

Модель заводского цеха

Построить модель производственных процессов в 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).

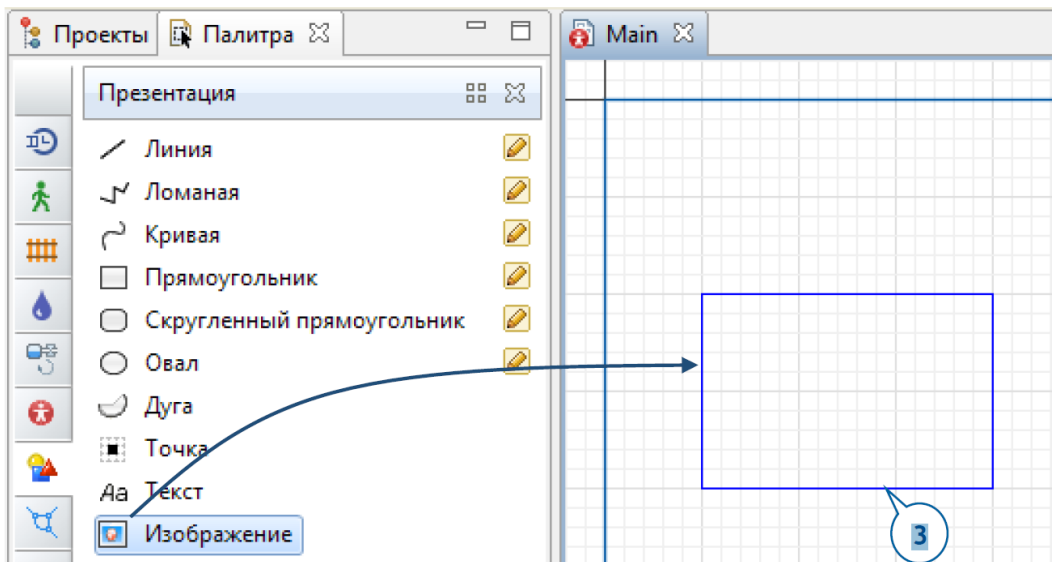
ЭТАП 1. Создание модели

1. Создайте новую модель. В мастере **Новая модель** задайте **Имя модели**: **ЗаводскойЦех**, 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.

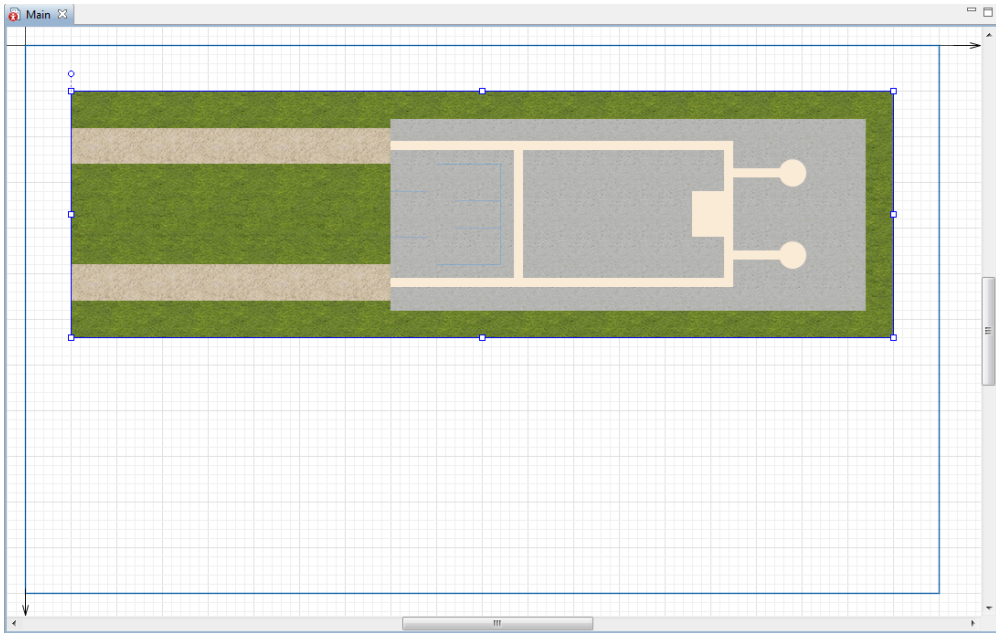
3. Перетащите элемент **Изображение** из палитры **Презентация** на диаграмму **Main**. Элемент **Изображение** можно использовать для добавления в модель изображений в различных графических форматах: PNG, JPEG, GIF, и BMP.



4. Откроется диалоговое окно, в котором вам будет предложено выбрать нужный файл изображения.

5. Перейдите в соответствующий каталог и выберите изображение **планЦеха.png** :

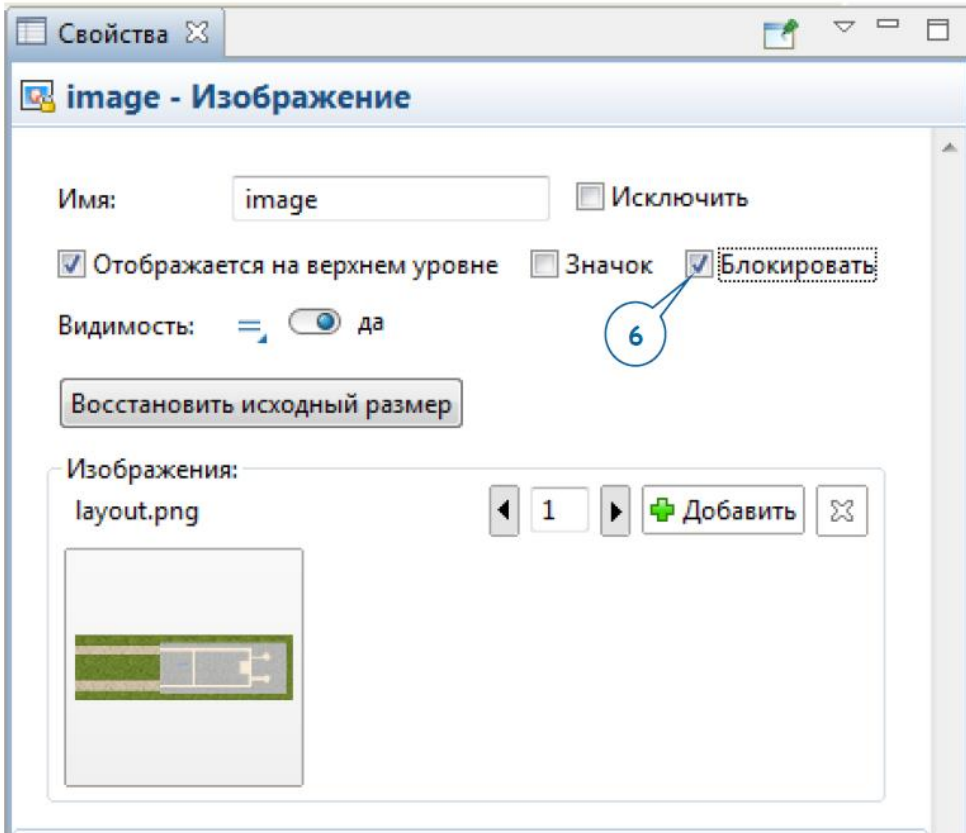
Когда вы выберете изображение, диаграмма агента **Main** будет выглядеть следующим образом:



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

Следующий шаг – 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:

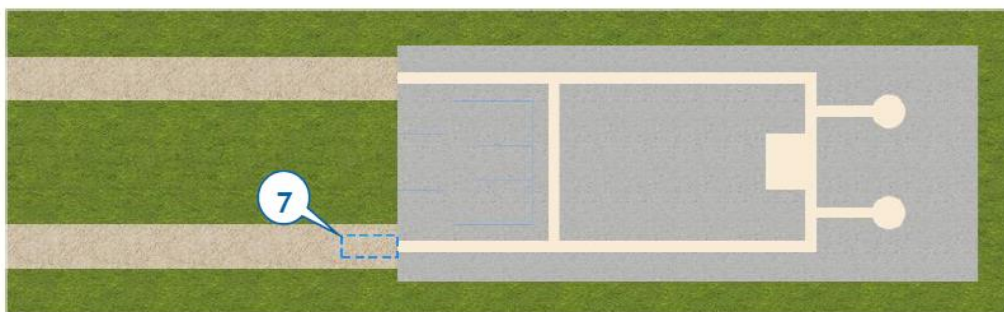
- *Узел* задает место, где агенты могут находиться в течение определенного времени для выполнения определенных действий;
- *Путь* задает маршрут, по которому агенты могут перемещаться между узлами.

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.

Нарисуйте сеть, задающую пути перемещения поддонов в модели.

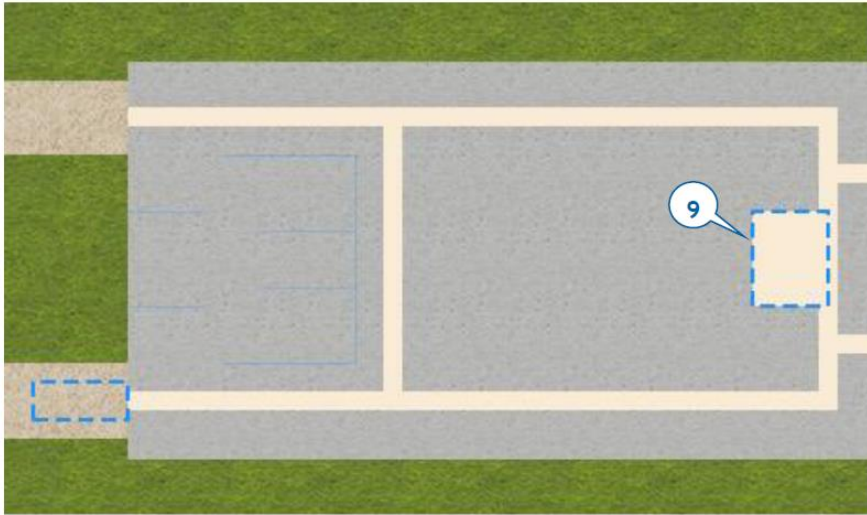
Вначале нарисуйте прямоугольный узел поверх входа в предприятие. Этот узел будет представлять в модели приемную зону для поддонов.

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 **приемнаяЗона**.

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 **зонаСтоянки**.

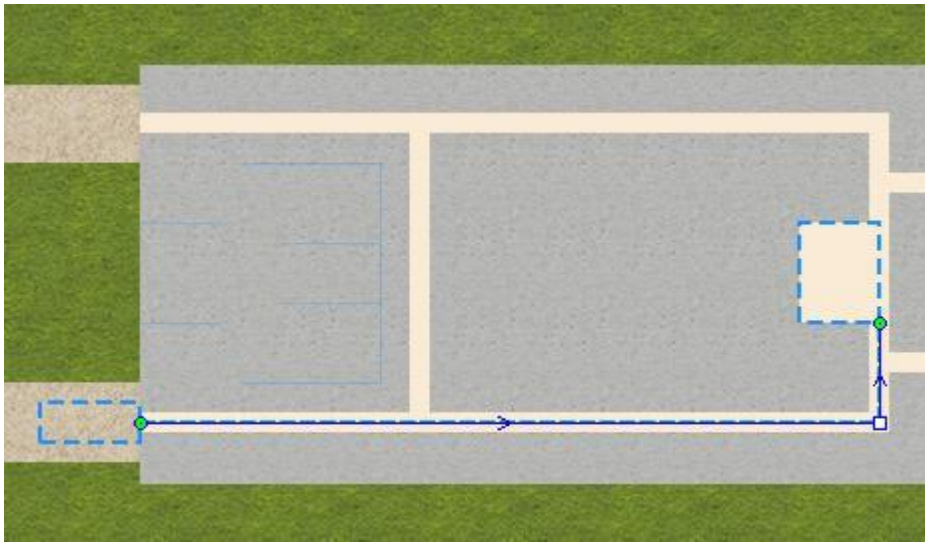


Нарисуйте путь перемещения автопогрузчиков в модели.

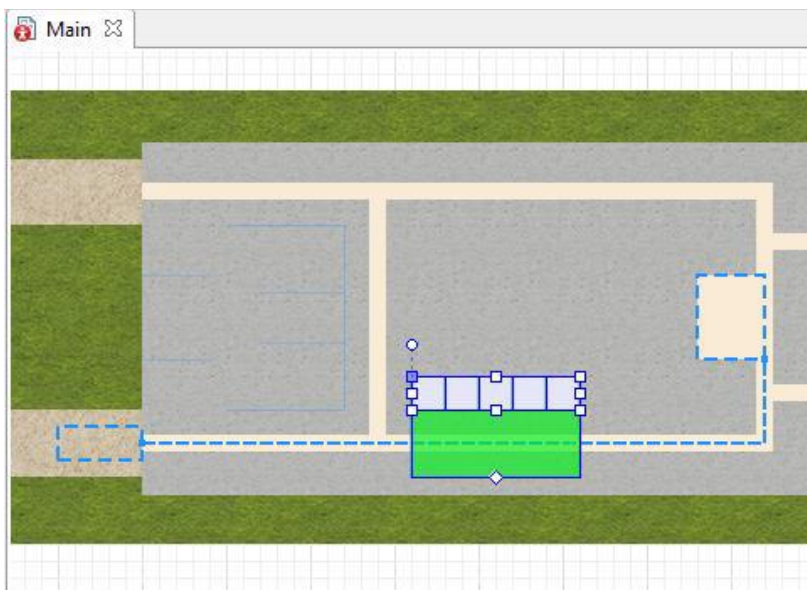
10. Чтобы нарисовать путь, необходимо выполнить следующее.

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

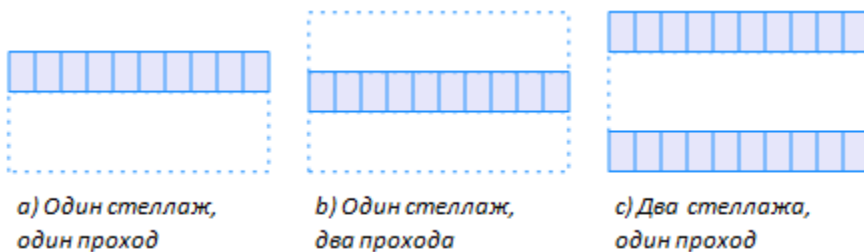
Если узлы были соединены правильно, то при щелчке мышью по пути обе его точки соединения с узлами должны будут выделиться зеленым цветом (как на рисунке ниже).



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



12. На странице свойств стеллажа необходимо сделать следующее:

- **Имя – хранение Поддонов.**
- 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
- Ширина прохода: 11

Свойства храненияПоддонов - Стеллаж

Имя: Исключить

Отображается на верхнем уровне Блокировать

Видимость: да

Тип:

Количество ячеек: Задан явно
 Вычисляется на основании ширины ячейки

Количество ячеек:

Кол-во ячеек в глубину:

Количество уровней:

Высота уровня:

▶ Внешний вид

▼ Местоположение и размер

X:

Y:

Z:

Длина:

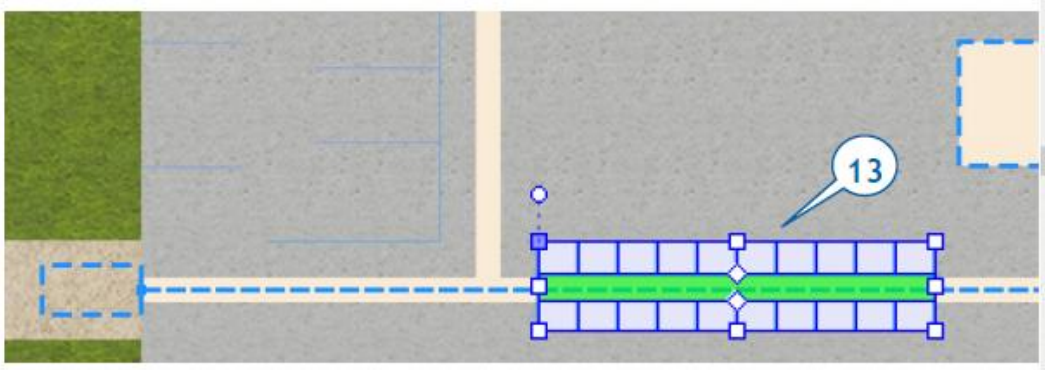
Глубина левого стеллажа:

Глубина правого стеллажа:

Ширина прохода:

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 щелчком мыши. Если фигура подсоединена к сети, то проход между стеллажами будет выделен зеленым цветом.



Вы разметили пространство модели, отметив поверх плана важные узлы и пути. Далее необходимо заняться моделированием процессов с помощью Библиотеки моделирования процессов AnyLogic.

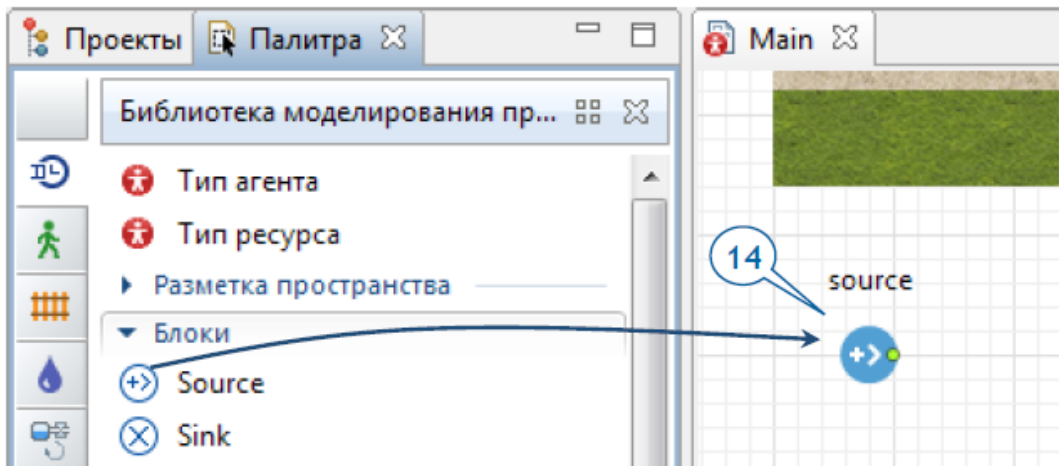
Библиотека моделирования процессов

Если постановка задачи формулирует систему как процесс – последовательность операций с заданными длительностями – 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.

Создать новый тип агента **Поддон**

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

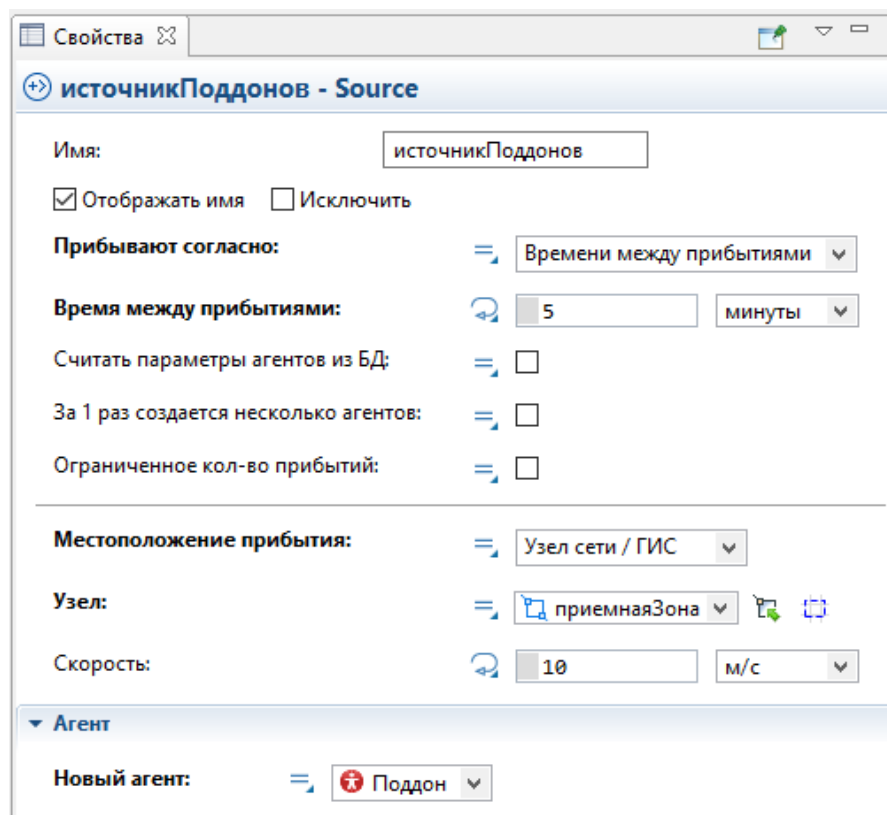
Обычно блок **Source** выступает в качестве стартовой точки процесса. В модели он будет использоваться для создания поддонов.



15. Для того, чтобы поддоны появлялись в модели каждые пять минут и попадали в узел приемнаяЗона, в панели **Свойства** блока **источникПоддонов** необходимо выполнить следующее.

1. Из списка **Прибывают согласно** выберите **Времени между прибытиями**.
2. В поле **Время между прибытиями** введите 5, а из списка справа выберите **минуты**. Поддоны будут поступать раз в пять минут.

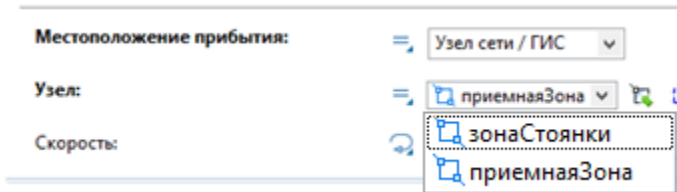
3. В области **Местоположение прибытия** выберите из списка **Узел сети / ГИС**.
4. В расположенном ниже списке **Узел** выберите **приемнаяЗона**.



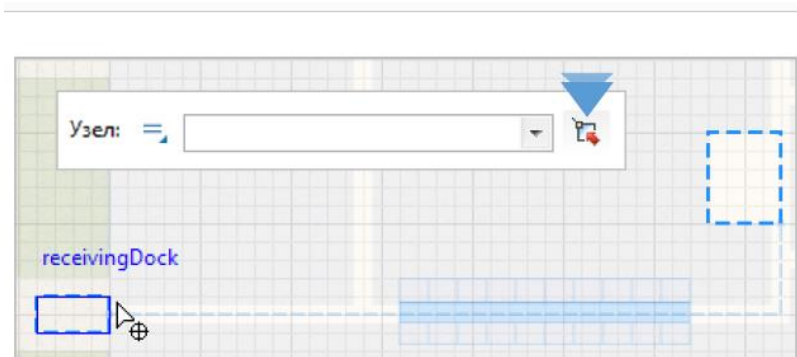
Как сослаться на элемент модели из параметра блока

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

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

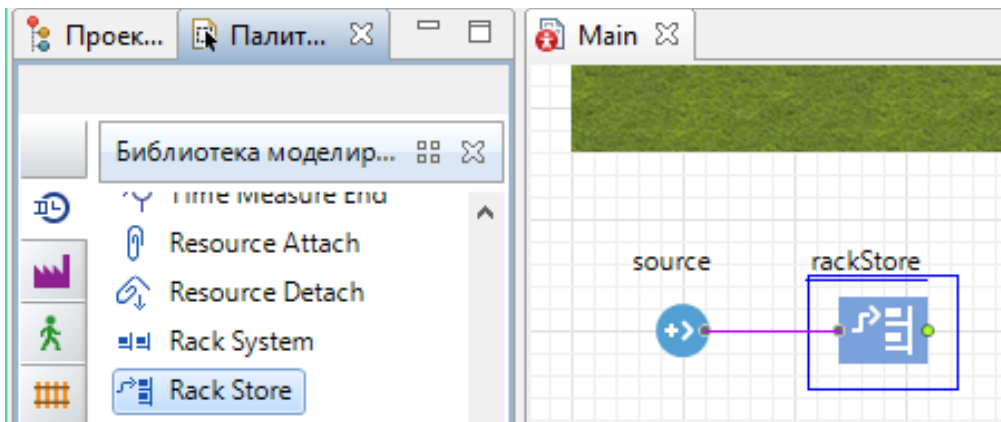


- Вы можете щелкнуть по кнопке справа от показанного выше списка, а затем выбрать элемент в графическом редакторе, щелкнув по нему мышью.



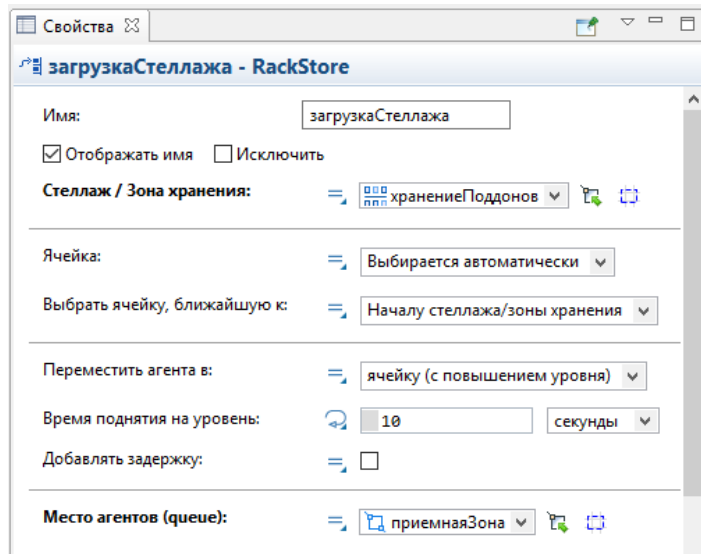
16. Перетащите блок **RackStore** из палитры **Библиотека моделирования процессов** на диаграмму. Поместите его рядом с блоком **источникПоддонов** так, чтобы эти блоки автоматически соединились, как показано на следующем рисунке.

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

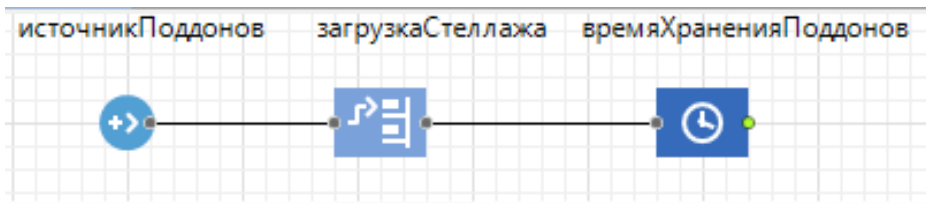


17. На странице свойств блока rackStore необходимо сделать следующее.

1. В поле **Имя** введите **загрузкаСтеллажа**.
2. В списке **Стеллаж / Зона хранения** выберите **хранениеПоддонов**.
3. В списке **Место агентов (queue)** выберите **приемнаяЗона** - место, где будут находиться поддоны в ожидании перемещения в зону хранения.

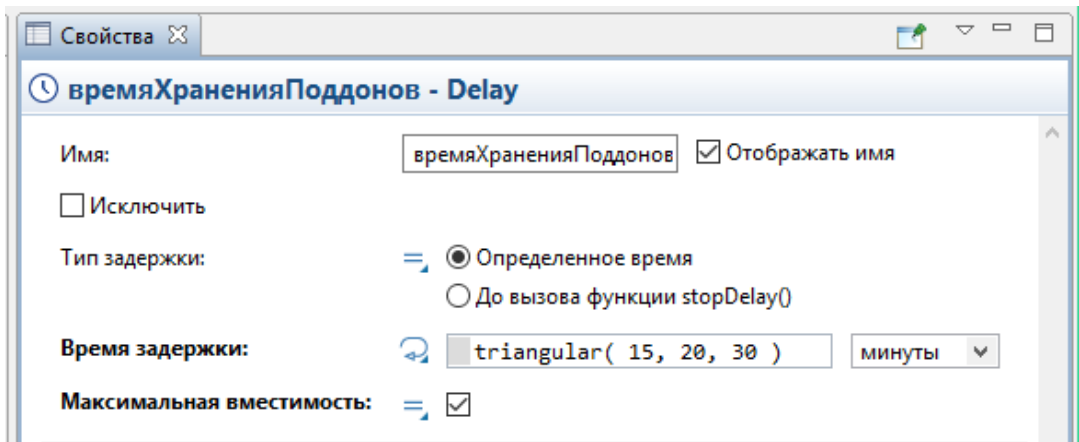


18. Чтобы промоделировать пребывание поддонов в стеллаже, добавьте блок **Delay** . Назовите этот блок **времяХраненияПоддонов**.



19. На странице свойств блока **времяХраненияПоддонов** необходимо выполнить следующее:

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

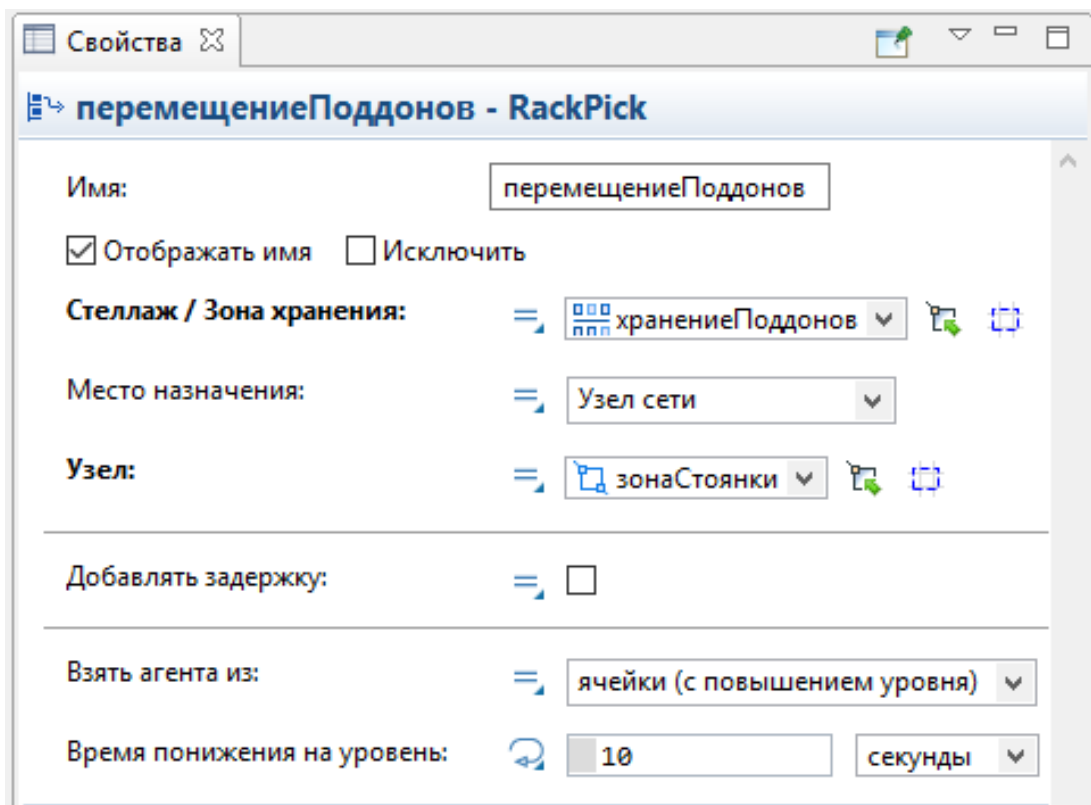


20. Добавьте блок **RackPick** , подсоедините его к диаграмме процесса и назовите этот блок **перемещениеПоддонов**.

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

21. На странице свойств блока **перемещениеПоддонов** необходимо выполнить следующее:

- В списке **Стеллаж / Зона хранения** выберите **хранениеПоддонов**. Тем самым Вы укажете, из какого стеллажа будут извлекаться агенты-поддоны.
- В списке **Узел** выберите **зонаСтоянки** – тот узел сети, куда автопогрузчики будут доставлять поддоны.

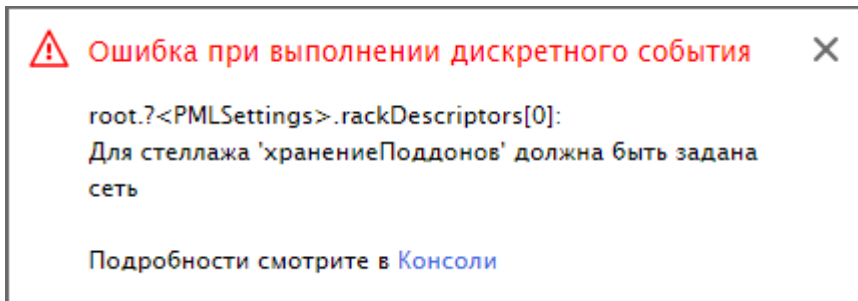


22. Добавьте блок **Sink**. Блок **Sink** уничтожает поступающих агентов и обычно выступает в качестве конечной точки диаграммы процесса.

23. Создание модели завершено. Запустите модель и наблюдайте за ее поведением.

Если по ходу работы модели вы увидите сообщение об ошибке «Для стеллажа хранениеПоддонов 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.



ЭТАП 2. Добавление ресурсов

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.

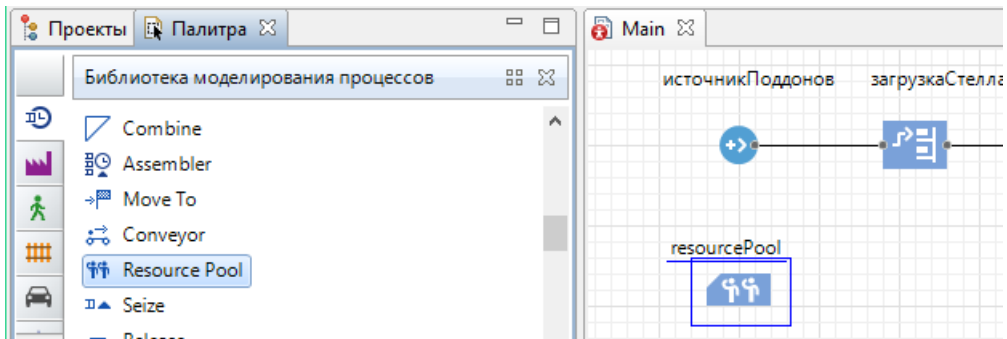
Ресурсы в AnyLogic бывают трех типов: *статические, перемещаемые и двигающиеся*.

- 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.

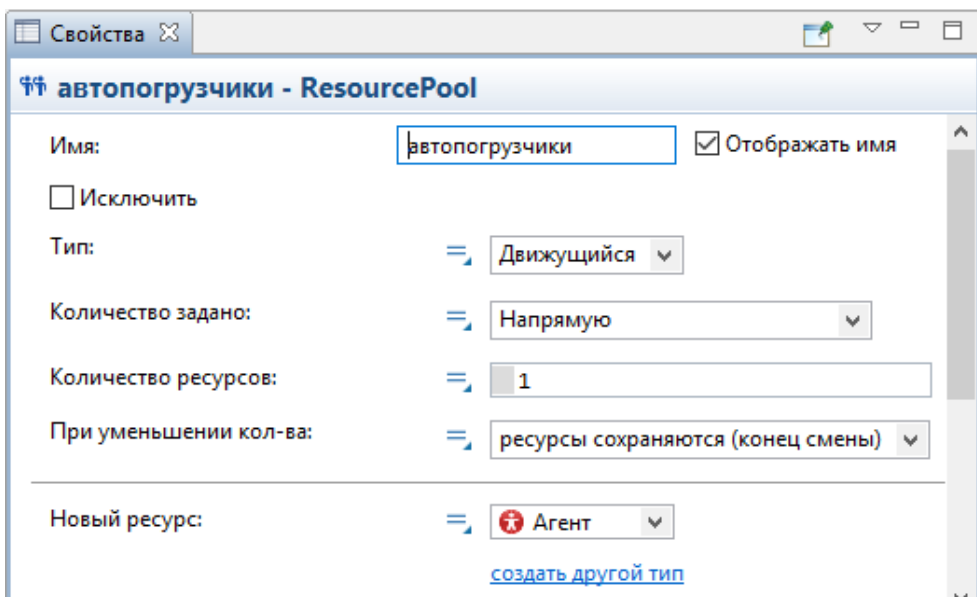
Ресурсами нашей модели являются автопогрузчики, перемещающие поддоны из зоны разгрузки в стеллаж, а затем доставляющие поддоны из стеллажа в производственную зону.

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

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



2. Присвойте блоку имя **автопогрузчики**.



3. На странице свойств блока **автопогрузчики** щелкните по метке **создать другой тип**. Таким способом Вы создадите 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**:

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

4 Создание агентов

Шаг 1. Создание нового типа агента

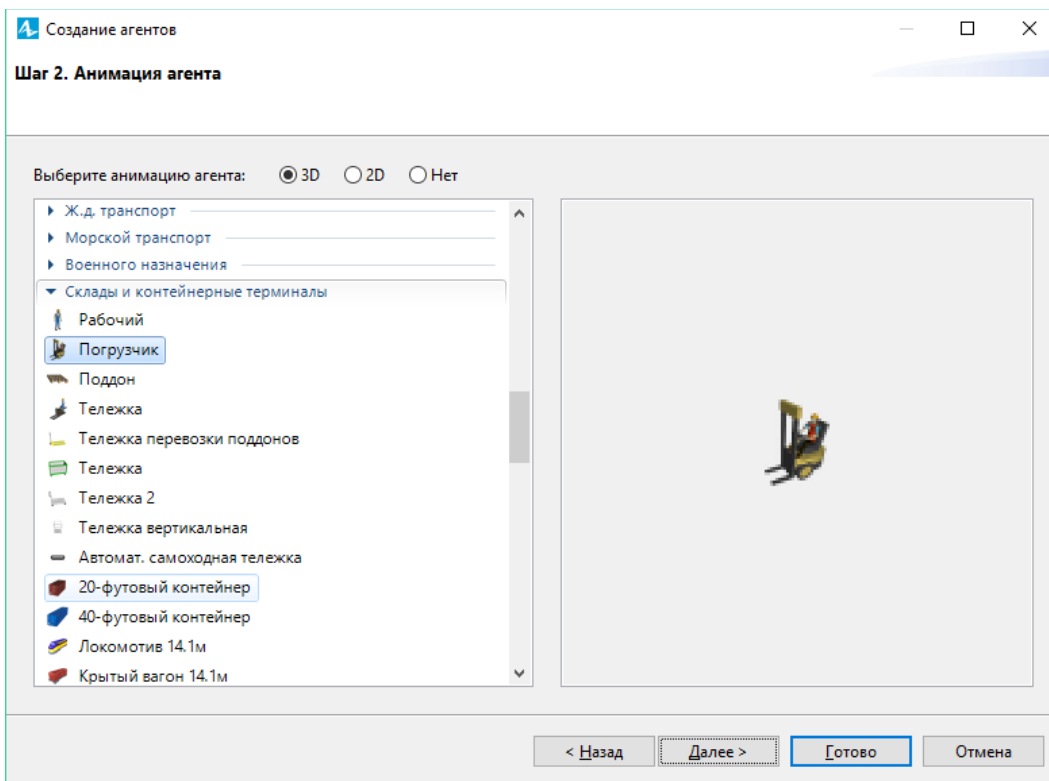
Имя нового типа:

Создать новый тип агента "с нуля"

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

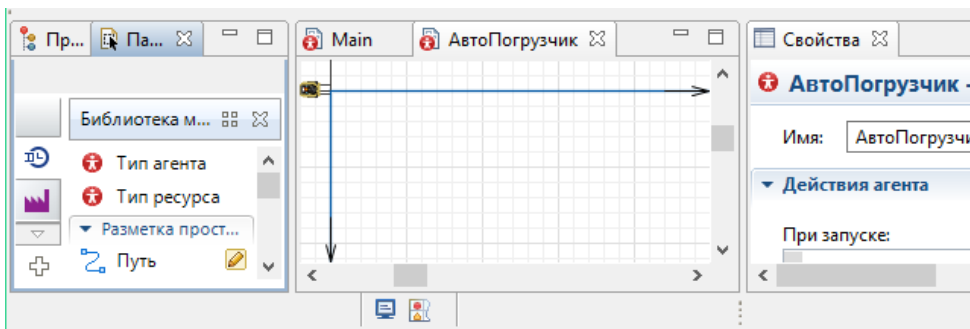
< Назад Далее > **Готово** Отмена

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



Откроется диаграмма типа ресурса АвтоПогрузчик, 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 **АвтоПогрузчик**.

6. Измените остальные параметры блока **автопогрузчики**, задающего набор ресурсов:

В поле **Количество ресурсов** введите **5** - количество автопогрузчиков в моделируемом нами цеху.

В поле **Скорость** введите **1** и выберите из списка справа **м/с**.

В области **Базовое местоположение (узлы)** щелкните по кнопке  а затем выберите из списка узлов **зонаСтоянки**.

The screenshot shows a software interface window titled 'Свойства' (Properties) for a block named 'автопогрузчики - ResourcePool'. The window contains several configuration fields:

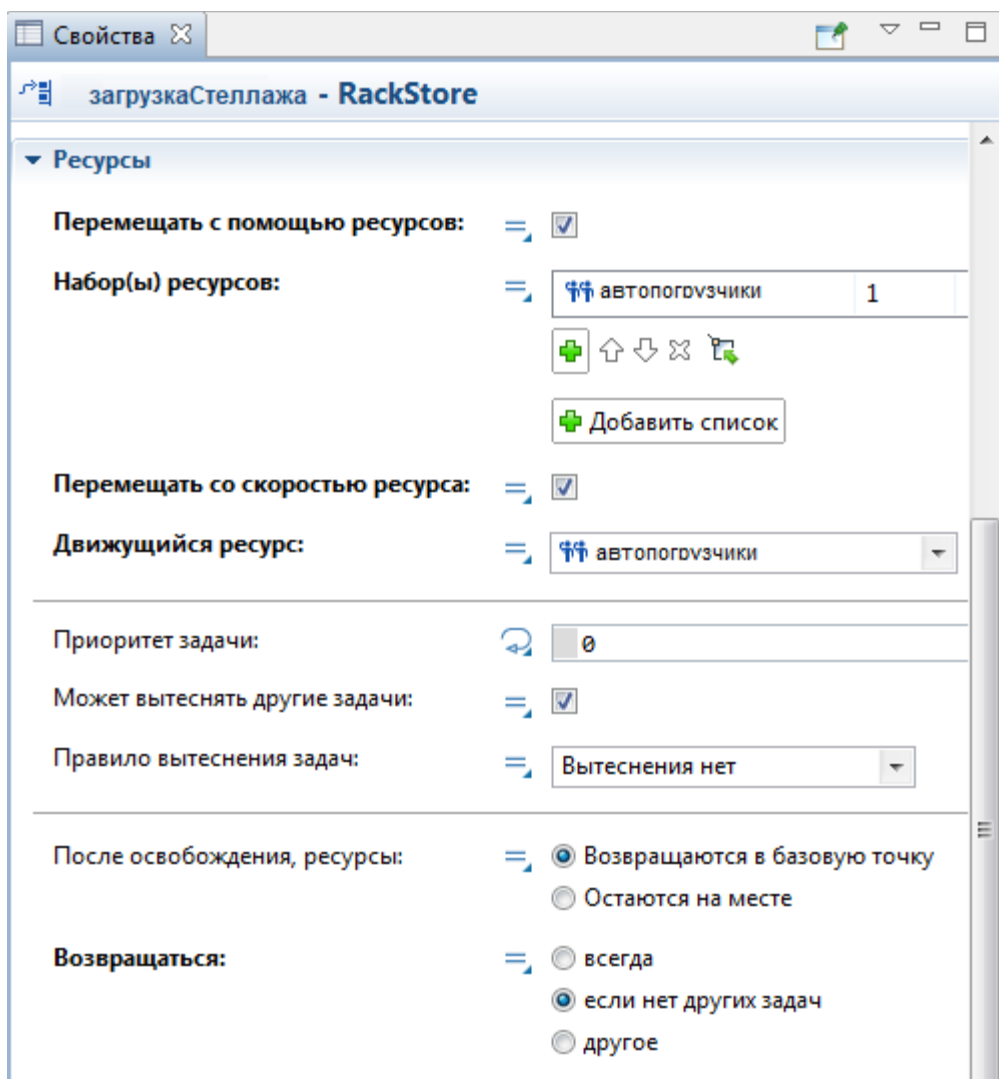
- Имя:** автопогрузчики (with a checkbox 'Отображать имя' checked)
- Исключить**
- Тип:** Движущийся (dropdown menu)
- Количество задано:** Напрямую (dropdown menu)
- Количество ресурсов:** 5 (text input field)
- При уменьшении кол-ва:** ресурсы сохраняются (конец смены) (dropdown menu)
- Новый ресурс:** АвтоПогрузчик (dropdown menu)
- Скорость:** 1 (text input field) and м/с (dropdown menu)
- Базовое местоположение (узлы):** зонаСтоянки (dropdown menu with a list of options: зонаСтоянки, зонаСтоянки, приемнаяЗона)

Ресурсы заданы, теперь нужно сделать так, чтобы блоки диаграммы процесса модели использовали эти ресурсы.

7. На странице свойств блока **загрузкаСтеллажа** нужно выполнить следующее:


- Раскройте секцию свойств **Ресурсы**.
- Установите флажок **Перемещать с помощью ресурсов**.

- В списке **Набор(ы) ресурсов** выберите **автопогрузчики**, при этом блок диаграммы процесса будет использовать ресурс выбранного типа (в нашем случае - автопогрузчик) для перемещения поддона.
- Установите флажок **Перемещать со скоростью ресурсов**.
- В появившемся ниже поле **Движущийся ресурс** выберите тот ресурс, скорость которого будет использоваться при перемещении: **автопогрузчики**.
- В свойстве **Возвращаться** выберите опцию **если нет других задач**. Это означает, что по выполнении своих задач автопогрузчики возвращаются в исходный (базовый) узел сети.

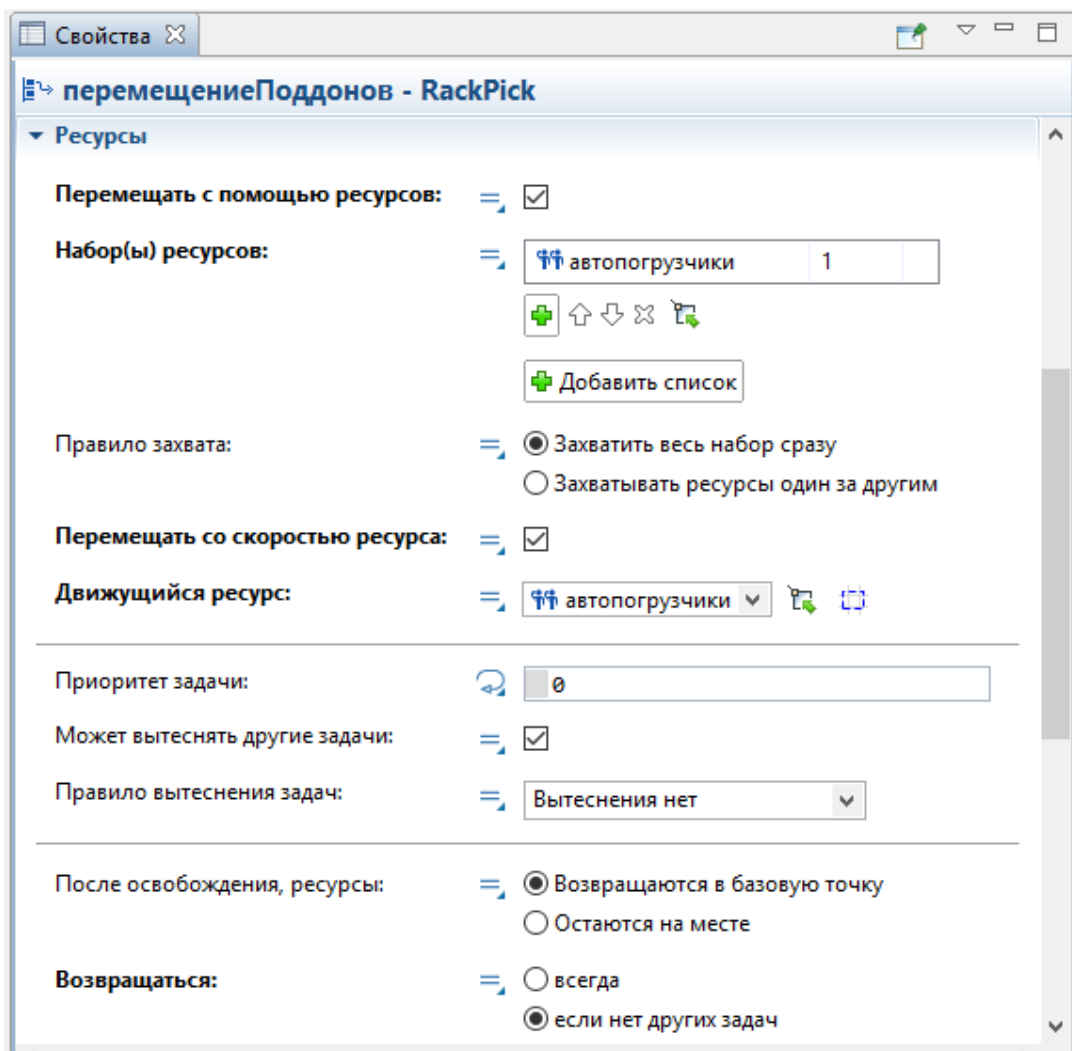


8. На странице свойств блока **перемещениеПоддонов** выполните следующее:

- Раскройте секцию свойств **Ресурсы**.
- Установите флажок **Перемещать с помощью ресурсов**.

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

При перемещении агента блок **загрузка Стеллажа** 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 **перемещение Поддонов** (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.

ЭТАП 3. Создание трехмерной анимации

Добавьте трехмерную анимацию моделируемого процесса.

Начните с добавления камеры.

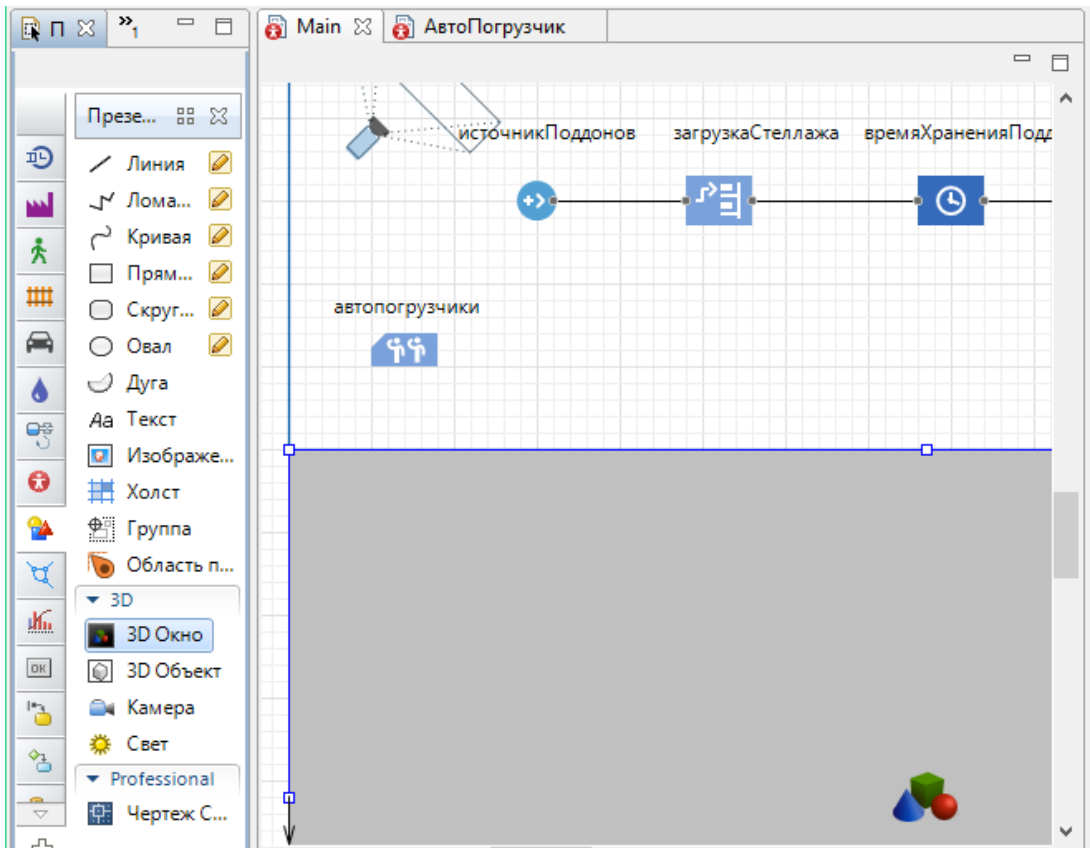
Камера

Камера "снимает" ту сцену, которую Вы видите в окне трехмерной анимации. Добавив в модель камеру, можно 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.

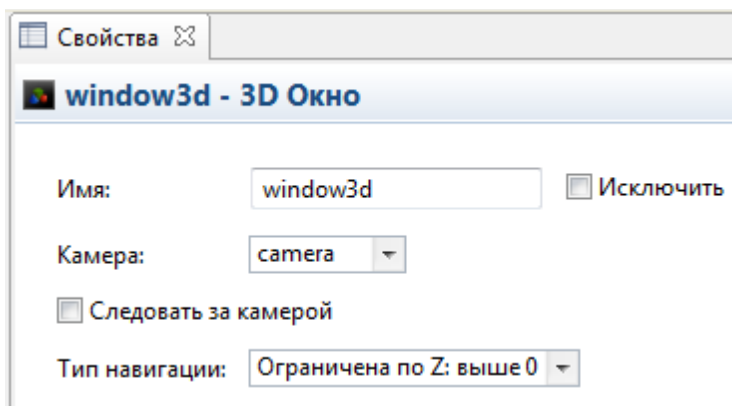


3D окно

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**].

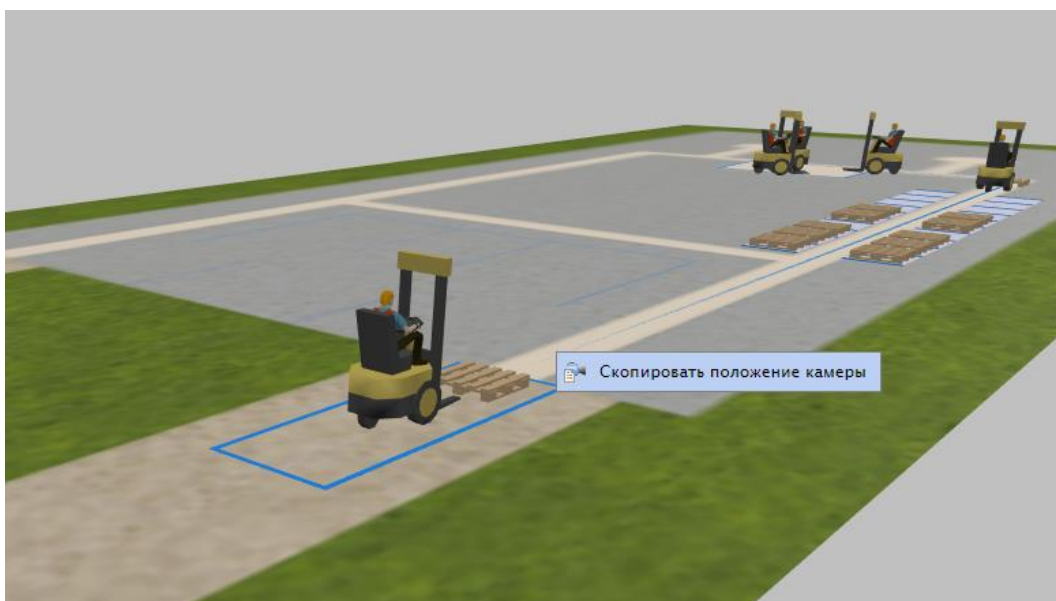
При этом окно трехмерной анимации будет развернуто до размера окна модели.

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.

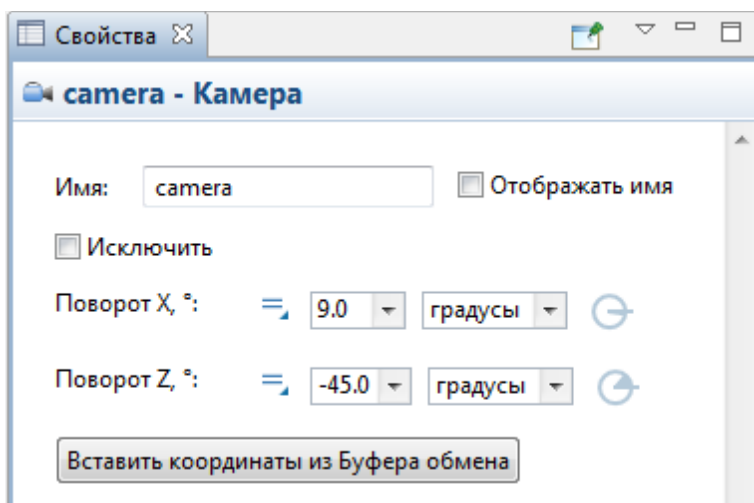
- Повернуть изображение относительно камеры можно перемещением мыши, предварительно нажав и держа нажатой кнопку ALT и левую кнопку мыши.

7. С помощью приведенных выше команд задайте подходящий вам ракурс съемки изображения. Щелкните правой кнопкой мыши в пределах трехмерного изображения и выберите из контекстного меню команду **Скопировать положение камеры**.



8. Закройте окно модели.

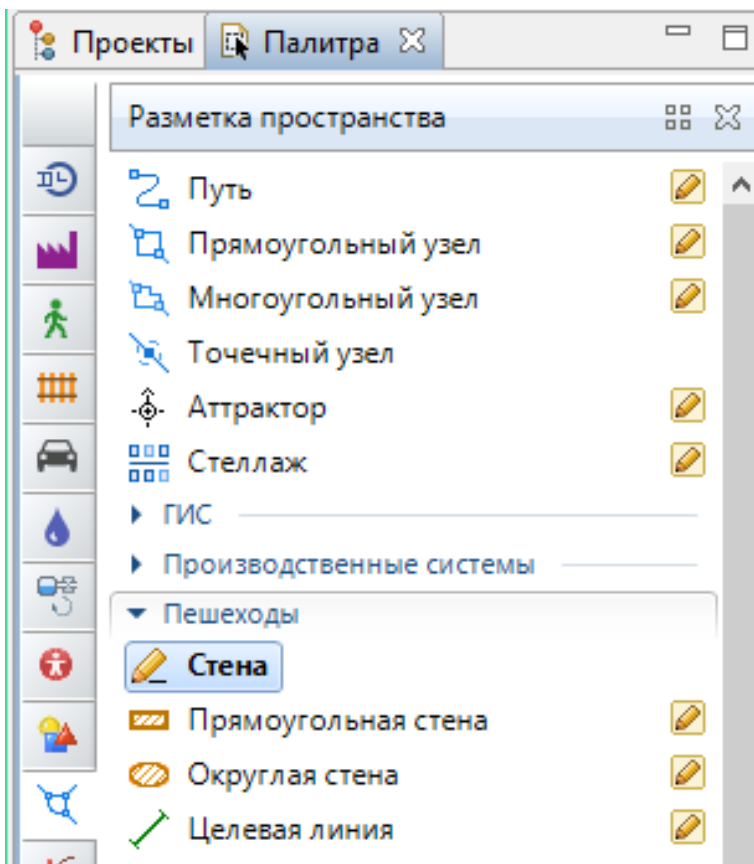
9. На странице свойств камеры установите выбранное на предыдущем шаге положение камеры, щелкнув по кнопке **Вставить координаты из Буфера обмена**.



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**.

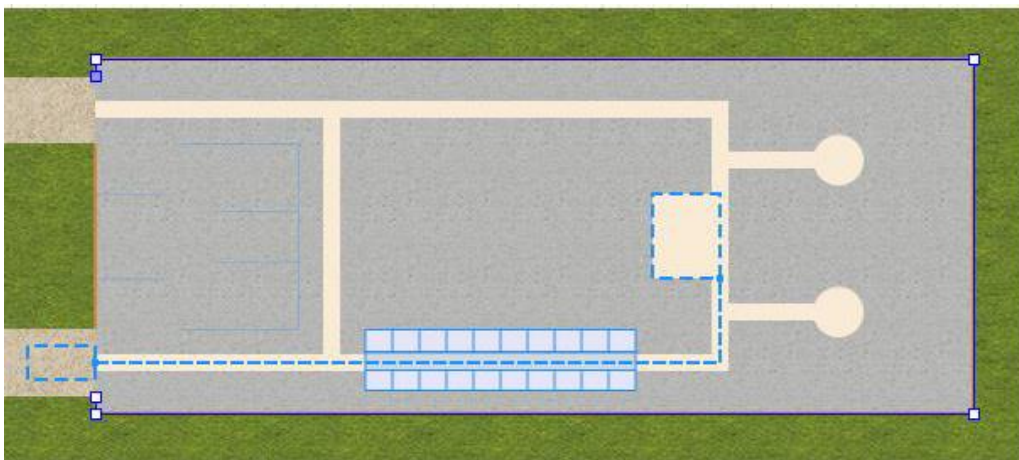
10. Запустите модель. Убедитесь, что теперь 3D анимация показывается с заданного вами ракурса, после чего закройте окно модели.

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:

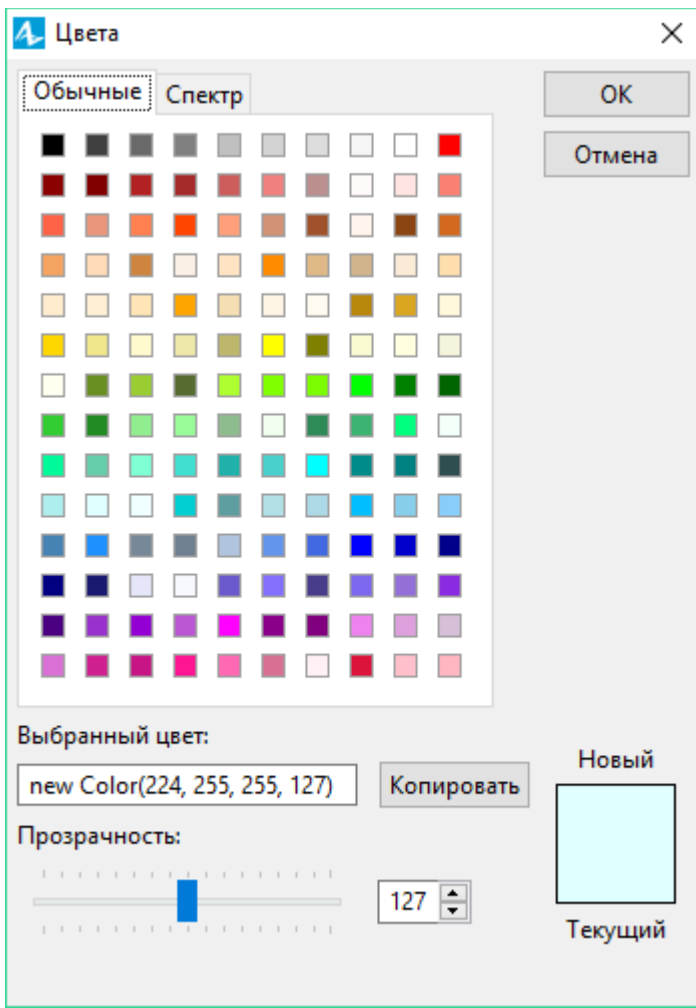
- Щелкните в той точке, с которой вы хотите начать рисование стены.
- Чтобы добавить угол стены, щелкните в соответствующей точке.
- В той точке, где вы хотите завершить рисование стены, сделайте двойной щелчок.



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

- Откройте раздел свойств стены **Внешний вид**.
- Щелкните по выпадающему списку **Цвет** и выберите **Другие цвета...** из появившегося списка.
- 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...**).

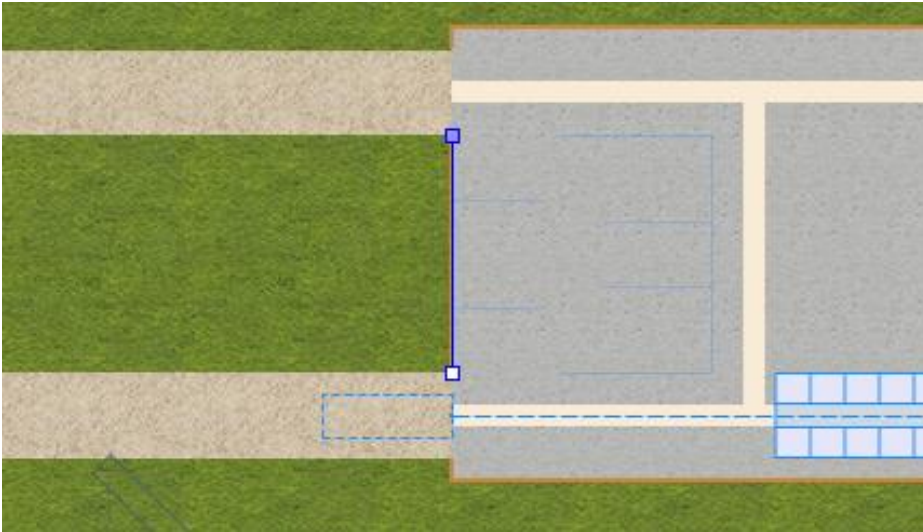


Стены в создаваемой модели использованы исключительно для анимационных целей. На самом деле стены чаще используются в пешеходном моделировании для задания стен и других препятствий для движения людей.

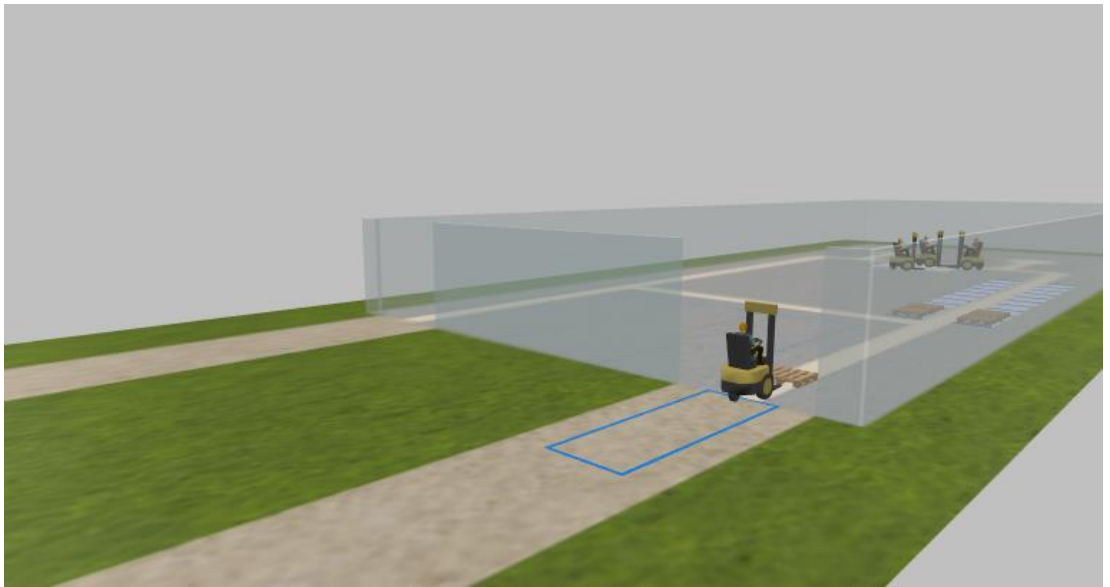
14. Перейдите в раздел свойств стены **Местоположение и размер** и измените значение параметра **Z-Высота** на 40.

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.



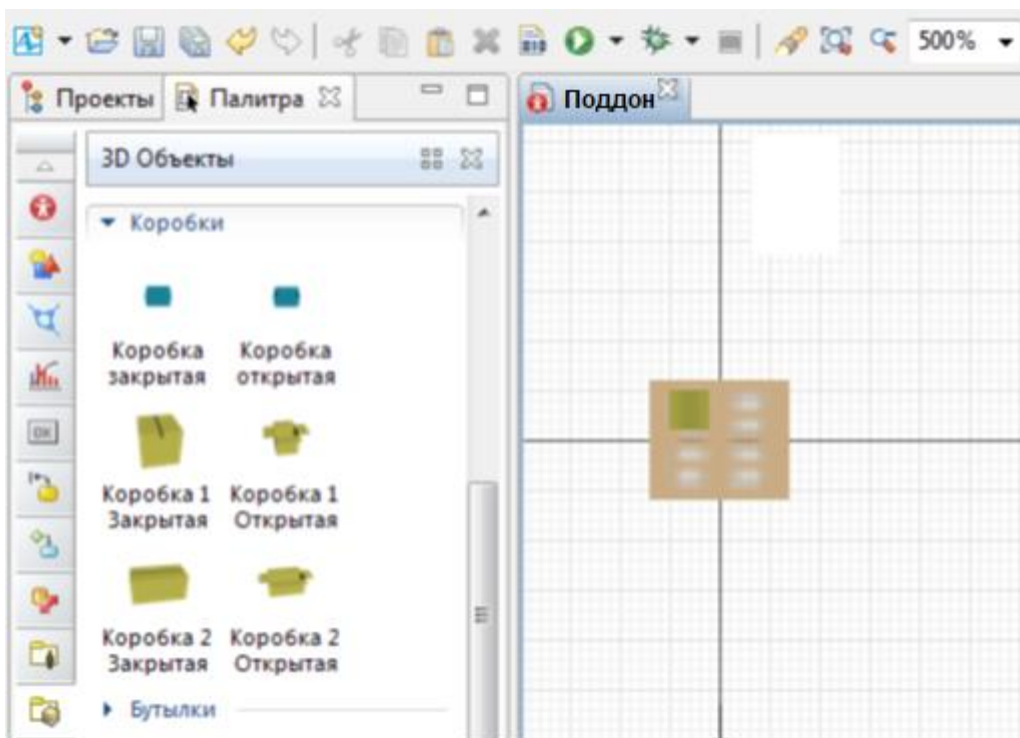
18. Перейдите в панель **Поддон**.

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

20. Добавьте фигуры анимации коробок поверх фигуры анимации поддона:

Откройте палитру **3D объекты** (это последняя палитра в списке), найдите и раскройте секцию палитры **Коробки**.

Перетащите объект **Коробка 1 Закрытая** из палитры в верхний левый угол поддона.



21. Поскольку по сравнению с поддоном коробка кажется слишком большой, уменьшите **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 и левую кнопку мыши.

Теперь на поддоне находятся четыре коробки; вернитесь к исходному масштабу диаграммы, щелкнув по кнопке панели инструментов **100%**.

24. Вернитесь на диаграмму **Main**.

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 вил погрузчиков.

Устраните эту неточность.

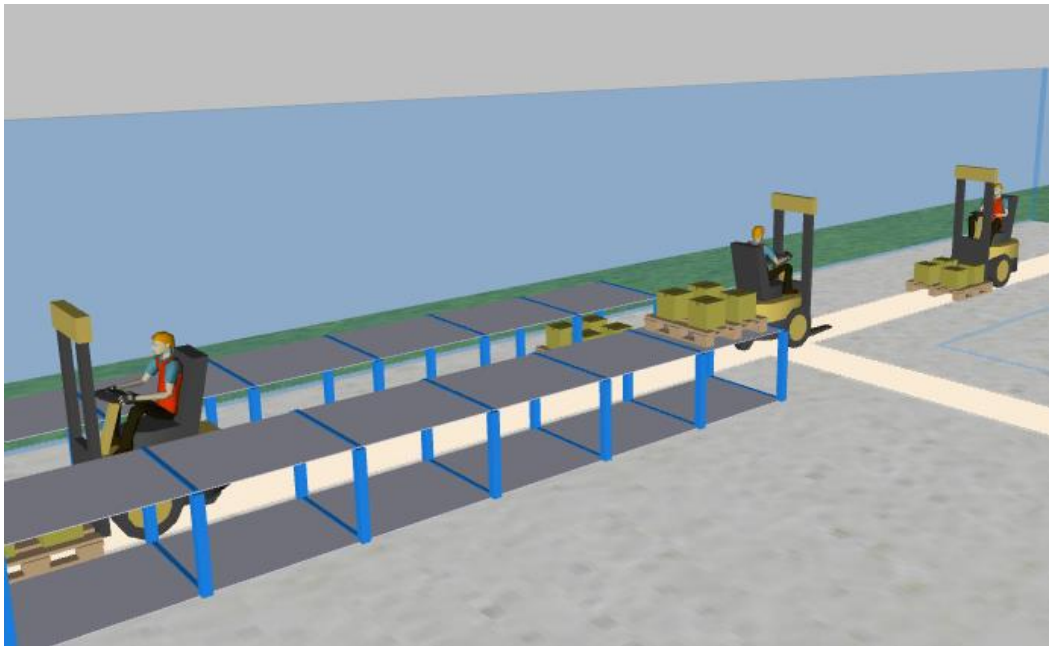
26. В панели **Проекты**, сделайте двойной щелчок по элементу **АвтоПогрузчик**. При этом откроется диаграмма этого типа агента. Переместите рисунок **АвтоПогрузчик** на одну ячейку вправо. Теперь на анимации модели поддоны будут помещаться точно поверх вил автопогрузчика.

27. Откройте диаграмму **Main**, выберите фигуру стеллажа, и в панели **Свойства** введите в поле **Количество уровней** значение **2**.

28. В свойствах блока диаграммы процесса **загрузкаСтеллажа** установите значение параметра **Время поднятия на уровень** в **30 секунд**.

29. В свойствах блока **перемещениеПоддонов** установите значение параметра **Время понижения на уровень** в **30 секунд**.

30. Запустите модель и вы увидите двухуровневый стеллаж.



Этап 4. Моделирование доставки поддонов грузовиками

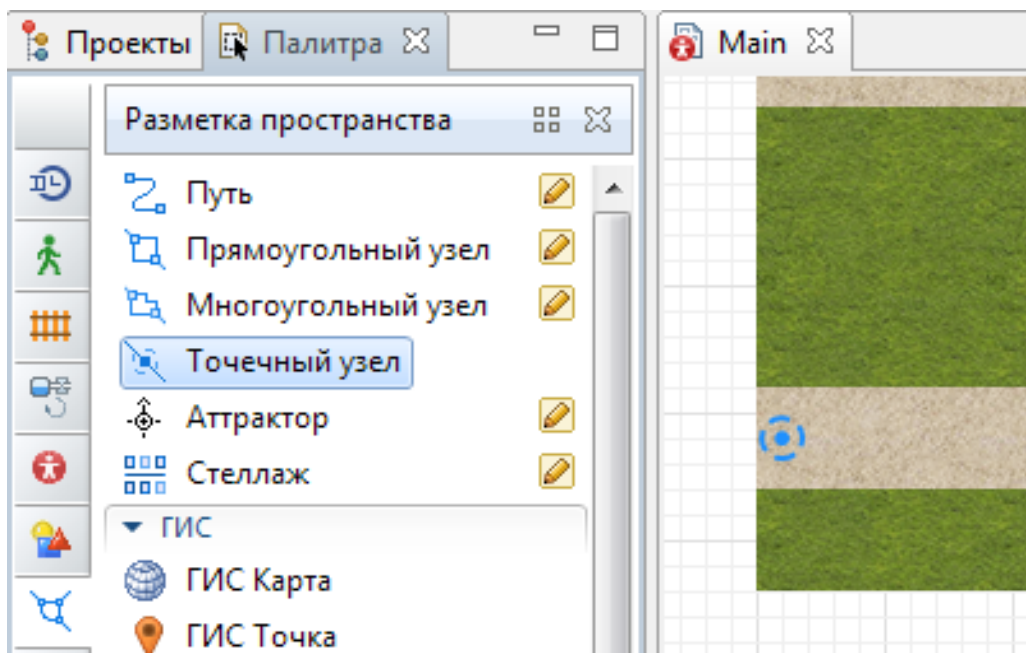
На этом этапе добавим грузовики, доставляющие поддоны на завод. Начните с создания еще одного типа агента, задающего грузовик.

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

Добавьте в сеть два новых элемента: узел, в котором будут появляться грузовики, 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.

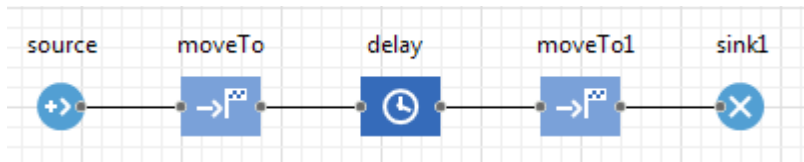


5. Назовите этот точечный узел **прибытиеГрузовиков**.

6. Нарисуйте **Путь**, соединяющий **прибытиеГрузовиков** с **приемнаяЗона**.

7. Создайте 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 грузовик.
- Первый блок **MoveTo** перемещает грузовик 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 грузовика.
- Блок **Sink** удаляет грузовики из модели.

8. Присвойте блоку Source имя **источникГрузовиков**.

9. Для того, чтобы агент типа **Грузовик** прибывал ко въезду на подъездную дорогу раз в час и с заданной скоростью, в свойствах блока **ИсточникГрузовиков** выполните следующее.

- В списке **Прибывают согласно** выберите **Время между прибытиями**.

- В поле **Время между прибытиями** введите **1** и выберите из списка справа **часы**.
- В списке **Новый агент** выберите **Грузовик**.
- В списке **Местоположение прибытия** выберите **Узел сети / ГИС**.
- В списке **Узел** выберите **прибытиеГрузовиков**.
- В поле **Скорость** введите **40** и выберите в списке справа **км/ч**.

Свойства X

ИсточникГрузовиков - Source

Имя: Отображать имя

Исключить

Прибывают согласно: ▾

Время между прибытиями: ▾

Считать параметры агентов из БД:

За 1 раз создается несколько агентов:

Ограниченное кол-во прибытий:

Местоположение прибытия: ▾

Узел: ▾

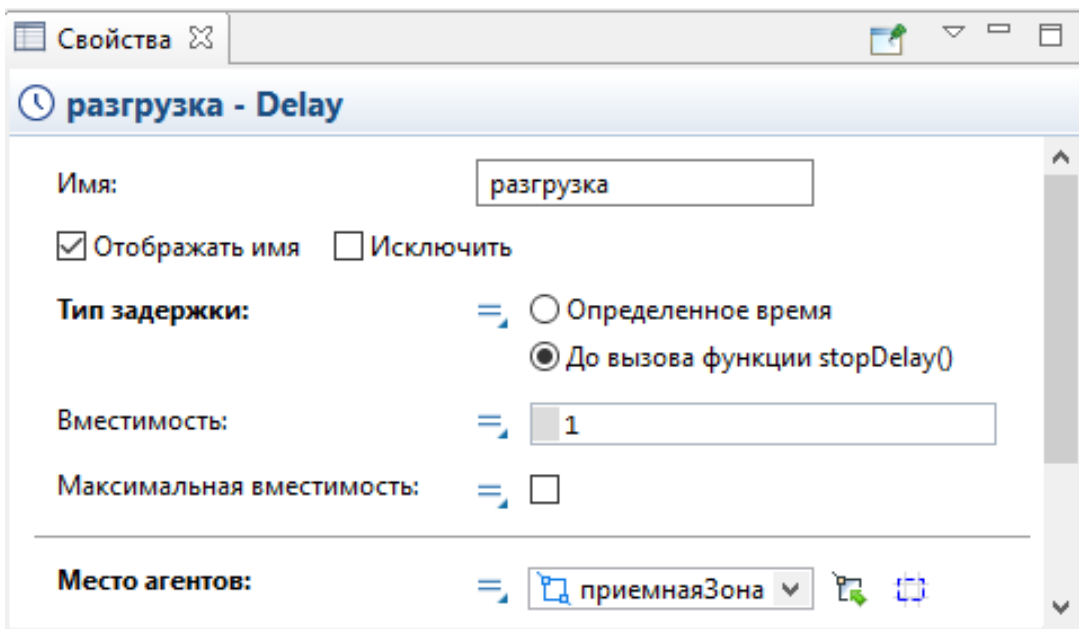
Скорость: ▾

▼ Агент

Новый агент: ▾

10. Присвойте первому блоку **MoveTo** имя **вПриемнуюЗону**.
11. Чтобы задать цель движения агента, в панели **Свойства** блока **вПриемнуюЗону** выберите в списке **Узел** имя узла сети **приемнаяЗона**.
12. Переименуйте блок **Delay** в **разгрузка**.
13. В свойствах блока **разгрузка** необходимо выполнить следующее:

- У параметра **Тип** нужно выбрать опцию **До вызова функции stopDelay()**.
- В списке **Место агентов** выберите **приемнаяЗона**.



Продолжительность операции определяется скоростью разгрузки и отвоза поддонов автопогрузчиками. Будем считать эту операцию

выполненной, когда блок **RackStore** завершит установку поддонов на хранение, и смоделируем это изменением режима работы блока **Delay**.

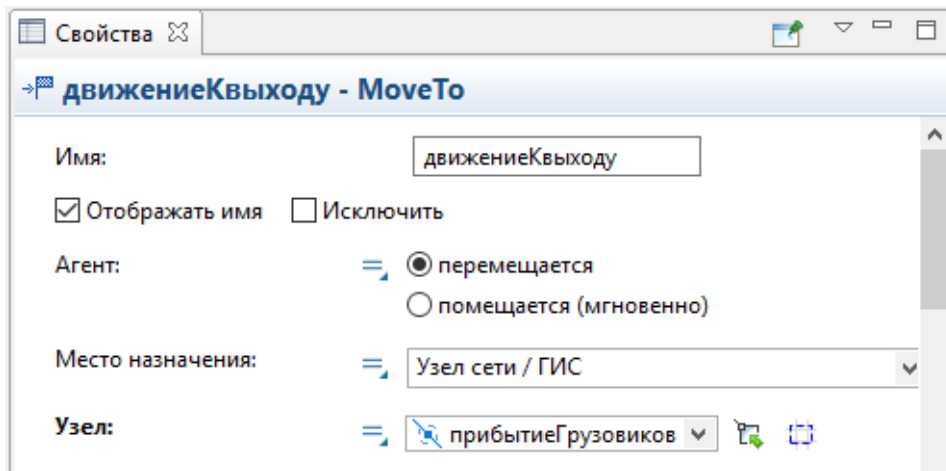
Программное управление временем задержки

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** движениеКвыходу.

15. Чтобы задать конечный узел, в свойствах блока движениеКвыходу выберите в списке Узел вариант прибытиеГрузовиков.

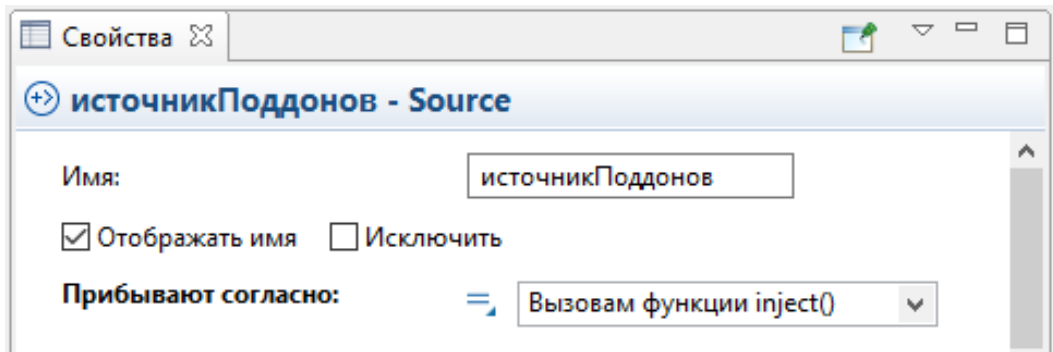


Два блока **Source** модели создают агентов двух разных типов: грузовики, появляющиеся каждый час, и поддоны, появляющиеся каждые пять минут. Поскольку необходимо, чтобы поддоны появлялись при разгрузке фуры, измените настройки того блока **Source**, который генерирует поддоны.

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: `источникПоддонов.inject(12);`

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



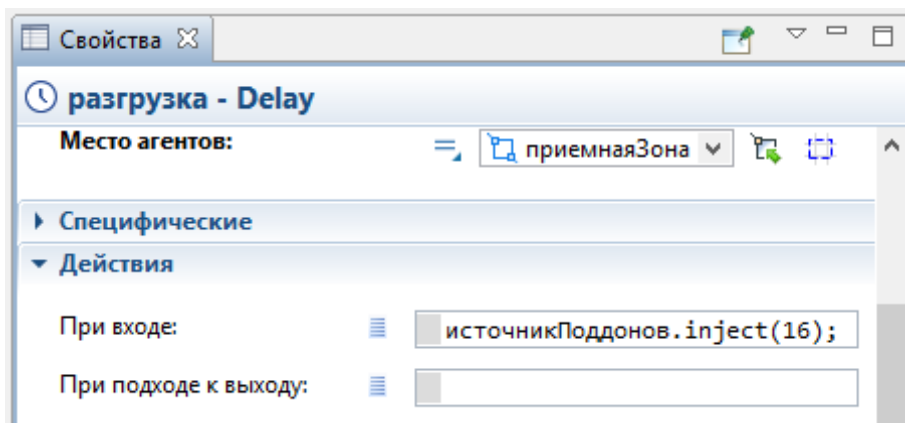
17. Чтобы блок **источникПоддонов** создавал поддоны при прибытии фуры в блок **разгрузка**, необходимо выполнить следующее:

- В свойствах блока **разгрузка** раскройте раздел **Действия**.

В поле **При входе** введите следующее:

- `источникПоддонов.inject(16);`

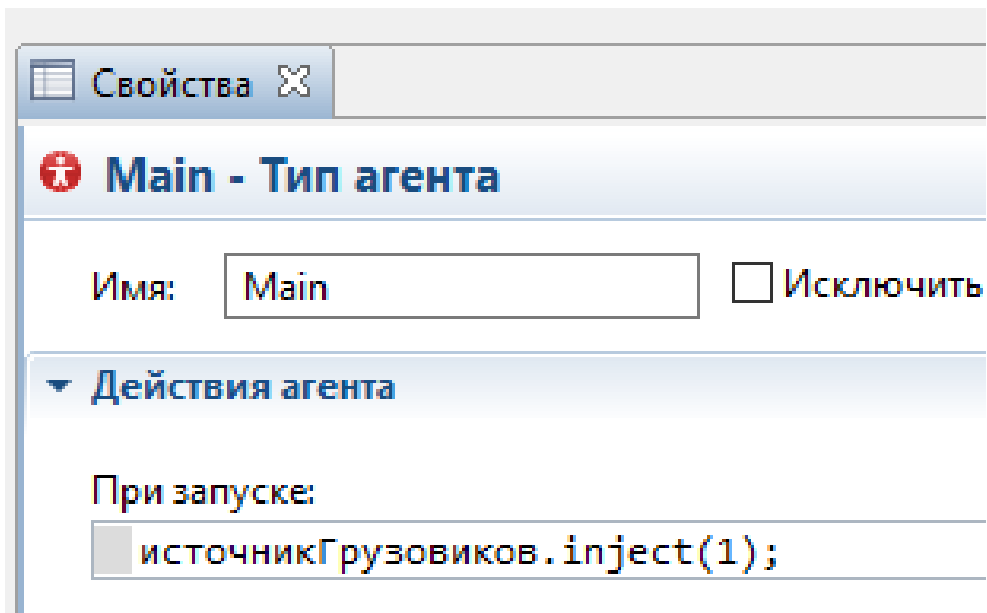
Эта функция создаст 16 поддонов в момент начала разгрузки фуры.



Чтобы первая фура появлялась при запуске модели, и не нужно было ждать ее появления целый час модельного времени, выполнить следующее:

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

`источникГрузовиков.inject(1);`



Порядок инициализации модели

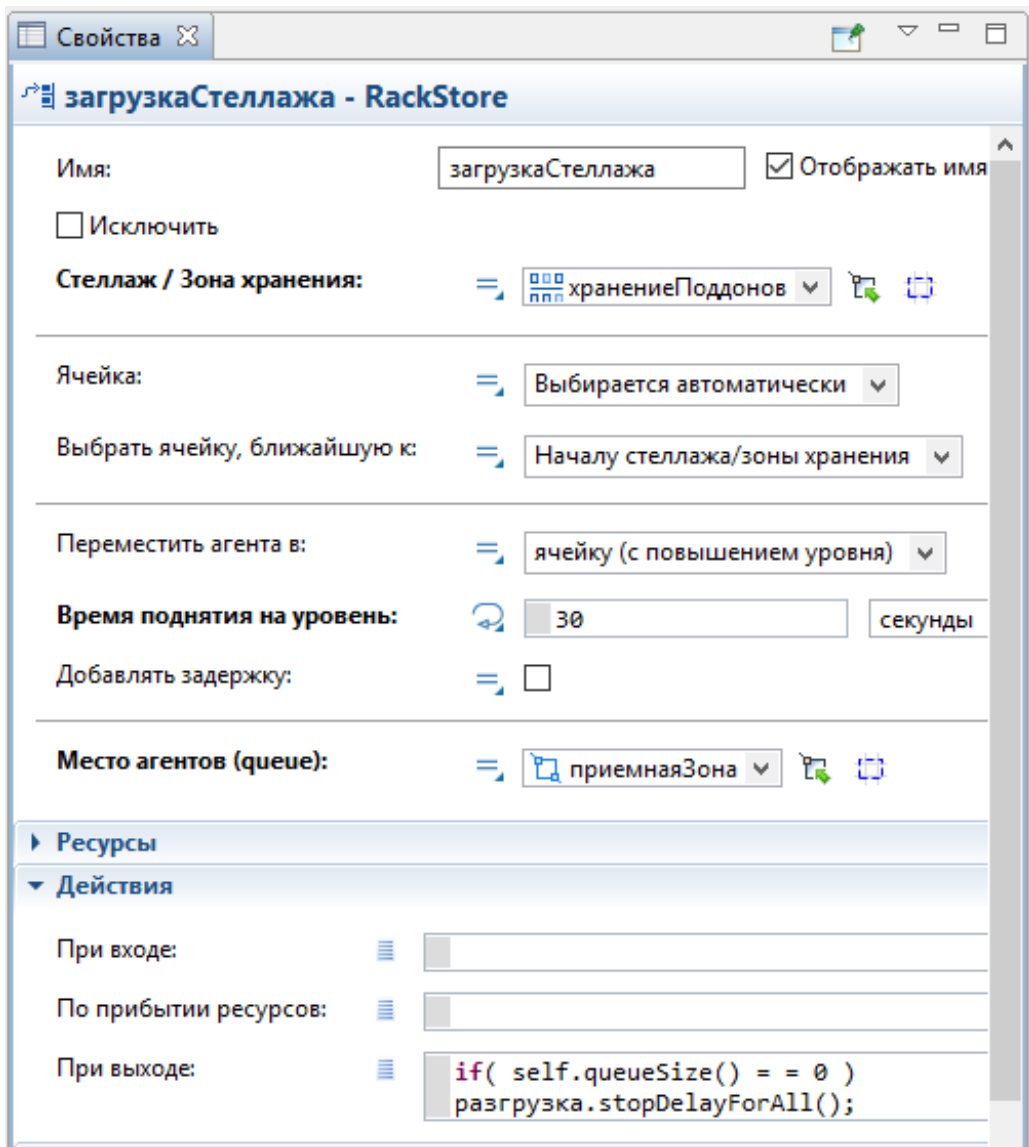
Код, заданный в поле **При запуске** агента верхнего уровня модели, выполняется на заключительном этапе инициализации модели после создания, соединения и инициализации всех объектов модели. В это время

проходит дополнительная инициализация и запуск действий агентов, таких как события.

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

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

В примере `self` – это ссылка на блок **загрузкаСтеллажа** из кода его собственного действия.

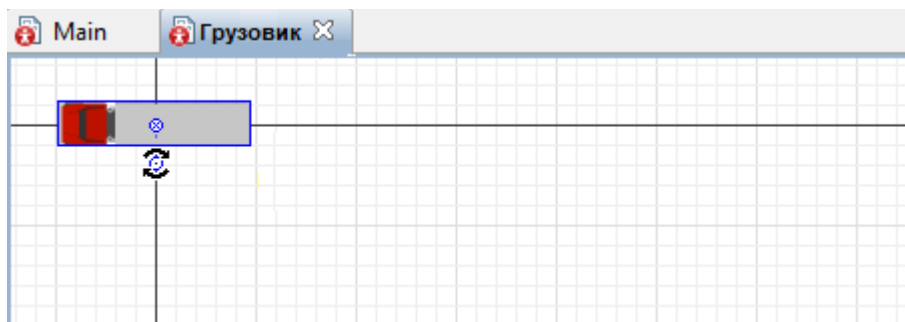


Когда требующие разгрузки поддоны заканчиваются, операция блока **разгрузка** завершается (путем вызова его функции `stopDelayForAll()`). При этом фура покидает блок **разгрузка** и поступает в следующий блок диаграммы процесса: **движениеКвыходу**.

20. Запустите модель.

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

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

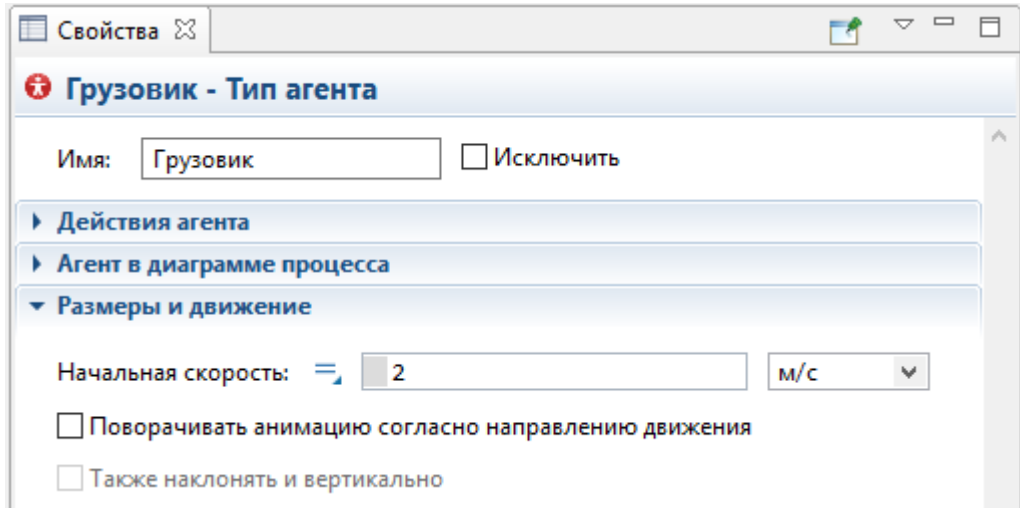


22. Чтобы заданный угол поворота не менялся при изменении направления движения фуры, необходимо:

В панели **Проекты**, щелкните по элементу **Truck**.

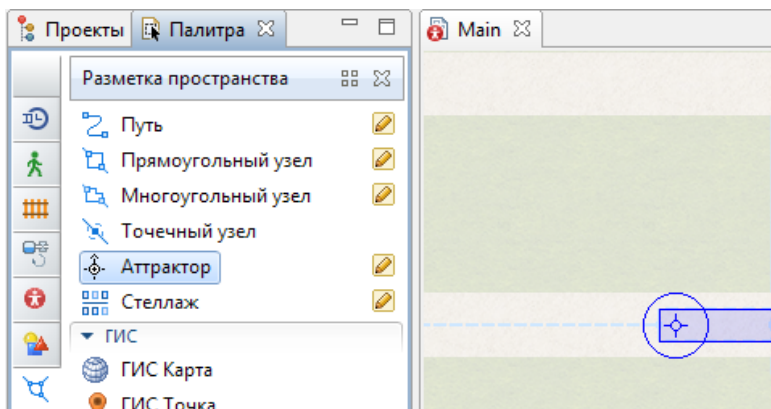
Раскройте раздел свойств **Движение**.

Снимите флажок **Поворачивать анимацию согласно направлению движения**.



23. Откройте диаграмму Main.

24. Чтобы обеспечить правильное расположение поддонов и фуры внутри узла сети **приемнаяЗона**, откройте палитру **Разметка пространства** и перетащите **Аттрактор** внутрь узла **приемнаяЗона**. Поместите его так, как показано на рисунке ниже:



Аттракторы в узлах

Аттрактор позволяет задать точное местоположение агента внутри узла.

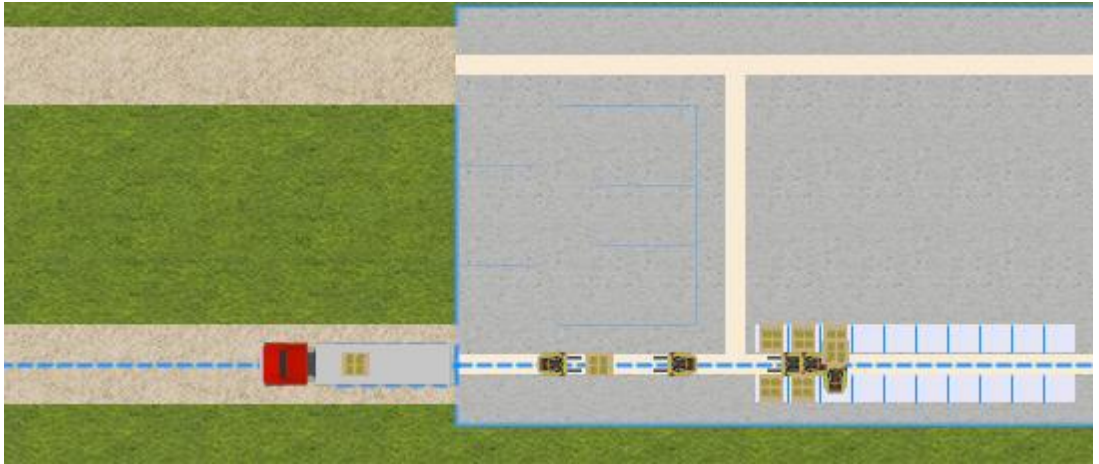
- Если узел задает пункт назначения, к которому движутся агенты, то аттрактор задает точку – цель движения внутри узла.
- Если узел задает место ожидания, то аттракторы задают точки внутри узла, в которых агенты будут находиться во время ожидания.

Аттракторы также задают угол поворота анимации агента, когда агент находится внутри узла. В нашем случае 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 все 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.

Анимация процесса разгрузки грузовика должна будет выглядеть следующим образом.



Этап 5. Моделирование станков с ЧПУ

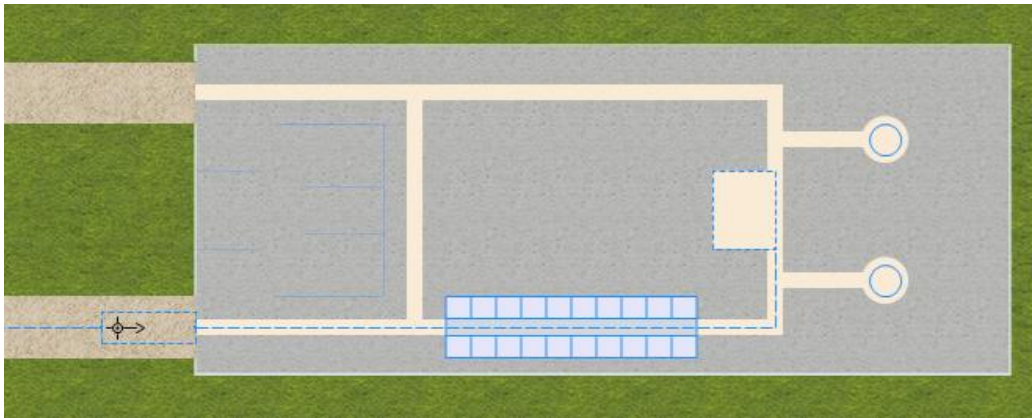
На этом этапе добавьте в модель станки с ЧПУ, на которых будет производиться изготовление готовой продукции.

Для этого добавьте места расположения станков с помощью точечных узлов.

1. Перетащите элемент **Точечный узел** из палитры **Разметка пространства** на план цеха. Назовите этот узел станок ЧПУ1.

2. Скопируйте этот узел, чтобы отметить местонахождение еще одного станка.

AnyLogic присвоит второму узлу имя станок ЧПУ2.

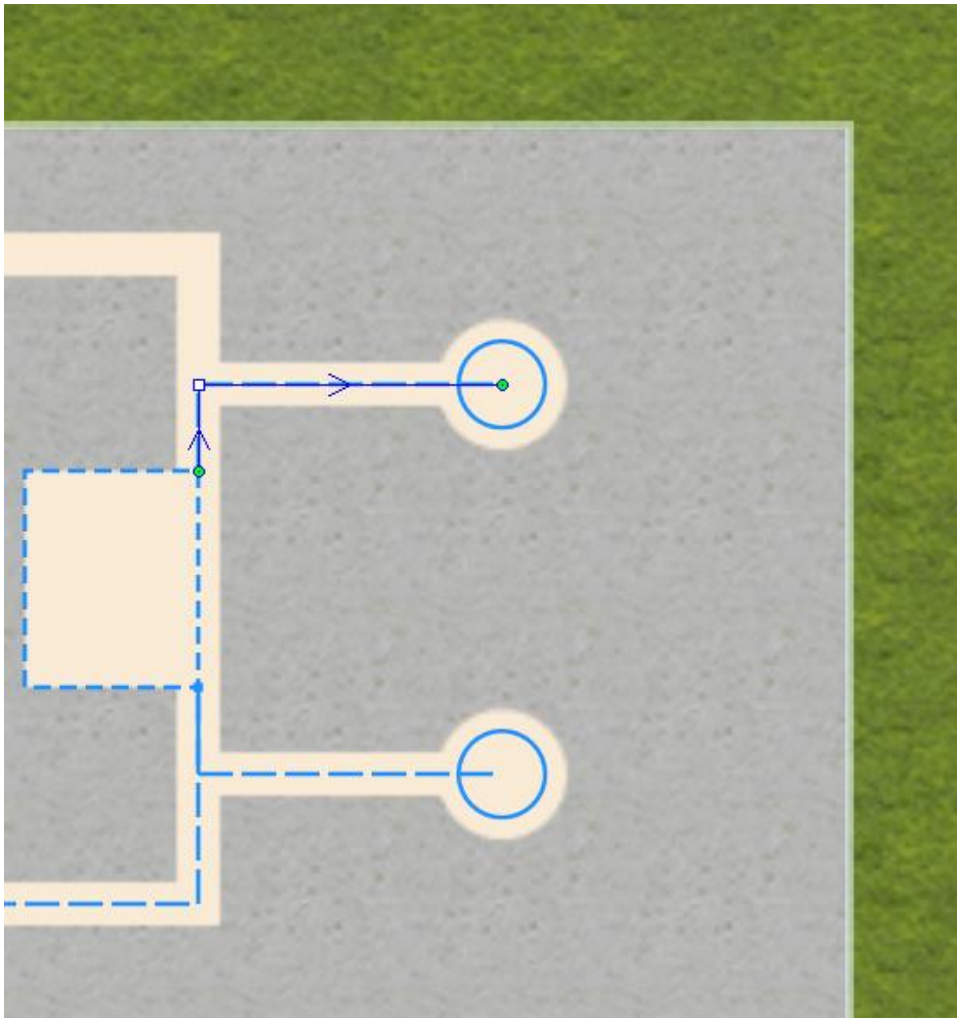


Далее необходимо нарисовать пути, чтобы подключить оба эти узла к сети. Эти пути потребуются автопогрузчикам для подъезда к станкам.

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 пути действительно подсоединяют станок ЧПУ1 и станок ЧПУ2 к сети. Проверить соединения путей можно, выделив их на диаграмме. Если путь подсоединен к сети, то его конечные точки будут выделены зеленым цветом.



Станок с ЧПУ – это ресурс, добавьте его в 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:

- В поле **Имя** введите **станок**.
- В списке **Тип** выберите **Статический**.

Свойства

станок - ResourcePool

Имя: Отображать имя

Исключить

Тип:

Количество задано:

Количество ресурсов:

При уменьшении кол-ва:

Новый ресурс:

[создать другой тип](#)

После задания набора ресурсов необходимо создать новый тип ресурса.

6. Щелкните по ссылке **создать другой тип**, расположенной под списком **Новый ресурс**.

7. В мастере **Создание агентов** сделайте следующее:

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

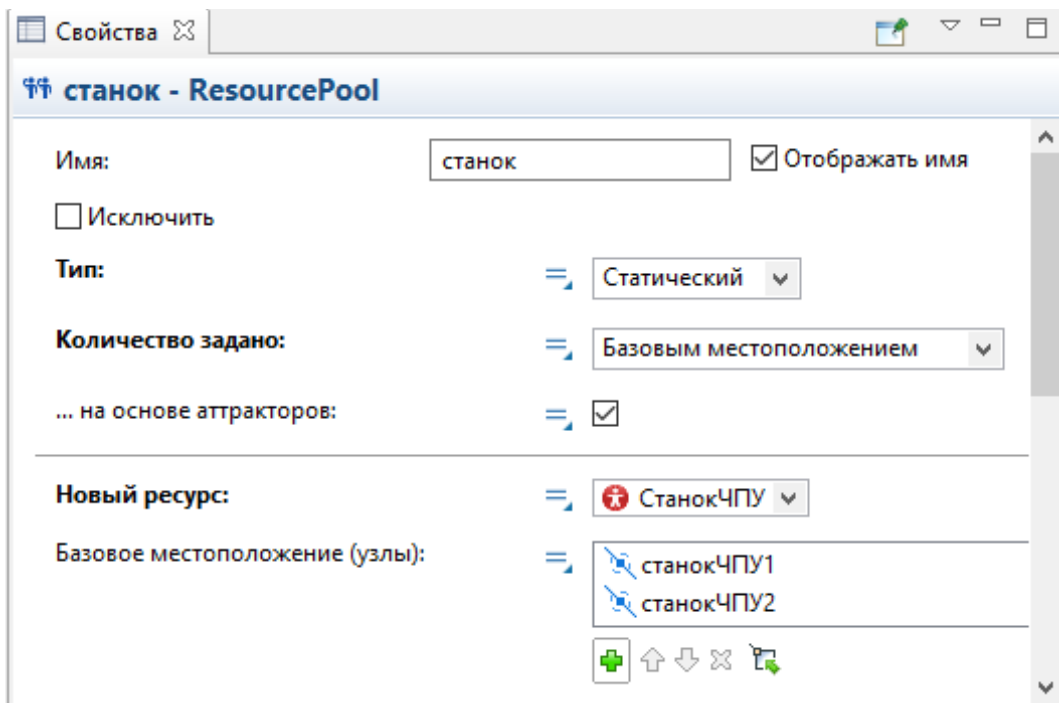
- В списке фигур анимации раскройте последний раздел (**Станки с ЧПУ**) и выберите фигуру **Вертикальный станок 2 Сост 1**.
- Щелкните по кнопке **Готово**.

8. Закройте диаграмму типа агента **СтанокЧПУ** и вернитесь на диаграмму **Main**.

9. Чтобы поместить два станка с ЧПУ в точки, заданные точечными узлами **станокЧПУ1** и **станокЧПУ2**, сделайте следующее:

- Откройте свойства блока **станок**.
- В списке **Количество задано** выберите опцию **Базовым местоположением** (таким образом задается количество ресурсов равным количеству узлов базового местоположения, указанных для этого пула ресурсов).
- Щелкните по кнопке и добавьте **станокЧПУ1** и **станокЧПУ2** в список **Базовое местоположение (узлы)**.

После добавления узлов список должен быть похож на показанный ниже.

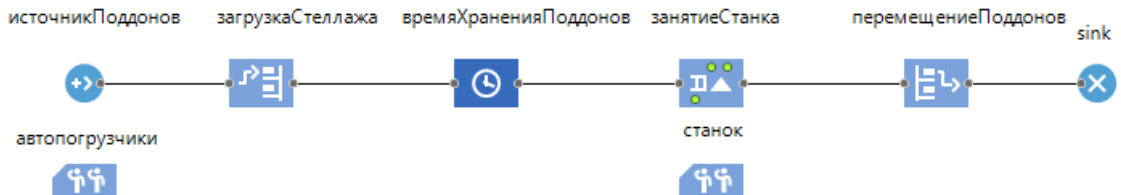


Измените диаграмму процесса, описывающую поведение поддонов: добавьте блок **Seize**, который будет занимать ресурс – станок. Следующий за ним блок **Delay** будет моделировать обработку заготовок на станке, а блок **Release** будет освобождать станок с ЧПУ, делая его готовым для обработки заготовок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

В диаграмме процесса уже есть блок **перемещениеПоддонов**, моделирующий доставку поддонов в зону парковки автопогрузчиков.

10. Перетащите блоки диаграммы процесса **перемещениеПоддонов** 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 **времяХраненияПоддонов**.



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

- В поле **Имя** введите **занятиеСтанка**.
- Нажмите кнопку под параметром **Набор ресурсов**, а затем выберите из раскрывающегося списка **станок**.

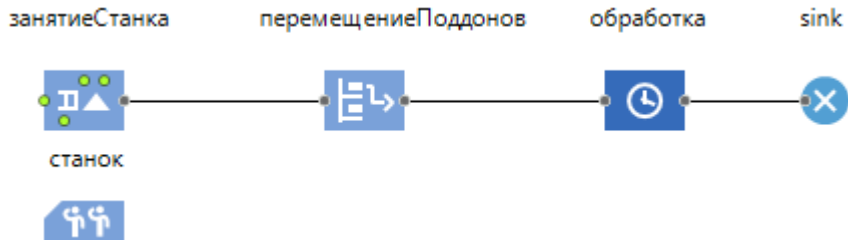
В итоге блок **Seize** будет захватывать один ресурс из набора ресурсов **станок**.

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

- В списке **Место назначения** выберите опцию **Захваченный ресурс**.
- В расположенном ниже списке **Ресурс** выберите **станок**.

Этот блок 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 **перемещениеПоддонов** и присвойте ему имя **обработка**.



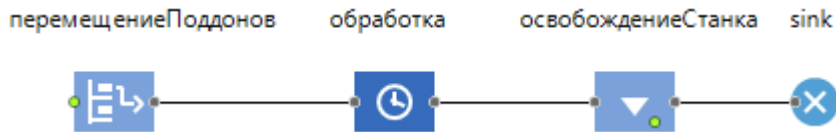
15. В свойствах блока **Delay** необходимо выполнить следующее.

- В поле **Время задержки** введите $\text{triangular}(2,3,4)$, и из списка справа выберите **минуты**.
- 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 **обработка**.

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



После запуска модели вы увидите, что хотя процессы и промоделированы правильно, 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.

