

Дискретно-событийное моделирование в AnyLogic

Дискретно-событийное моделирование зародилось примерно тогда же, когда появилась системная динамика. В 1961 году инженер компании IBM Джеффри Гордон представил программу GPSS, которая считается первой реализацией метода моделирования на основе дискретных событий. В наши дни существует множество различных программных инструментов для дискретно-событийного моделирования, в том числе и современная версия GPSS.

- ◆ **Дискретно-событийное моделирование предполагает представление моделируемой системы в виде процесса, то есть последовательности операций, выполняемых с агентами.**

Модель задается графически в виде диаграммы процесса, блоки которой представляют собой отдельные операции. Как правило, диаграмма процесса начинается с блока «источник», генерирующего агентов. Этот блок передает агентов в последующие блоки диаграммы, задающие операции моделируемого процесса. Завершается диаграмма процесса обычно блоком, уничтожающим этих агентов.

Под *агентами*, называемыми в GPSS *транзакциями*, а в некоторых других моделирующих программах - *заявками*, могут пониматься клиенты, пациенты, телефонные звонки, документы, компоненты изделий или сами изделия, поддоны, автомобили, проекты, идеи и т.д.

Под *ресурсами* может пониматься персонал, врачи, рабочие, оборудование и транспорт.

Типовыми операциями дискретно-событийной модели являются задержка (моделирующая выполнение определенной операции, например, обработку звонка или детали), обслуживание агента ресурсом, ветвление процесса и т.д. Поскольку агенты конкурируют за обладание ресурсами, необходимыми для выполнения операций, то это может приводить к задержкам, и практически во всех дискретно-событийных моделях присутствуют очереди.

Как времена прибытия агентов, так и времена их обслуживания обычно являются случайными величинами, и их значения генерируются функциями распределения вероятностей. Поэтому и сами дискретно-событийные модели являются стохастическими, и для получения репрезентативного результата модель должна проработать определенное время, или же нужно выполнить определенное количество прогонов модели.

Типовыми результатами дискретно-событийной модели являются:

- занятость ресурсов;
- время, проведенное агентом в системе или определенной ее части;
- длины очередей;
- время ожидания;
- пропускная способность и узкие места системы.



Модель заводского цеха

Мы промоделируем производственные процессы в небольшом заводском цеху:

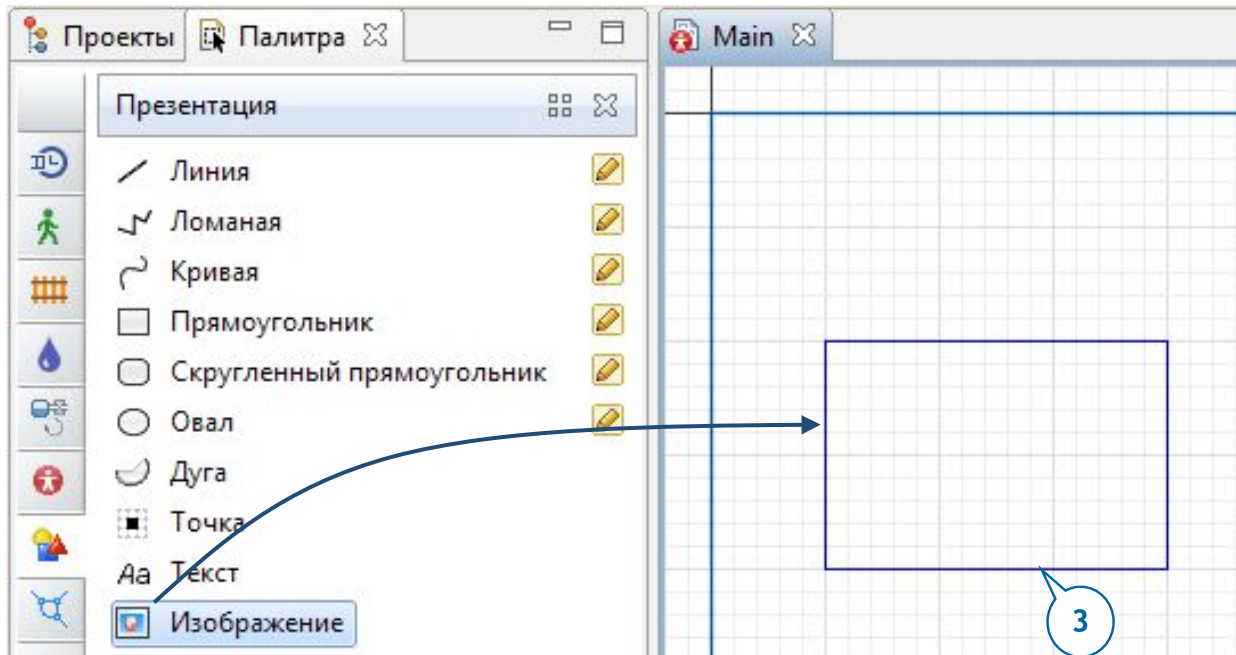
- Каждый час на завод приезжает грузовик с поддонами. На каждом поддоне находится по четыре заготовки, готовые к обработке в данном цеху.
- Все находящиеся на грузовике поддоны разгружаются в приемной зоне цеха.
- Далее эти поддоны с помощью автопогрузчиков помещаются в подготовительную зону хранения.
- По прошествии определенного времени поддоны с заготовками доставляются автопогрузчиками к станку с ЧПУ. Здесь происходит обработка заготовок – производство конечных изделий.
- Готовые изделия заново собираются на поддоны и перевозятся в другую зону хранения, расположенную у зоны отгрузки (эта часть упражнения выполняется самостоятельно).

Фаза 1. Создание простой модели

Мы начнем с создания простой модели, имитирующей появление поддонов в приемной зоне заводского цеха и их последующее пребывание в зоне хранения.

1. Создайте новую модель. В мастере **Новая модель** задайте **Имя модели**: *Job Shop*, а также выберите **Единицы модельного времени**: **минуты**.
2. Откройте палитру **Презентация** . В этой палитре представлены графические элементы, с помощью которых вы можете нарисовать анимацию модели: прямоугольник, линия, овал, ломаная линия, кривая и т.д.
3. Перетащите элемент **Изображение**  из палитры **Презентация** на диаграмму *Main*. Элемент **Изображение** можно использовать для добавления в модель изображений в различных графических форматах: PNG, JPEG, GIF, и BMP.

AnyLogic

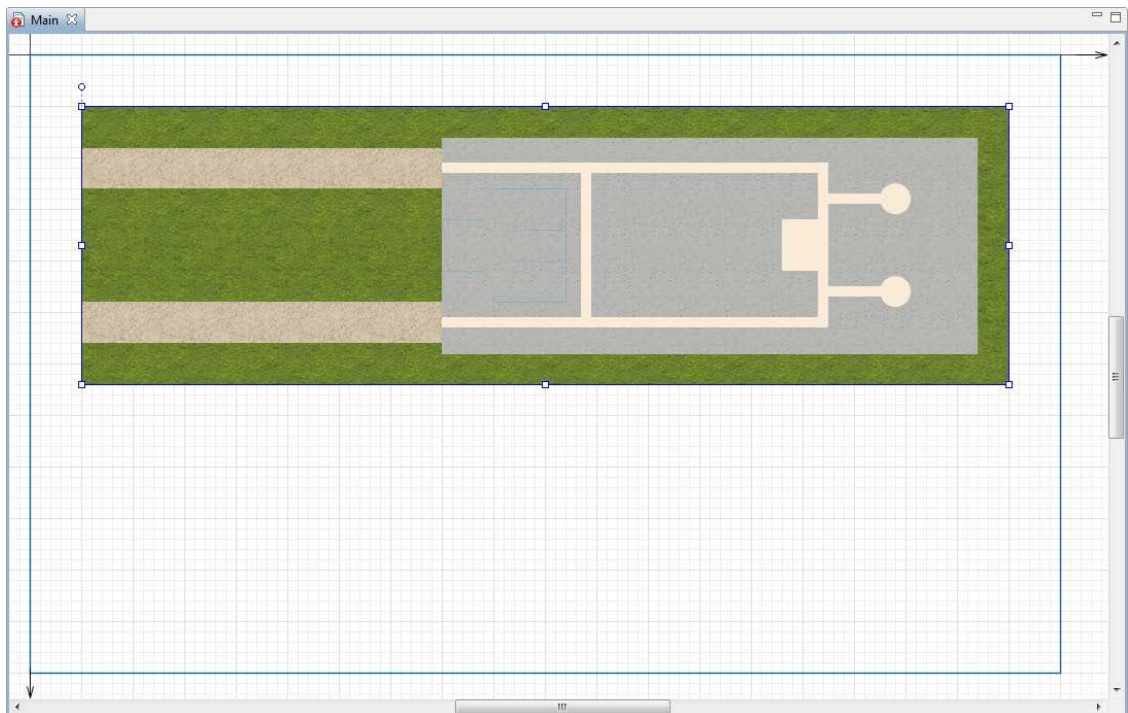


4. Откроется диалоговое окно, в котором вам будет предложено выбрать нужный файл изображения.
5. Перейдите в следующий каталог и выберите изображение *layout.png* :

каталог AnyLogic /resources/AnyLogic in 3 days/Job Shop

Еще раз напомним, что *каталог AnyLogic* - это каталог, в который была установлена программа AnyLogic, например: *C:/Program Files/AnyLogic 7 Professional*.

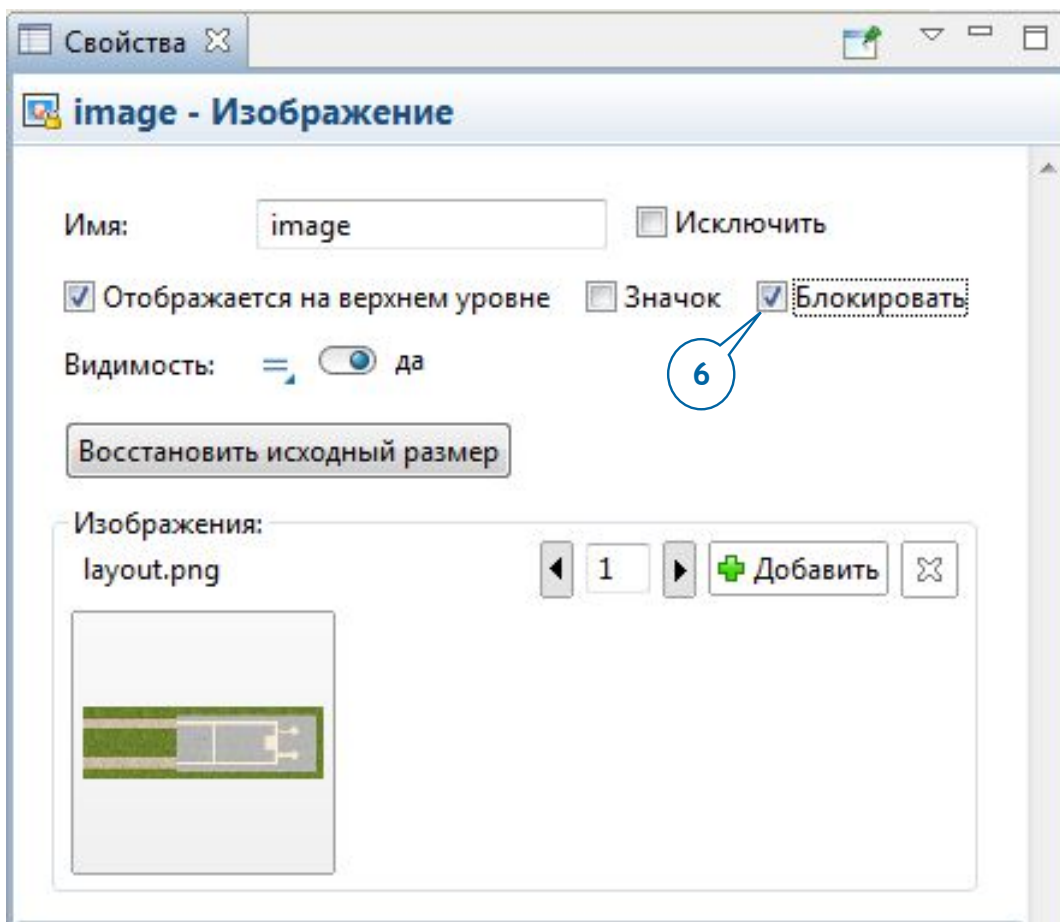
Когда вы выберете изображение, диаграмма агента *Main* станет выглядеть следующим образом:



AnyLogic добавляет изображение на диаграмму *Main* в его исходном размере, но вы можете изменить длину или ширину изображения. Если вы исказили пропорции изображения (как это показано на следующем рисунке), то вы можете восстановить исходные размеры изображения, щелкнув по кнопке **Восстановить исходный размер** на странице свойств этого изображения.



6. Выберите изображение в графическом редакторе. Если требуется зафиксировать местоположение и размер изображения, то в панели **Свойства** установите флажок **Блокировать**.



Блокировка графического элемента

- Если вы заблокируете графический элемент, то он не будет реагировать на нажатия кнопок мыши и его будет невозможно выбрать в графическом редакторе. Блокировка очень полезна в тех случаях, когда вы рисуете элементы (обычно - элементы сети - пути, узлы, и т.д.) поверх изображений, представляющих собой планы заводов, больниц, складов.
- Если вам нужно снять блокировку с элемента, щелкните правой кнопкой мыши в графическом редакторе и выберите из контекстного меню пункт **Блокировка > Снять блокировку со всех фигур**.

Элементы разметки пространства

Нашим следующим шагом будет рисование элементов разметки пространства поверх плана фабричного цеха. Элементы разметки находятся на палитре **Разметка пространства**. Это **Путь**, три разновидности элемента **Узел**, **Аттрактор** и **Стеллаж**.

Создание сети


Пути и узлы являются элементами разметки пространства, задающими местоположение агентов:

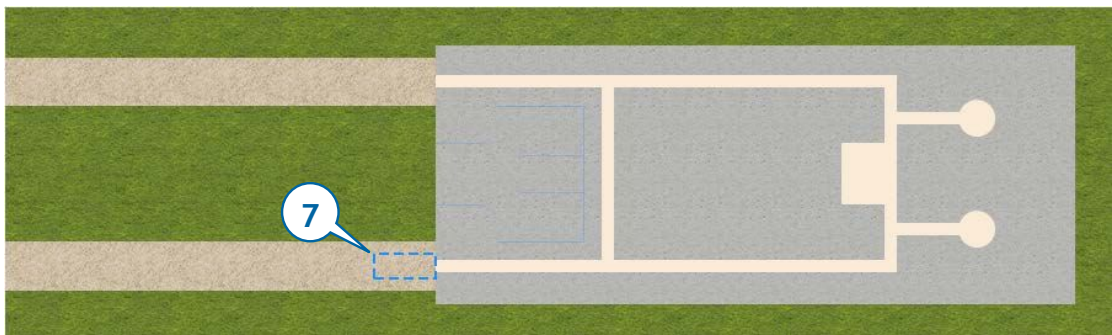
- *Узел* задает место, где агенты могут находиться в течение определенного времени для выполнения определенных действий;
- *Путь* задает маршрут, по которому агенты могут перемещаться между узлами.

Из узлов и путей формируется *сеть*, которую агенты могут использовать для перемещения по кратчайшему маршруту между исходным и конечным узлами. Сеть обычно создается, если происходящие в модели процессы протекают в определенном физическом пространстве, и в моделируемой вами системе есть подвижные агенты и ресурсы. Предполагается, что вместимость сегментов сети неограниченна, и несколько агентов могут одновременно перемещаться по одному и тому же пути.


Давайте нарисуем сеть, задающую пути перемещения поддонов в нашей модели.

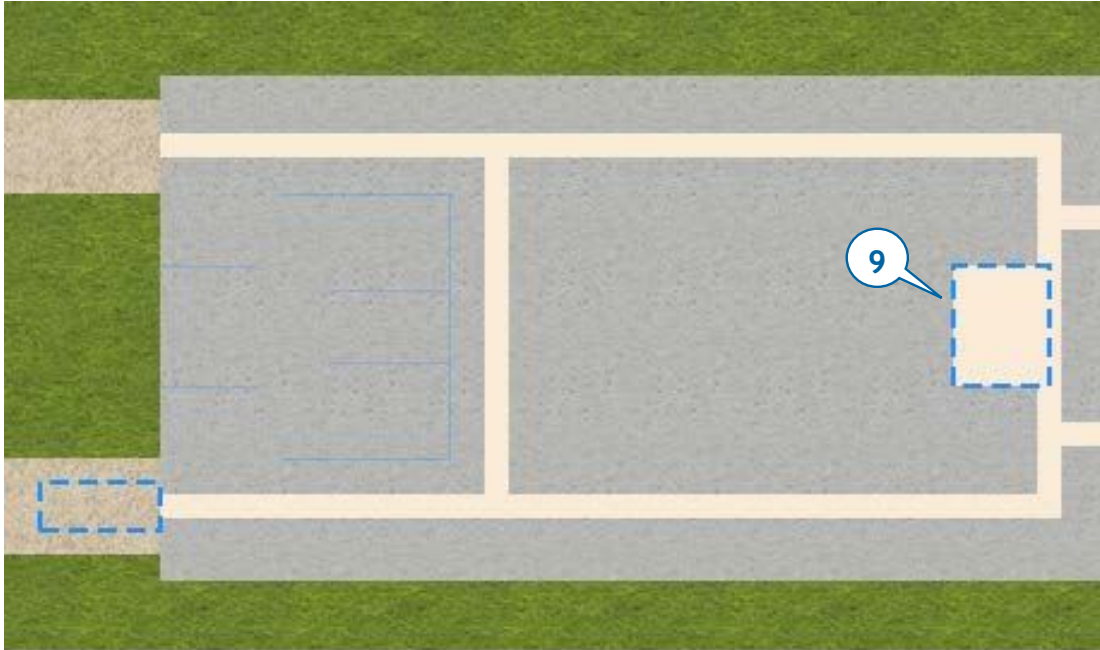
Вначале нарисуйте прямоугольный узел поверх входа в предприятие. Этот узел будет представлять в нашей модели приемную зону для поддонов.

7. Откройте палитру **Разметка пространства** и перетащите элемент **Прямоугольный узел**  на диаграмму *Main*. Измените размер узла, чтобы он выглядел так, как показано на следующем рисунке.




8. Присвойте созданному узлу имя *receivingDock* (приемная_зона).
9. Нарисуйте узел, определяющий место парковки автопогрузчиков, когда они находятся в ожидании и не выполняют никаких заданий. С помощью еще

одного **Прямоугольного узла**  нарисуйте зону стоянки согласно следующему рисунку и назовите этот узел *forkliftParking*.

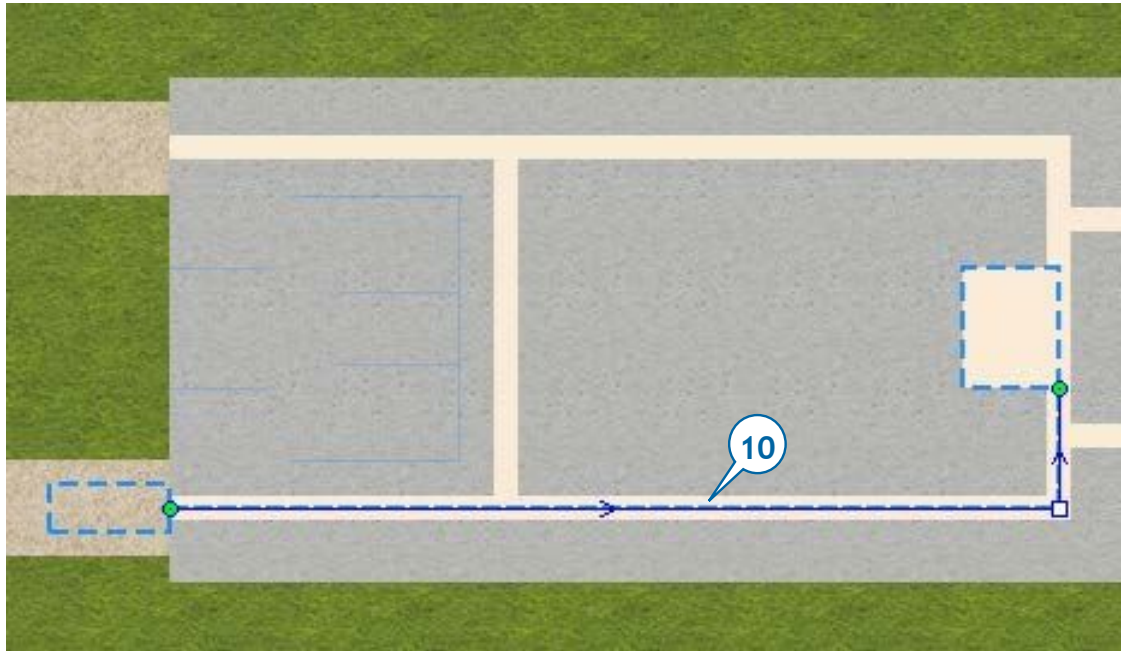


Теперь давайте нарисуем путь перемещения автопогрузчиков в нашей модели.


10. Чтобы нарисовать путь, необходимо выполнить следующее.

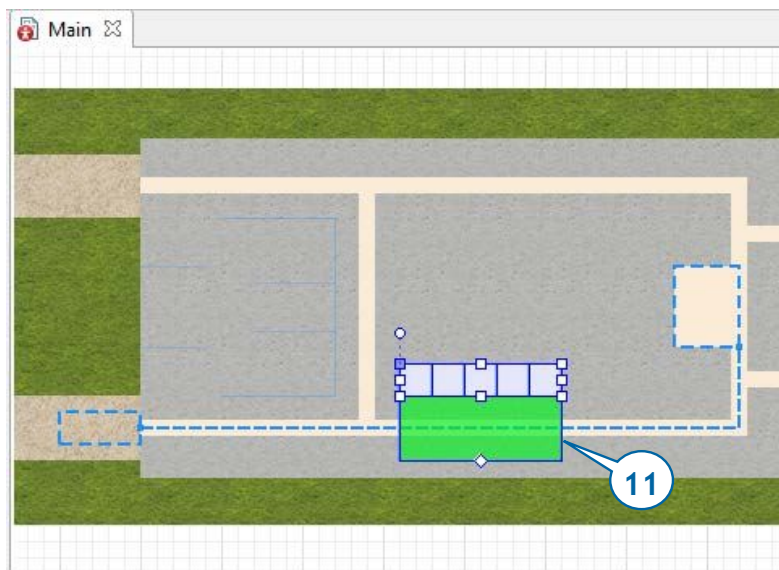
- a. На палитре **Разметка пространства** дважды щелкните по элементу **Путь** , при этом активируется режим его рисования.
- b. Нарисуйте путь согласно следующему рисунку. Начните рисование, щелкнув по границе узла *receivingDock*. Затем добавьте точку изгиба пути, щелкнув мышью в соответствующем месте плана цеха. Закончите рисование, щелкнув по границе узла *forkliftParking*.

Если узлы были соединены правильно, то при щелчке мышью по пути обе его точки соединения с узлами должны будут выделиться зеленым цветом (как на рисунке ниже).




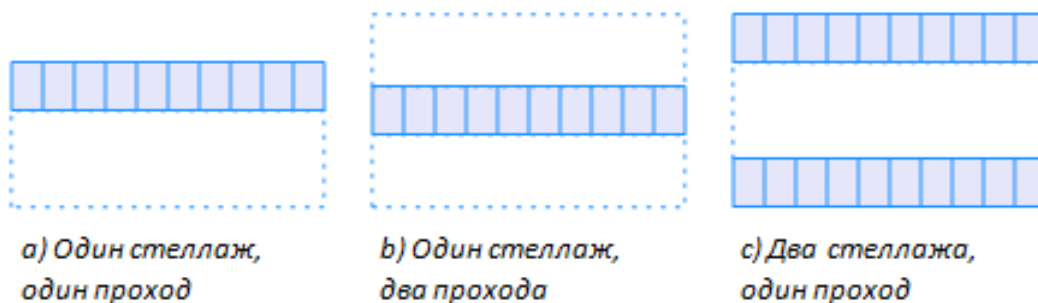
По умолчанию пути создаются как двунаправленные. Однако в случае необходимости вы можете разрешить движение по пути только в одном определенном направлении. Для этого нужно сбросить флажок **Двунаправленный** и затем указать направление движения. Направление движения по пути можно увидеть, выбрав путь; при этом в графическом редакторе будет показана стрелка направления.

11. Нарисуйте зону хранения (стеллаж), перетащив на диаграмму элемент **Стеллаж**  из палитры **Разметка пространства** и совместив проход между стеллажами с нарисованным ранее путем. При правильном расположении стеллажа он будет подключен к сети, о чем говорит его выделение зеленым цветом (см. рисунок ниже).



Стеллаж

Элемент разметки пространства **Стеллаж**  позволяет графически задать стойки стеллажей, которые вы могли видеть на складах и в иных зонах хранения. Этот элемент представлен в трех конфигурациях.



12. На странице свойств стеллажа необходимо сделать следующее.

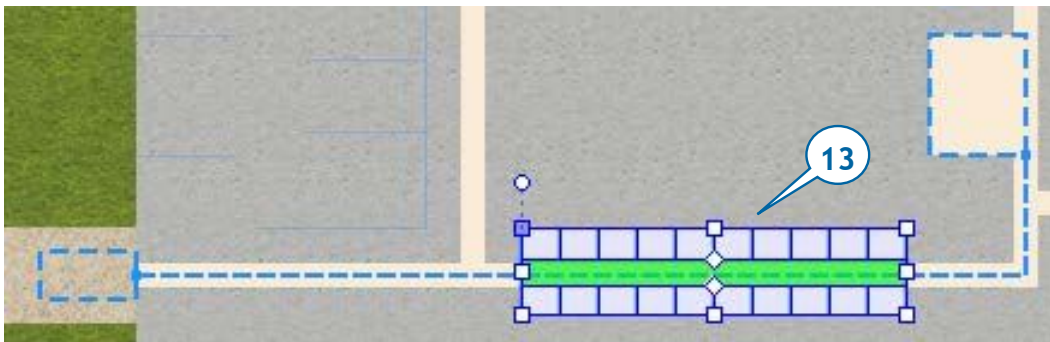
- Выберите в списке **Тип** опцию **два стеллажа, один проход**;
- Задайте **Количество ячеек**: *10*
- Высота уровня**: *10*

В разделе свойств **Местоположение и размер** задайте:

- Длина**: *160*
- Глубина левого стеллажа**: *14*
- Глубина правого стеллажа**: *14*

г. **Ширина прохода: 11**

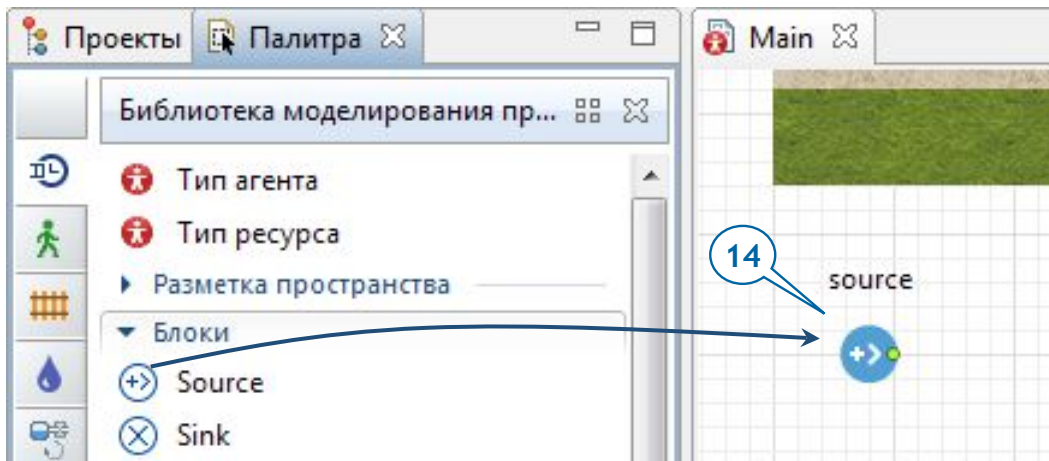
- 13.** После того, как вы выполните эти изменения, стеллаж должен будет выглядеть так, как показано на следующем рисунке. При необходимости переместите фигуру стеллажа так, чтобы проход между двумя стеллажами совпал с нарисованным ранее путем. Убедитесь, что стеллаж подсоединен к сети, выбрав его двумя повторными щелчками мыши. При первом щелчке выбирается вся сеть, при втором – сам стеллаж. Если фигура подсоединена к сети, то проход между стеллажами будет выделен зеленым цветом.





Мы разметили пространство нашей модели, отметив поверх плана важные узлы и пути. Теперь мы займемся моделированием процессов с помощью Библиотеки моделирования процессов AnyLogic.

Библиотека моделирования процессов

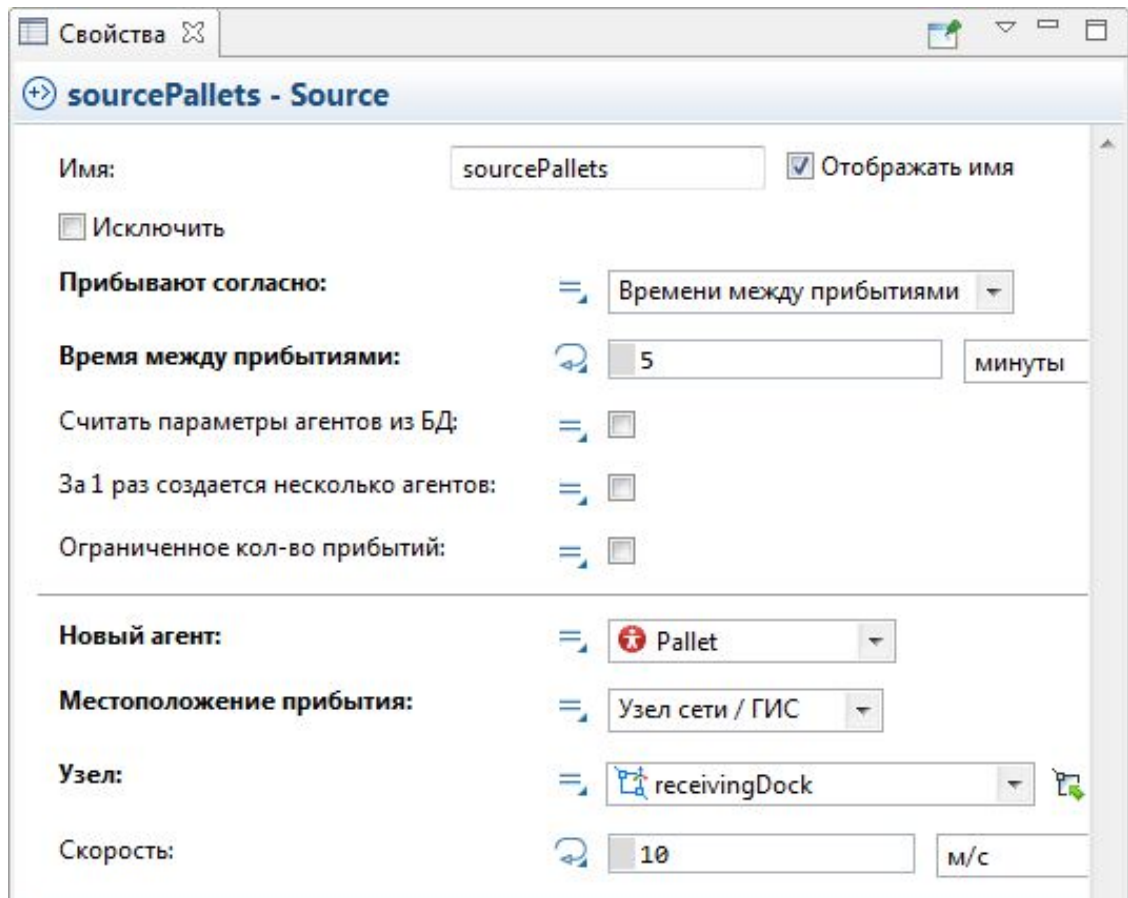
Если постановка вашей задачи формулирует систему как процесс - последовательность операций с заданными длительностями, то такую модель проще задавать с помощью дискретно-событийного моделирования. Для создания дискретно-событийных моделей AnyLogic предоставляет *Библиотеку моделирования процессов*. С ее помощью вы можете описывать процессы с помощью *графических диаграмм процесса*, собираемых из блоков библиотеки.



14. Перетащите элемент **Source**  из палитры  **Библиотека моделирования процессов** на графическую диаграмму. Назовите созданный блок *sourcePallets*.

Обычно блок **Source** выступает в качестве стартовой точки процесса. Так и в нашей модели он будет использоваться для создания поддонов.

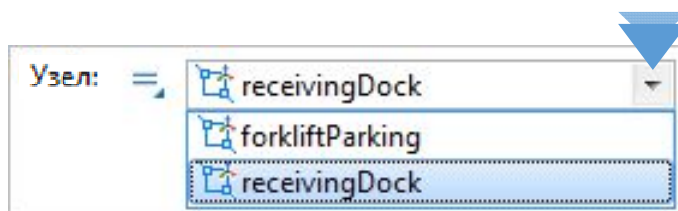
15. Для того, чтобы поддоны появлялись в модели каждые пять минут и попадали в узел *receivingDock*, в панели **Свойства** блока *sourcePallets* необходимо выполнить следующее.
- Из списка **Прибывают согласно** выберите **Времени между прибытиями**.
 - В поле **Время между прибытиями** введите *5*, а из списка справа выберите **минуты**. Поддоны будут поступать раз в пять минут.
 - В области **Местоположение прибытия** выберите из списка **Узел сети / ГИС**.
 - В расположенном ниже списке **Узел** выберите *receivingDock*.




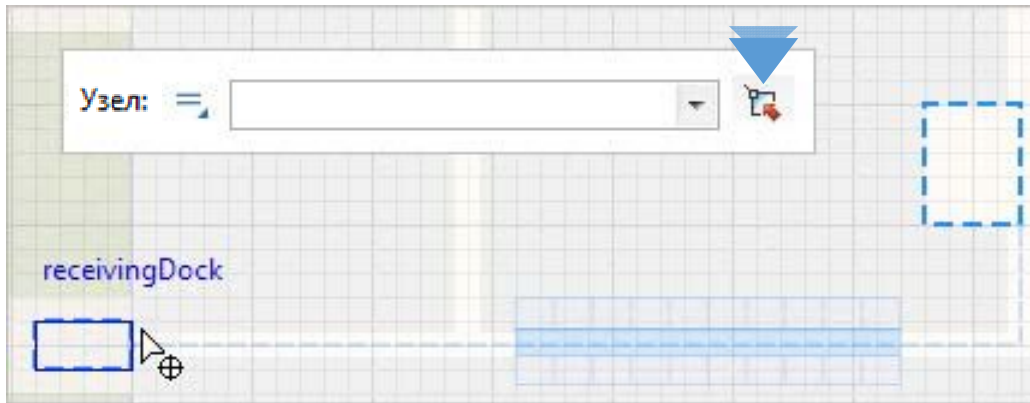
Как сослаться на элемент модели из параметра блока

Существует два способа подстановки имени графического элемента в поле параметра блока библиотеки.


- Вы можете выбрать графический элемент прямо в панели **Свойства**, из выпадающего списка:



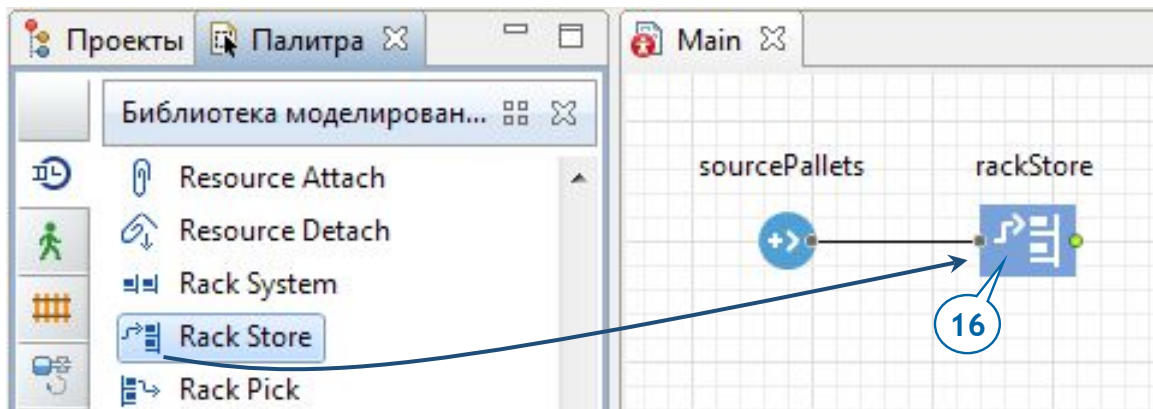
- Вы можете щелкнуть по кнопке  справа от показанного выше списка, а затем выбрать элемент в графическом редакторе, щелкнув по нему мышью. Обратите внимание, что в режиме выбора элемента на холсте, большинство элементов на диаграмме будет затенено, ограничивая ваш выбор только элементами допустимых типов.



Продолжайте создание диаграммы процесса, добавляя другие блоки Библиотеки моделирования процессов.

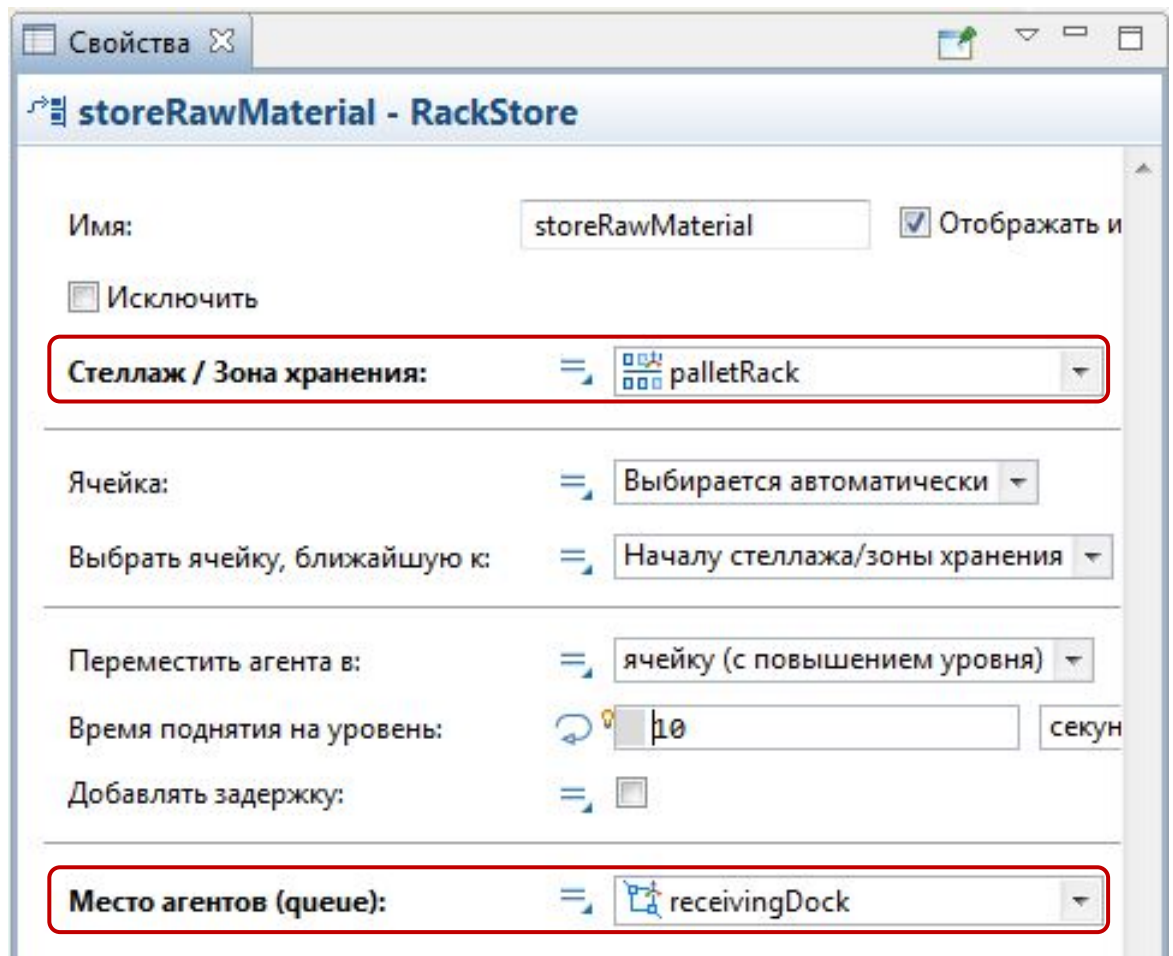
16. Перетащите блок **RackStore**  из палитры **Библиотека моделирования процессов** на диаграмму. Поместите его рядом с блоком *sourcePallets* так, чтобы эти блоки автоматически соединились, как показано на следующем рисунке.


Блок **RackStore** моделирует помещение поддонов в заданные ячейки стеллажа.

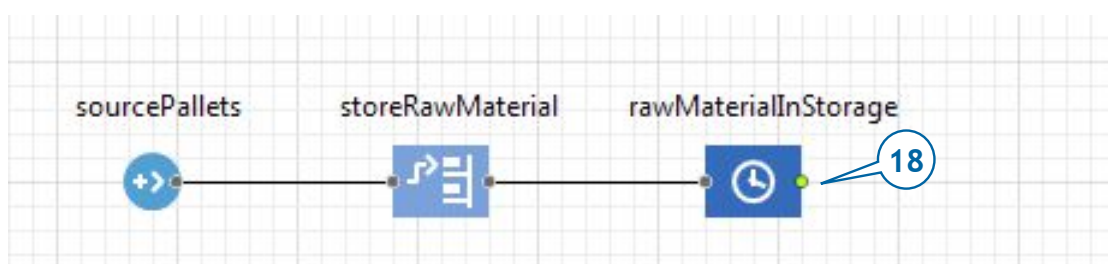


17. На странице свойств блока *rackStore* необходимо сделать следующее.

- a. В поле **Имя** введите *storeRawMaterial*.
- b. В списке **Стеллаж / Зона хранения** выберите *palletRack*.
- c. В списке **Место агентов (queue)** выберите *receivingDock* - место, где будут находиться поддоны в ожидании перемещения в зону хранения.



18. Чтобы промоделировать пребывание поддонов в стеллаже, добавьте блок **Delay** . Назовите этот блок *rawMaterialInStorage*.

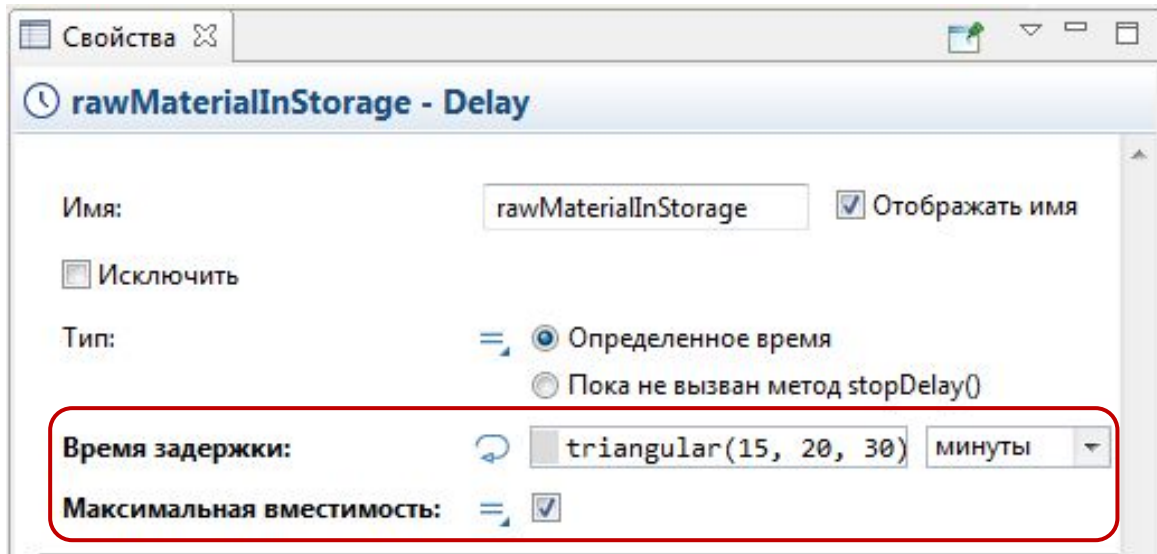



Как вы заметили, мы соединяем правый порт одного блока с левым портом следующего блока. У каждого блока из Библиотеки моделирования процессов имеется левый *входной порт* и правый *выходной порт*, и вы можете соединять входные порты только с выходными.

19. На странице свойств блока *rawMaterialInStorage* необходимо выполнить следующее.

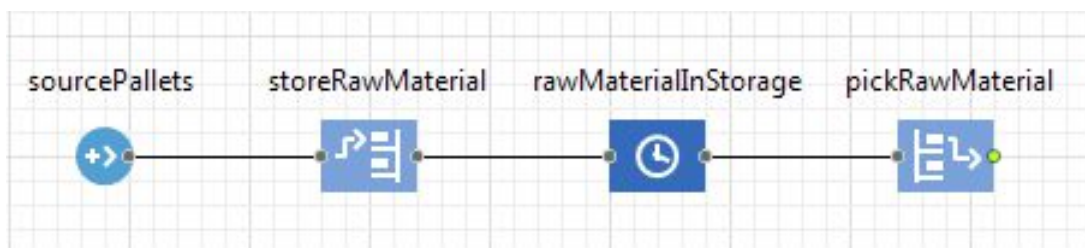
AnyLogic

- a. В поле **Время задержки** введите `triangular(15, 20, 30)`. В расположенном справа списке выберите **минуты**.
- b. Установите флажок **Максимальная вместимость**, означающий, что в этом блоке (моделирующем пребывание поддонов в стеллаже) может одновременно находиться сразу несколько (условно неограниченное количество) агентов-поддонов.



20. Добавьте блок **RackPick** , подсоедините его к диаграмме процесса и назовите этот блок *pickRawMaterial*.

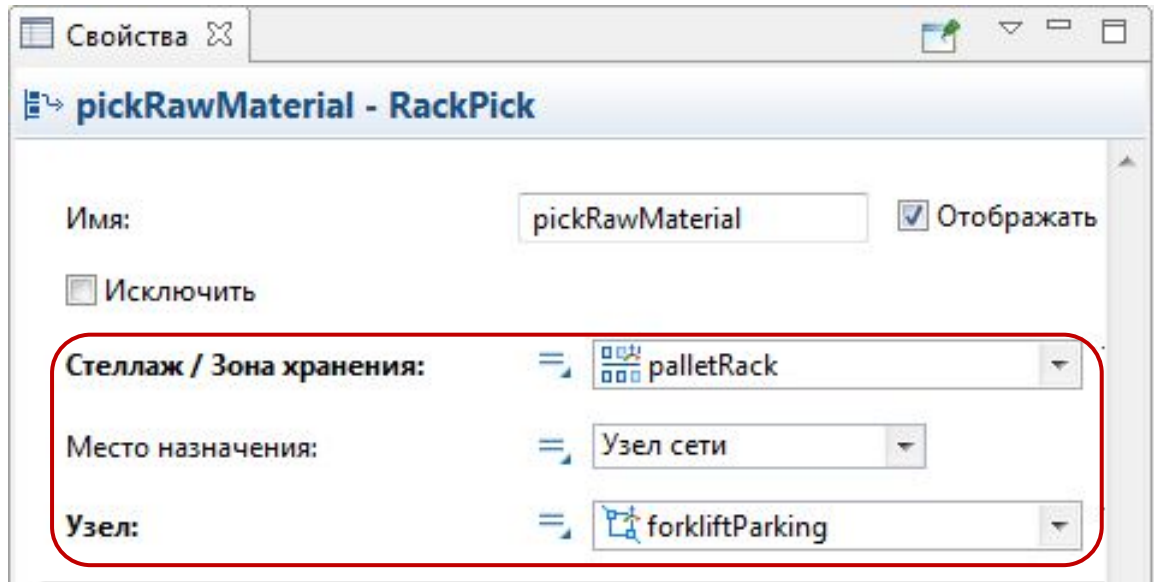
В нашей модели блок **RackPick** извлекает поддон из ячейки стеллажа и перемещает в заданное место.




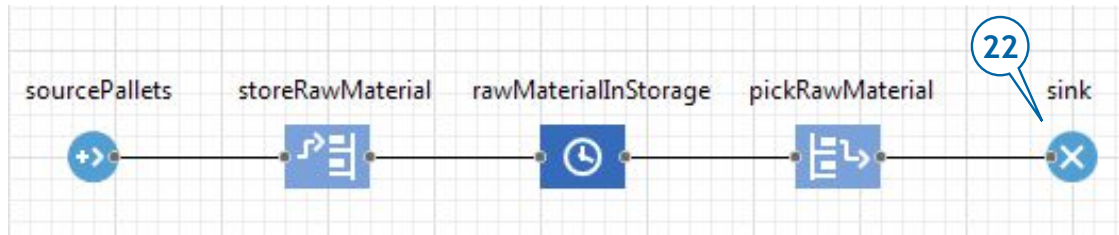
21. На странице свойств блока *pickRawMaterial* необходимо выполнить следующее.

- a. В списке **Стеллаж / Зона хранения** выберите *palletRack*. Тем самым мы указываем, из какого стеллажа будут извлекаться агенты-поддоны.

- б. В списке **Узел** выберите *forkliftParking* - тот узел сети, куда автопогрузчики будут доставлять поддоны.

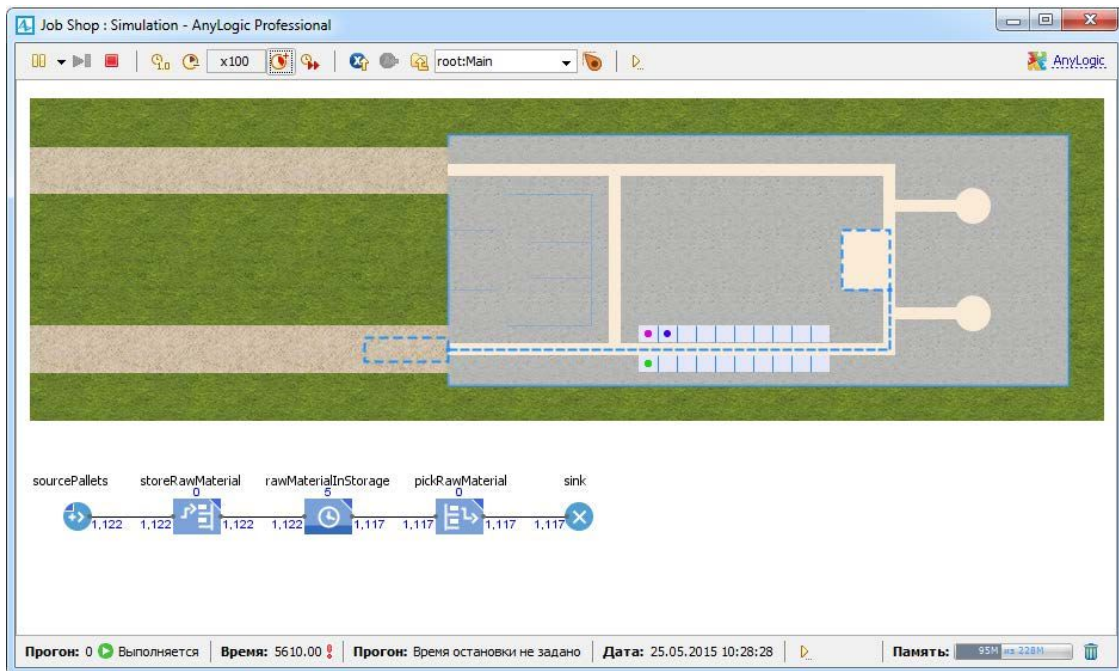


22. Добавьте блок **Sink** . Блок **Sink** уничтожает поступающих агентов и обычно выступает в качестве конечной точки диаграммы процесса.

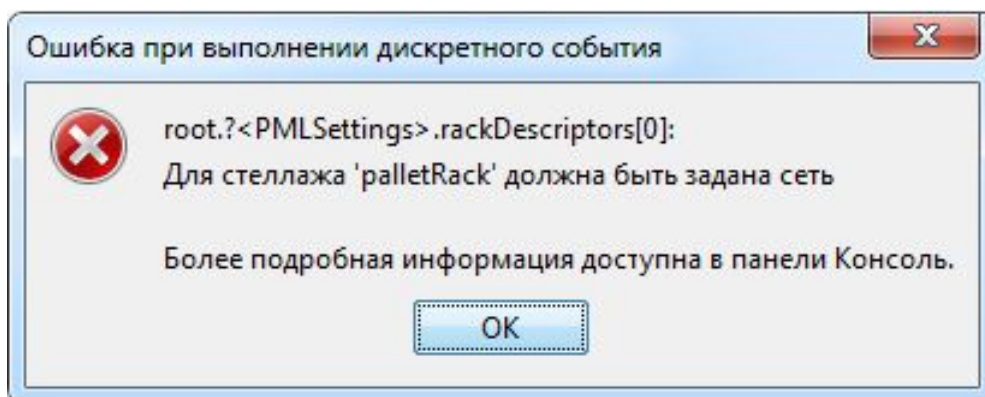


23. Мы завершили создание этой простой модели. Теперь вы можете запустить модель (эксперимент *Job Shop / Simulation*) и понаблюдать за ее поведением.

AnyLogic



Если по ходу работы модели вы увидите сообщение об ошибке "Для стеллажа 'palletRack' должна быть задана сеть" (как на рисунке ниже), то это значит, что ваш стеллаж не соединен с другими фигурами сети. Подсоедините стеллаж к сети, выбрав его фигуру в графическом редакторе и переместив ее так, чтобы проход между стеллажами лежал прямо поверх нарисованного ранее пути и подсвечивался зеленым цветом.



Фаза 2. Добавление ресурсов

Продолжим создание нашей модели. Теперь мы добавим ресурсы (автопогрузчики), с помощью которых будет производиться как помещение поддонов в стеллаж, так и их последующее перемещение в производственную зону.

Ресурсы

Ресурсами называются объекты, используемые агентами для выполнения определенной операции. В случае необходимости агент должен получить ресурс, выполнить операцию, а затем освободить ресурс.


Примеры ресурсов:

- В модели больницы: врачи, медицинские сестры, оборудование, кресла-каталки;
- В модели цепочки поставок: автотранспортные средства и контейнеры;
- В модели склада: автопогрузчики и рабочие.

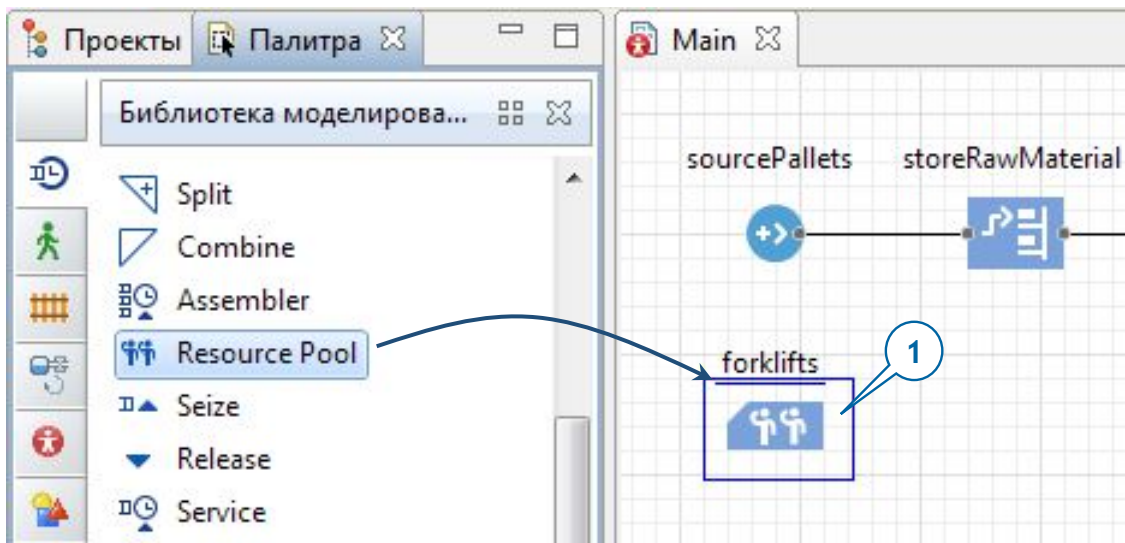
Ресурсы в AnyLogic бывают трех типов: *статические*, *перемещаемые* и *двигающиеся*.

- Статические ресурсы привязаны к определенному местоположению и не могут перемещаться ни самостоятельно, ни принудительно.
- Двигающиеся ресурсы могут перемещаться самостоятельно.
- Перемещаемые ресурсы могут перемещаться агентами или двигающимися ресурсами.

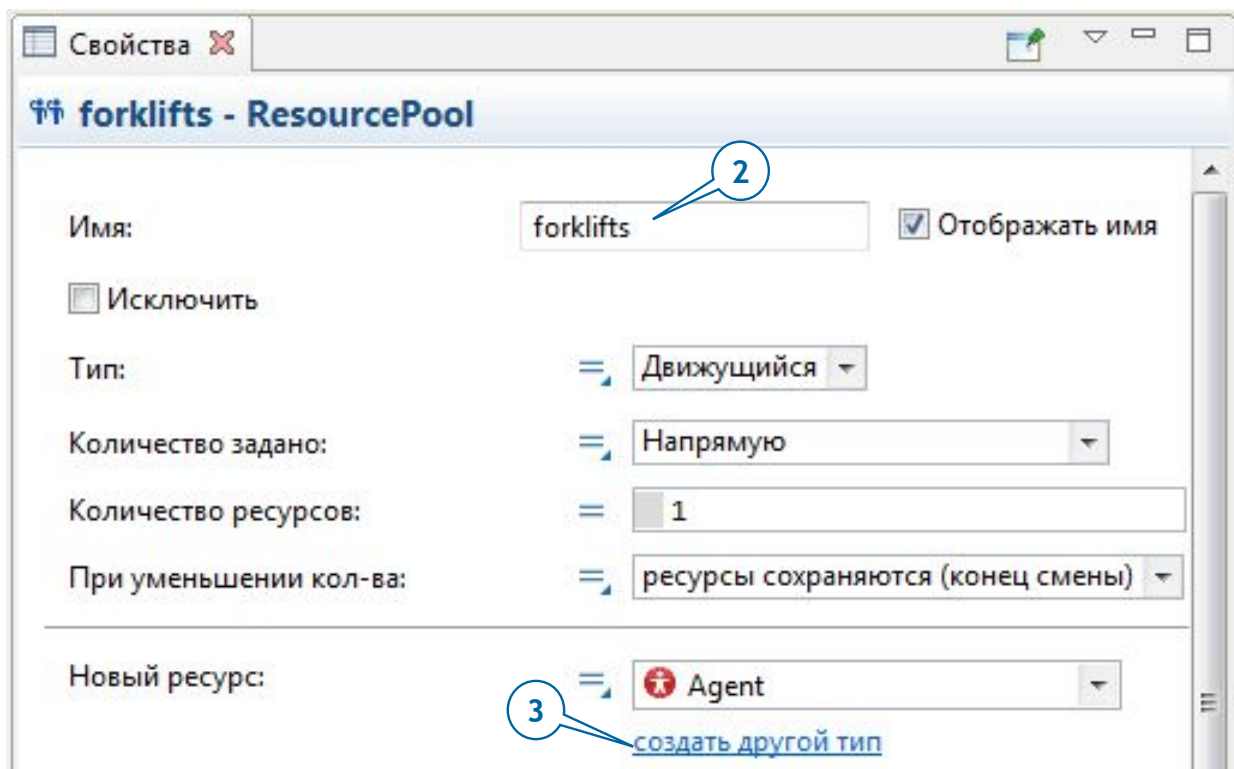
Ресурсами нашей модели являются автопогрузчики, перемещающие поддоны из зоны разгрузки в стеллаж, а затем доставляющие поддоны из стеллажа в производственную зону.

Каждый набор ресурсов задается в AnyLogic блоком библиотеки **ResourcePool** .

1. Перетащите блок **ResourcePool**  из палитры  **Библиотека моделирования процессов** на диаграмму *Main*. Подсоединить этот блок к диаграмме процесса не требуется.



2. Присвойте блоку имя *forklifts* (автопогрузчики).



3. На странице свойств блока *forklifts* щелкните по метке **создать другой тип**. Таким способом мы создадим в модели новый тип ресурса. У каждого типа ресурса есть своя графическая диаграмма, на которой вы можете нарисовать анимацию этого ресурса, а также задать специфические характеристики этого ресурса с помощью параметров, переменных и функций.

4. В мастере **Создание агента**:

- a. В поле **Имя нового типа** введите *ForkliftTruck*.
- b. Перейдите к следующей странице мастера, щелкнув по кнопке **Далее**.

Создание агентов

Шаг 1. Создание нового типа агента

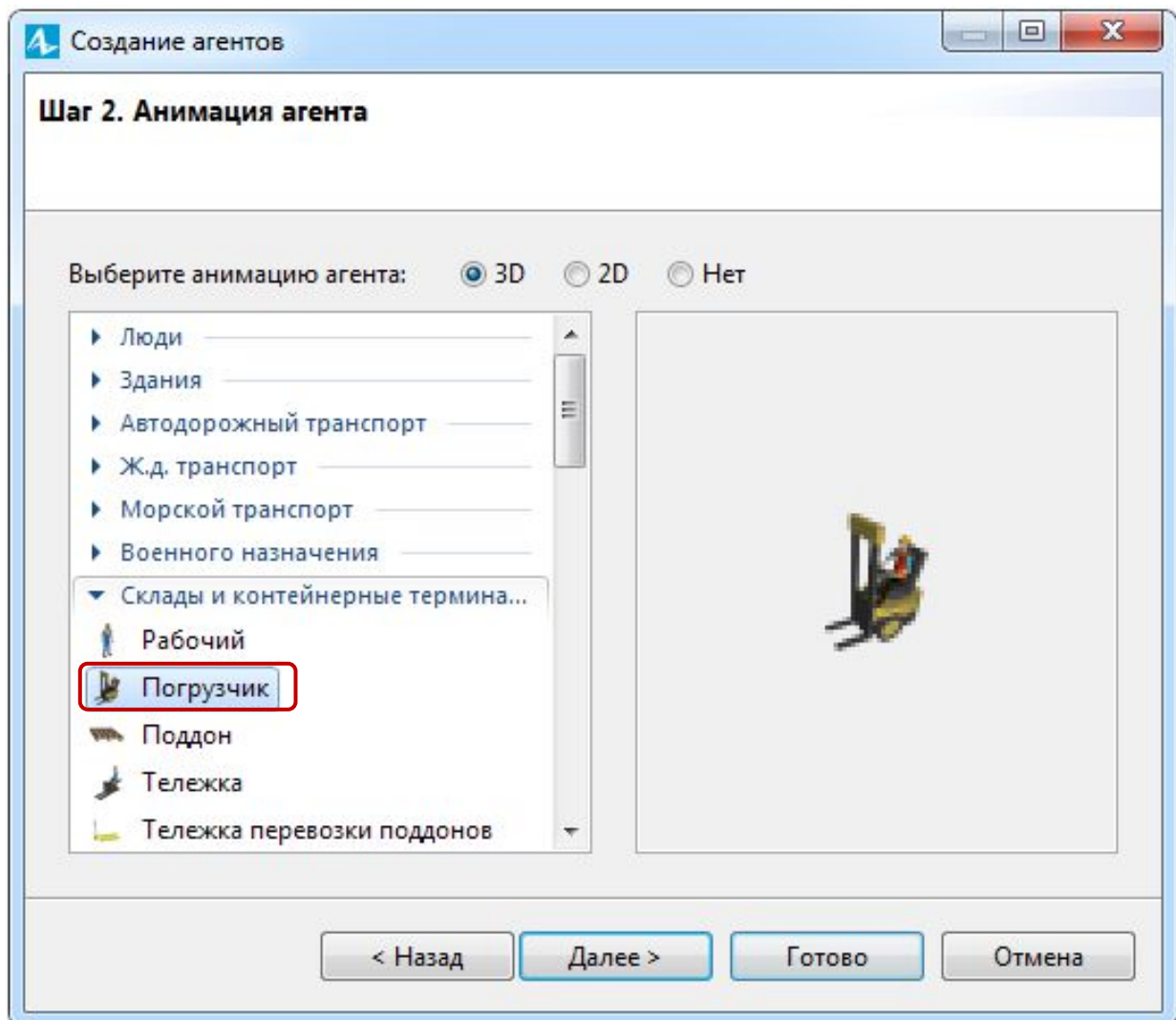
Имя нового типа:

Создать новый тип агента "с нуля"

Использовать таблицу базы данных
Я хочу создать тип агента на базе данных из таблицы БД

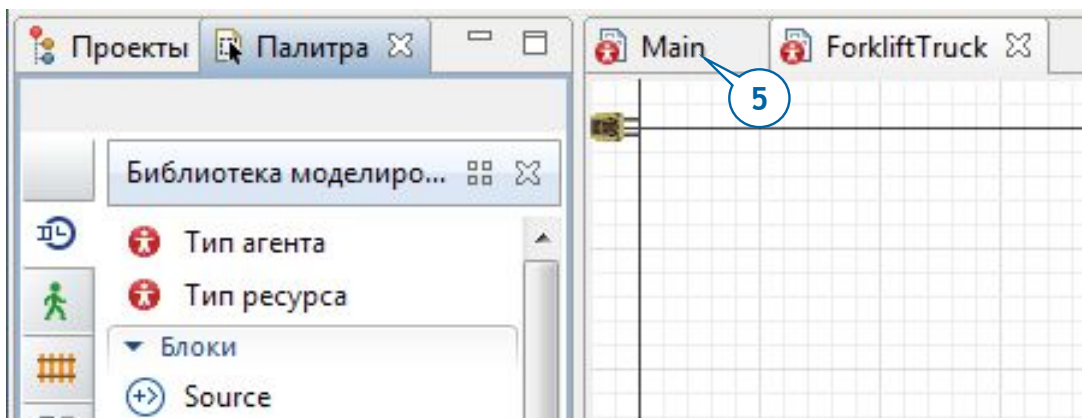
< Назад **Далее >** Готово Отмена

- c. В списке в левой части мастера раскройте раздел **Склады и контейнерные терминалы** и выберите картинку **Погрузчик**.
- d. Щелкните по кнопке **Готово**.




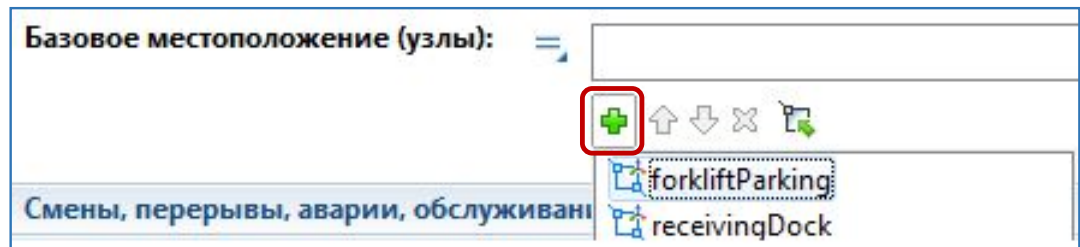
Откроется диаграмма типа ресурса *ForkliftTruck*, на которой будет присутствовать фигура анимации, выбранная вами в мастере.

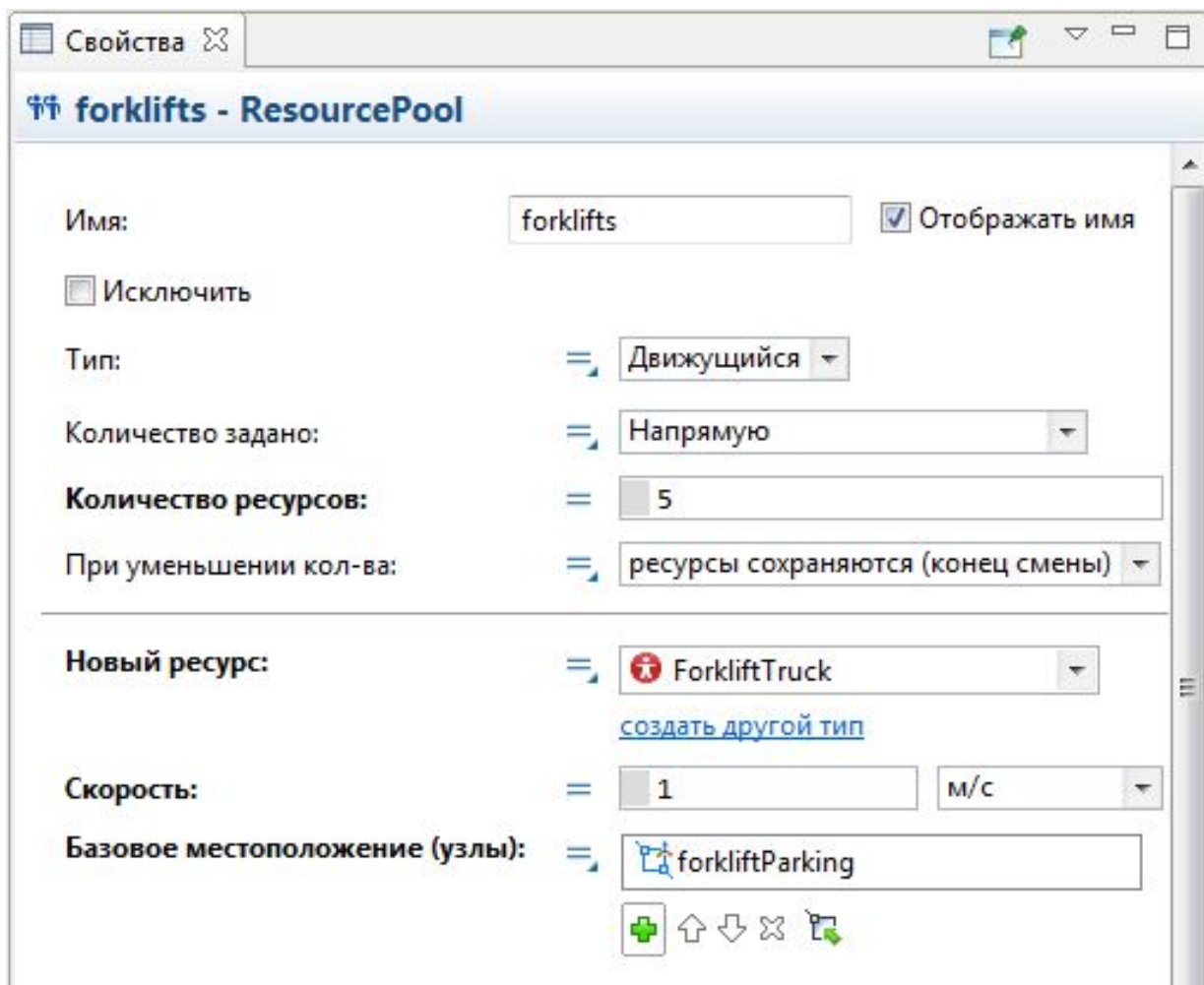
5. Откройте диаграмму *Main*, щелкнув по вкладке **Main**.



Вы увидите, что в поле **Новый ресурс** блока **ResourcePool** будет выбран тип ресурса *ForkliftTruck*.

6. Измените остальные параметры блока *forklifts*, задающего набор ресурсов:
 - a. В поле **Количество ресурсов** введите **5** - количество автопогрузчиков в моделируемом нами цеху.
 - b. В поле **Скорость** введите **1** и выберите из списка справа **м/с**.
 - c. В области **Базовое местоположение (узлы)** выберите узел *forkliftParking*. Щелкните по кнопке , а затем выберите из списка узлов *forkliftParking*.

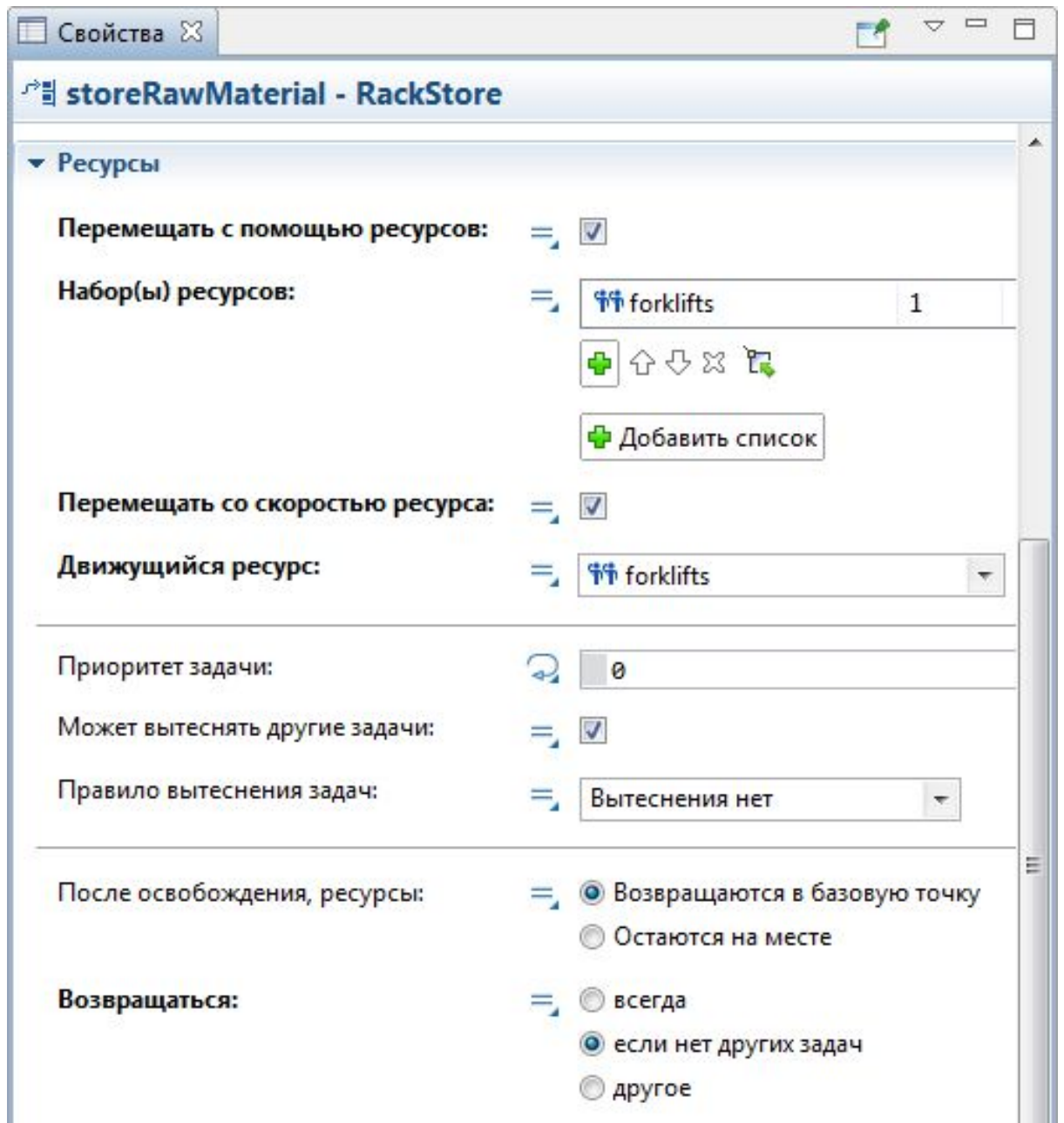




Мы задали ресурсы, и теперь нам нужно сделать так, чтобы блоки диаграммы процесса нашей модели использовали эти ресурсы.

7. На странице свойств блока *storeRawMaterial* нужно выполнить следующее:
 - a. Раскройте секцию свойств **Ресурсы**.
 - b. Установите флажок **Перемещать с помощью ресурсов**.
 - c. В списке **Набор(ы) ресурсов** выберите **forklifts**, при этом блок диаграммы процесса будет использовать ресурс выбранного типа (в нашем случае - автопогрузчик) для перемещения поддона.
 - d. Установите флажок **Перемещать со скоростью ресурсов**.
 - e. В появившемся ниже поле **Движущийся ресурс** выберите тот ресурс, скорость которого будет использоваться при перемещении: **forklifts**.

- f. В свойстве **Возвращаться** выберите опцию **если нет других задач**. Это означает, что по выполнении своих задач автопогрузчики возвращаются в исходный (базовый) узел сети.



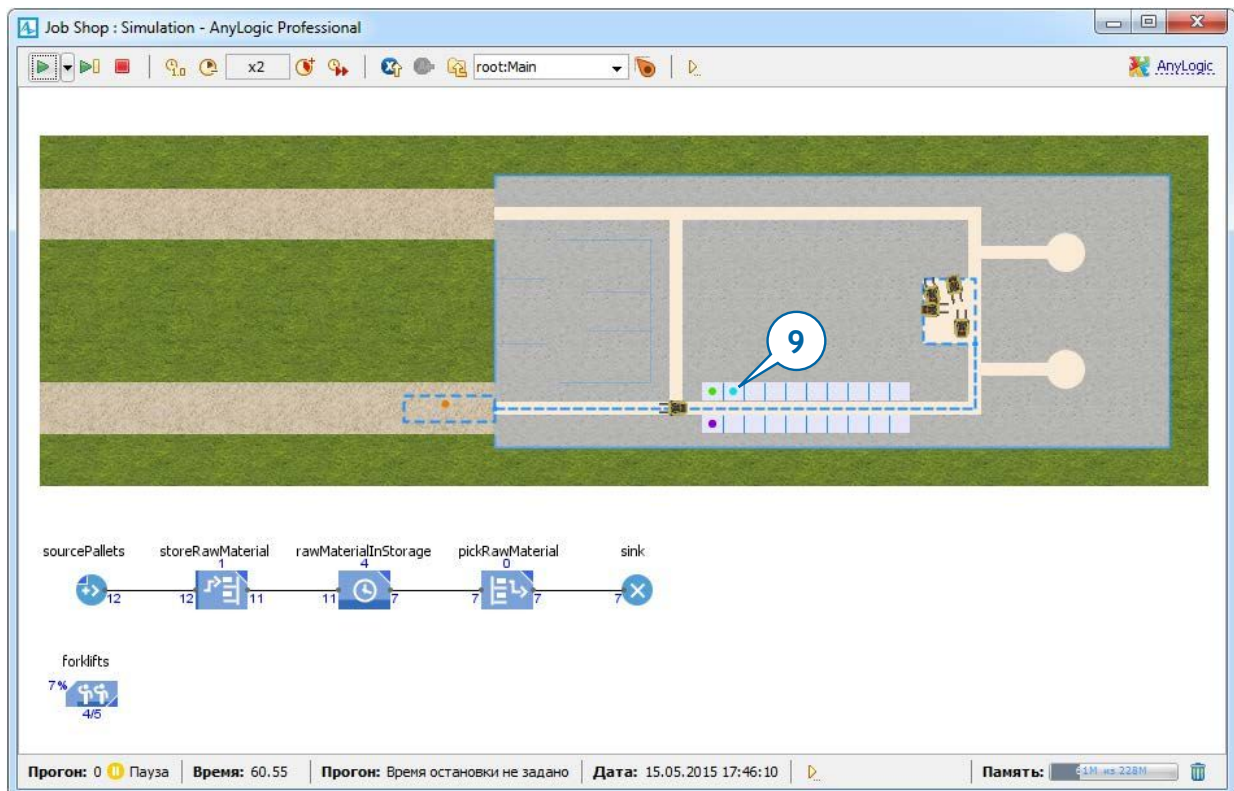
8. На странице свойств блока *pickRawMaterial* выполните следующее:
- Раскройте секцию свойств **Ресурсы**.
 - Установите флажок **Перемещать с помощью ресурсов**.

AnyLogic

- c. В списке **Набор(ы) ресурсов** выберите **forklifts**, тогда блок диаграммы процесса будет использовать ресурсы выбранного типа (т.е. автопогрузчики) для перемещения агентов (поддонов).
- d. Установите флажок **Перемещать со скоростью ресурсов**.
- e. В поле **Движущийся ресурс**, выберите **forklifts**.
- f. В свойстве **Возвращаться** выберите опцию **если нет других задач**.

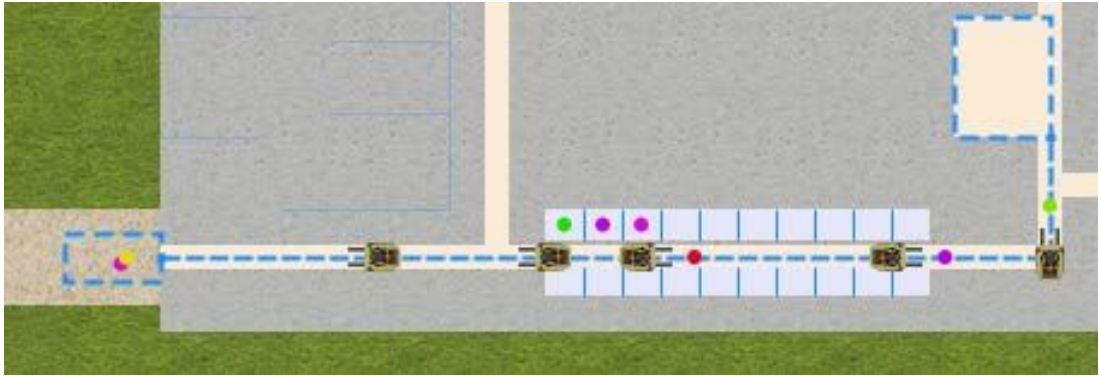
При перемещении агента блок **RackStore** захватывает свободный ресурс (автопогрузчик), перемещает его в место расположения агента (поддона), прикрепляет ресурс к агенту, перемещает агента с помощью ресурса в ячейку зоны хранения, а затем освобождает ресурс. Схожим образом ведет себя и блок **RackPick** (разница в том, что он извлекает поддоны из стеллажа).

9. Запустите модель.



Вы увидите, как автопогрузчики забирают поддоны из зоны разгрузки и помещают их в стеллаж. По истечении небольшой задержки они перемещают поддоны в зону парковки автопогрузчиков, при попадании в которую поддоны исчезают.

AnyLogic



Фаза 3. Создание трехмерной анимации




Давайте теперь добавим трехмерную анимацию моделируемого нами процесса.

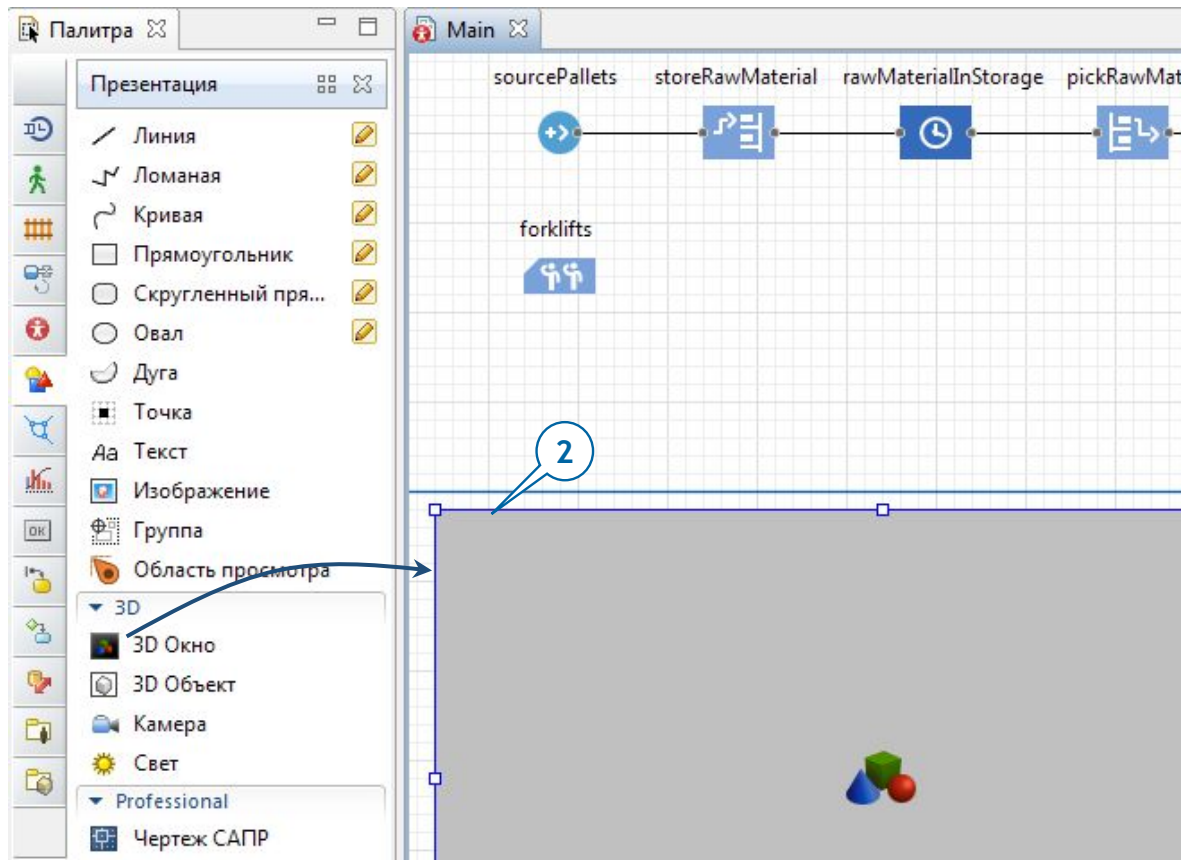
Начнем с добавления камеры.

Камера

Камера "снимает" ту сцену, которую вы видите в окне трехмерной анимации. Добавив в вашу модель камеру, вы можете выбрать, что именно вы хотите видеть в 3D окне .

Вы можете добавить несколько камер, это позволит вам наблюдать за различными зонами моделируемой системы (например, разными цехами фабрики) или за одним и тем же объектом, но с разных точек обзора. Если вы используете несколько камер, то по ходу выполнения модели вы можете легко переключаться с одного изображения на другое.

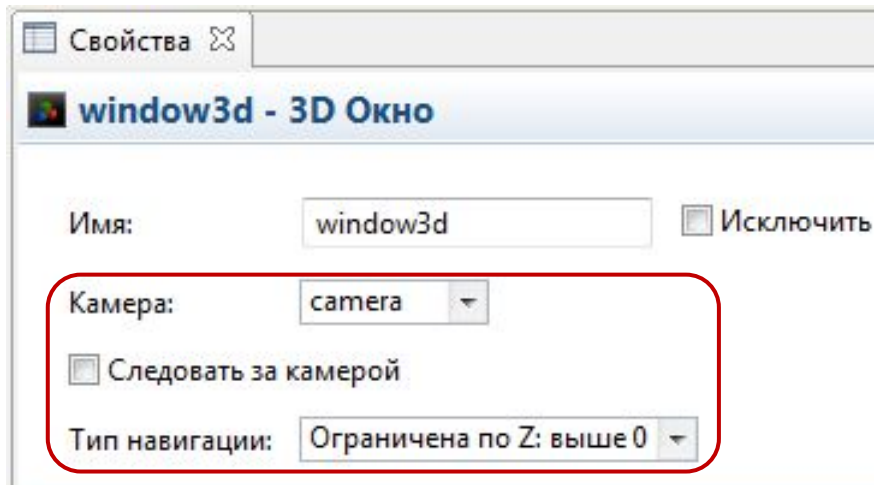
1. Перетащите элемент **Камера**  из палитры **Презентация**  на диаграмму *Main*. Поместите камеру таким образом, чтобы она "смотрела" на анимацию фабричного цеха.
2. Из этой же палитры, перетащите на диаграмму *Main* **3D окно** . Поместите его под диаграммой процесса.




3D окно

При необходимости вы можете добавить несколько 3D окон для обзора анимации с разных точек обзора.

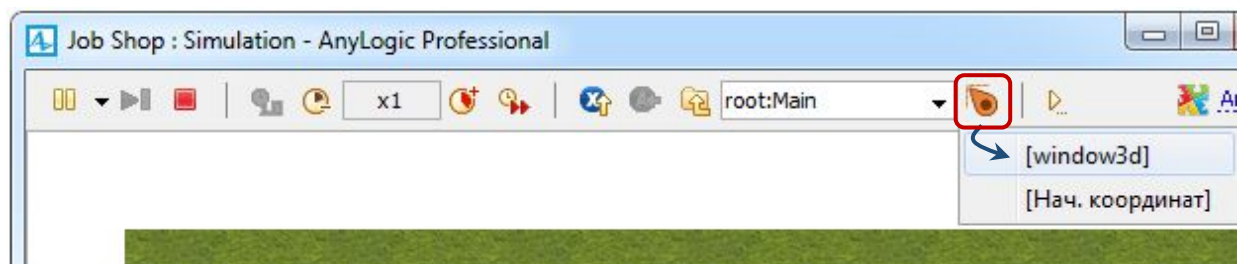
3. В панели **Свойства** 3D окна выберите в списке **Камера** элемент **camera**. Теперь наша камера будет отвечать за формирование картинки для 3D окна.
4. Чтобы предотвратить съемку "из-под пола", выберите из списка **Тип навигации** опцию **Ограничена по Z: выше 0**.



5. Запустите модель.

При создании 3D окна AnyLogic автоматически добавляет область просмотра 3D сцены, благодаря чему в процессе выполнения модели можно легко перейти к просмотру 3D анимации. Чтобы перейти к просмотру 3D сцены, нажмите на панели инструментов на кнопку **Показать область...**  и выберите из раскрывающегося списка область просмотра трехмерной анимации [**window3d**].

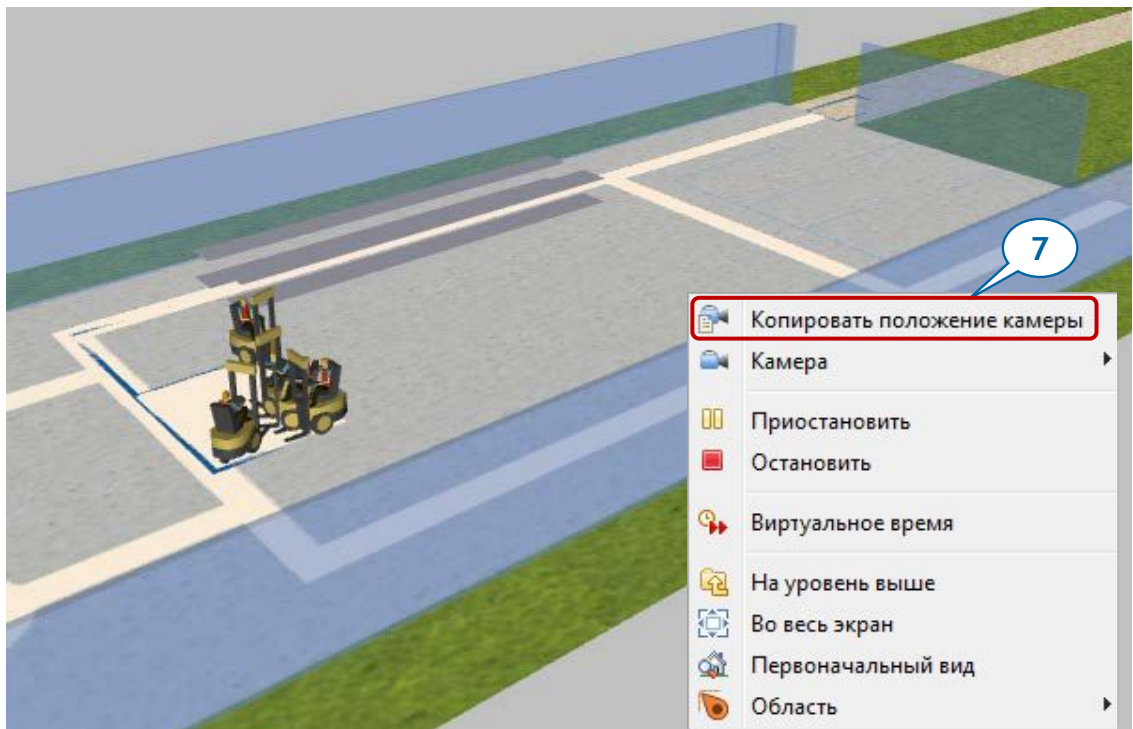
При этом окно трехмерной анимации будет развернуто до размера окна модели.



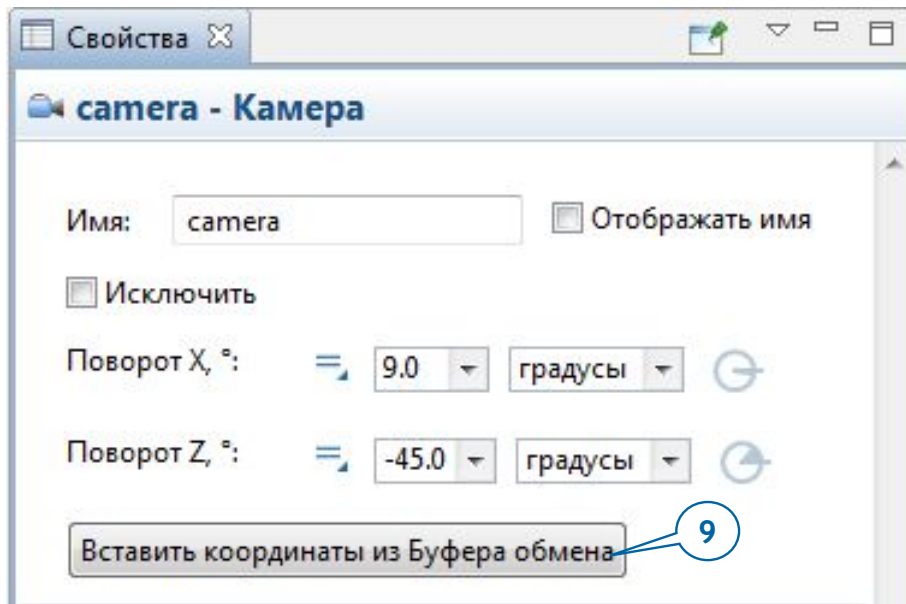
6. Вы можете перемещаться по сцене трехмерной анимации в процессе выполнения модели с помощью следующих действий:

- Переместить камеру влево, вправо, вперед или назад можно с помощью перемещения мыши в нужном направлении (с нажатой левой кнопкой мыши).
- Приблизить камеру к центру сцены или удалить ее от центра можно вращением колеса мыши.


- Повернуть изображение относительно камеры можно перемещением мыши, предварительно нажав и держа нажатой кнопку ALT и левую кнопку мыши.
7. С помощью приведенных выше команд задайте подходящий вам ракурс съемки изображения. Щелкните правой кнопкой мыши (для Mac OS: CTRL + щелчок левой кнопкой) в пределах трехмерного изображения и выберите из контекстного меню команду **Копировать положение камеры**.

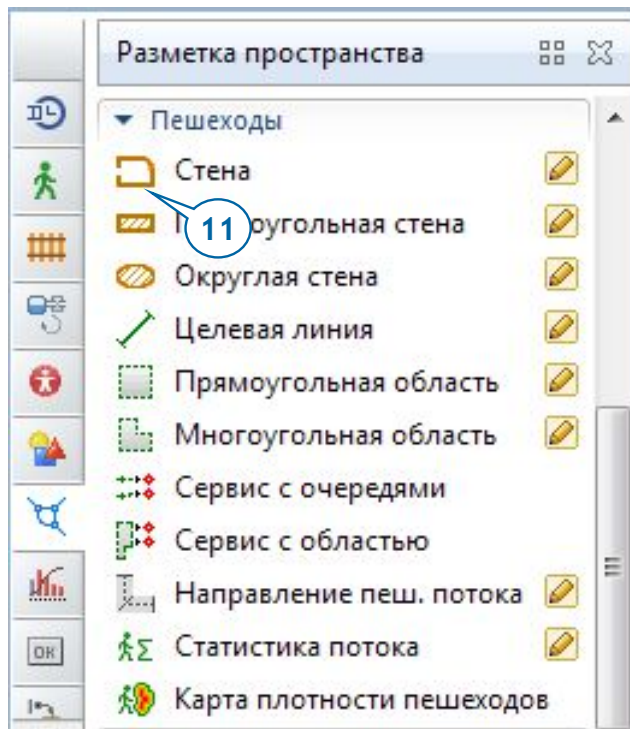


8. Закройте окно модели.
9. На странице свойств камеры установите выбранное на предыдущем шаге положение камеры, щелкнув по кнопке **Вставить координаты из Буфера обмена**.



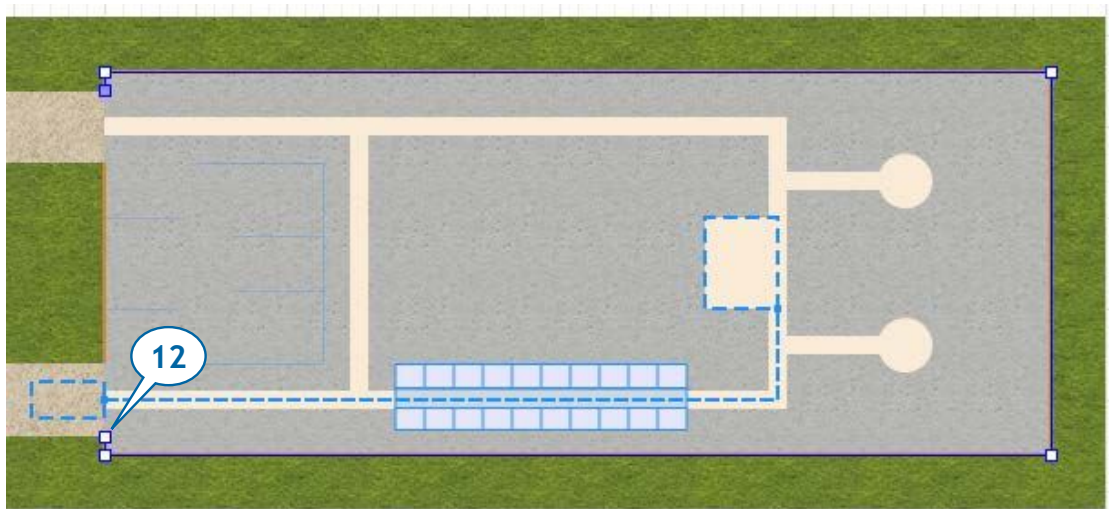
Если вам не удастся найти камеру на холсте, ее можно легко найти в дереве **Проекты**. В нем камера *camera* будет показана в ветви **Презентация** агента *Main*.

10. Запустите модель. Убедитесь, что теперь 3D анимация показывается с заданного вами ракурса, после чего закройте окно модели.
11. Раскройте секцию **Пешеходы** палитры **Разметка пространства**, а затем сделайте двойной щелчок по значку элемента **Стена** . При этом активируется режим рисования стены.



12. Чтобы нарисовать в графическом редакторе стену вокруг рабочей зоны производства, нужно сделать следующее.

- a. Щелкните в той точке, с которой вы хотите начать рисование стены.
- b. Чтобы добавить угол стены, щелкните в соответствующей точке.
- c. В той точке, где вы хотите завершить рисование стены, сделайте двойной щелчок.



13. Чтобы изменить цвет стены (или задать для нее определенную текстуру), необходимо выполнить следующее.

- a. Откройте раздел свойств стены **Внешний вид**.
- b. Щелкните по выпадающему списку **Цвет** и выберите **Другие цвета...** из появившегося списка.
- c. С помощью диалогового окна **Цвета** выберите на палитре или в спектре нужный цвет стены.

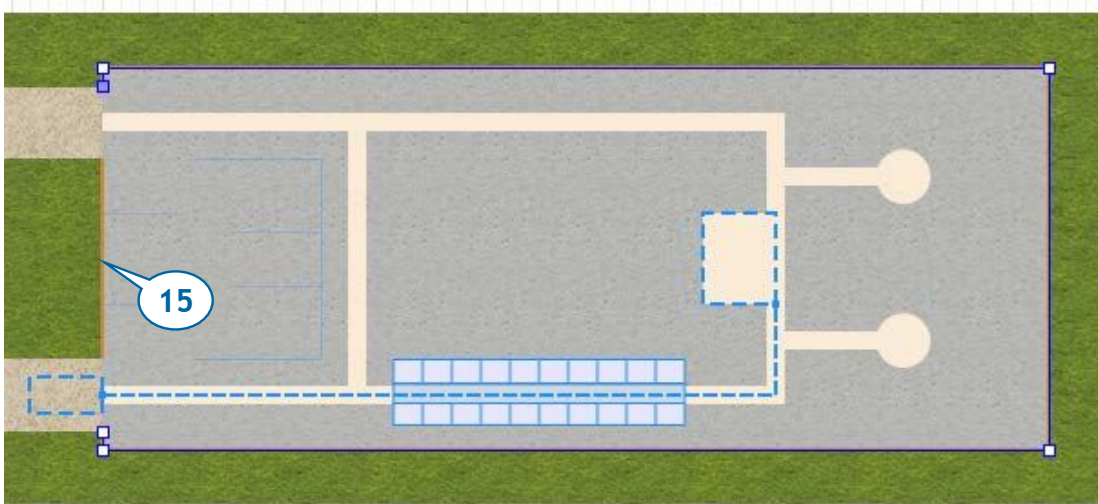
Вы также можете установить уровень прозрачности (с помощью ползунка **Прозрачность** в диалоговом окне **Цвета**) или применить к стене любую предлагаемую текстуру (выбрав в меню цвета элемент **Текстуры...**).

В этом разделе мы использовали стены исключительно для анимационных целей. На самом деле стены чаще используются в пешеходном моделировании для задания стен и других препятствий для движения людей.

14. Перейдите в раздел свойств стены **Местоположение и размер** и измените значение параметра **Z-Высота** на *40*.

AnyLogic автоматически устанавливает высоту стены равной 20 пикселям, мы же увеличиваем эту высоту до 40 пикселей.

15. Нарисуйте еще одну стену между выходами, а затем задайте у нее свойства, аналогичные свойствам первой стены.



16. Запустите модель и наблюдайте за трехмерной анимацией процесса.

Вы увидите, что поддоны отображаются на анимации цилиндрами случайно выбранных цветов. Чтобы выбрать в качестве фигуры анимации поддона его трехмерную модель, нужно будет создать для поддона специальный тип агента, на чьей диаграмме мы и сможем задать нужную нам анимацию.

17. В свойствах блока *sourcePallets* под списком **Новый агент** щелкните по ссылке **создать другой тип**.

18. В мастере **Создание агентов** сделайте следующее.

- a. В поле **Имя нового типа** введите *Pallet*.
- b. Перейдите к следующей странице мастера, щелкнув по кнопке **Далее**.
- c. В списке в левой части мастера раскройте раздел **Склады и контейнерные терминалы** и выберите в списке картинку **Поддон**.
- d. Щелкните по кнопке **Готово**.

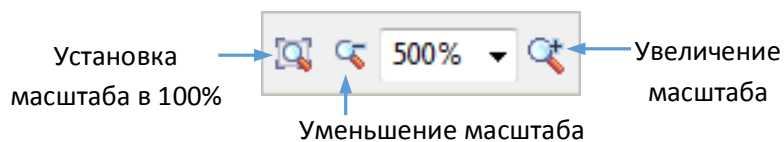
AnyLogic создаст тип агента *Pallet* и откроет в редакторе графическую диаграмму этого типа. В левом верхнем углу холста (а именно, в точке начала координат) вы увидите фигуру анимации, выбранную нами только что в мастере создания типа агента. Нашим следующим шагом будет добавление фигур коробок поверх

фигуры анимации поддона. Поскольку мы будем работать с объектами небольшого размера, сначала давайте увеличим масштаб диаграммы.

19. С помощью панели инструментов **Масштаб** увеличьте масштаб графической диаграммы типа агента *Pallet* до 500%, а затем переместите холст диаграммы вправо и вниз, чтобы увидеть начало координат, в котором расположена фигура анимации поддона.

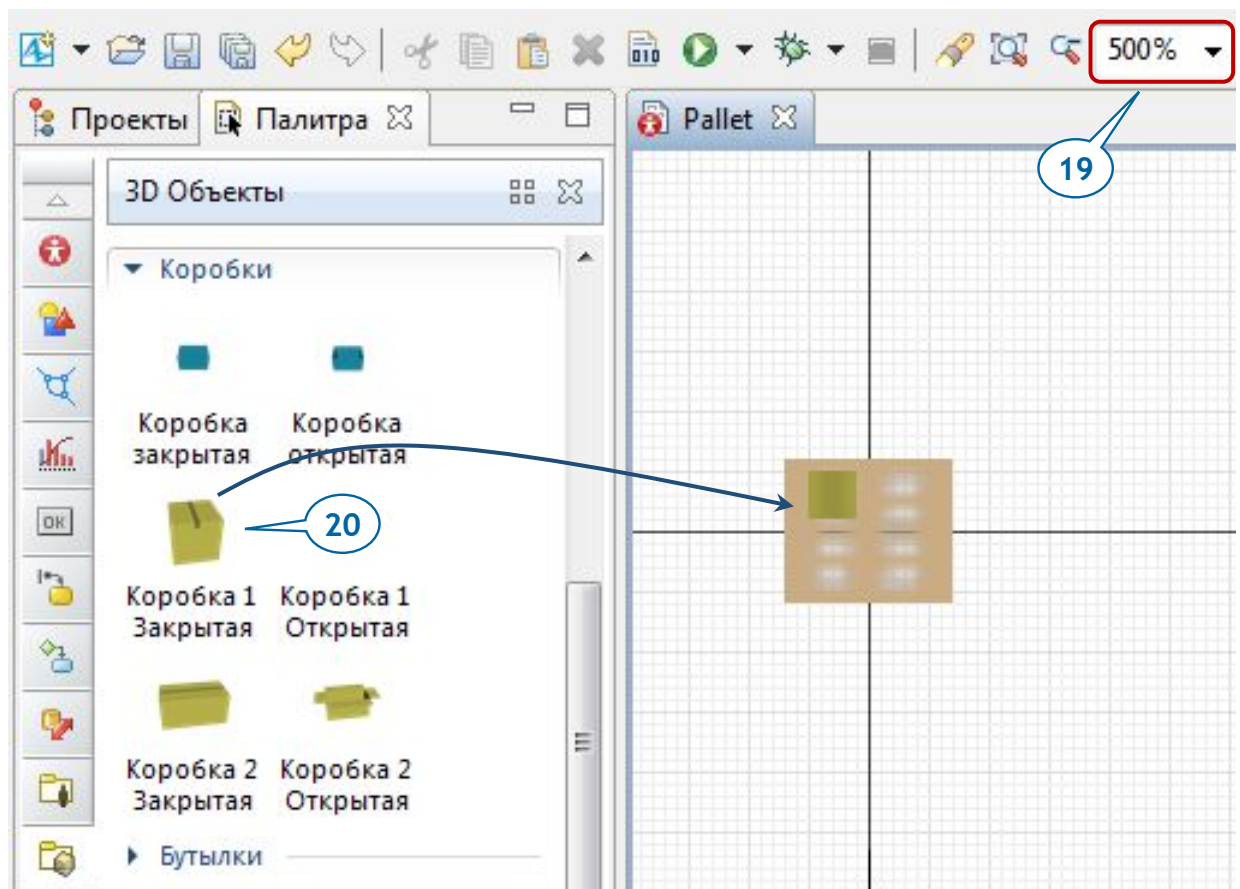
Увеличение или уменьшение масштаба изображения

Панель инструментов **Масштаб** в AnyLogic позволяет изменять масштаб графической диаграммы:

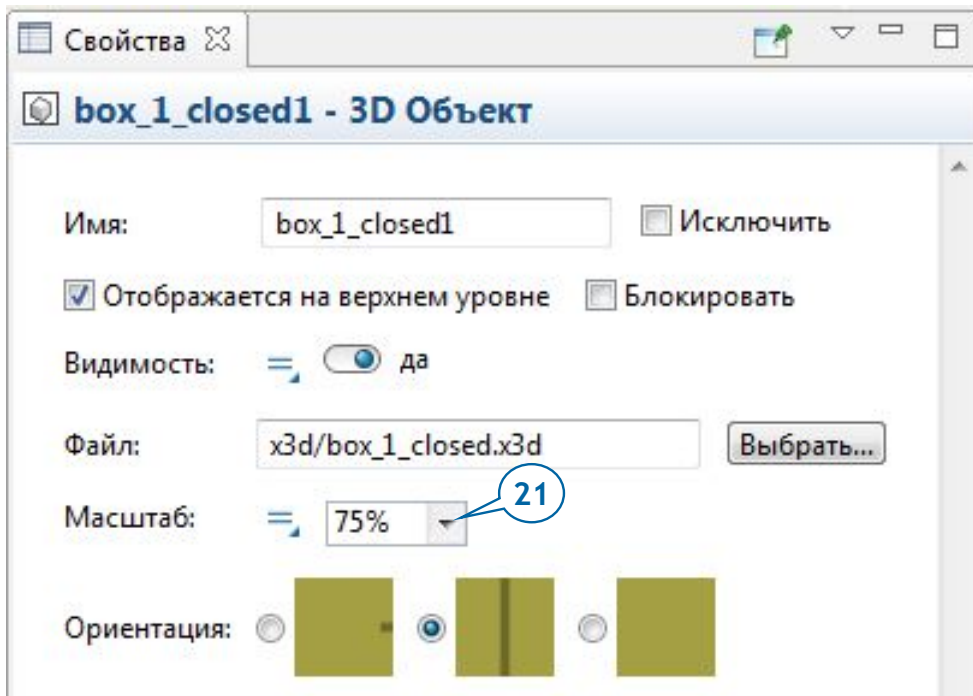


20. Начнем добавлять фигуры анимации коробок поверх фигуры анимации поддона:

- а. Откройте палитру **3D объекты** (это последняя палитра в списке), найдите и раскройте секцию палитры **Коробки**.
- б. Перетащите объект **Коробка 1 Закрытая** из палитры в верхний левый угол поддона.




21. Поскольку по сравнению с поддоном коробка кажется слишком большой, уменьшим **Масштаб** коробки до 75%.

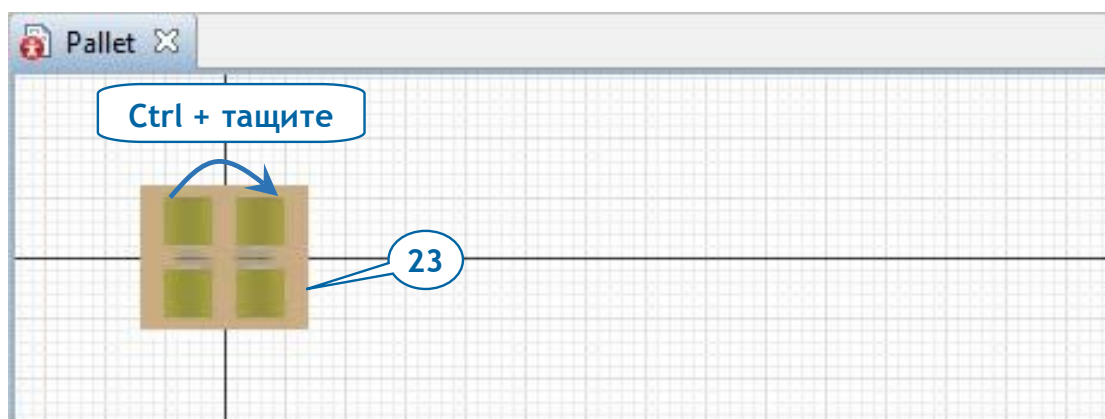


22. Выделите фигуру коробки, раскройте раздел свойств **Расположение** и измените координату Z коробки на 2.

Это изменение необходимо потому, что нам нужно поместить коробки на поддоны, а высота каждого поддона - около двух пикселей.

23. Добавьте три коробки, трижды скопировав первую коробку. Чтобы скопировать коробку, перетащите ее мышью, удерживая при этом нажатой клавишу CTRL (Mac OS: CMD) и левую кнопку мыши.

Теперь на поддоне находятся четыре коробки, и мы можем вернуться к исходному масштабу диаграммы, щелкнув по кнопке панели инструментов 100% .

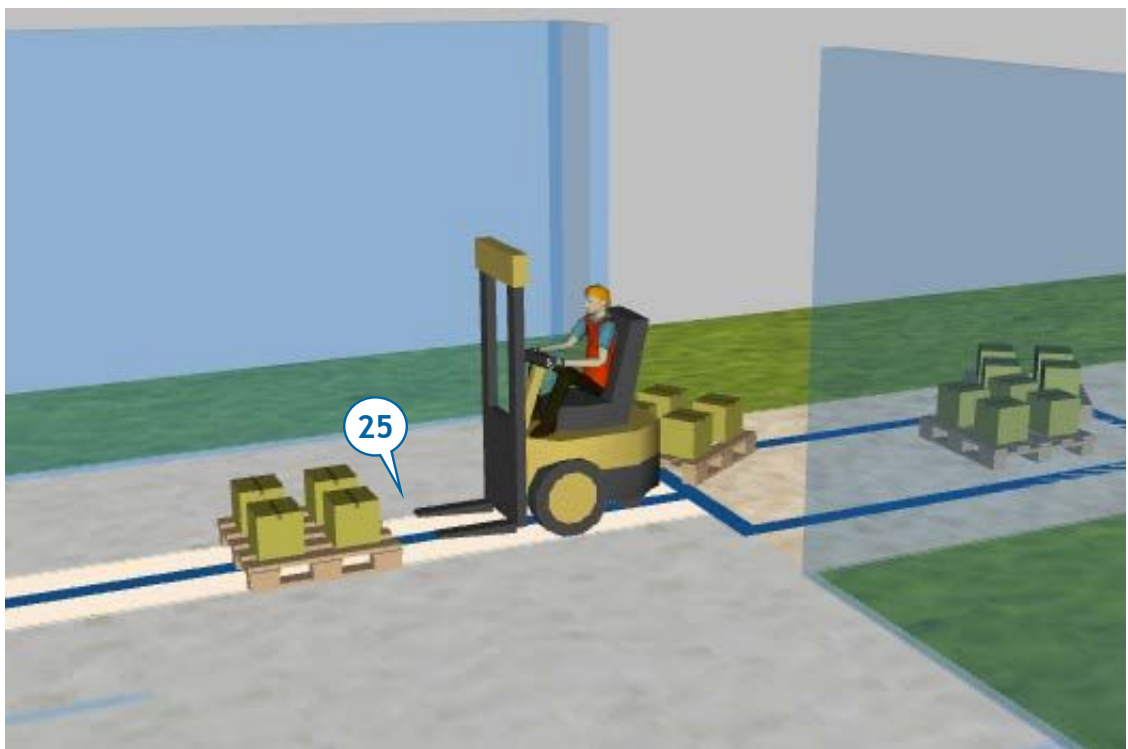


24. Вернитесь на диаграмму *Main*.

Если вы откроете свойства блока *sourcePallets*, то вы увидите, что в свойстве **Новый агент** выбран тип *Pallet*. Это значит, что данный блок будет создавать агентов типа *Pallet*.

25. Запустите модель.

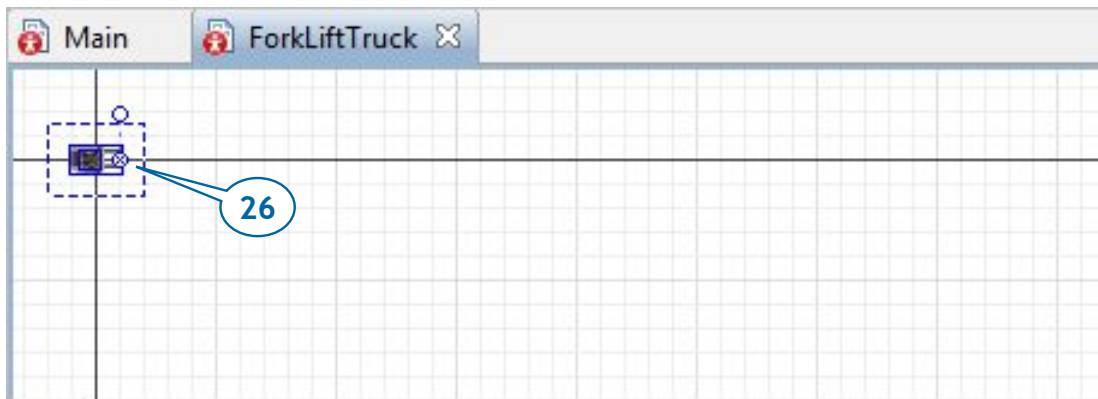
Вы увидите, что поддоны отображаются натуралистичными трехмерными моделями. Однако если вы увеличите масштаб трехмерного изображения, то вы заметите, что поддоны расположены чуть в стороне от вилок погрузчиков.



Давайте устраним эту неточность.

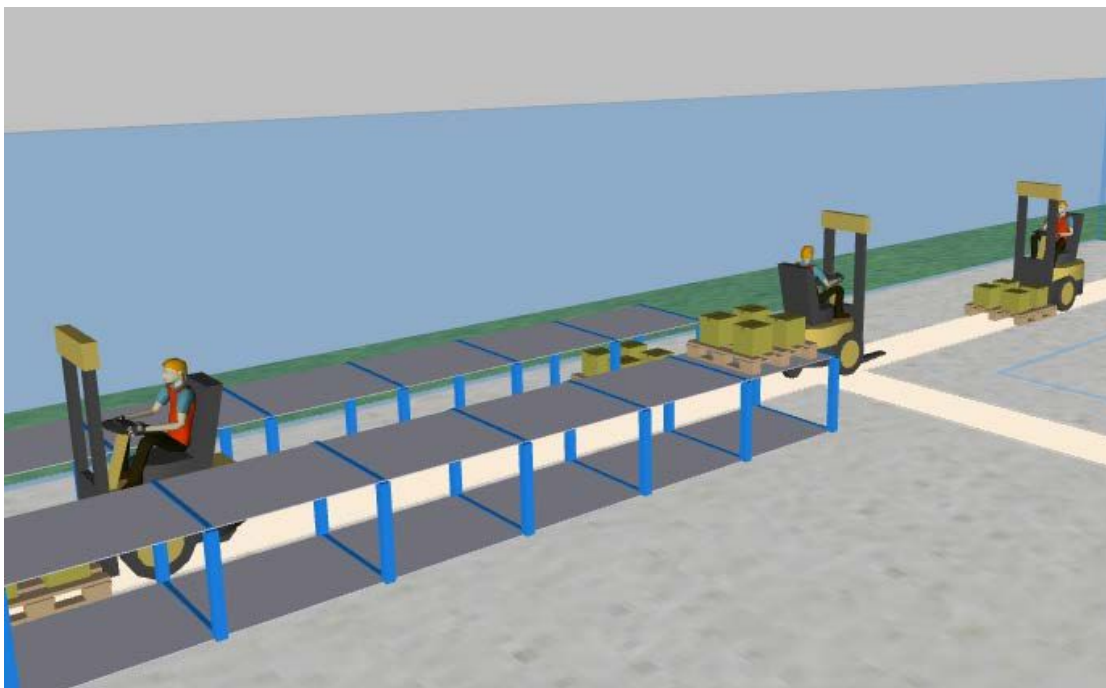
26. В панели **Проекты**, сделайте двойной щелчок по элементу *ForkliftTruck*. При этом откроется диаграмма этого типа агента. Переместите рисунок *forkliftWithWorker* на одну ячейку вправо.

AnyLogic




Теперь на анимации модели поддоны будут помещаться точно поверх вил автопогрузчика.

27. Откройте диаграмму *Main*, выберите фигуру стеллажа, и в панели **Свойства** введите в поле **Количество уровней** значение *2*.
28. В свойствах блока диаграммы процесса *storeRawMaterial* установите значение параметра **Время поднятия на уровень** в *30 секунд*.
29. В свойствах блока *pickRawMaterial* установите значение параметра **Время понижения на уровень** в *30 секунд*.
30. Запустите модель и вы увидите двухуровневый стеллаж.




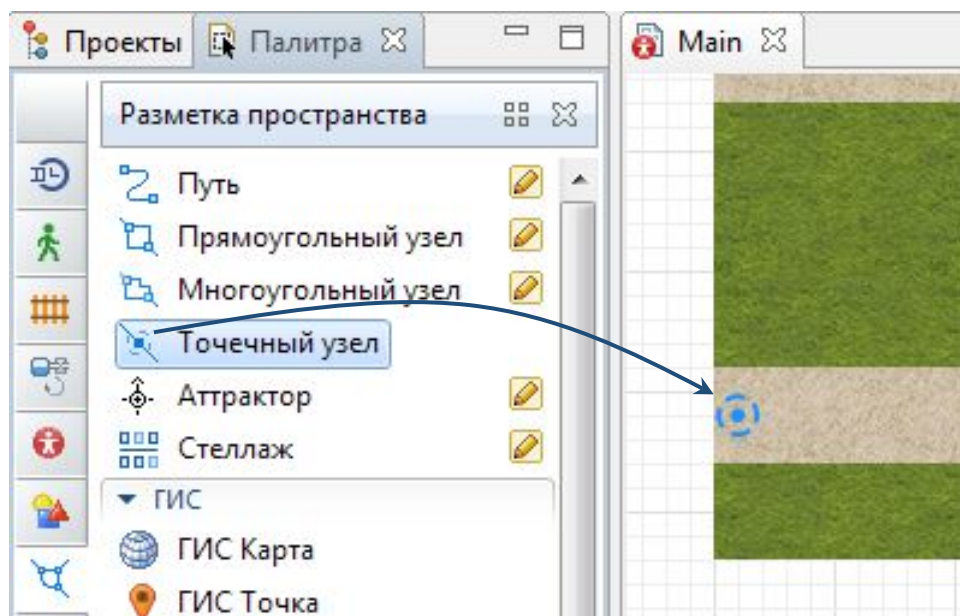
Фаза 4. Моделирование доставки поддонов фурами

На этом этапе обучения мы добавим фуры, доставляющие поддоны на завод. Начнем с создания еще одного типа агента, задающего фуру.

1. Перетащите элемент **Тип агента**  из палитры **Библиотека моделирования процессов** на диаграмму *Main*.
2. В мастере **Создание агентов** выполните следующее.
 - a. В поле **Имя нового типа** введите *Truck*.
 - b. Перейдите к следующей странице мастера, щелкнув по кнопке **Далее**.
 - c. В списке фигур анимации раскройте раздел **Автомобильный транспорт** и выберите из списка фигуру **Фура**.
 - d. Щелкните по кнопке **Готово**.

Добавим в нашу сеть два новых элемента: узел, в котором будут появляться фуры, и путь, по которому они будут следовать до приемной зоны.

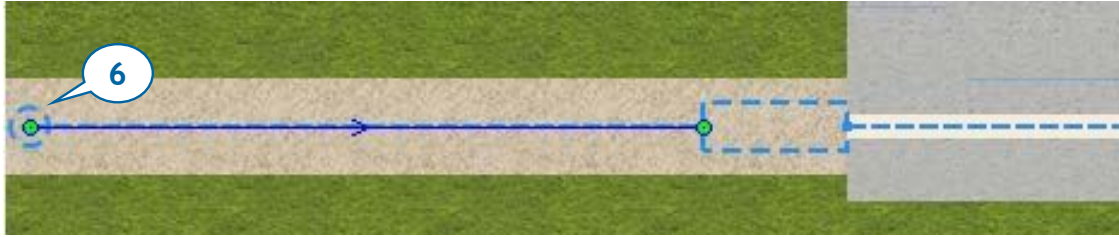
3. Откройте диаграмму *Main*.
4. Перетащите элемент **Точечный узел**  из палитры **Разметка пространства** на графическую диаграмму. Поместите его у начала подъездной дороги.



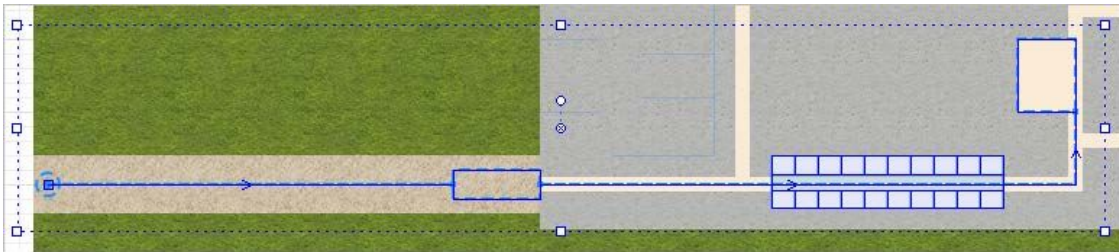
AnyLogic

5. Назовите этот точечный узел *exitNode*.

6. Нарисуйте Путь , соединяющий *exitNode* с *receivingDock*.

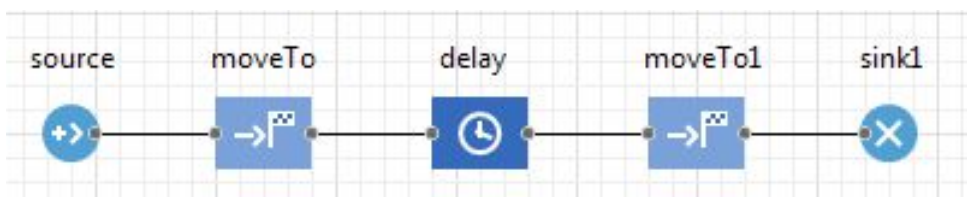


Следите за тем, чтобы все элементы разметки пространства образовывали одну сеть.



7. Создайте еще одну диаграмму процесса, которая будет описывать логику движения фуры. Для этого добавьте на диаграмму *Main* новые блоки Библиотеки моделирования процессов и соедините в следующем порядке:

 **Source** –  **MoveTo** –  **Delay** –  **MoveTo** –  **Sink**.



- В блоке **Source** создается фура.
- Первый блок **MoveTo** перемещает фуру ко въезду в цех.

Блок **MoveTo** перемещает агентов в заданный узел сети. Если к агенту в данный момент прикреплены ресурсы, то они будут перемещаться вместе с агентом.

- Блок **Delay** моделирует разгрузку поддонов.
- Второй блок **MoveTo** моделирует отъезд фуры.

- Блок **Sink** удаляет фуры из модели.
8. Присвойте блоку **Source** имя *sourceDeliveryTrucks*.
 9. Для того, чтобы агент типа *Truck* прибывал ко въезду на подъездную дорогу раз в час и с заданной скоростью, в свойствах блока *sourceDeliveryTrucks* выполните следующее.
 - a. В списке **Прибывают согласно** выберите **Время между прибытиями**.
 - b. В поле **Время между прибытиями** введите 1 и выберите из списка справа **часы**.
 - c. В списке **Новый агент** выберите **Truck**.
 - d. В списке **Местоположение прибытия** выберите **Узел сети / ГИС**.
 - e. В списке **Узел** выберите **exitNode**.
 - f. В поле **Скорость** введите *40* и выберите в списке справа **км/ч**.

The screenshot shows the 'Свойства' (Properties) window for a 'sourceDeliveryTrucks - Source' block. The settings are as follows:

- Имя:** sourceDeliveryTrucks (checked 'Отображать имя')
- Исключить
- Прибывают согласно:** Времени между прибытиями
- Время между прибытиями:** 1 (часы)
- За 1 раз создается несколько агентов:**
- Ограниченное кол-во прибытий:**
- Новый агент:** Truck (with a link to 'создать другой тип')
- Местоположение прибытия:** Узел сети / ГИС
- Узел:** exitNode
- Скорость:** 40 (км/ч)

10. Присвойте первому блоку **MoveTo** имя *drivingToDock*.

AnyLogic

11. Чтобы задать цель движения агента, в панели **Свойства** блока *drivingToDock* выберите в списке **Узел** имя узла сети **receivingDock**.

The screenshot shows the 'Свойства' (Properties) window for the 'drivingToDock - MoveTo' block. The 'Имя' (Name) field is set to 'drivingToDock'. The 'Отображать имя' (Show name) checkbox is checked, and the 'Исключить' (Exclude) checkbox is unchecked. The 'Агент' (Agent) section has two radio buttons: 'перемещается' (moving) is selected, and 'помещается (мгновенно)' (instant placement) is unselected. The 'Место назначения' (Destination) field is set to 'Узел сети / ГИС' (Network node / GIS). The 'Узел' (Node) dropdown menu is open, showing 'receivingDock' as the selected option.

12. Переименуйте блок **Delay** в *unloading*.

13. В свойствах блока *unloading* необходимо выполнить следующее.

- У параметра **Тип** нужно выбрать опцию **Пока не вызван метод stopDelay()**.
- В списке **Место агентов** выберите **receivingDock**.

The screenshot shows the 'Свойства' (Properties) window for the 'unloading - Delay' block. The 'Имя' (Name) field is set to 'unloading', and the 'Отображать имя' (Show name) checkbox is checked. The 'Исключить' (Exclude) checkbox is unchecked. The 'Тип' (Type) section has two radio buttons: 'Определенное время' (Fixed time) is unselected, and 'Пока не вызван метод stopDelay()' (Until stopDelay() method is called) is selected. The 'Вместимость' (Capacity) field is set to '1'. The 'Максимальная вместимость' (Maximum capacity) field is empty. The 'Место агентов' (Agent location) dropdown menu is open, showing 'receivingDock' as the selected option.

Продолжительность операции определяется скоростью разгрузки и отвоза поддонов автопогрузчиками. Мы будем считать эту операцию выполненной, когда блок **RackStore** завершит установку поддонов на хранение, и смоделируем это изменением режима работы блока **Delay**.

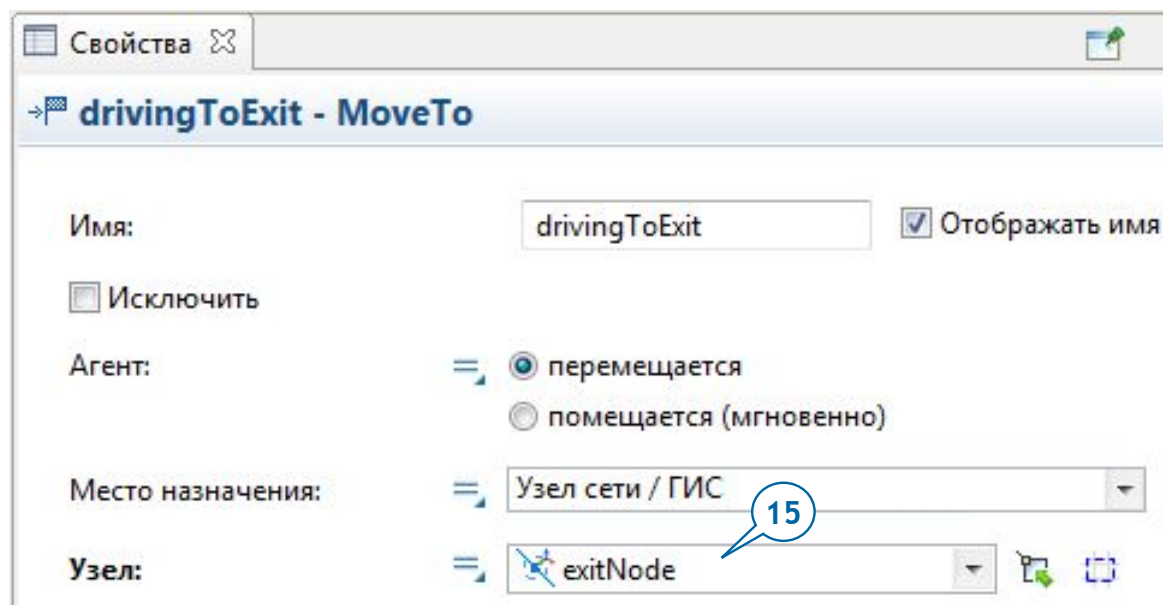
Программное управление временем задержки

Как правило вы будете задавать **Время задержки** для работы блока **Delay**. Время может быть фиксированным, например, равным пяти минутам, или быть стохастическим (случайным), т.е. определяться функцией распределения вероятности, например: *triangular(1, 2, 6)*.

Вы также можете программно управлять длительностью операции и при необходимости прервать задержку, вызвав соответствующую функцию блока. Если вам необходимо прекратить ожидание всех агентов, находящихся в состоянии **Delay**, вызовите функцию блока *stopDelayForAll()*. Другая функция - *stopDelay(agent)* - завершает операцию и освобождает указанного агента.

14. Назовите второй блок **MoveTo** *drivingToExit*.

15. Чтобы задать конечный узел, в свойствах блока *drivingToExit* выберите в списке **Узел** вариант **exitNode**.

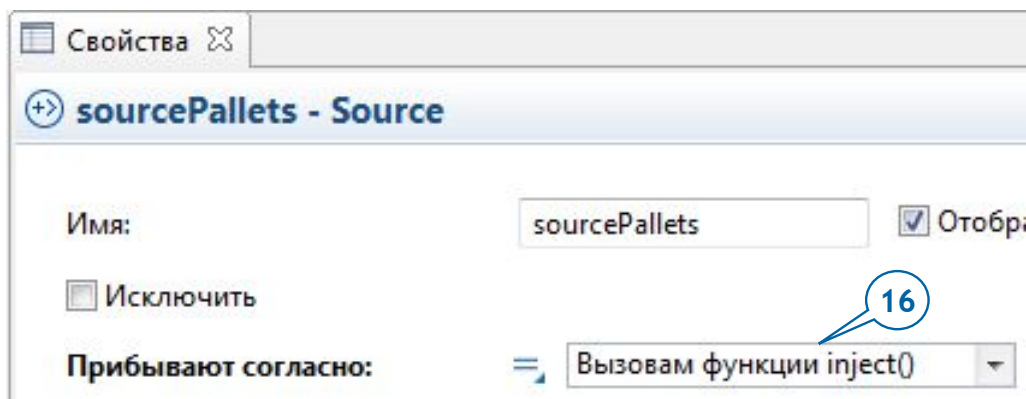


Два блока **Source** нашей модели создают агентов двух разных типов: фуры, появляющиеся каждый час, и поддоны, появляющиеся каждые пять минут. Поскольку нам нужно, чтобы поддоны появлялись при разгрузке фуры, мы изменим настройки того блока **Source**, который генерирует поддоны.

Управление созданием агентов

Вы можете управлять созданием агентов блоком **Source** во время выполнения модели, генерируя требуемое количество агентов в определенные моменты времени жизни моделируемой системы. Для этого нужно выбрать в параметре блока **Прибывают согласно** опцию **Вызовам функции inject()** и вызывать функцию блока *inject(int n)*. Эта функция при ее вызове создаст заданное количество агентов. Вы указываете это количество с помощью аргумента функции, например: *sourcePallets.inject(12)*;

- 16.** В свойствах блока *sourcePallets* выберите в списке **Прибывают согласно** опцию **Вызовам функции inject()**.

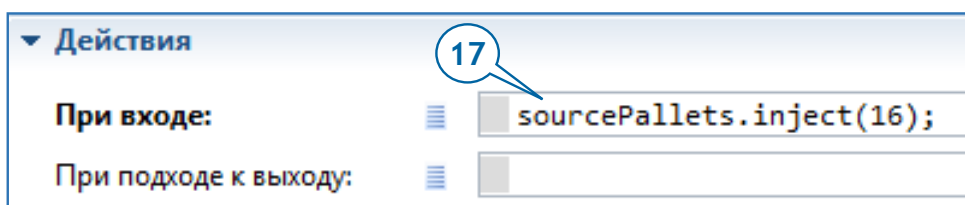


- 17.** Чтобы блок *sourcePallets* создавал поддоны при прибытии фуры в блок *unloading*, необходимо выполнить следующее.

- В свойствах блока *unloading* раскройте раздел **Действия**.
- В поле **При входе** введите следующее:

```
sourcePallets.inject(16);
```

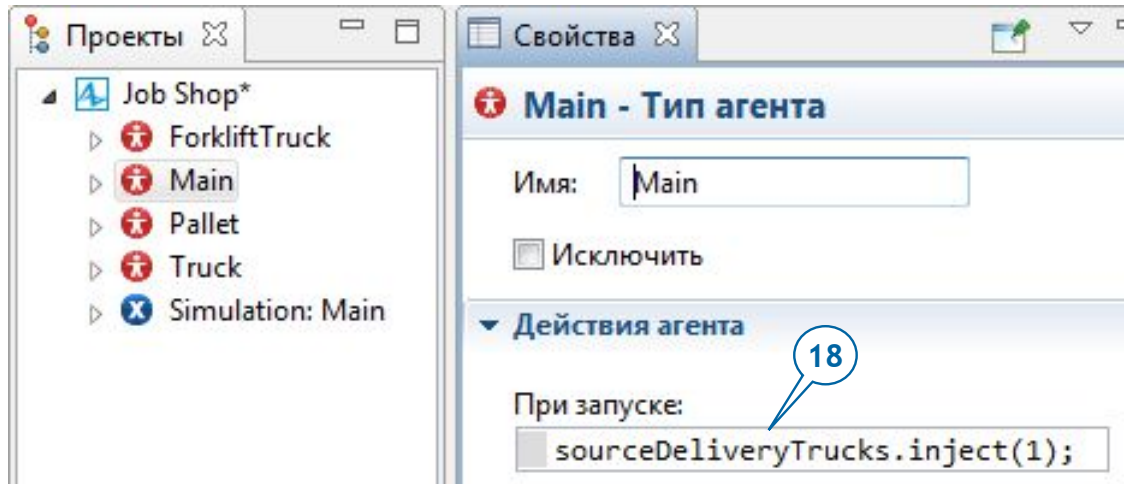
Эта функция создаст 16 поддонов в момент начала разгрузки фуры.



Давайте сделаем так, чтобы первая фура появлялась при запуске модели, и нам не нужно было ждать ее появления целый час модельного времени.

18. В панели **Проекты** выберите элемент *Main*. В области **Свойства** раскройте раздел **Действия агента** и в поле **При запуске** введите вызов следующей функции:

```
sourceDeliveryTrucks.inject(1);
```



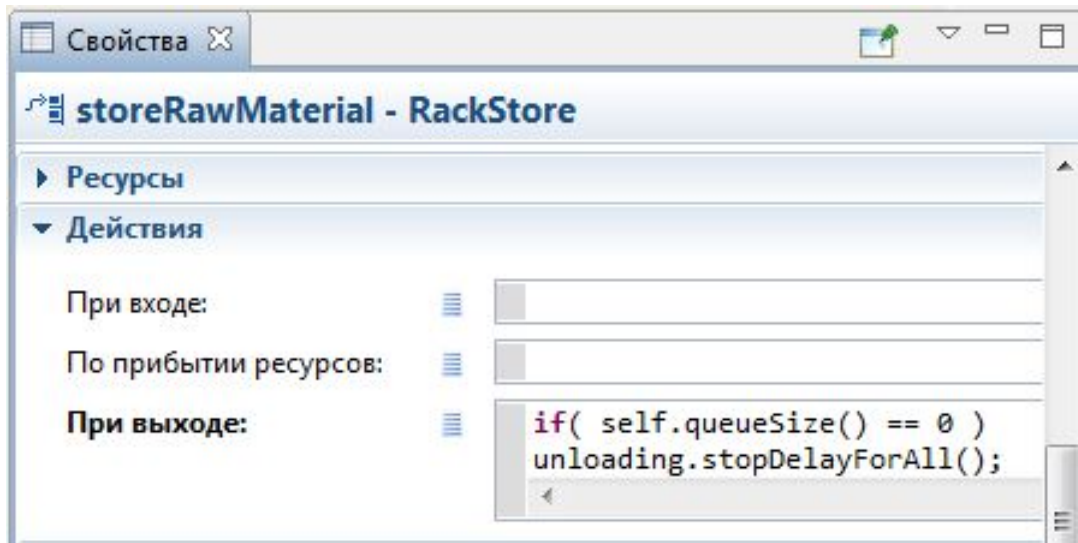
Порядок инициализации модели

Код, заданный в поле **При запуске** агента верхнего уровня модели, выполняется на заключительном этапе инициализации модели после создания, соединения и инициализации всех объектов модели. В это время проходит дополнительная инициализация и запуск действий агентов, таких как события.

19. В свойствах блока *storeRawMaterial* раскройте раздел **Действия**. В поле **При выходе** введите следующий код:

```
if( self.queueSize() == 0 )
unloading.stopDelayForAll();
```

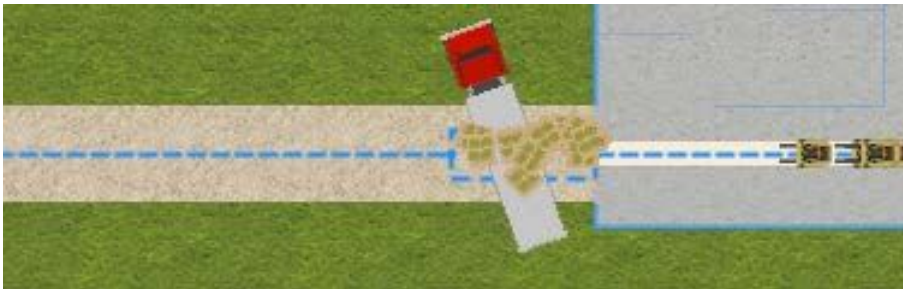
В нашем примере *self* - это ссылка на блок *storeRawMaterial* из кода его собственного действия.



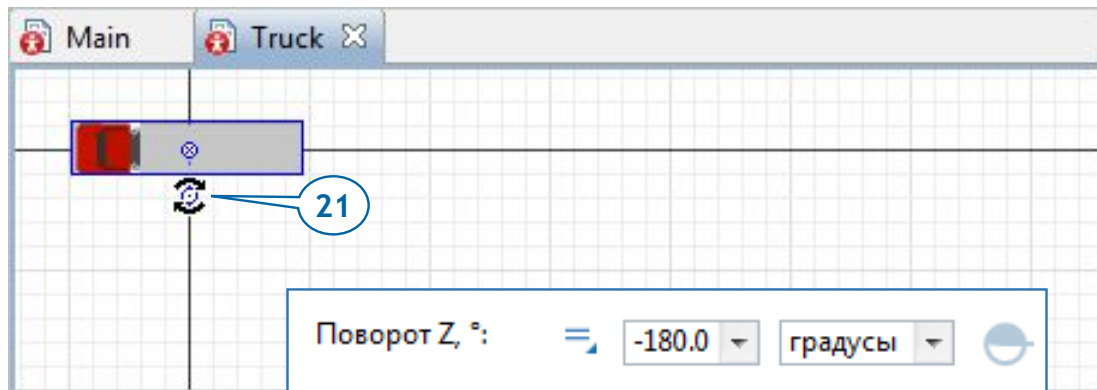
Когда требующие разгрузки поддоны заканчиваются, операция блока *unloading* завершается (путем вызова его функции *stopDelayForAll()*). При этом фура покидает блок *unloading* и поступает в следующий блок диаграммы процесса: *drivingToExit*.

20. Запустите модель.

21. Если фура не так повернута в пространстве (как на следующем рисунке), исправьте это, выполнив следующее.

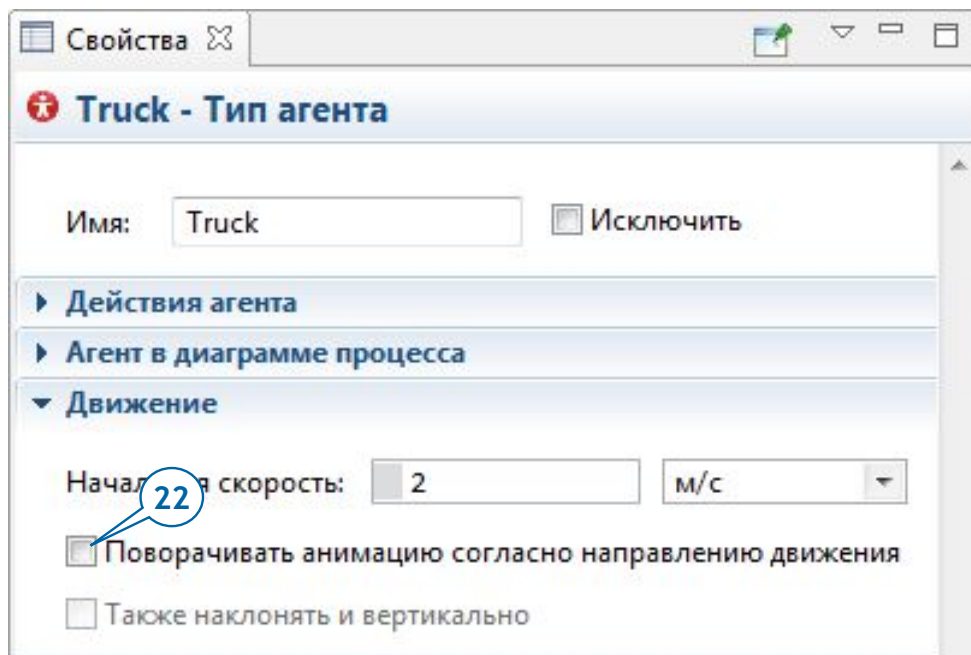


- a. В дереве панели **Проекты** дважды щелкните по типу агента **Truck**, при этом откроется его диаграмма, и можно будет посмотреть на то, как задана фигура анимации фуры.
- b. Выберите фигуру фуры, и с помощью круглого маркера (или параметра **Поворот Z,°** в области свойств **Расположение**) поверните фигуру фуры на -180 градусов.



Мы изменили изначальный угол поворота фигуры.

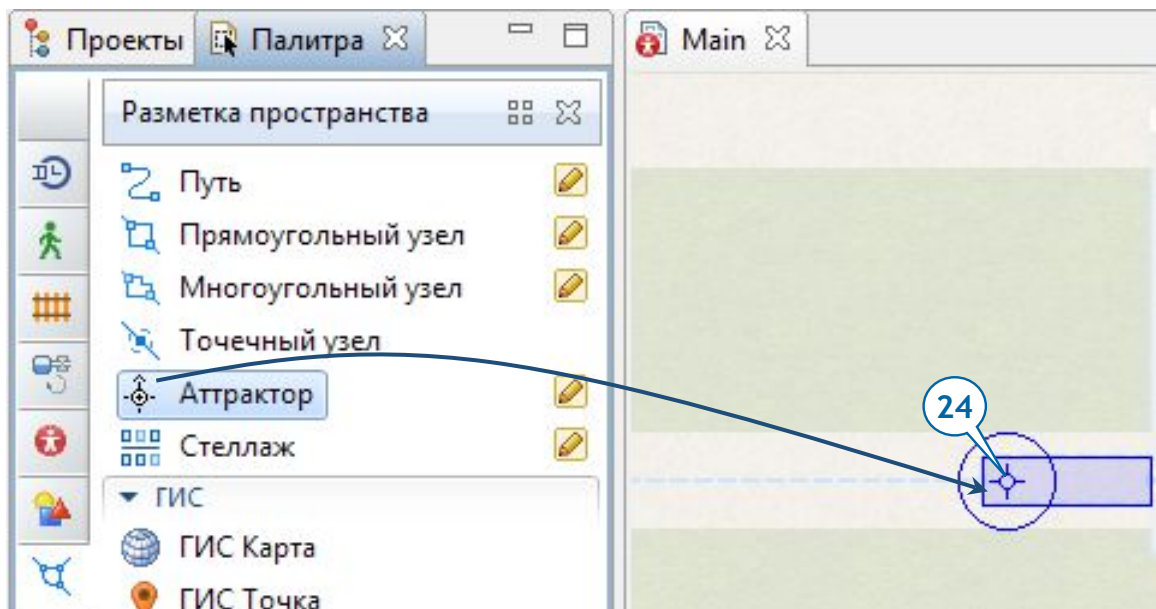
22. Теперь мы должны сделать так, чтобы заданный нами угол поворота не менялся при изменении направления движения фуры. Для этого:
- В панели **Проекты**, щелкните по элементу **Truck**.
 - Раскройте раздел свойств **Движение**.
 - Снимите флажок **Поворачивать анимацию согласно направлению движения**.



23. Откройте диаграмму *Main*.

24. Чтобы обеспечить правильное расположение поддонов и фуры внутри узла сети *receivingDock*, откройте палитру **Разметка пространства** и перетащите

Аттрактор внутрь узла *receivingDock*. Поместите его так, как показано на рисунке ниже:



Аттракторы в узлах

Аттрактор позволяет задать точное местоположение агента внутри узла.

- Если узел задает пункт назначения, к которому движутся агенты, то аттрактор задает точку - цель движения внутри узла.
- Если узел задает место ожидания, то аттракторы задают точки внутри узла, в которых агенты будут находиться во время ожидания.

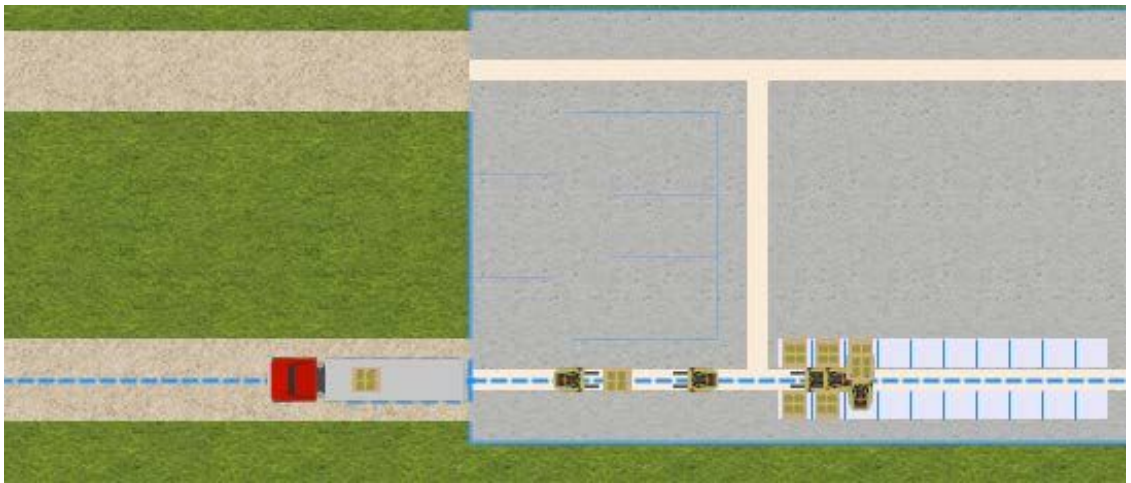
Аттракторы также задают угол поворота анимации агента, когда агент находится внутри узла. В нашем случае мы будем использовать именно это свойство аттрактора.

Аттракторы можно добавить, перетаскивая их по отдельности из палитры, но если они образуют регулярную структуру, то проще будет добавить их всех разом с помощью специального мастера. У этого мастера имеется несколько режимов создания, он также способен удалить все аттракторы узла. Открыть мастер можно, щелкнув по кнопке **Аттракторы...** в панели свойств узла.

25. Чтобы понять, что изменилось в модели с добавлением аттрактора, запустите модель.

Теперь анимация процесса разгрузки фуры должна будет выглядеть следующим образом.


AnyLogic

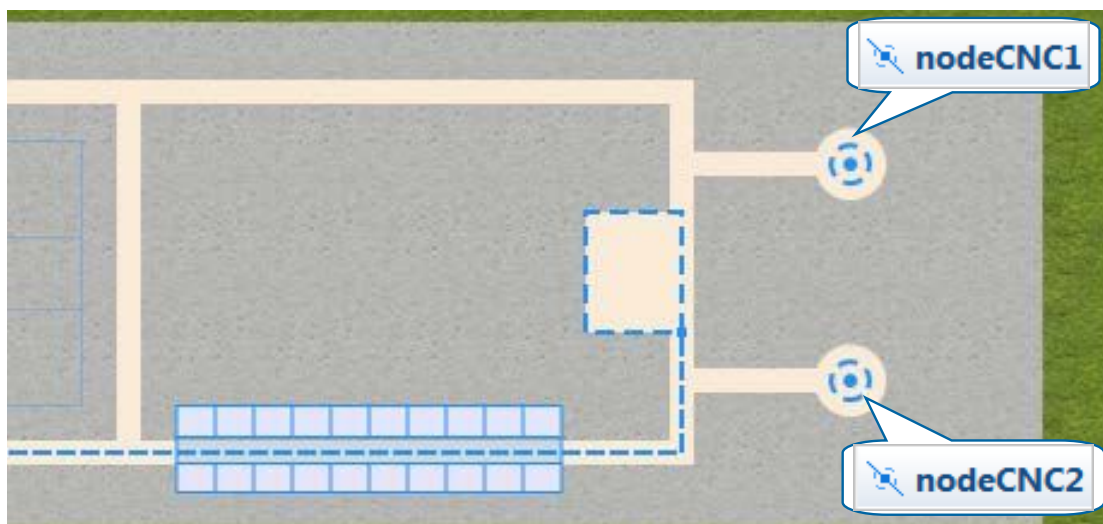


Фаза 5. Моделирование станков с ЧПУ


На этом этапе обучения мы добавим в модель станки с ЧПУ, на которых будет производиться изготовление готовой продукции.

Давайте начнем с задания мест расположения станков с помощью точечных узлов.

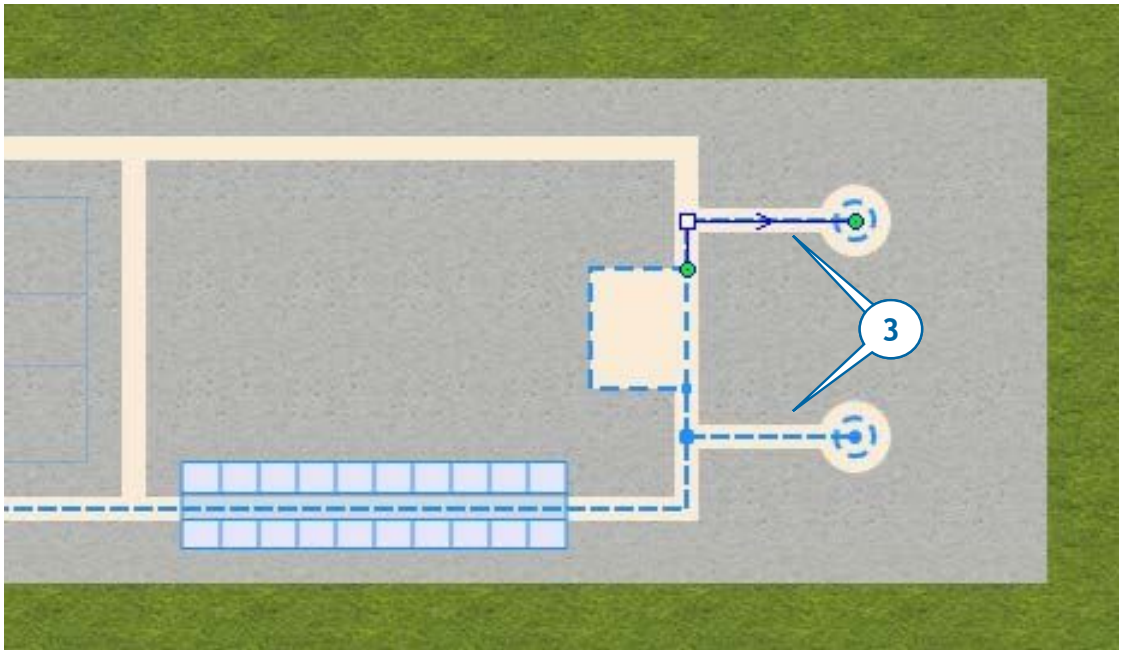
1. Перетащите элемент **Точечный узел**  из палитры **Разметка пространства** на план цеха. Назовите этот узел *nodeCNC1*.
2. Скопируйте этот узел, чтобы отметить местонахождение еще одного станка. AnyLogic присвоит второму узлу имя *nodeCNC2*.





Нам потребуется нарисовать пути, чтобы подключить оба эти узла к нашей сети. Эти пути потребуются автопогрузчикам для подъезда к станкам.

3. В палитре **Разметка пространства** сделайте двойной щелчок по элементу **Путь**  и нарисуйте два пути в соответствии со следующим рисунком. Чтобы подключить путь к точечному узлу, необходимо щелкнуть по центру этого узла.

Убедитесь, что нарисованные вами пути действительно подсоединяют *nodeCNC1* и *nodeCNC2* к сети. Проверить соединения путей можно, выделив их на диаграмме. Если путь подсоединен к сети, то его конечные точки будут выделены зеленым цветом.

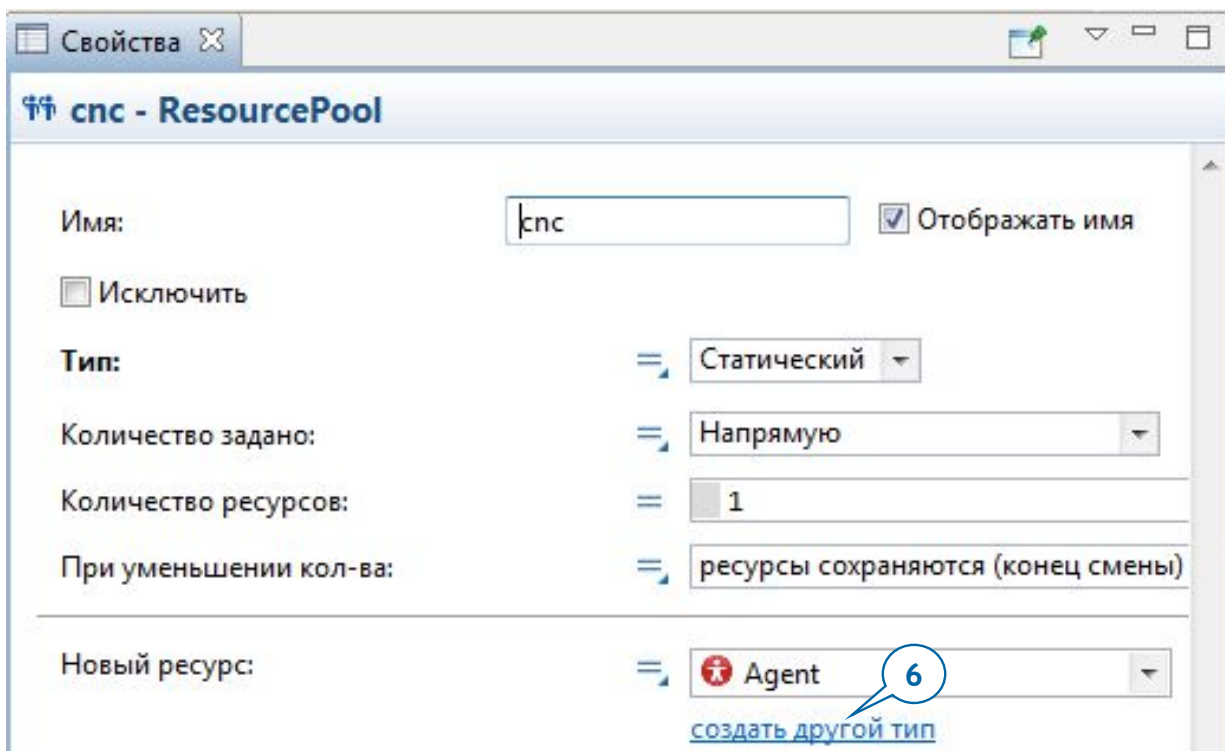


В нашем случае станок с ЧПУ - это ресурс, поэтому мы добавим его в нашу модель, создав новый тип ресурса с помощью блока **ResourcePool** .

4. Перетащите блоку **ResourcePool**  из палитры **Библиотека моделирования процессов** на диаграмму *Main*.

5. В области **Свойства** блока **ResourcePool** необходимо выполнить следующее.


- a. В поле **Имя** введите *спс*.
- b. В списке **Тип** выберите **Статический**.



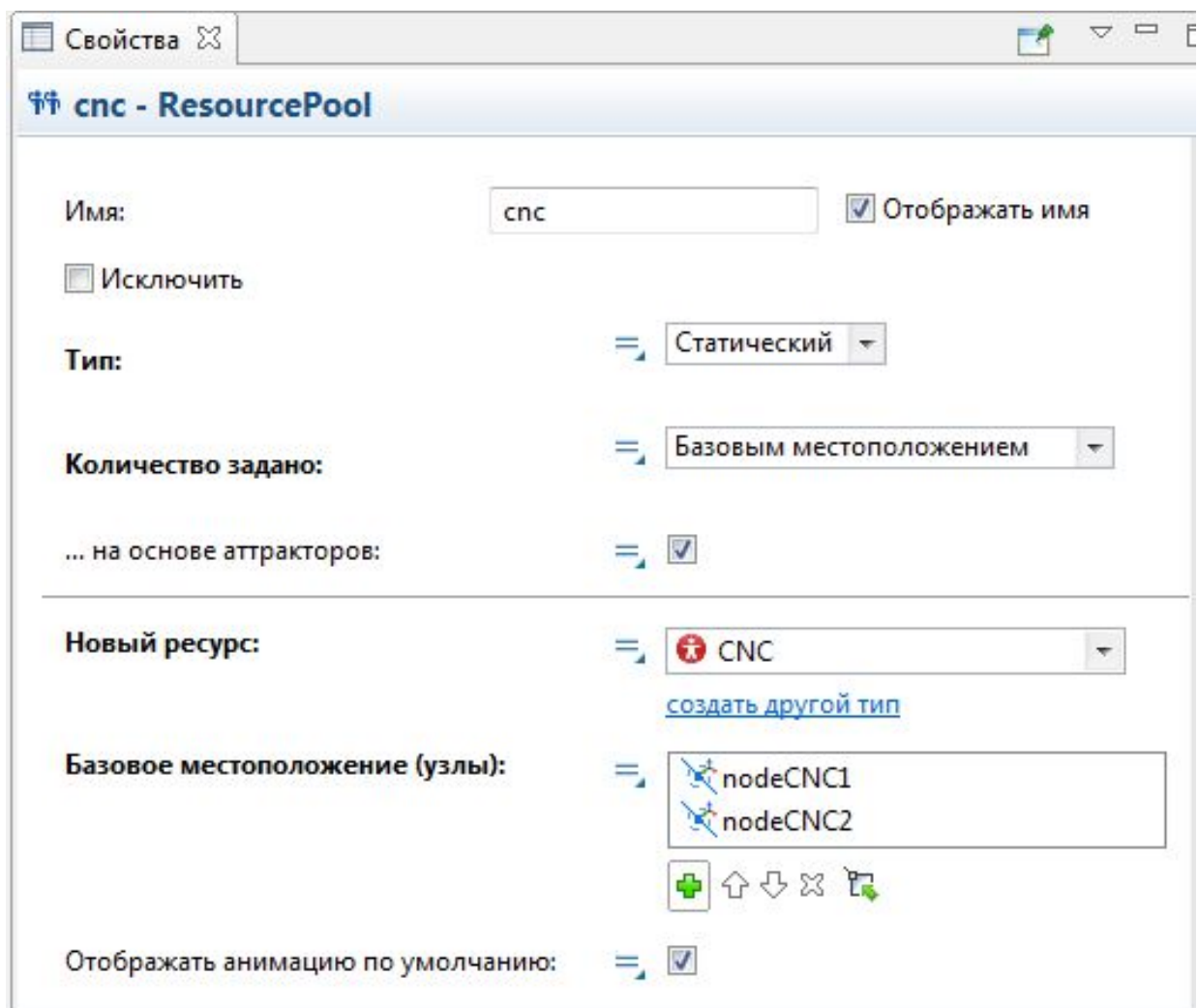
Завершив задание набора ресурсов, мы можем создать новый тип ресурса.

6. Щелкните по ссылке **создать другой тип**, расположенной под списком **Новый ресурс**.
7. В мастере **Создание агентов** сделайте следующее.
 - a. В поле **Имя нового типа** введите **CNC**.
 - b. Перейдите к следующей странице мастера, щелкнув по кнопке **Далее**.
 - c. В списке фигур анимации раскройте последний раздел (**Станки с ЧПУ**) и выберите фигуру **Вертикальный станок 2 Сост 1**.
 - d. Щелкните по кнопке **Готово**.
8. Закройте диаграмму типа агента **CNC** и вернитесь на диаграмму **Main**.
9. Чтобы поместить два станка с ЧПУ в точки, заданные точечными узлами **nodeCNC1** и **nodeCNC2**, сделайте следующее.
 - a. Откройте свойства блока **cnc**.
 - b. В списке **Количество задано** выберите опцию **Базовым местоположением**.

Тем самым, мы задаем количество ресурсов равным количеству узлов базового местоположения, указанных для этого пула ресурсов (это мы сделаем следующим делом).

- с. Щелкните по кнопке  и добавьте *nodeCNC1* и *nodeCNC2* в список **Базовое местоположение (узлы)**.


После добавления узлов список должен быть похож на показанный ниже.

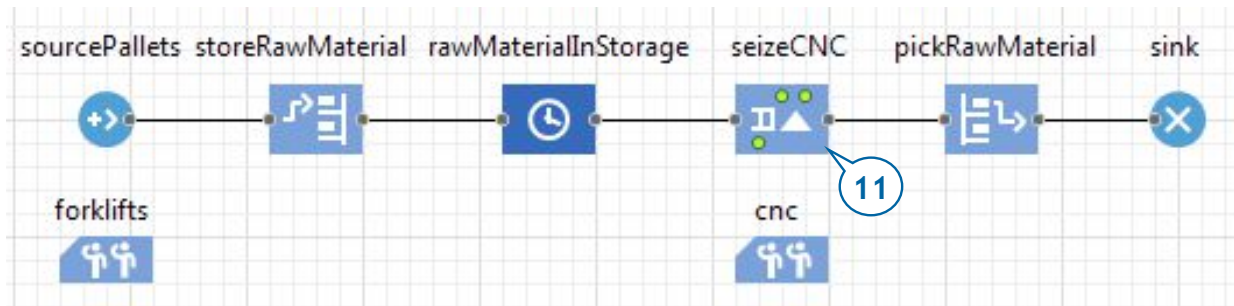


Теперь мы готовы изменить диаграмму процесса, описывающую поведение поддонов: мы добавим блок **Seize**, который будет занимать ресурс-станок. Следующий за ним блок **Delay** будет моделировать обработку заготовок на станке, а блок **Release** будет освобождать станок с ЧПУ, делая его готовым для обработки заготовок со следующего поддона.


AnyLogic

Как вы помните, в диаграмме процесса уже есть блок *pickRawMaterial*, моделирующий доставку поддонов в зону парковки автопогрузчиков.

10. Перетащите блоки диаграммы процесса *pickRawMaterial* и *sink* вправо, чтобы освободить место для нового блока.
11. Перетащите блок **Seize**  из палитры **Библиотека моделирования процессов** на диаграмму таким образом, чтобы вставить его в диаграмму процесса поддона после блока *rawMaterialInStorage*.



12. В свойствах блока **Seize** необходимо выполнить следующее:


- a. В поле **Имя** введите *seizeCNC*.
- b. Нажмите кнопку  под параметром **Набор ресурсов**, а затем выберите из раскрывающегося списка **cnc**.

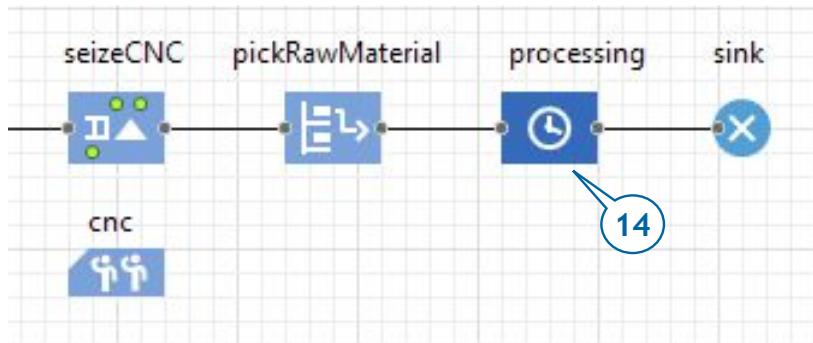
Тем самым, мы задаем, что блок **Seize** будет захватывать один ресурс из набора ресурсов *cnc*.

13. В свойствах блока *pickRawMaterial* необходимо сделать следующее:

- a. В списке **Место назначения** выберите опцию **Захваченный ресурс**.
- b. В расположенном ниже списке **Ресурс** выберите **cnc**.

Этот блок теперь будет моделировать перемещение поддонов не в зону стоянки автопогрузчиков, а к зарезервированному для выполнения операции станку.

14. Чтобы промоделировать обработку заготовок на станке с ЧПУ, добавьте блок **Delay** , поместите его непосредственно после блока *pickRawMaterial* и присвойте ему имя *processing*.



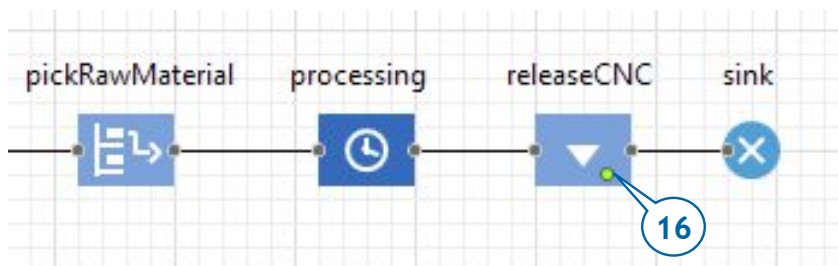
15. В свойствах блока **Delay** необходимо выполнить следующее.

- a. В поле **Время задержки** введите $triangular(2,3,4)$, и из списка справа выберите **минуты**.
- b. Чтобы станки могли обрабатывать заготовки из нескольких поддонов, установите флажок **Максимальная вместимость**.

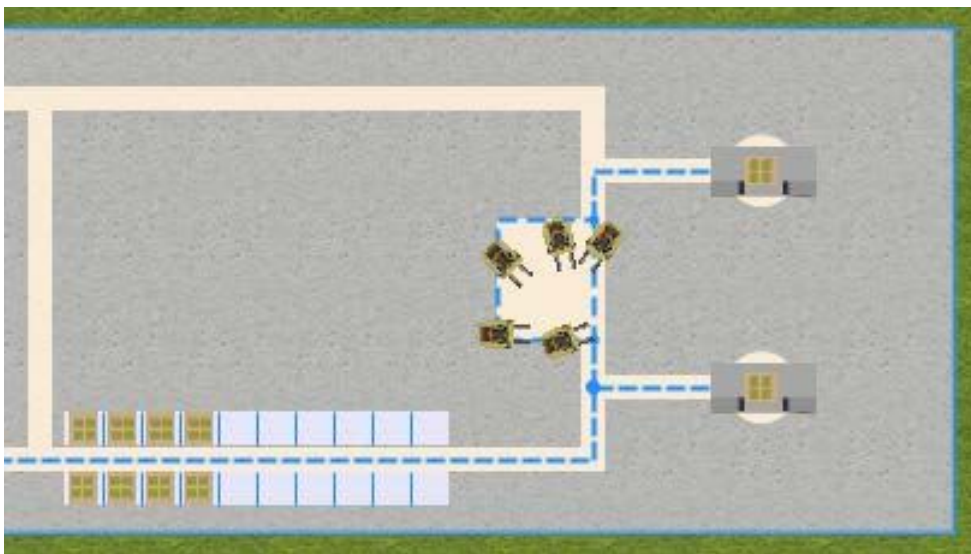
У каждого агента, прибывающего в блок **Delay**, должен быть зарезервирован один из двух имеющихся в нашей модели станков с ЧПУ.

16. Перетащите блок **Release** из палитры **Библиотека моделирования процессов** в диаграмму процесса поддонов. Поместите его после блока *processing*.

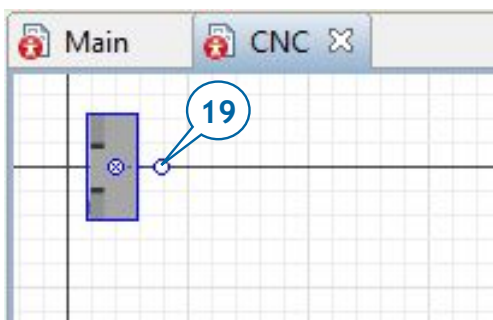
17. Присвойте этому блоку **Release** имя *releaseCNC*.




Когда вы запустите модель, то увидите, что хотя процессы и смоделированы верно, но на трехмерной анимации поддоны отображаются прямо по центру фигуры анимации станка с ЧПУ. Это происходит потому, что и станок, и обрабатываемый им поддон используют один и тот же точечный узел для отображения анимации. Чтобы решить эту проблему, нам необходимо переместить станок с ЧПУ вправо и повернуть его так, чтобы он был обращен к поддону.

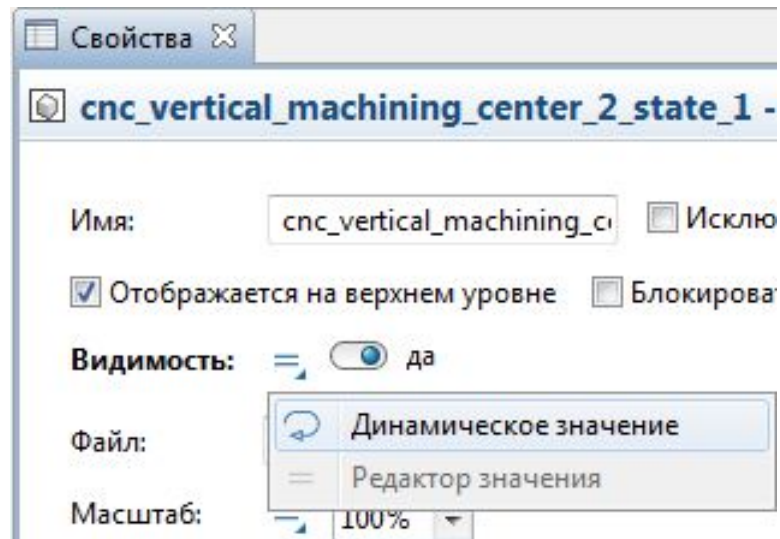


18. В панели **Проекты**, сделайте двойной щелчок по элементу *CNC*. При этом откроется диаграмма этого типа агента.
19. Переместите анимацию вправо и поверните фигуру анимации станка с помощью круглого маркера, как показано на рисунке ниже.



Давайте будем использовать для анимации станка два схожих объекта трехмерной анимации, один из которых будет представлять станок в режиме ожидания, а второй - в процессе обработки заготовок. У этих объектов мы настроим значения параметра **Видимость**, благодаря чему наша модель будет отображать ту или иную фигуру в зависимости от текущего состояния станка.

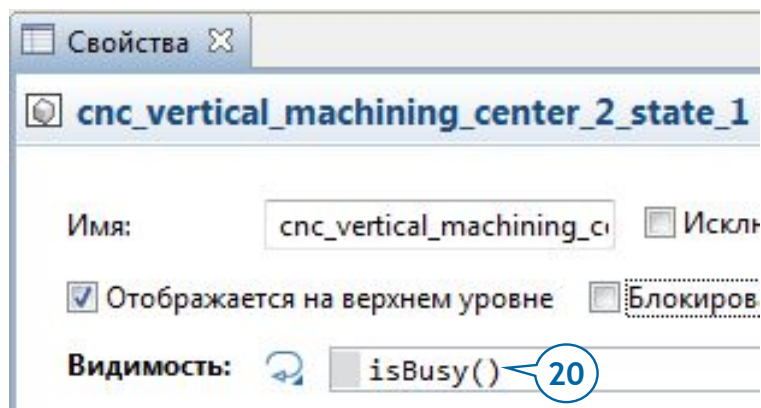
20. Для этого необходимо выполнить следующее.
 - a. Выделите фигуру анимации станка.
 - b. В свойствах, щелкните по значку , расположенному рядом с меткой параметра **Видимость**, и выберите опцию **Динамическое значение**.



Значок статического параметра = поменяется на значок динамического параметра ↻, при этом появится поле для задания динамического выражения. В это поле можно ввести выражение Java, возвращающее значение *true* или *false*.

с. Введите в поле выражение *isBusy()*

Эта функция ресурса возвращает *true* в случае занятости ресурса. В нашем случае этот трехмерный объект будет отображаться, если в данный момент станок обрабатывает заготовки.



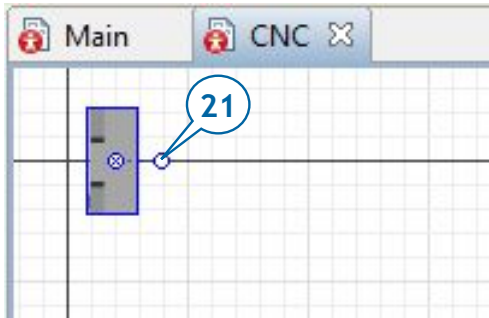
Динамические параметры

Когда вы задаете выражение для динамического значения параметра, по ходу выполнения модель будет вычислять это выражение на каждом кадре анимации и применять вычисленное значение в качестве текущего значения параметра. С помощью этой возможности пользователи AnyLogic могут анимировать свои модели, задавая динамические значения для координат, размерностей или цвета графических объектов.

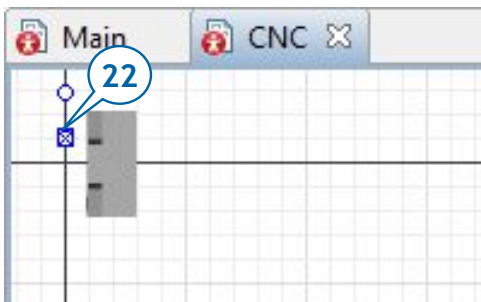
Если вы не зададите динамическое значение параметра, то в процессе выполнения модели параметр сохранит свое статическое значение.

- У блоков, входящих в диаграмму процесса, могут быть:
 - ▬ **Статические параметры**, имеющие постоянное значение на протяжении всего процесса моделирования, которое, однако, может быть изменено функцией *set_имяПараметра (новое значение)*;
 - ↻ **Динамические параметры**, значение которых вычисляется заново для каждого прибывающего в блок агента;
 - ☰ **Кодовые параметры**, с помощью которых вы можете задавать действия, которые необходимо выполнить в особые моменты жизни агентов в данном блоке диаграммы процесса, например, действия **При входе** или **При выходе** из блока. Как правило, кодовые параметры размещены в разделе свойств **Действия**.
 - Небольшой треугольник у значка параметра говорит о том, что при щелчке по значку вы можете переключаться между редактором статических значений и полем, в котором вы можете ввести выражение для регулярного вычисления динамического значения.
- 21.** Чтобы добавить трехмерный объект анимации, который будут отображаться, только если станок не обрабатывает заготовки, необходимо выполнить следующее.
- Откройте палитру **3D Объекты**, на которой находятся готовые к использованию трехмерные объекты AnyLogic.
 - Раскройте раздел фигур **Станки с ЧПУ** и перетащите графический объект **Вертикальный станок 2 Сост 2** на диаграмму типа агента *СНС*.

- c. Поверните графический объект и расположите его непосредственно поверх добавленной нами ранее фигуры.
- d. Перейдите в редактор динамических значений поля **Видимость**, и в качестве выражения введите *isIdle()*.

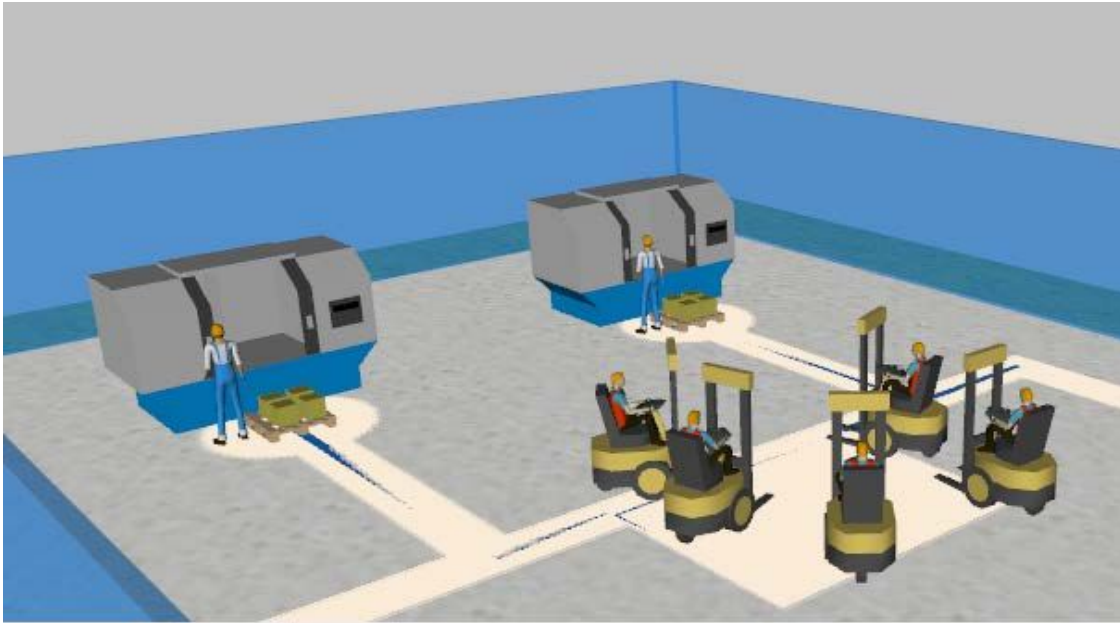


- 22.** Раскройте раздел **Люди** палитры **3D Объекты** и перетащите графический объект **Рабочий** на диаграмму *CNC*.



- 23.** Запустите модель и наблюдайте за процессом.

Вы увидите, как автопогрузчики подвозят поддоны к станкам с ЧПУ для обработки заготовок. Вы также должны увидеть анимацию процесса обработки - трехмерное изображение станков будет меняться в зависимости от их состояния.



Мы завершили работу с нашей простой моделью, моделирующей процесс производства в небольшом заводском цеху. Теперь вы обладаете базовыми знаниями о ресурсах AnyLogic и приемах работы с ними. Вы также научились описывать процессы, собирая диаграмму процесса из блоков **Библиотеки моделирования процессов**.

Вы можете самостоятельно промоделировать перемещение поддонов с готовой продукцией в другой стеллаж, находящийся перед отгрузочной зоной, где поддоны будут находиться вплоть до момента отправки.