

ЗАДАНИЕ 3

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ СЕРДЦА

ЦЕЛИ ЗАНЯТИЯ

- Научиться создавать модели с нуля.
- Создавать графики в презентации модели.
- Создавать слайдеры для управления параметрами модели.

ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЯ

Фронтальная.

СТУДЕНТ ДОЛЖЕН ЗНАТЬ

- понятия: проект, активный объект, переменная, параметр, презентация, эксперимент,
- основы алгоритмического языка Java,
- интерфейс программы AnyLogic.

СТУДЕНТ ДОЛЖЕН УМЕТЬ

- выполнять лабораторно-практическое задание №2,
- редактировать параметры модели в программе AnyLogic,

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ

- компьютер с установленной программой AnyLogic версии 6,
- настоящий курс лабораторно-практических работ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

3.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Мы рассмотрим простейшую математическую модель, описывающую процессы, похожие на биеение сердца. Эта модель описана двумя дифференциальными уравнениями первого порядка:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{(x - x^2 - b)}{\varepsilon}; \quad \frac{db}{dt} = x - x_0,$$

где: x – радиус сердца, x_0 – его начальное значение, b – переменная, а ε – параметр $\varepsilon \in \mathbb{R}$.

В этой модели мы исследуем характер зависимостей переменных x и b от времени при разных значениях параметра ε , а также построим фазовую диаграмму зависимости радиуса x от переменной b .

3.2. СОЗДАНИЕ НОВОГО ПРОЕКТА

Запустите AnyLogic. Закройте все ранее открытые проекты, для этого выберите в основном меню **Файл / Заккрыть все**.

Для построения нового проекта щелкните кнопку **Создать** панели инструментов, либо выберите в основном меню **Файл / Создать / Модель**.

В появившемся диалоговом окне установите рабочую папку: `рабочий_диск\номер_группы\ФИОстудента`, наберите `heart` как имя модели и щелкните **Далее**. В следующем окне оставьте выбранным по умолчанию **Начать создание модели с «нуля»** и щелкните **Готово**. Новый проект под названием `heart` будет создан.

Окно редактора нового проекта содержит несколько панелей. Слева в панели проектов автоматически строится дерево проекта. Оно обеспечивает навигацию по всем элементам проекта, которые будут создаваться при построении модели. Для нашего проекта в нем уже создан корневой класс активного объекта с именем `Main`, а для проведения экспериментов с моделью уже создан один эксперимент с именем `Simulation`. Центральная панель – панель графического редактора класса активного объекта в которой мы будем производить основные построения модели.

Нижняя панель – это панель свойств выделенного элемента модели. В данном случае панель показывает свойства класса корневого объекта с именем `Main`, если окно его структуры активно. Измените имя корневого объекта нашей модели, назвав его `Heart` (вместо установленного по умолчанию имени `Main`). Для этого в поле **Имя** вкладки **Основные панели Свойства** корневого объекта введите `Heart` вместо `Main`. В панели проектов имя корневого объекта сразу изменится.

Поскольку AnyLogic создает для каждого класса активного объекта соответствующий Java класс, при задании имени класса активного объекта нужно руководствоваться правилами названия классов в Java. Пожалуйста, начинайте имя класса с заглавной буквы.



3.3. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ

В нашей модели должны присутствовать две переменные состояния – x и b , и два параметра – x_0 и eps , где x_0 – начальное значение x . Начальное значение переменной b зададим константой.

В модели переменная x определяется дифференциальным уравнением:

$$dx/dt = (x - x^2 - b)/eps$$

с начальным значением x , равным x_0 . В AnyLogic можно подобные зависимости задавать именно в таком аналитическом виде. Для того чтобы таким образом определить переменную x , зададим ее в форме накопителя.

Для этого перетащите мышью элемент  **Накопитель**, расположенный во вкладке **Системная динамика** панели **Палитра** на диаграмму класса активного объекта `Heart`. Пиктограмма  появится в поле редактора с именем `stock`. Одновременно внизу вместо окна свойств объекта `Heart` появится окно свойств выделенного накопителя. В это окно в

поле имени **Имя** вместо предопределенного имени `stock` введите `x` (рис. 3.2) и нажмите клавишу <Enter>.

В поле **Начальное значение** введите `x0`, после чего, см. рис. 3.2, определим формулу для вычисления `x` в поле $dx/dt =$ следующим образом:

$$(x - x^2 - b) / \epsilon p s$$

Если Вы работаете с программой AnyLogic версии 6.6 и выше, то поле **Начальное значение** будет недоступным. Для того чтобы ввести в это поле формулу, нужно выбрать **Режим задания уравнения** Произвольный, см. рис. 3.1.


Начальное значение:

0

Режим задания уравнения: ☐ Классический ☒ Произвольный

$dx/dt =$

Рис. 3.1

При выделенной пиктограмме накопителя  его имя можно перемещать по диаграмме класса. Саму пиктограмму накопителя также можно перемещать при нажатой на ней левой кнопке мыши.

Вторая переменная `b` задана дифференциальным уравнением $db/dt = x - x0$. Ее создадим в модели аналогичным образом. Установим начальное значение `b` равное 0. В поле **Начальное значение** окна свойств переменной `b` величину 0 можно не записывать: если это поле пусто, по умолчанию значение переменной считается нулевым.

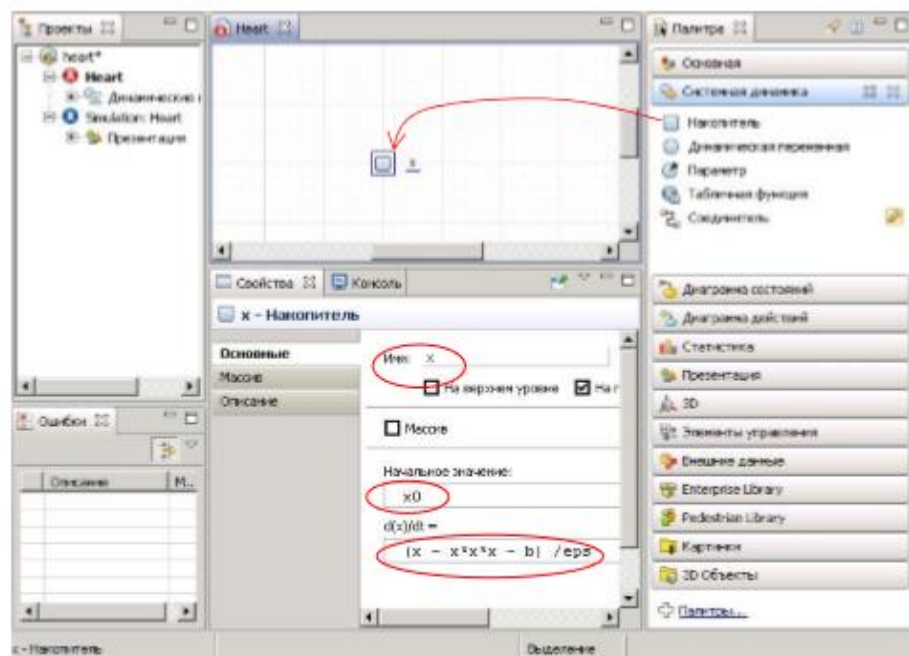


Рис. 3.2

На диаграмму класса активного объекта можно помещать текстовые комментарии. Для этого перетащите элемент **Текст** со вкладки **Презентация** панели палитр на диаграмму класса, рядом с накопителями. Введите следующий комментарий: Структура активного объекта. Его можно редактировать в поле **Текст** окна свойств этого комментария.

Для проверки правильности синтаксиса (модели можно использовать кнопку **Построить модель** панели инструментов или нажать клавишу F7). Если щелкнуть на этой кнопке, то выполнится компиляция разрабатываемой модели в программный код на языке Java. Щелкните по кнопке **Построить модель**. В нашем примере обнаружили ошибки (рис. 3.3): действительно, нами не определены параметры x_0 и ϵ .

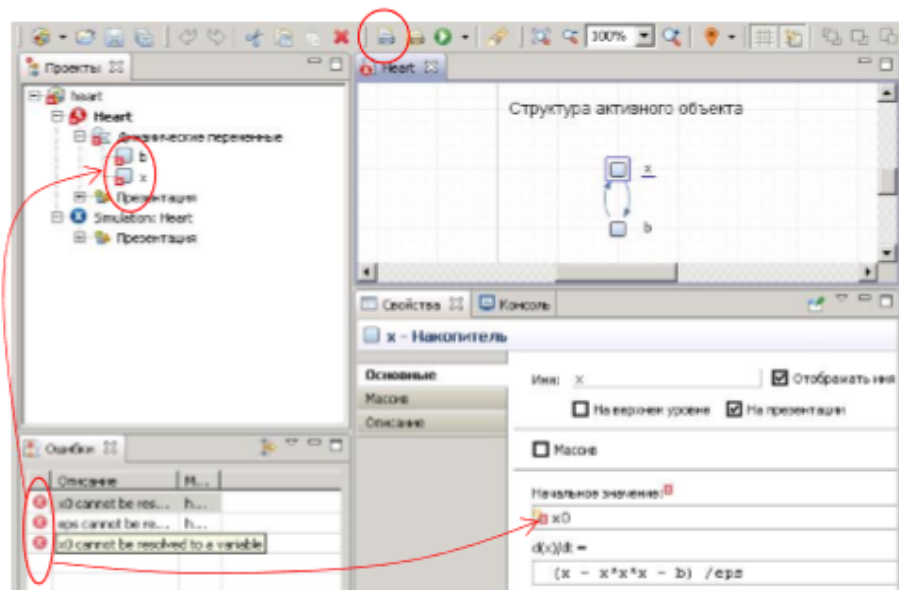


Рис. 3.3

На наличие ошибки указывает появившиеся символы [X] в панели **Ошибки**. Для каждой ошибки показывается ее описание и местоположение - имя элемента модели, при задании которого эта ошибка была допущена. Двойной щелчок мышью по ошибке, в зависимости от того, где она была совершена, приведет к открытию того или иного редактора или панели. Если, например, это графическая ошибка, то будет открыт графический редактор, отображающий диаграмму соответствующего класса активного объекта, в котором будут выделены фигуры, которые были неправильно нарисованы.

Для завершения построения модели указанные пропущенные параметры нужно задать. Пусть $x_0 = 0.5$, $\epsilon = 0.01$. Перетащите мышью пиктограмму **Параметр** с вкладки **Основная** панели **Палитры** на диаграмму класса активного объекта **Heart**. Назовите его x_0 , затем на вкладке **Основные** панели свойств этого параметра введите в поле **Значение по умолчанию** - 0.5. Остальные поля оставьте без изменения. Переменная ϵ со значением 0.01 задается так же. Снова выполните проверку синтаксиса: нажмите кнопку **Построить модель**. В результате на экране вы получите следующее - рис. 3.4.

Надпись «Построение успешно завершено» в левом нижнем углу окна программы свидетельствует о том, что синтаксис модели правильный.

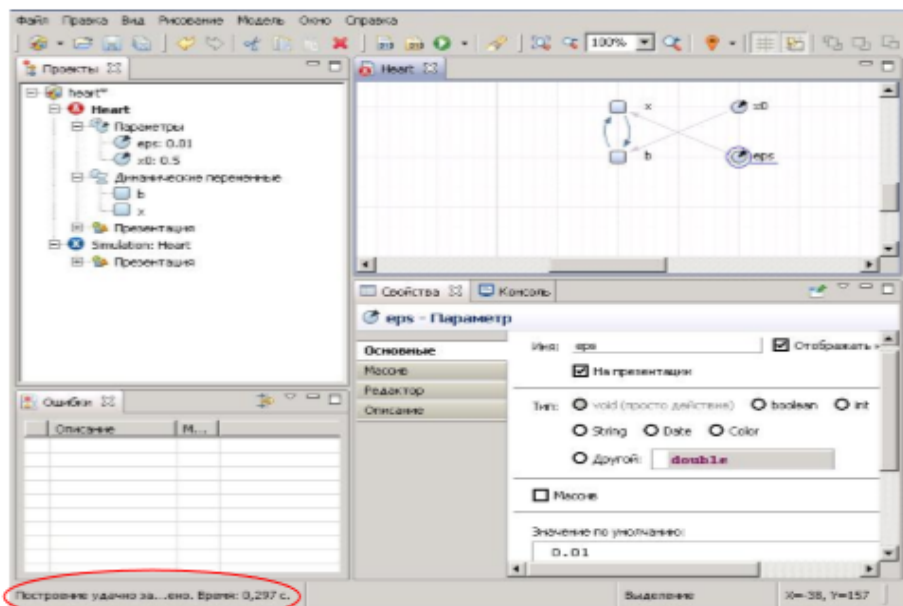


Рис. 3.4

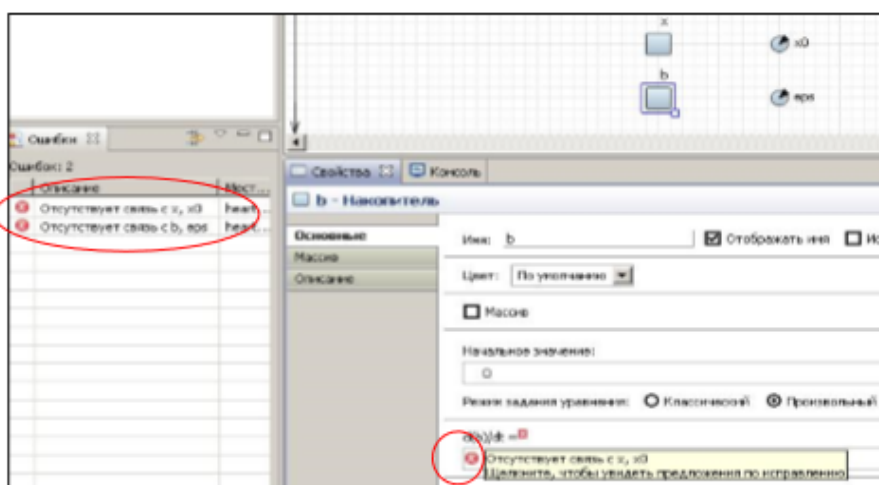


Рис. 3.5

В версии 6.6 программы AnuLogic связи между переменными автоматически не построятся, и в панели Ошибки мы увидим, что две ошибки остались неисправленными, а

в их описании будет указано, что: Отсутствует связь с ..., см. рис.3.5.

Для задания связи между переменными выделите мышью переменную, например b , и в панели свойств установите курсор в поле с уравнением $db/dt = x - x_0$. Затем щелкните мышью по красному крестику слева от уравнения, откроется всплывающее окно с предложением создать связь, рис. 3.6.

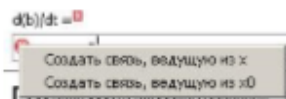


Рис. 3.6

Создайте все связи и выполните проверку синтаксиса, если все правильно, то появится сообщение об удачном построении модели.

3.4. ЗАПУСК МОДЕЛИ

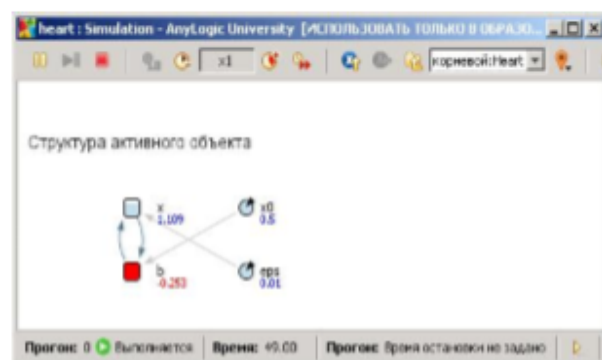



Рис. 3.7

Щелкнув на кнопке , запуска модели, после компиляции откроется окно презентации эксперимента. Запустив эксперимент, увидим структуру активного объекта: переменные и параметры с их значениями (рис. 3.7). Переменные b и x в этом окне начнут изменяться в соответствии с определенными для них уравнениями.

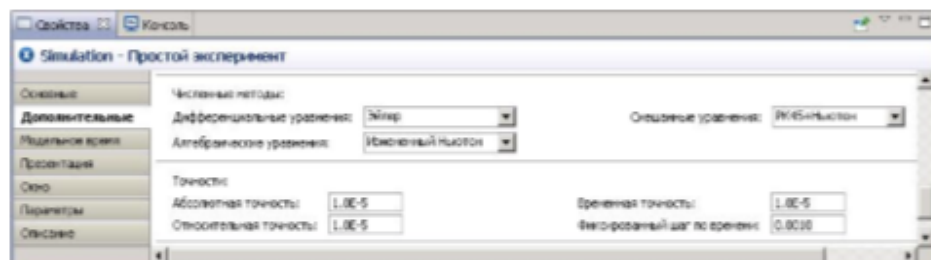


Рис. 3.8

Системы дифференциальных и алгебраических уравнений, при выполнении модели, решаются одним из встроенных численных методов. Сам метод и необходимая точность решения выбираются автоматически, но можно изменить предварительные установки во вкладке **Дополнительные** панели свойств объекта **Simulation**, рис. 3.8.

По умолчанию модель будет выполняться бесконечно, но можно задать условие остановки эксперимента во вкладке **Модельное время** панели свойств объекта **Simulation**, рис. 3.9.

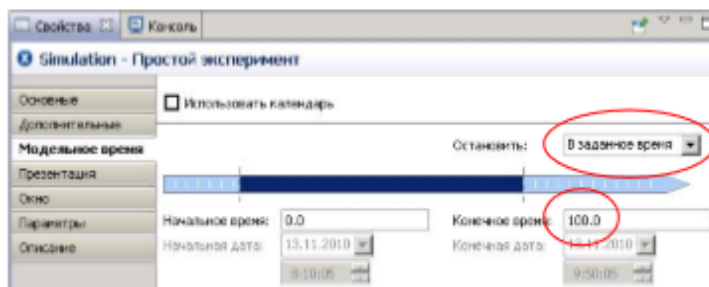


Рис. 3.9

Проведите несколько экспериментов с различными скоростями выполнения данной модели, используя кнопки останова и запуска.

3.5. ГРАФИКИ И ДИАГРАММЫ

AnyLogic позволяет наглядно представить поведение модели, в частности, представить изменения во времени всех ее переменных. Существуют два способа просмотра графиков: с помощью окон инспекта и с помощью диаграмм.

Окна инспекта мы подробно рассмотрели в работе №1, здесь отметим лишь то, что эти графики строятся на базе автоматически создаваемых наборов данных, в которые периодически записываются новые и новые значения переменных. Если кривая Вашего графика покажется Вам не гладкой, а "рваной", то причина этого может заключаться в том, что AnyLogic недостаточно часто обновляет наборы данных новыми значениями.

Чтобы изменить частоту обновления автоматически создаваемых для переменных наборов данных перейдите на страницу свойств **Дополнительные** того класса активного объекта, на диаграмме которого находится переменная и измените период обновления данных в поле **Период**, рис. 3.10.

Для получения полнофункциональных графиков лучше воспользоваться диаграммами AnyLogic, которые позволяют динамически визуализировать данные, собираемые в результате работы модели. Набор диаграмм схож с тем, что предлагается программой MS Excel.

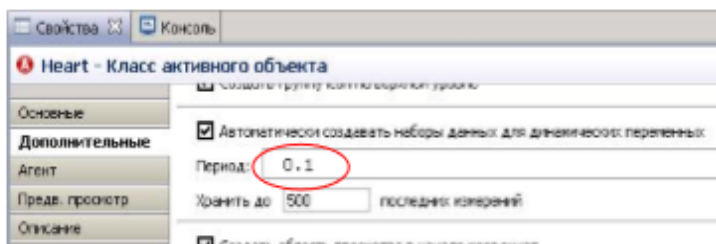


Рис. 3.10

Построим графики зависимостей переменных y и x от времени и фазовую диаграмму y от x . Перетащите элемент **График** из палитры **Статистика** в то место графического редактора, где Вы хотите нарисовать график. Перейдите на страницу **Основные** панели **Свойства**.

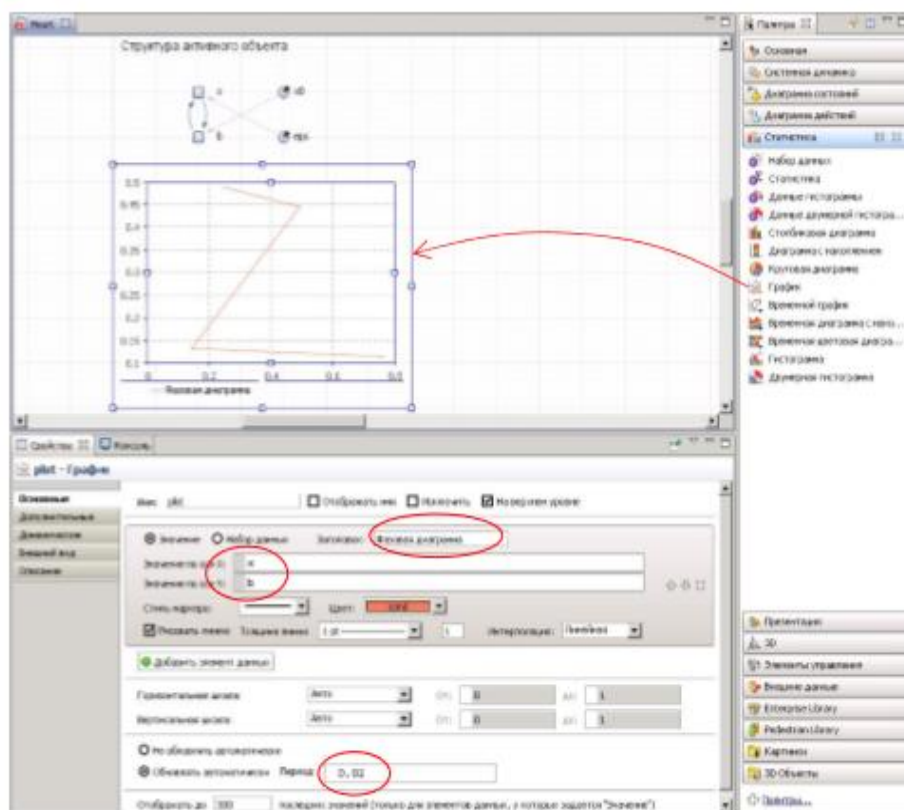


Рис. 3.11

Щелкните мышью по кнопке **Добавить элемент данных**. При этом над кнопкой появится новая секция свойств, задающая настройки нового элемента данных, который будет отображаться на данном графике. В поле **Значение по оси X** введите имя переменной *x*, а в поле **Значение по оси Y** – имя переменной *b*. Задайте заголовок фазовая диаграмма для этого элемента данных в поле **Заголовок**. Для того чтобы получить гладкую диаграмму нужно уменьшить период обновления данных в поле **Период**, рис. 3.11.




Рис. 3.12

Аналогично постройте временной график для переменных *x* и *b*, разместив их на одном графике. **Временной диапазон** укажите равным 10, рис.3.13.

AnuLogic позволяет настраивать внешний вид и функциональность диаграмм. Поэкспериментируйте с установкой цвета графиков, опциями отображения наборов данных, размерами отображаемого окна, прозрачностью, легендой, и т. п.

Проведите серию экспериментов с моделью, перезапуская ее с различными параметрами.

Для изменения параметров в процессе выполнения модели, нужно в окне инспекта этого параметра щелкнуть мышью по кнопке с карандашом  в верхней части окна, рис. 3.12.

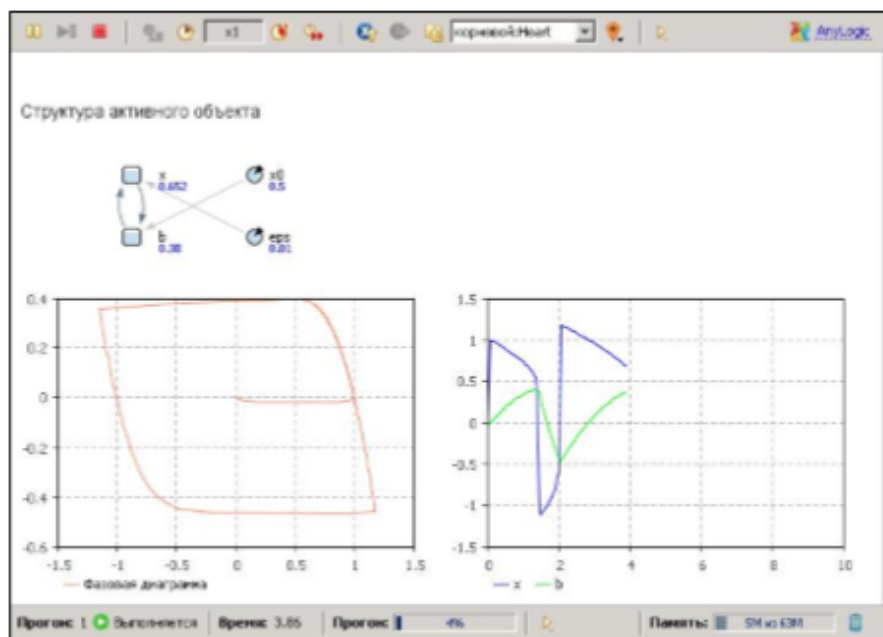


Рис. 3.13

3.6. ПРЕЗЕНТАЦИЯ МОДЕЛИ

Для лучшего понимания динамики модели и наблюдения за процессами, в AnyLogic можно строить анимированные изображения, состоящие из динамических элементов. Графические элементы называются динамическими, поскольку все их параметры - координаты, размер, цвет и даже их видимость - в процессе выполнения модели можно сделать зависимыми от переменных и параметров, которые меняются со временем при выполнении модели.

Остановите выполнение модели и вернитесь на диаграмму класса Heart. Прямо на диаграмме мы будем рисовать презентацию сердца.

3.6.1. ОБЪЕКТЫ В ПРЕЗЕНТАЦИИ

Построим презентацию сердца в виде изображения овала, радиус которого будет меняться. Этот радиус является функцией от значения переменной x модели. Для построения изображения овала перетащите мышью из вкладки **Презентация** панели **Палитра** пиктограмму **Овал** на диаграмму класса. Внизу появится окно свойств этого овала. По умолчанию имя этого объекта будет `oval`, координаты X и Y соответствуют месту, куда мы поместили овал, а радиус X и радиус Y соответствуют тому, что мы нарисовали.

3.6.2. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Запустив модель, мы увидим, неподвижный овал, находящийся в заданном месте. В AnyLogic принята следующая концепция: каждая характеристика графического элемента имеет два значения: статическое и динамическое. Статическое значение определяет параметр (координату, угол поворота, цвет и т. п.) объекта как константу. Динамическое определяет значение этого параметра в процессе выполнения модели и может быть определено как значение любой переменной модели. Поэтому у графических объектов в панели свойств имеются вкладки **Основные** и **Дополнительные** для статических значений, и вкладка **Динамические** – для динамических значений параметров. Если динамическое значение не определено, графический объект сохранит свое статическое значение.

Выделите овал, представляющий динамику сердца. Статические значения его параметров задайте так: в панели свойств овала на вкладке **Основные** цвет заливки определите бордовым, цвет линии границы – красным; толщину линии границы установите 2.

Изменение объема сердца представим радиусами овала на вкладке **Динамические** как функцию от переменной x , как показано на рис. 3.14.

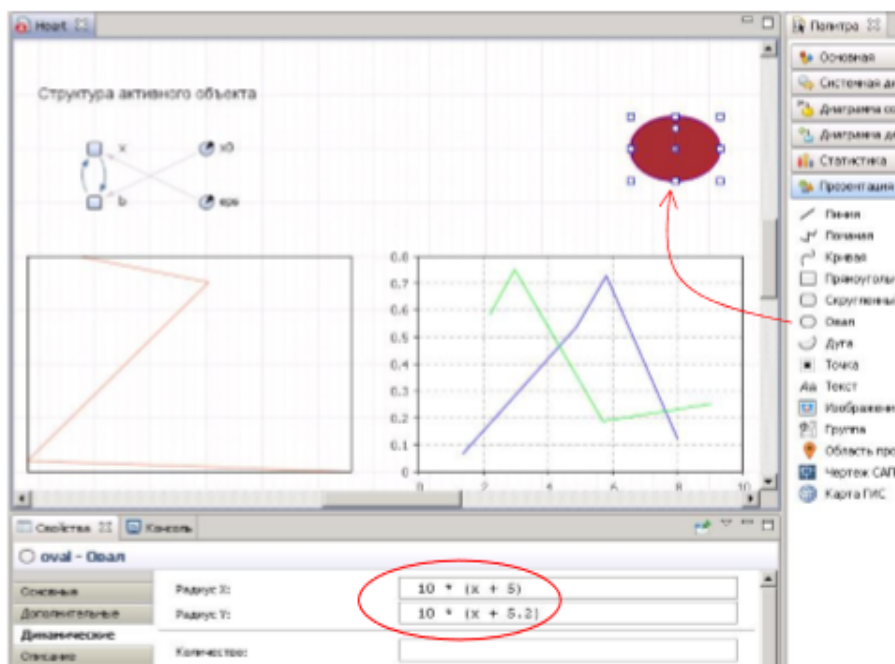


Рис. 3.14

Запустите модель. Проведите эксперименты с установкой различных параметров модели (x_0 и vr) и наблюдайте, как изменяется характер сердцебиения.

3.6.3. СЛАЙДЕРЫ В ПРЕЗЕНТАЦИИ

В AnyLogic существует элемент управления, позволяющий пользователю графически выбирать число из заданного диапазона значений путем перетаскивания рукоятки – бегунок.

Бегунки или их еще называют слайдеры, обычно используются для изменения значений численных переменных и параметров во время выполнения модели.

Перетащите мышью с вкладки **Элементы управления** панели **Палитра** пиктограмму **Бегунок** на диаграмму класса **Heart** между структурой и анимационным овалом. В поле **Связать с** панели свойств введите имя параметра **x0**, а минимальное и максимальное значения, которые можно регулировать слайдером, установите 0 и 1. Добавить подписи к слайдеру можно простым нажатием кнопки **Добавить метки**, рис. 3.15. Запустите модель и проверьте действие слайдера.

Аналогично сделайте слайдер для параметра **eps**, установив ограничения от 0,01 до 0,5.

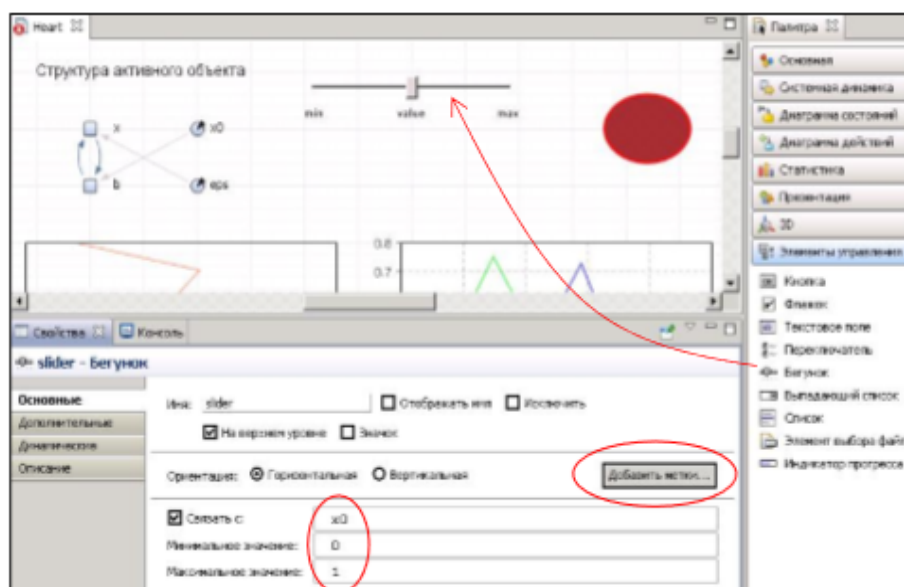


Рис. 3.15

3.6.4. ТЕКСТ В ПРЕЗЕНТАЦИИ

В верхнюю часть диаграммы класса **Heart** введите поясняющий текст. Для этого перетащите мышью пиктограмму **Текст** с вкладки **Презентация** панели **Палитра**. В поле **Текст** вкладки **Основные** введите текст **Модель сердца**, выберите шрифт **Century Gothic**, стиль **Полужирный**, размер 22. На вкладке **Дополнительные** установите координаты (X, Y) этого объекта (20, 10).

Следующий текст, содержащий пояснение к модели, введите чуть ниже и правее: Это упрощенная модель динамики сердечных сокращений. Модель описывается двумя дифференциальными уравнениями: $dx/dt = (x - x^3 - b) / \text{eps}$ и $db/dt = x - x_0$. Модель позволяет изменять параметры и наблюдать изменение ритма и формы пульсаций. При значении $x_0 = 0.6$ сердце останавливается.

Установите выравнивание по правому краю, все другие параметры текста можете оставить по умолчанию. Для того чтобы текст уместился по ширине, в нужных местах следует вставить перевод строки.

Элемент **Текст** также имеет динамические свойства, как и другие графические элементы. Это значит, что можно в процессе выполнения модели динамически изменять положение и ориентацию текста, его цвет, и даже сам текст.

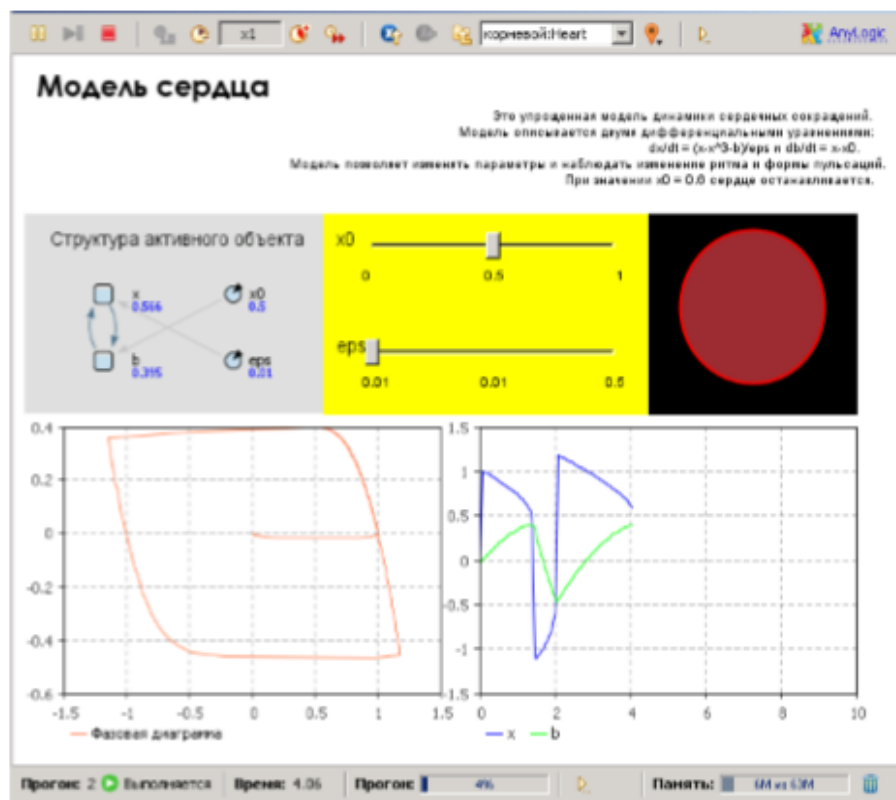


Рис. 3.16

Введите в поле презентации прямоугольники, как показано на рис. 3.16, и поместите их на задний план, чтобы они выделяли функциональные блоки построенной модели. Для того чтобы фигура была фоном и не закрывала другие изображения, в контекстном меню данного прямоугольника выполните команду **Порядок / На задний план**.

Сделайте подписи к слайдерам, чтобы было понятно, какими параметрами мы управляем.