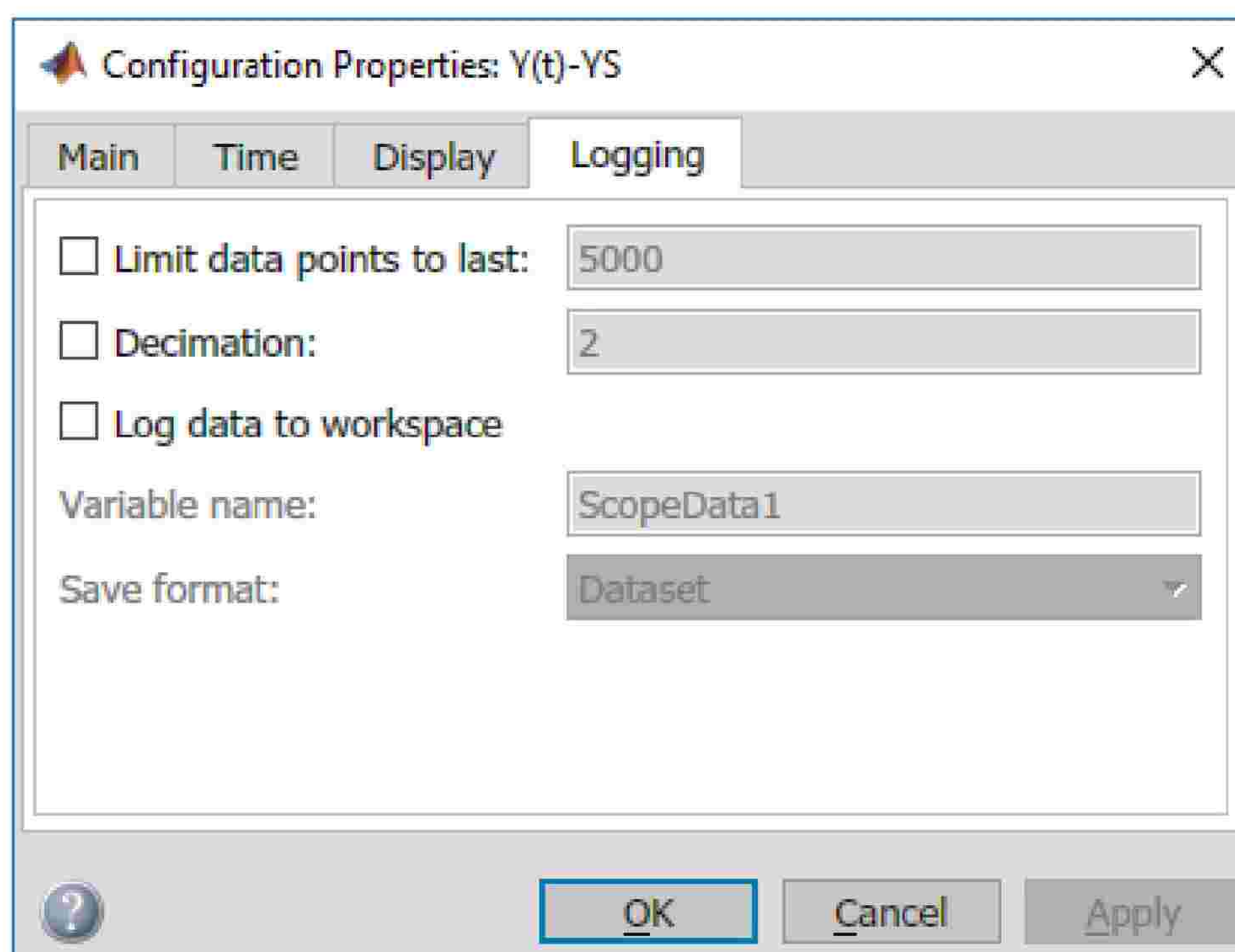


Рис. 3.46. Параметры настройки элемента «Y(t) – YS»  
(вкладка «Data History»)



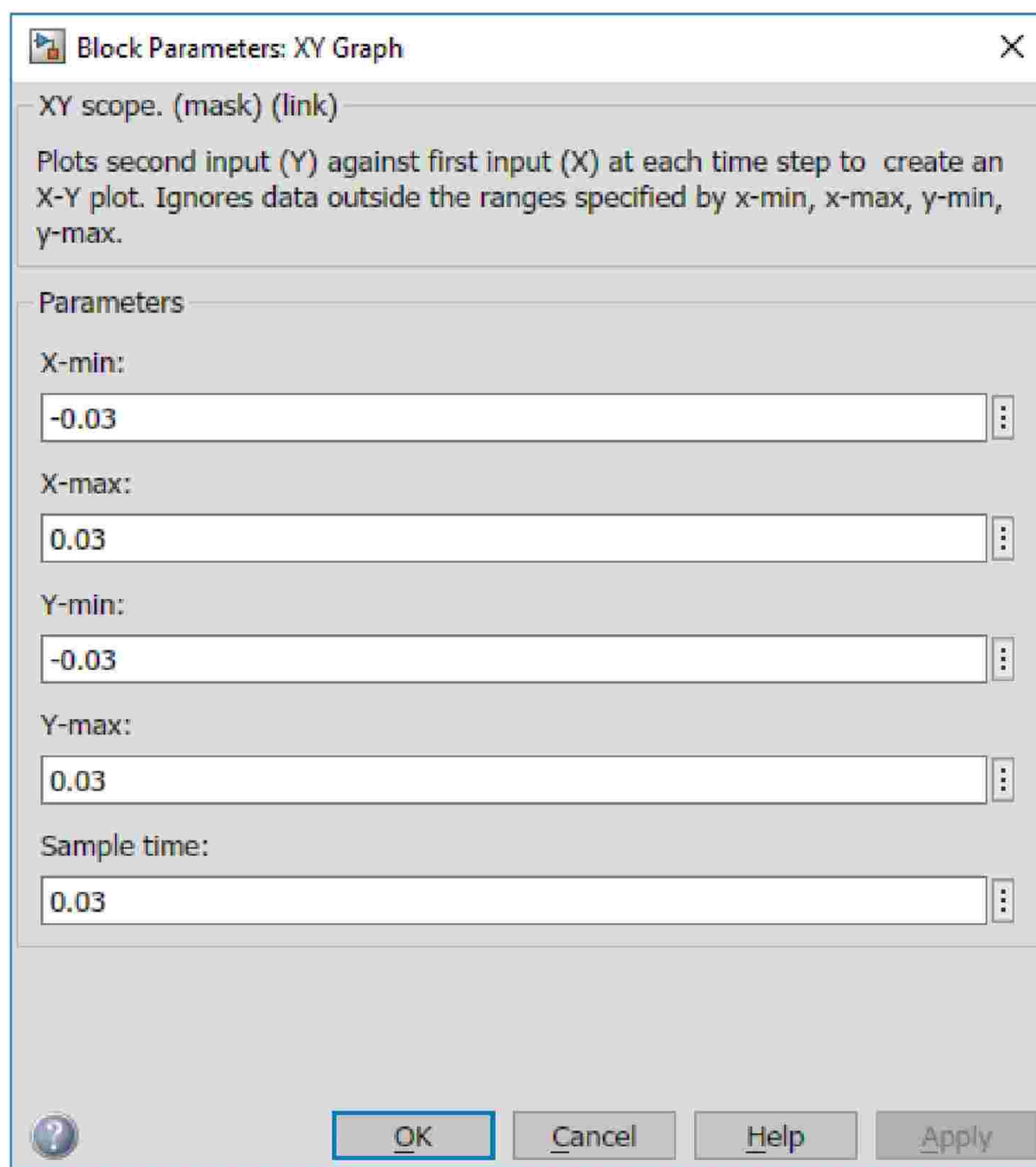


Рис. 3.47. Параметры настройки элемента «XY Graph»

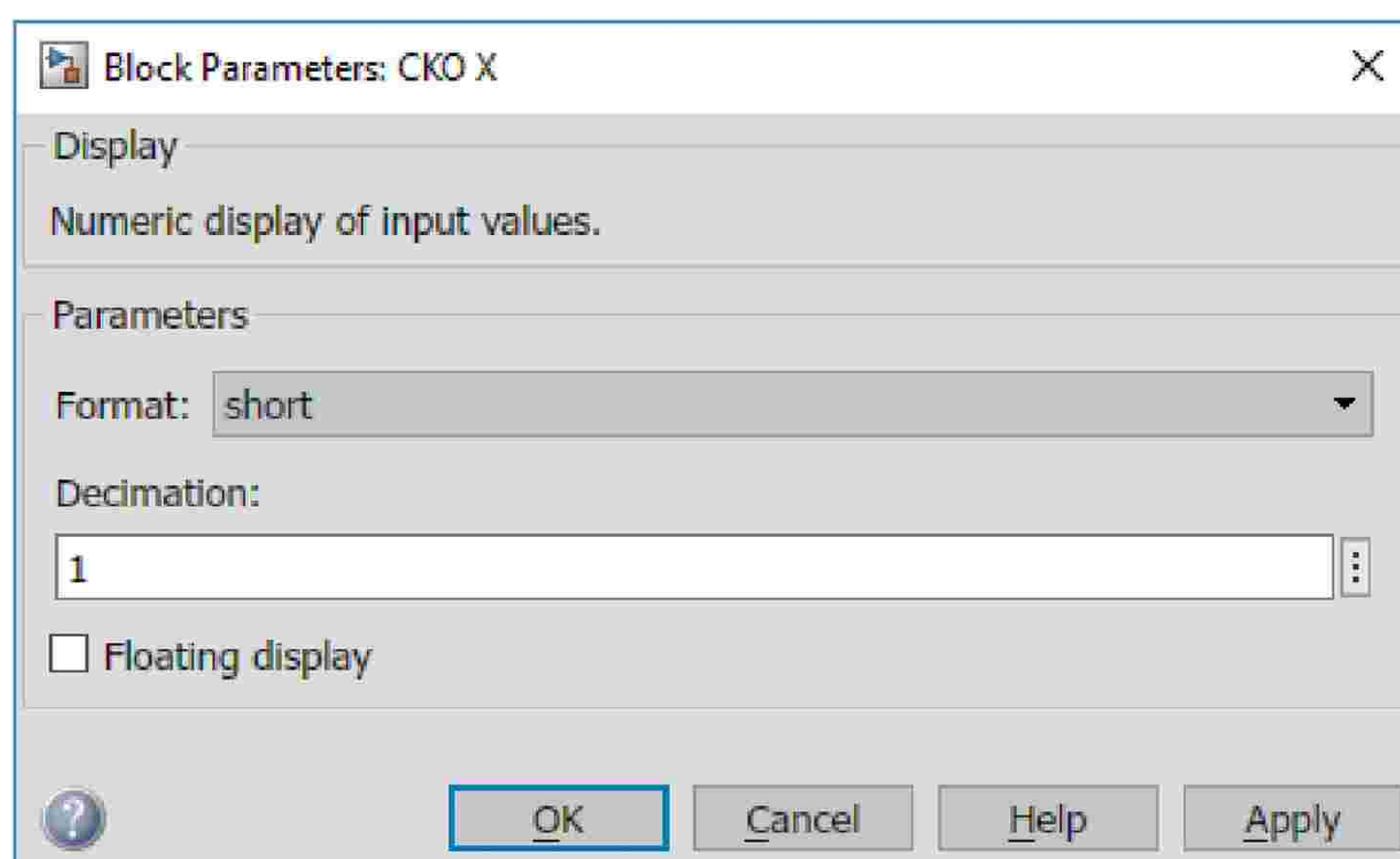


Рис. 3.48. Параметры настройки элемента «СКО X»



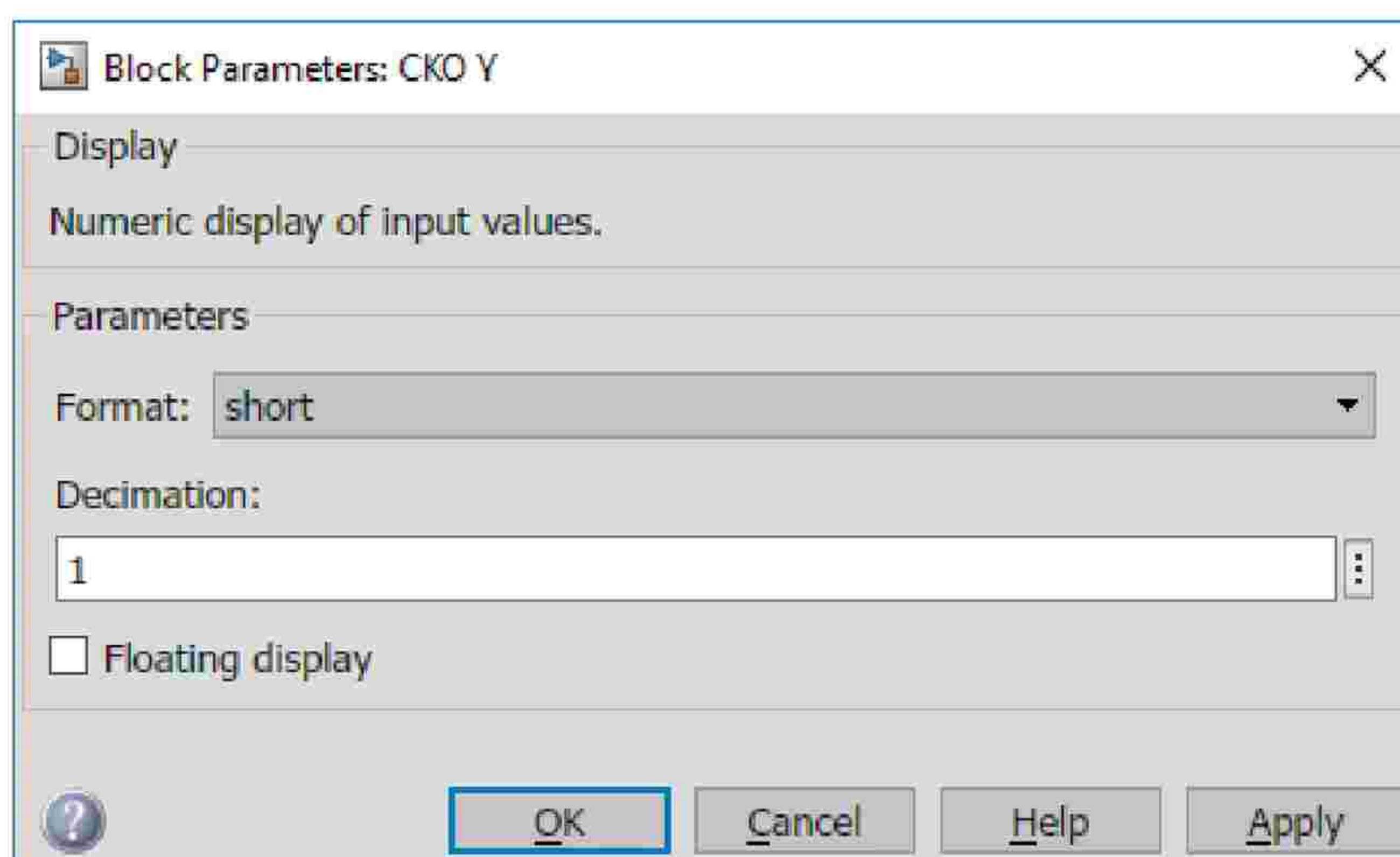


Рис. 3.49. Параметры настройки элемента «СКО Y»

3.7. Получить графики сигналов модели подсистемы анализа РА в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

Для проверки работы модели подсистемы анализа РА в среде визуального программирования MATLAB-Simulink необходимо запустить модель и построить графики сигналов (сигнала с входов элементов « $X(t) - X_S$ » (рис. 3.50), « $Y(t) - Y_S$ » (рис. 3.51), «XY Graph» (рис. 3.52)).

**Указание.** Установить положение переключателей РХ и РY в модели динамической системы в соответствии с рис. 3.18.

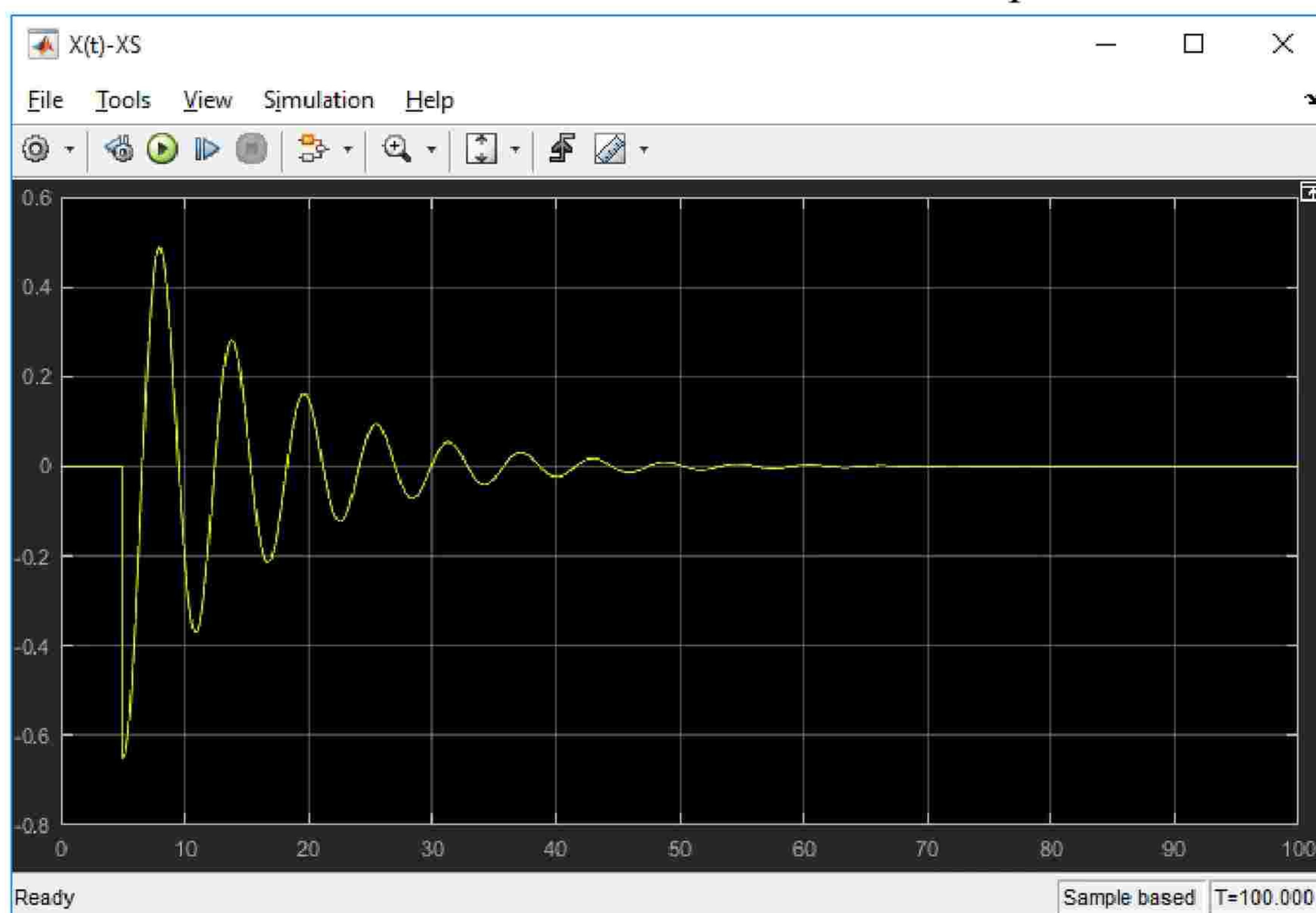


Рис. 3.50. Графики сигналов на входах элемента « $X(t) - X_S$ »



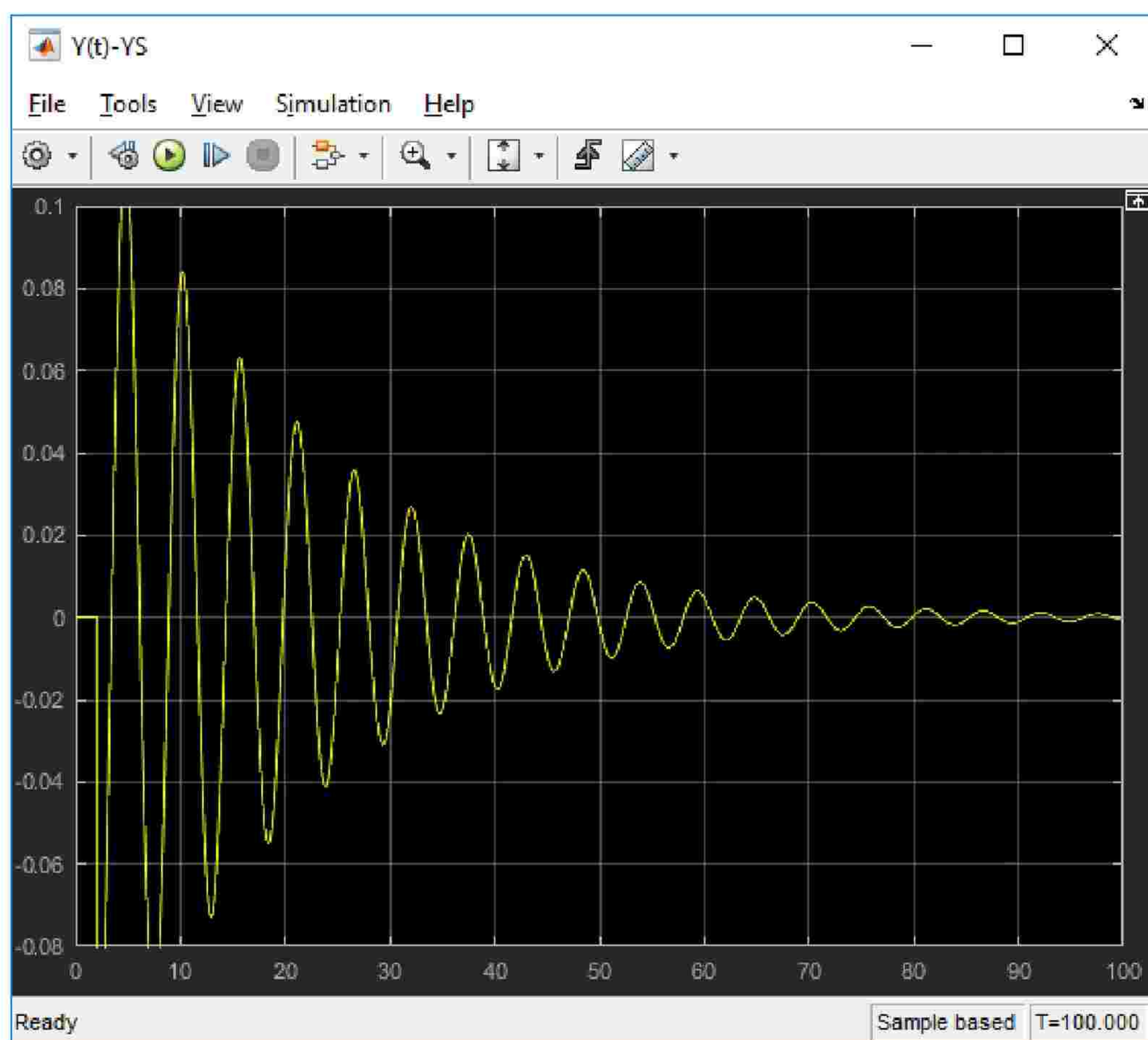


Рис. 3.51. Графики сигналов на входах элемента «Y(t) – YS»

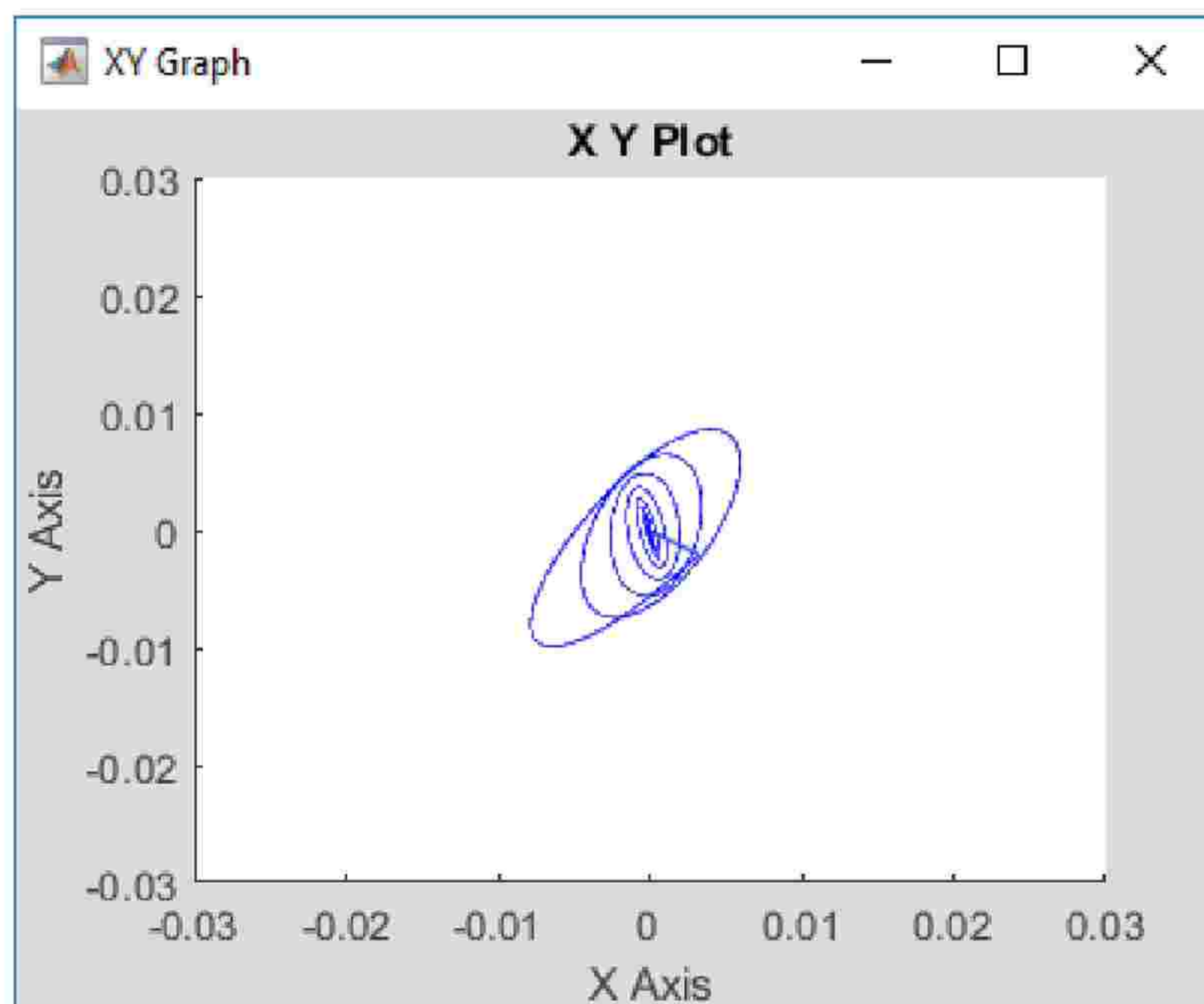


Рис. 3.52. График сигнала, полученный с помощью элемента «XY Graph»



#### 4. Проанализировать результаты работы модели.

4.1. Получить графики сигналов модели динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

**Указание.** Установить положение переключателей PX и PY в модели динамической системы в соответствии с рис. 3.33.

Далее необходимо запустить построенную модель в среде визуального программирования MATLAB-Simulink. Затем надо посмотреть значения амплитуд среднеквадратичного отклонения сигналов  $X(t) - X_S$  и  $Y(t) - Y_S$  на элементах «СКО X» и «СКО Y» соответственно подсистемы анализа PA (рис. 3.53).

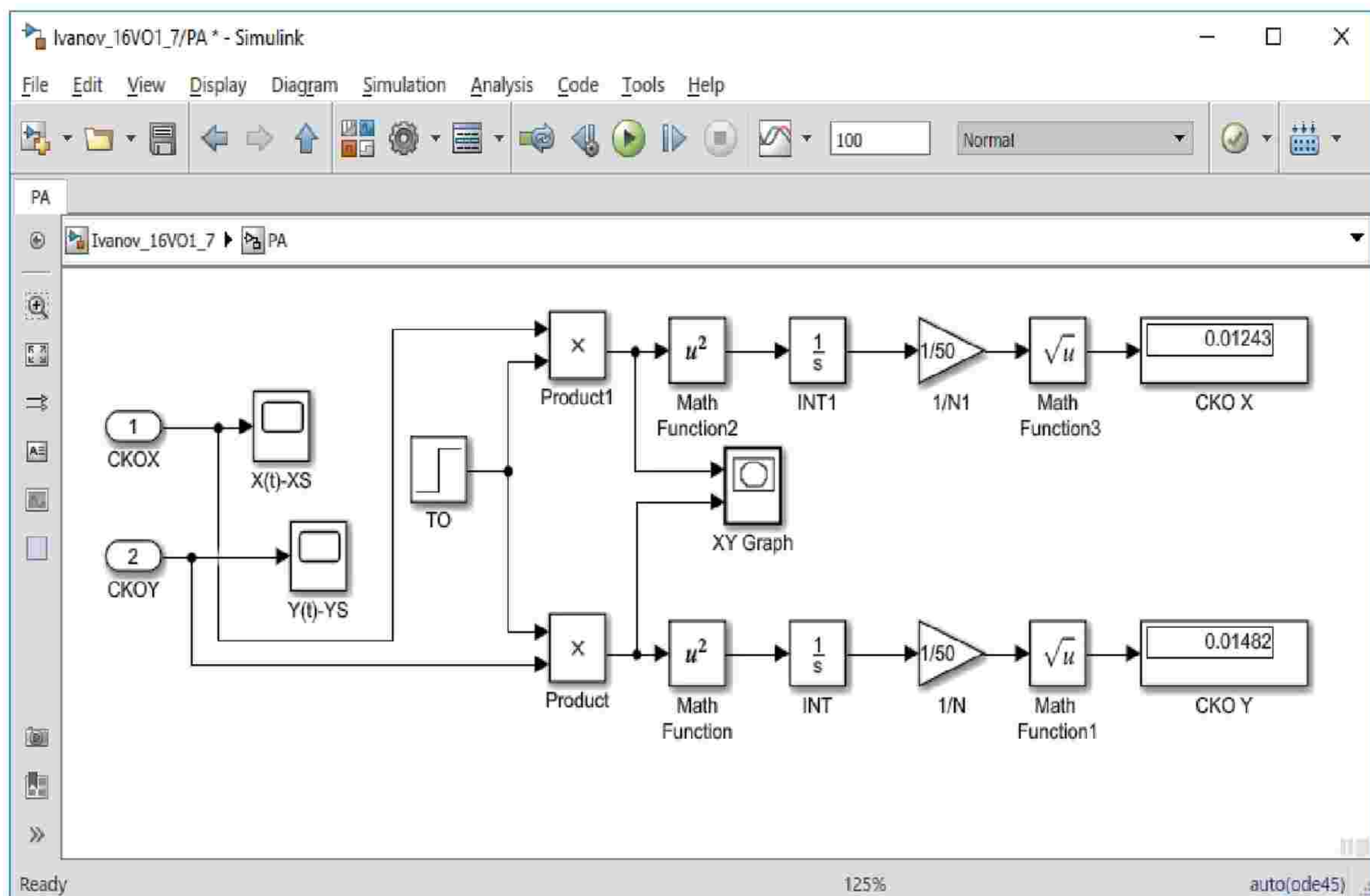


Рис. 3.53. Модель подсистемы анализа PA  
(переключатели PX и PY на рис. 3.33 установлены  
в нижнее положение)

Для проверки работы модели подсистемы анализа PA в среде визуального программирования MATLAB-Simulink необходимо запустить модель и построить графики сигналов (сигнала с входов элементов « $X(t) - X_S$ » (рис. 3.54), « $Y(t) - Y_S$ » (рис. 3.55), «XY Graph» (рис. 3.56)).



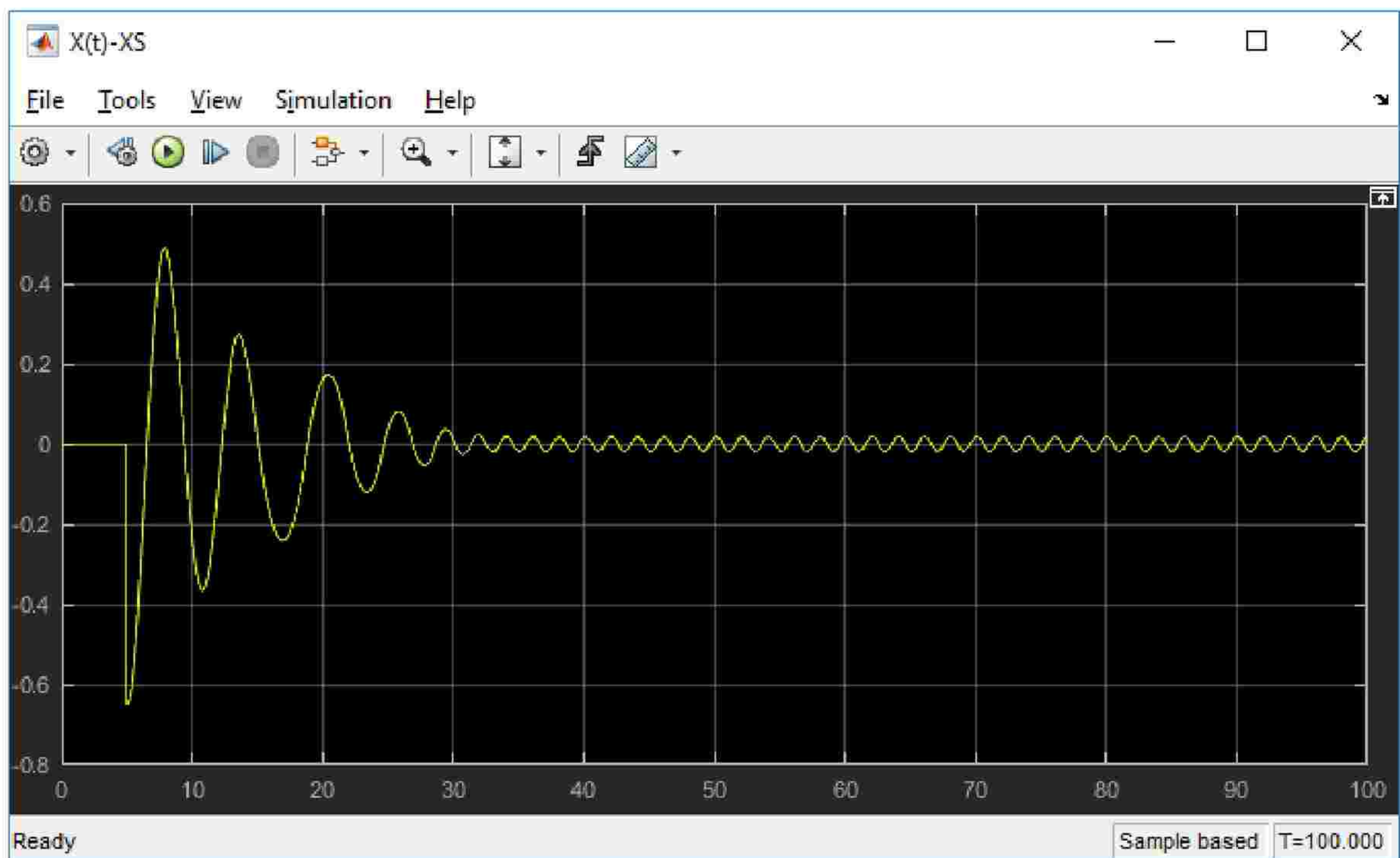


Рис. 3.54. Графики сигналов на входах элемента «X(t) – XS»

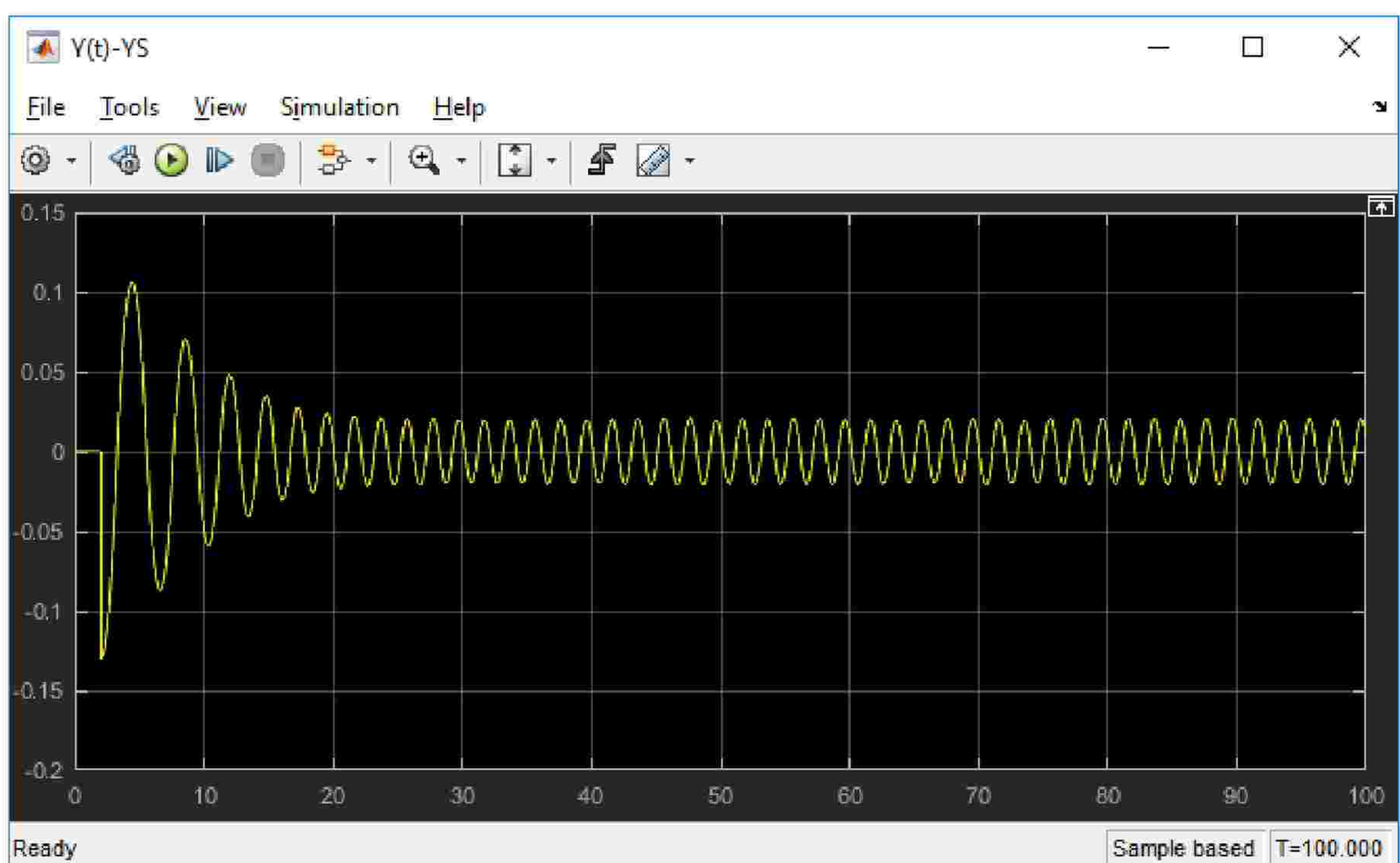


Рис. 3.55. Графики сигналов на входах элемента «Y(t) – YS»



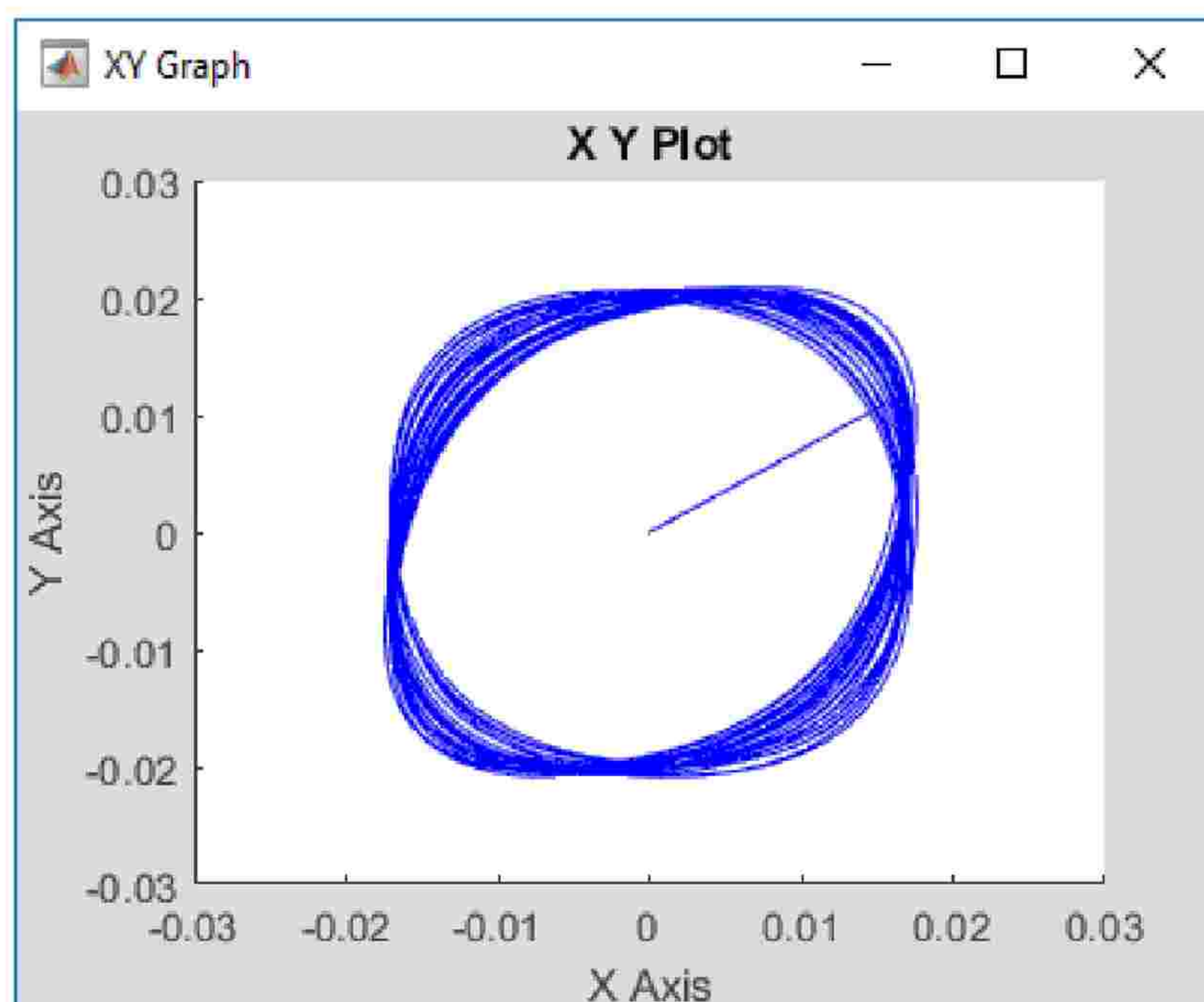


Рис. 3.56. График сигнала, полученный с помощью элемента «XY Graph»

4.2. Сопоставить и объяснить результаты работы модели в двух режимах (различное положение переключателей РХ и РУ (см. рис. 3.18 и рис. 3.33)).

Проанализировать работу модели подсистемы анализа в модели динамической системы. Для этого:

- 1) выполнить запуск модели в двух режимах;
- 2) сопоставить численные значения амплитуды сигналов на экране элементов «СКО X» и «СКО Y» на рис. 3.37 и рис. 3.53. Сделать вывод о том, как влияет включение элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на численные значения амплитуды сигналов на экране элементов «СКО X» и «СКО Y» на рис. 3.37 и рис. 3.53;

- 3) сопоставить графики сигналов на входах элемента « $X(t) - X_S$ » на рис. 3.50 и рис. 3.54. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на форму графиков сигналов (характер колебательного процесса: затухающие или не затухающие по амплитуде колебания) на рис. 3.50 и рис. 3.54;

- 4) сопоставить графики сигналов на входах элемента « $Y(t) - Y_S$ » на рис. 3.51 и рис. 3.55. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на форму графиков сигналов (характер колебательного процесса:



затухающие или не затухающие по амплитуде колебания) на рис. 3.51 и рис. 3.55;

5) сопоставить графики сигналов на входах элемента «XY Graph» на рис. 3.52 и рис. 3.56. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на форму графиков (сходящиеся к точке с координатами  $X = 0$ ,  $Y = 0$  колебания или несходящиеся колебания внутри прямоугольника, ограниченного прямыми  $|X| = 0,2$ ,  $|Y| = 0,2$ ) на рис. 3.52 и рис. 3.56.

## **5. Оформить отчет о лабораторной работе.**

### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать **следующие разделы**:

1) цель работы;

2) создание модели в среде MATLAB-Simulink.

Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели динамической системы с подсистемой анализа в соответствии с методическими указаниями с приведением экранных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);

3) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных в соответствии с методическими указаниями, отображенные в виде графиков с комментариями и числовых значений выходного сигнала;

4) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и краткий анализ результатов;

5) письменные ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7**

1. Что такое «техническая эффективность», «экономическая эффективность», «критерий эффективности»?

2. Каковы требования при выборе критерия эффективности информационной системы?

3. Управляемые и неуправляемые параметры информационных систем и их влияние на критерий эффективности.



### **3.3. Создание модели динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink**

#### **Методические указания к лабораторной работе № 8**

**Цель работы:** построить модель динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания.

#### **Ход работы**

1. Разработать структурную схему динамической системы с подсистемой анализа в соответствии с вариантом задания.

2. Построить модель динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.1. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

2.2. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена.

2.3. Построить модель подсистемы управления.

2.4. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию приемника сигналов.

2.5. Построить модель подсистемы анализа.

3. Проанализировать результаты работы модели.

4. Оформить отчет о лабораторной работе.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Рассмотреть вариант задания (табл. 3.1) и разработать структурную схему динамической системы в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7 (см. рис. 3.1).

2. По разработанной структурной схеме динамической системы (см. п. 1) построить модель динамической системы с подсистемой управления в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания (см. табл. 3.1) и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.



## Варианты заданий

№	XS(t)	Tx	YS(t)	Ty	KX	KY	Q
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,65	3	0,39	0	1,05	1,45	0,26
2	0,11	5	0,33	2	1,2	1,3	0,22
3	0,09	3	0,27	0	1,1	1,2	0,18
4	0,35	7	0,21	4	0,95	1,05	0,14
5	0,05	5	0,15	2	1,2	1,1	0,1
6	0,65	3	0,13	0	1,05	1,45	0,26
7	0,11	5	0,55	2	1,2	1,3	0,22
8	0,09	3	0,09	0	1,1	1,2	0,18
9	0,35	7	0,07	4	0,95	1,05	0,14
10	0,05	5	0,05	2	1,2	1,1	0,1
11	0,39	3	0,13	0	1,05	1,45	0,26
12	0,33	5	0,55	2	1,2	1,3	0,22
13	0,27	3	0,09	0	1,1	1,2	0,18
14	0,21	7	0,35	4	0,95	1,05	0,14
15	0,15	5	0,05	2	1,2	1,1	0,1
16	0,65	3	0,65	0	1,05	1,45	0,26
17	0,11	5	0,11	2	1,2	1,3	0,22
18	0,09	3	0,45	0	1,1	1,2	0,18
19	0,35	7	0,35	4	0,95	1,05	0,14
20	0,05	5	0,25	2	1,2	1,1	0,1
21	0,39	3	0,66	0	1,05	1,45	0,26
22	0,33	5	0,11	2	1,2	1,3	0,22
23	0,27	3	0,45	0	1,1	1,2	0,18
24	0,21	7	0,07	4	0,95	1,05	0,14
25	0,15	5	0,25	2	1,2	1,1	0,1
26	0,13	3	0,13	0	1,05	1,45	0,26
27	0,55	5	0,55	2	1,2	1,3	0,22
28	0,45	3	0,09	0	1,1	1,2	0,18
29	0,07	7	0,07	4	0,95	1,05	0,14
30	0,25	5	0,05	2	1,2	1,1	0,1
31	0,13	3	0,39	0	1,05	1,45	0,26
32	0,55	5	0,33	2	1,2	1,3	0,22
33	0,45	3	0,27	0	1,1	1,2	0,18
34	0,07	7	0,21	4	0,95	1,05	0,14
35	0,25	5	0,15	2	1,2	1,1	0,1
36	0,13	3	0,66	0	1,05	1,45	0,26
37	0,55	5	0,11	2	1,2	1,3	0,22
38	0,45	3	0,45	0	1,1	1,2	0,18
39	0,07	7	0,35	4	0,95	1,05	0,14
40	0,25	5	0,25	2	1,2	1,1	0,1
41	0,39	3	0,39	0	1,05	1,45	0,26



1	2	3	4	5	6	7	8
42	0,33	5	0,33	2	1,2	1,3	0,22
43	0,27	3	0,27	0	1,1	1,2	0,18
44	0,21	7	0,21	4	0,95	1,05	0,14
45	0,15	5	0,15	2	1,2	1,1	0,1
46	0,65	3	0,13	0	1,05	1,45	0,26
47	0,11	5	0,55	2	1,2	1,3	0,22

**Указание.** Модель должна храниться в файле. Имя файла должно включать в себя фамилию и группу (без пробелов латинскими буквами). Файл должен находиться в папке **LR8. Все элементы модели (в том числе и подсистемы), их входы и выходы должны иметь соответствующие обозначения** (см. методические указания к лабораторной работе № 7).

2.1. Построить модель подсистемы формирования входных сигналов динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания из табл. 3.1 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.2. Установить параметры источников входных сигналов в соответствии с вариантом задания из табл. 3.1 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.3. Построить модель подсистемы, выполняющей функцию динамического звена, в соответствии с вариантом задания из табл. 3.1 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.4. Выполнить настройку параметров элементов подсистемы, выполняющей функцию динамического звена DZ, в соответствии с вариантом задания из табл. 3.1 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.5. Построить модель подсистемы управления PUXY динамической системы в соответствии с вариантом задания из табл. 3.1 и в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.6. Построить модель подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.7. Выполнить настройку параметров элементов подсистемы управления PUXY динамической системы в соответствии с вариантом задания из табл. 3.1 и с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.



2.8. Выполнить настройку параметров элементов подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, так, чтобы получить на экранах элементов подсистемы PS графики входных и выходных сигналов, отражающие характер переходных процессов, протекающих в динамической системе.

2.9. Запустить модель и проверить работу модели динамической системы в среде визуального программирования MATLAB-Simulink. Для этого построить графики сигналов (сигналов с входов элементов «Scope1», «Scope2», «XY Graph») подсистемы PS, выполняющей функцию приемника сигналов, в двух режимах работы: непрерывном (в подсистеме управления PUXY отключен элемент «Quantizer» (квантователь)) и дискретном (в подсистеме управления PUXY включен элемент «Quantizer» (квантователь)), в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.10. Построить модель подсистемы анализа РА в соответствии с вариантом задания и с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

2.11. Выполнить настройку параметров элементов подсистемы анализа РА динамической системы в соответствии с вариантом задания из табл. 3.1 и с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

### **3. Проанализировать результаты работы модели.**

Для этого необходимо сопоставить и объяснить результаты работы модели в двух режимах работы: непрерывном (в подсистеме управления PUXY отключен элемент «Quantizer» (квантователь)) и дискретном (в подсистеме управления PUXY включен элемент «Quantizer» (квантователь)), в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

3.1. Запустить модель и сопоставить численные значения амплитуды сигналов на экране элементов подсистемы анализа РА: «СКО X» и «СКО Y», в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7. Сделать вывод о том, как влияет включение элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на численные значения амплитуды сигналов на экране элементов «СКО X» и «СКО Y» подсистемы анализа в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

3.2. Построить и сопоставить графики сигналов на входах элемента «X(t) – XS» подсистемы анализа РА. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на форму графиков сигналов (характер колебательного



процесса: затухающие или не затухающие по амплитуде колебания) в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

3.3. Построить и сопоставить графики сигналов на входах элемента «Y(t) – YS» подсистемы анализа РА. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на форму графиков сигналов (характер колебательного процесса: затухающие или не затухающие по амплитуде колебания) в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

3.4. Построить и сопоставить графики сигналов на входах элемента «XY Graph» подсистемы анализа РА. Объяснить влияние включения элемента «Quantizer» (квантователь) в подсистему управления на форму графиков, а также дать численную оценку граничных значений амплитуд (по полученным графикам) в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе № 7.

#### **4. Оформить отчет о лабораторной работе.**

##### **Указания к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие разделы:

- 1) цель работы;
- 2) вариант задания;
- 3) описание структуры модели в соответствии с заданием;
- 4) создание модели динамической системы с подсистемой анализа в среде визуального программирования MATLAB-Simulink в соответствии с вариантом задания.

Раздел должен включать в себя **подробное описание** процесса создания модели в соответствии с вариантом задания и методическими указаниями с приведением экранных форм (вкладок, элементов, свойств элементов);

- 5) описание результатов.

В отчете должны быть приведены результаты работы модели для значений исходных данных в соответствии с вариантом задания, отображенные в виде графиков с комментариями, а также приведен анализ полученных результатов;

- 6) выводы.

В разделе должны быть отражены выполнение целей работы, перечисление и краткий анализ результатов;

- 7) письменные ответы на контрольные вопросы.



## Контрольные вопросы к лабораторной работе № 8

1. Обобщенные и частные, количественные и качественные критерии эффективности.
2. Что такое «принцип гарантированного результата»?
3. Назовите основные критерии (показатели) экономической эффективности информационных систем.
4. Что подразумевается под проверкой модели?

### Варианты заданий

Варианты заданий приведены в табл. 3.1, в которой заданы параметры для каждой подсистемы модели динамической системы (выделенным шрифтом представлены параметры, которые необходимо взять из табл. 3.1 согласно номеру своего варианта):

– подсистема формирования входных сигналов (PFVS), формирует сигналы  $\mathbf{XS(t)}$ , начиная с времени  $\mathbf{T_x}$ , и  $\mathbf{YS(t)}$ , начиная с времени  $\mathbf{T_y}$  (начальное значение амплитуд сигналов  $\mathbf{XS(0)}$  и  $\mathbf{YS(0)}$  равно 0);

– подсистема «динамическое звено» (DZ). Сигналы на её выходе  $\mathbf{X(t)}$  и  $\mathbf{Y(t)}$  описываются формулами

$$\mathbf{X(t) = KX \cdot Int[Int(XS(t))];}$$

$$\mathbf{Y(t) = KY \cdot Int[Int(YS(t))],}$$

где  $\mathbf{Int}$  – операция интегрирования с нулевыми начальными условиями;

– подсистема управления (PUXY). Сигналы на её выходе  $\mathbf{UX}$  и  $\mathbf{UY}$  описываются формулами

$$\mathbf{UX = KUX_1 \cdot X(t) + KUX_2[X(t) - X(t - z)];}$$

$$\mathbf{UY = KUY_1 \cdot Y(t) + KUY_2[Y(t) - y(t - z)],}$$

где  $\mathbf{KUX_1 = 1,4}$ ;  $\mathbf{KUX_2 = 0,05}$ ;  $\mathbf{KUY_1 = 1,3}$ ;  $\mathbf{KUY_2 = 0,05}$  – начальные значения масштабных коэффициентов элементов подсистемы управления (умножители), значения которых уточняются на этапе настройки системы;  $\mathbf{z}$  – задержка сигналов (принять  $\mathbf{z = 1}$ ).

Для варианта дискретного управления задать шаг квантования  $\mathbf{Q}$  (элемент «квантователь» подсистемы управления) сигналов  $\mathbf{UX}$  и  $\mathbf{UY}$  в соответствии с табл. 3.1.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном учебном пособии рассмотрены основные принципы теории системного анализа, теории принятия решений и управления, теории эффективности информационных систем.

Теория системного анализа рассмотрена как методология углубленного понимания и структуризации проблемы проектирования информационных систем. Системный анализ – это совокупность методов и средств выработки, принятия и обоснования оптимального решения из многих возможных альтернатив. Процесс системного анализа направлен на разработку новых принципов научного мышления, учитывающих взаимосвязь целого и противоречивые тенденции. Системный анализ применяется для решения стратегических проблем. В качестве основного результата системного анализа признается не количественное решение проблемы, а увеличение степени ее понимания и возможных путей решения у специалистов и экспертов, участвующих в исследовании проблемы, и, что особенно важно, у ответственных лиц, которым предоставляется набор альтернативных решений, с количественной оценкой применения каждого варианта решения проблемы.

Принципы теории принятия решений и управления использованы при проектировании информационных систем на основе разработки моделей таких систем в среде визуального программирования MATLAB-Simulink.

Решение задач управления в разработанных моделях динамических систем и оценка их характеристик были проведены с использованием методологии теории эффективности функционирования информационных систем.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов, А. В. Системный анализ / А. В. Антонов. – Москва : Высш. шк., 2004. – 454 с.
2. Мильнер, Б. З. Системный подход к организации управления / Б. З. Мильнер, Л. И. Евенко, В. С. Рапопорт. – Москва : 1983. – 256 с.
3. Орлов, А. И. Теория принятия решений : учеб. пособие / А. И. Орлов. – Москва : Март, 2004. – 656 с.
4. Черных, И. В. Simulink: среда создания инженерных приложений : учеб.-справ. пособие / И. В. Черных ; под общ. ред. к.т.н. В. Г. Потемкина. – Москва : ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 496 с.
5. Беленький, А. Г. Прогнозирование состояния динамических сложных систем в условиях неопределенности / А. Г. Беленький, И. Н. Федосеева. – Москва : ВЦ РАН, 2009. – 345 с.
6. Безяев, В. С. Теоретические основы принятия решений : учеб. пособие / В. С. Безяев ; под ред. П. П. Макарычева. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014. – 186 с.
7. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений : учебник / О. И. Ларичев. – Москва : Логос, 2009. – 296 с.
8. Эддоус, М. Методы принятия решений : пер. с англ. / М. Эддоус, Р. Стенсфилд ; под ред. И. И. Елисеевой. – Москва : Аудит : ЮНИТИ, 1997. – 590 с.
9. Петухов, О. А. Моделирование: системное, имитационное, аналитическое : учеб. пособие / О. А. Петухов, А. В. Морозов. – Санкт-Петербург : Изд-во СЗТУ, 2008. – 288 с.
10. Свиридова, О. В. Теория принятия решений : учеб. пособие / О. В. Свиридова, А. А. Рыбанов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2006. – 80 с.
11. Черноруцкий, И. Г. Методы оптимизации в теории управления : учеб. пособие / И. Г. Черноруцкий. – Санкт-Петербург : Питер, 2004. – 256 с.
12. Лотов, В. А. Многокритериальные задачи принятия решений : учеб. пособие / В. А. Лотов, И. И. Поспелова. – Москва : МАКС Пресс, 2009. – 197 с.
13. Трахтенгерц, Э. А. Компьютерная поддержка формирования целей и стратегий / Э. А. Трахтенгерц. – Москва : СИНТЕГ, 2010. – 279 с.