

Лабораторная работа № 3

Дискретно-событийное моделирование заводского цеха в Anylogic¹

Краткая теория

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.

¹ Григорьев И. AnyLogic за 3 дня: практическое пособие по имитационному моделированию. - 2022. - 272 с.

Практическое задание


Мы промоделируем производственные процессы в небольшом заводском цеху:


- Каждый час на завод приезжает грузовик с поддонами. На каждом поддоне находится заготовка, готовая 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.

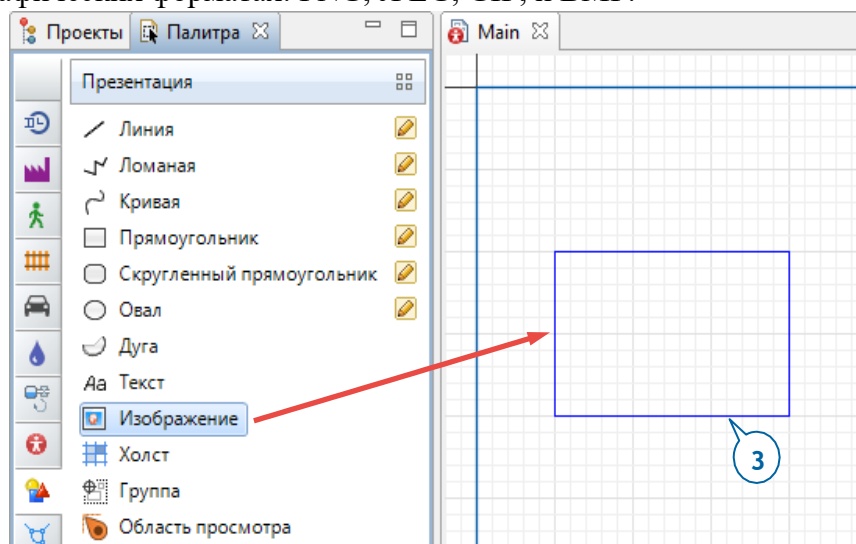
1. Создание простой модели

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.



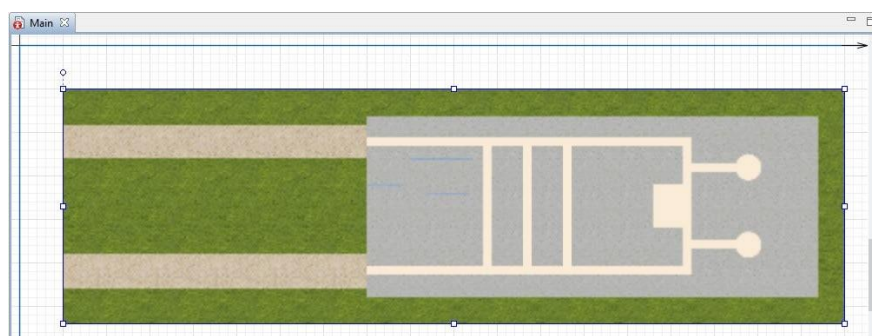
4. Откроется диалоговое окно, в котором вам будет предложено выбрать нужный файл изображения.

5. Перейдите в следующий каталог и выберите изображение *layout.png* :

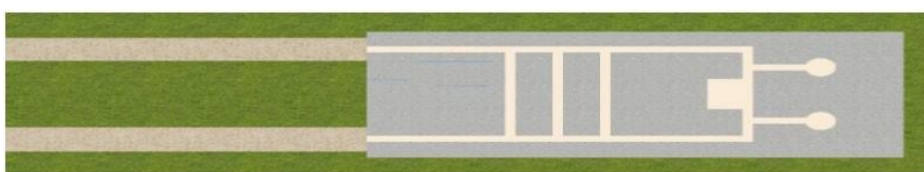
каталог AnyLogic /resources/AnyLogic in 3 days/Job Shop

Еще раз напомним, что каталог AnyLogic - это каталог, в который была установлена программа AnyLogic, например: *C:/Program Files/AnyLogic 8 Professional*.

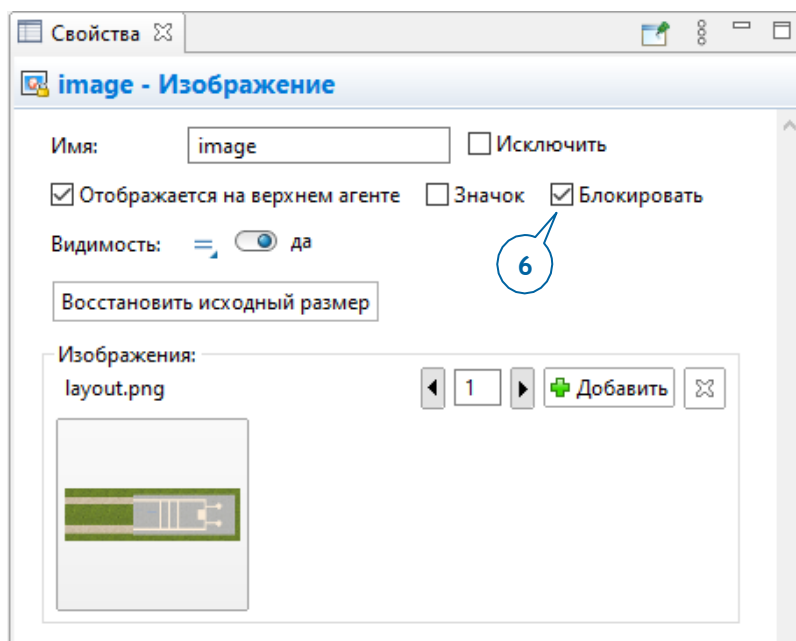
Когда вы выберете изображение, диаграмма агента *Main* станет выглядеть следующим образом:



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**.

Нашим следующим шагом будет рисование элементов из палитры **Разметка пространства** поверх плана фабричного цеха. Мы создадим транспортную сеть с помощью путей и узлов.

Создание сети


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

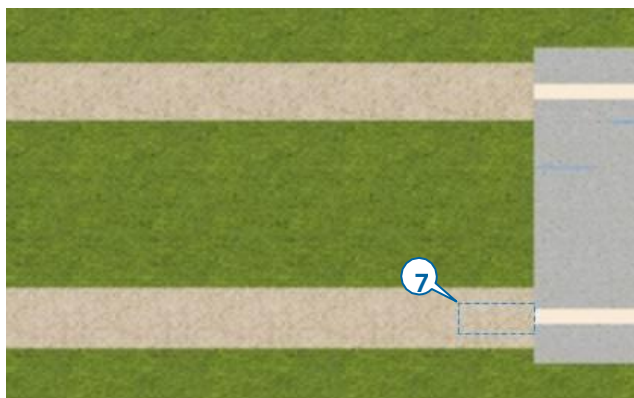
- *Узел* задает место, где агенты могут находиться в течение определенного времени для выполнения определенных действий;
- *Путь* задает маршрут, по которому агенты могут перемещаться между узлами.

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 нарисует сеть, задающую пути перемещения поддонов в нашей модели.

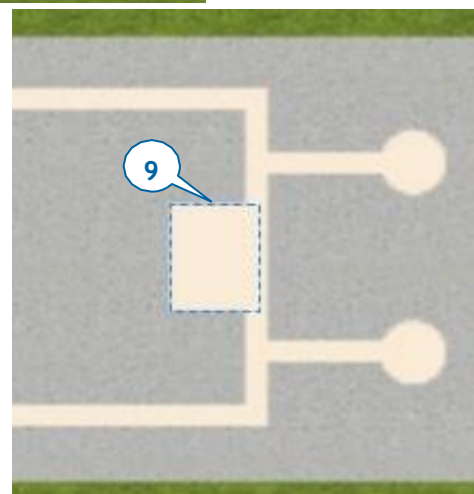
Вначале нарисуйте прямоугольный узел у входа в цех. Этот узел будет представлять в нашей модели приемную зону для поддонов.

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.

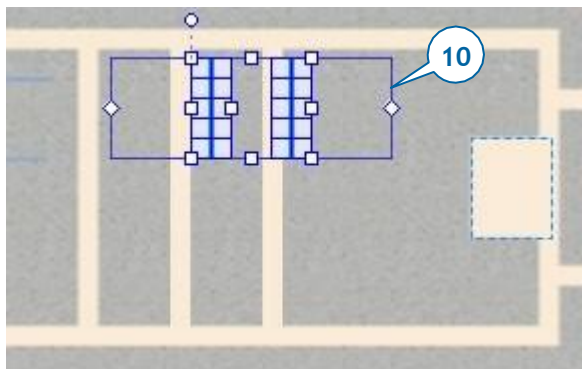


8. Присвойте созданному узлу имя *receivingDock* (приемная зона).

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 нарисует путь перемещения автопогрузчиков в нашей модели.



10. Нарисуйте склад, перетащив элемент **Склад** из раздела **Производственные системы** палитры **Разметка пространства** на план цеха и расположив его, как показано на рисунке ниже.

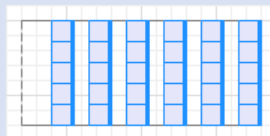


Склад

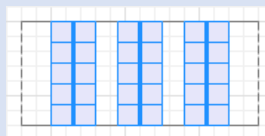
Элемент разметки пространства **Склад** позволяет графически задать склад, где агенты (материальные объекты) размещаются в ячейках стеллажей.

Один элемент **Склад** может содержать несколько стеллажей. На данный момент мы поддерживаем два способа размещения стеллажей на складе:

- **По отдельности** - все стеллажи развернуты в одну сторону, и с каждого проезда есть доступ только к одному стеллажу.



- **Спина к спине** - стеллажи расположены попарно спиной друг к другу. Таким образом, с каждого проезда есть доступ к двум стеллажам.

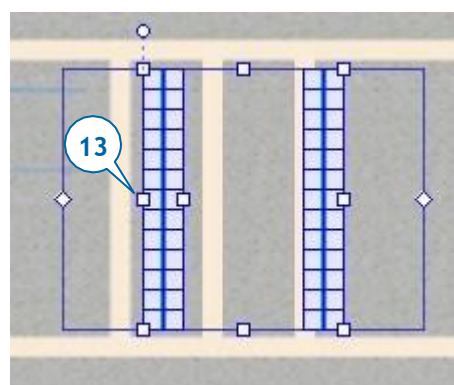
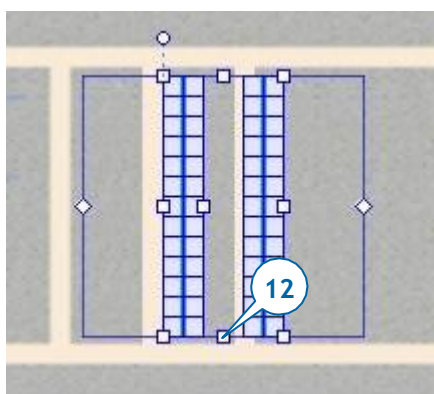


11. В свойствах склада сделайте следующее:

- Выберите опцию **Кол-во секций**: вычисляется на основании размеров склада.
- В секции **Стеллаж** задайте **Количество полок**: 2

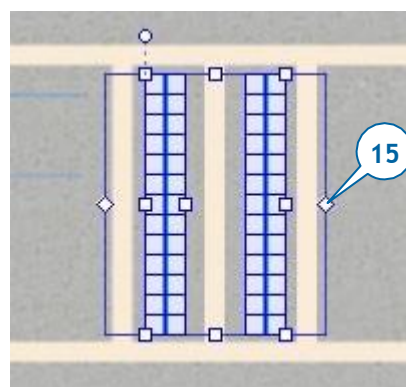
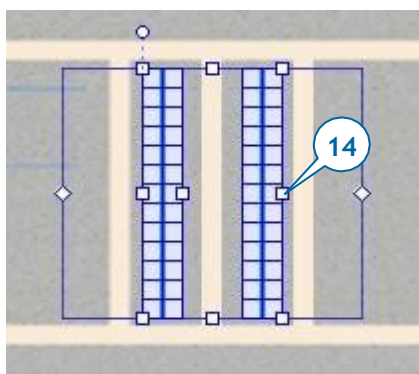
12. Измените размер фигуры склада, как показано на рисунке ниже. С текущими настройками, у склада должно стать 13 секций в каждом стеллаже.

13. Расположите левый стеллаж так, как показано на рисунке ниже, перетащив влево указанную метку-манипулятор.

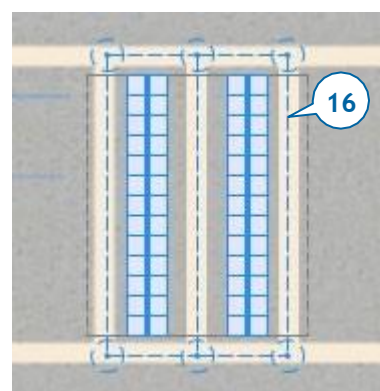


14. Аналогично, перетаскив вправо отмеченную на рисунке ниже метку- манипулятор, поместите правый стеллаж между проходами.

15. Уменьшите размер зоны доступа как на рисунке ниже с помощью самой правой метки-манипулятора.




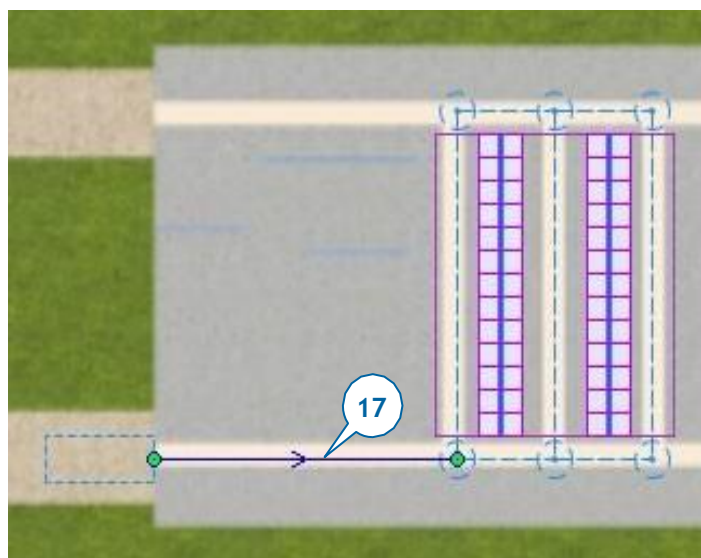
16. Теперь, когда мы завершили настройку склада и его расположения, пришло время создать транспортную сеть. Щелкните по кнопке **Создать складскую сеть** в панели свойств склада. Подтвердите действие в диалоговом окне, и вы увидите созданную сеть из путей, расположенных в проходах склада, и соединяющих эти пути узлов. Эта сеть будет использоваться автопогрузчиками, доставляющими и забирающими поддоны со склада.



Продолжим рисование сети, добавив пути, которые соединят оба нарисованных ранее узла с сетью склада. Вначале нарисуем путь, соединяющий сеть склада с узлом у входа в цех (*receivingDock*).

17. Чтобы нарисовать путь, необходимо выполнить следующее:

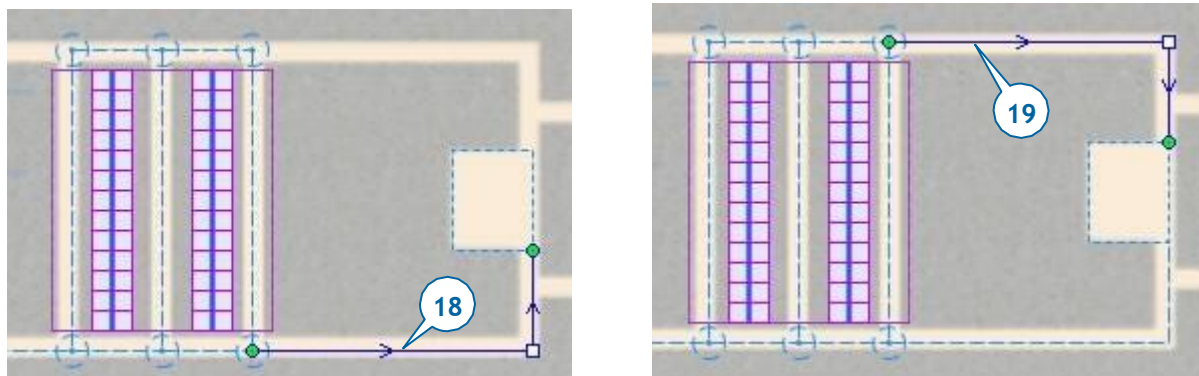
- На палитре **Разметка пространства** дважды щелкните по элементу **Путь** , при этом активируется режим его рисования.
- Нарисуйте путь согласно следующему рисунку. Начните рисование, щелкнув по границе узла *receivingDock*, а затем щелкните по центру нижнего левого точечного узла складской сети.



18. Нарисуйте еще один путь, как на рисунке ниже. Для этого щелкните по центру нижнего правого точечного узла складской сети, затем щелкните в точке поворота дорожки

на плане, чтобы добавить точку изгиба пути, и наконец щелкните по границе узла *forkliftParking*.

19. Аналогично нарисуйте еще один путь, как показано на рисунке ниже.



Если узлы сети правильно соединены путями, то при щелчке мышью по пути обе его точки соединения с узлами должны будут выделиться зеленым цветом.

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

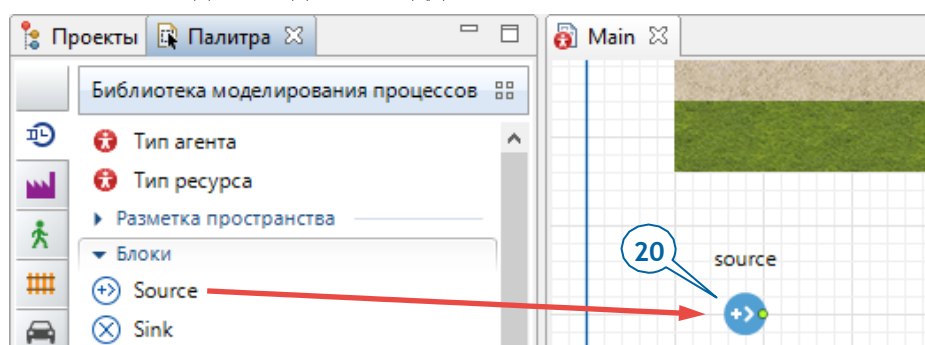
Мы разметили пространство нашей модели, отметив поверх плана важные узлы и пути. Теперь мы займемся моделированием процессов с помощью Библиотеки моделирования процессов AnyLogic.

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.

Давайте создадим диаграмму моделируемого нами процесса из блоков библиотеки.

20. 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.



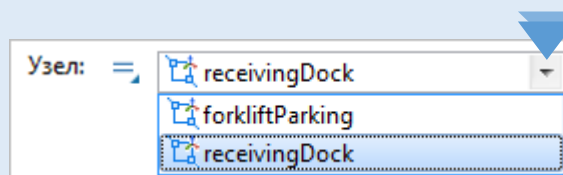
21. Для того, чтобы поддоны появлялись в модели каждые пять минут и попадали в узел *receivingDock*, в панели **Свойства** блока *sourcePallets* необходимо выполнить следующее.


- 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*.

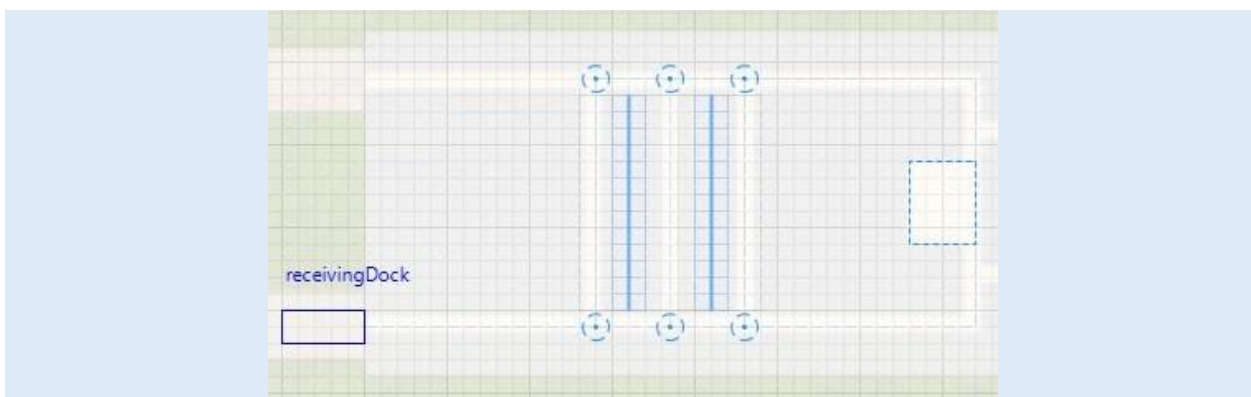
Как сослаться на элемент модели из параметра блока

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

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

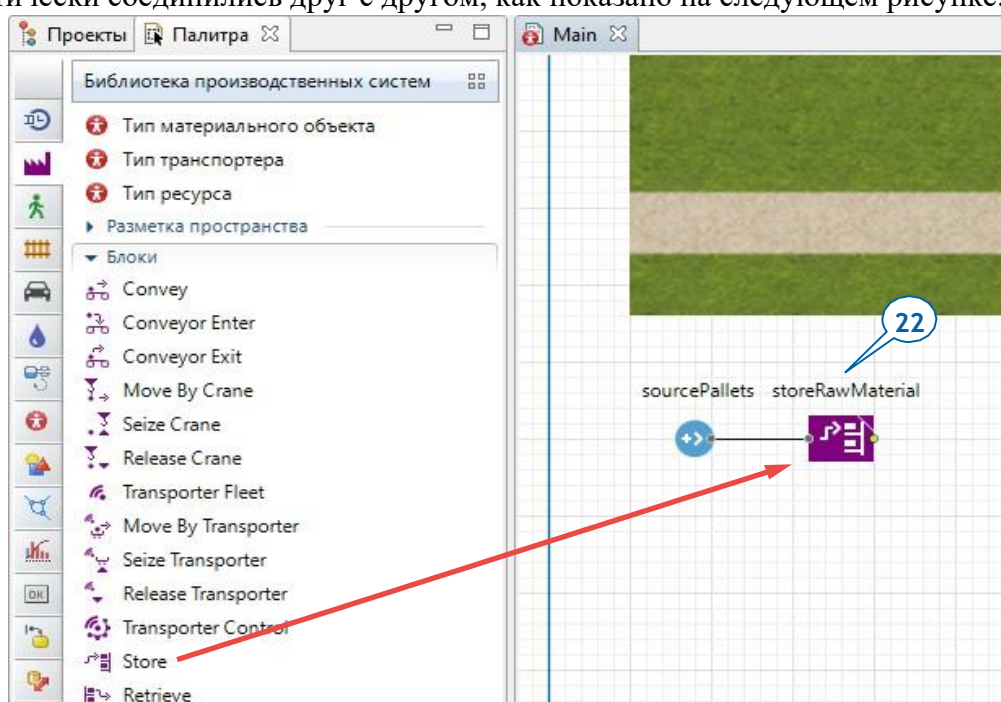


- Вы можете щелкнуть по кнопке  справа от показанного выше списка, а затем выбрать элемент в графическом редакторе, щелкнув по нему мышью. Обратите внимание, что в режиме выбора элемента на холсте, большинство элементов на диаграмме будет затенено, ограничивая ваш выбор только элементами допустимых типов:



Продолжайте создание диаграммы процесса. Теперь мы хотим добавить логику управления складом, и для того мы воспользуемся блоками **Библиотеки производственных систем**.

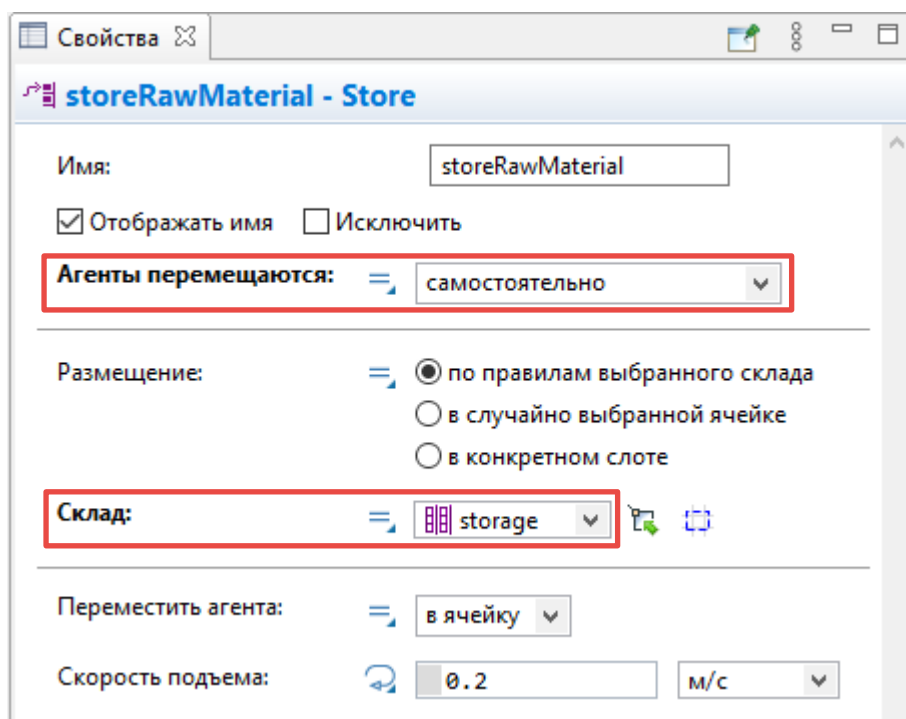
22. Переключитесь на палитру **Библиотека производственных систем** и перетащите блок **Store** на диаграмму, поместив его сразу за блоком *sourcePallets*, чтобы они автоматически соединились друг с другом, как показано на следующем рисунке.



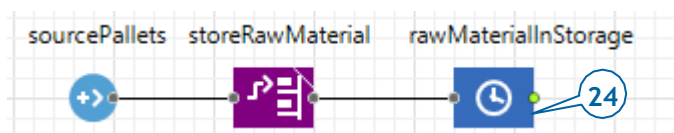
Блок **Store** моделирует помещение поддонов в заданные ячейки склада.

23. На странице свойств блока необходимо сделать следующее.

- a. В поле **Имя** введите *storeRawMaterial*.
- b. Чтобы мы смогли успешно запустить модель уже в конце первой фазы, давайте пока что выберем, что **Агенты перемещаются: самостоятельно**. В следующей фазе мы добавим в модель ресурсы (автопогрузчики), и изменим эту настройку на доставку с помощью ресурсов.
- c. В списке **Склад** выберите *storage*.

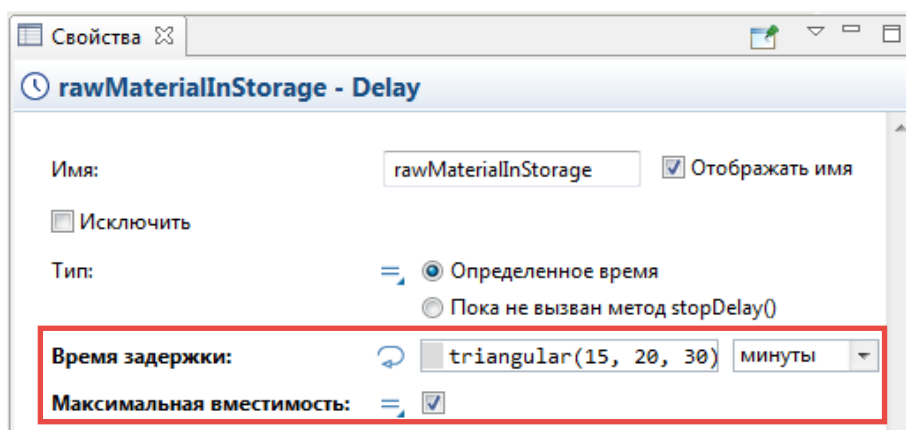


24. Чтобы промоделировать пребывание поддонов в стеллаже, добавьте блок **Delay** . Назовите этот блок *rawMaterialInStorage*.



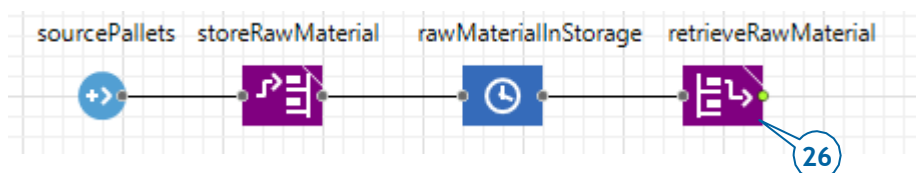
Как вы заметили, мы соединяем правый порт одного блока с левым портом следующего блока. У каждого блока имеется левый *входной порт* и правый *выходной порт*, и вы можете соединять входные порты только с выходными.

25. На странице свойств блока *rawMaterialInStorage* 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 на складе) может одновременно находиться сразу несколько (условно неограниченное количество) агентов-поддонов.



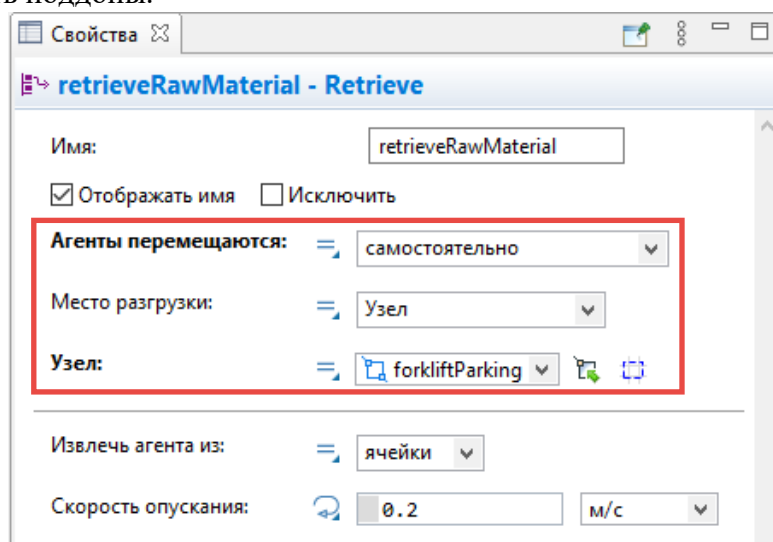
26. Добавьте блок **Retrieve** , подсоедините его к диаграмме процесса и назовите этот блок *retrieveRawMaterial*.

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

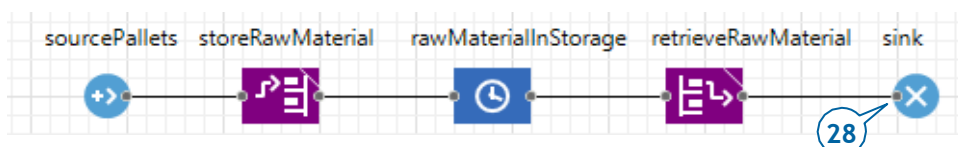


27. На странице свойств блока *retrieveRawMaterial* необходимо выполнить следующее:

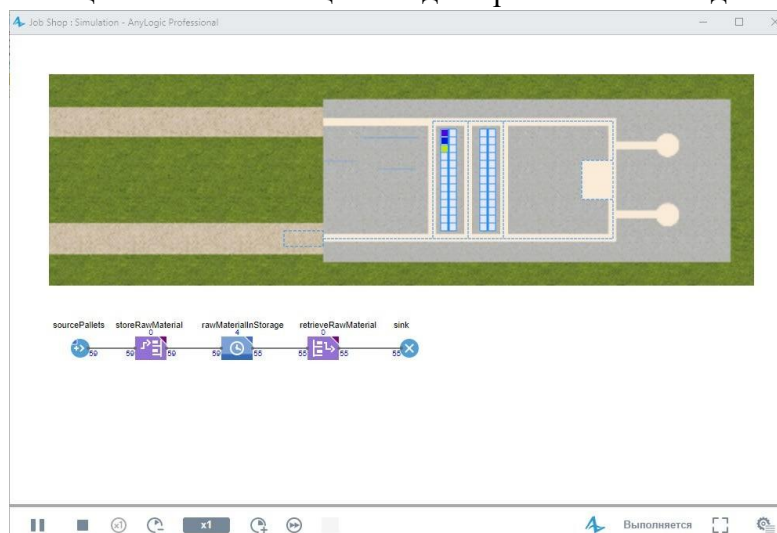
- Как и ранее в блоке **Store**, выберите опцию **Агенты перемещаются: самостоятельно**.
- В списке **Узел** выберите *forkliftParking* - тот узел сети, куда автопогрузчики будут доставлять поддоны.



28. Добавьте блок **Sink** (X). Блок **Sink** уничтожает поступающих агентов и обычно выступает в качестве конечной точки диаграммы процесса.



29. Мы завершили создание этой простой модели. Теперь вы можете запустить модель (эксперимент Job Shop / Simulation) и понаблюдать за ее поведением. Вы увидите, как поддоны доставляются в цех и затем помещаются для хранения на склад.



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:

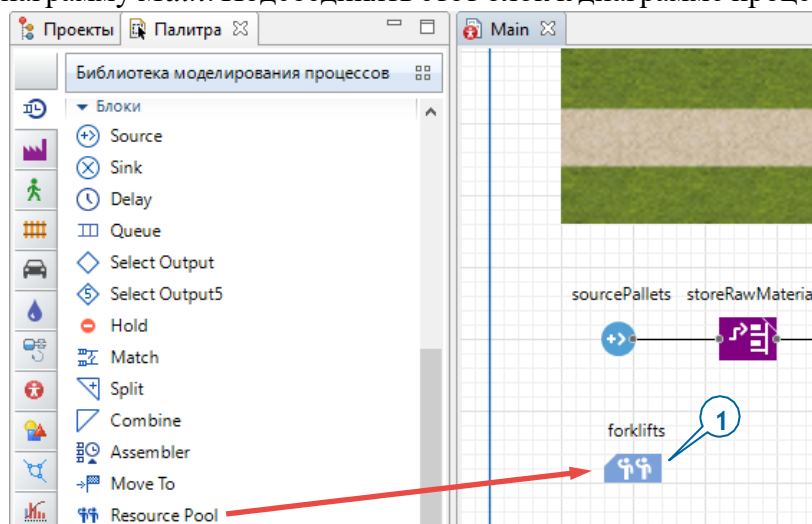
- В модели больницы: врачи, медицинские сестры, оборудование, кресла-каталки;
- В модели цепочки поставок: автотранспортные средства и контейнеры;
- В модели склада: автопогрузчики и рабочие.

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

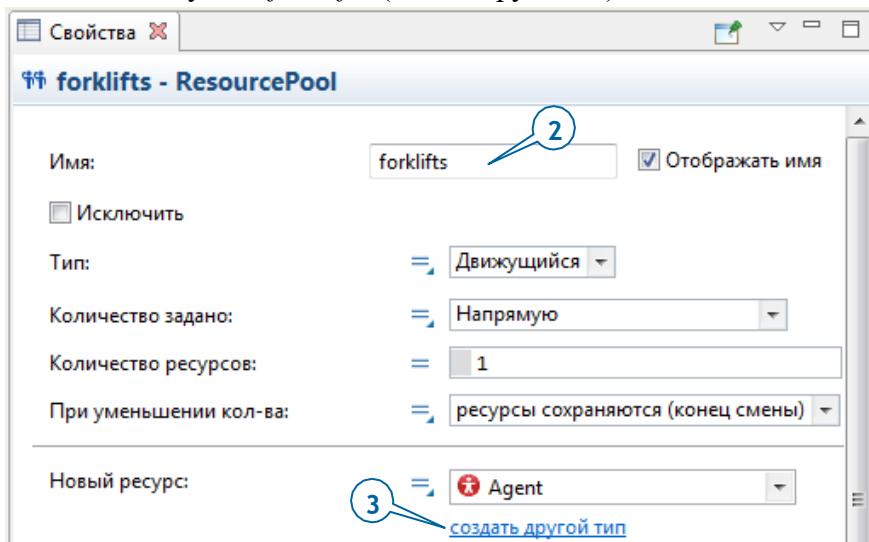
- Статические ресурсы привязаны к определенному местоположению и не могут перемещаться ни самостоятельно, ни принудительно.
- Движущиеся ресурсы могут перемещаться самостоятельно.
- Перемещаемые ресурсы могут перемещаться агентами или движущимися ресурсами.

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.



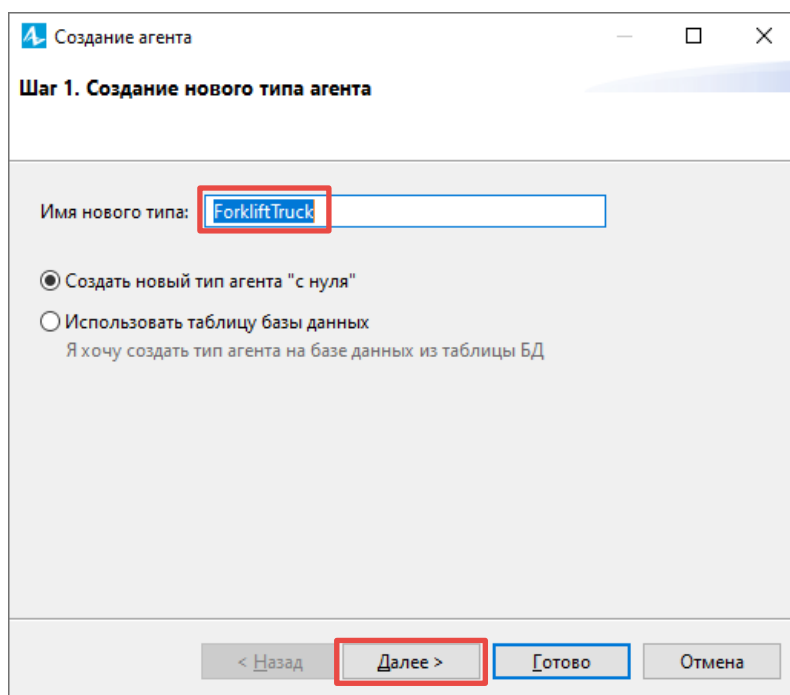
2. Присвойте блоку имя *forklifts* (автопогрузчики).



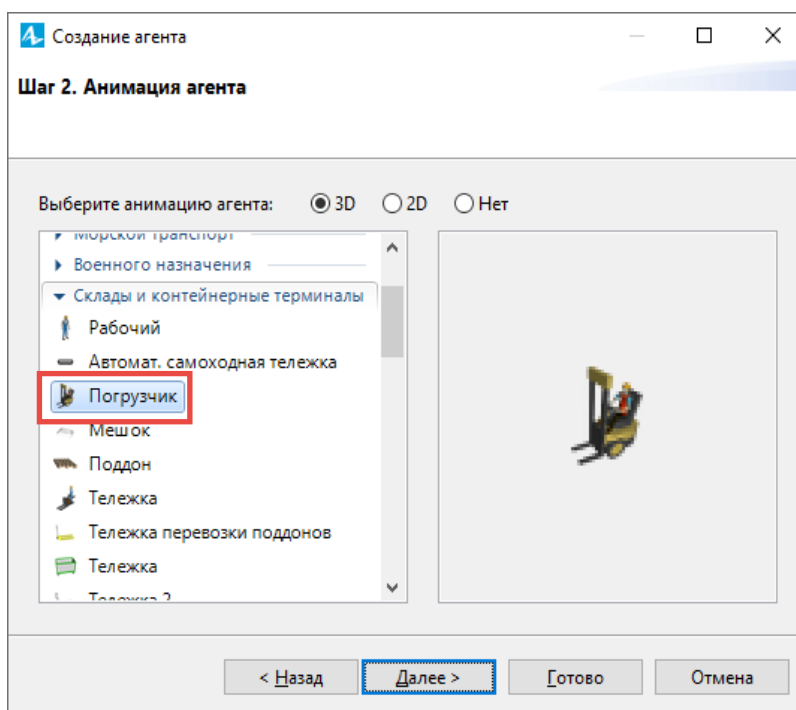
3. На странице свойств блока *forklifts* щелкните по метке **создать другой тип**. Таким способом мы создадим в модели новый тип ресурса. У каждого типа ресурса есть своя графическая диаграмма, на которой вы можете нарисовать анимацию этого ресурса, а также задать специфические характеристики этого ресурса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

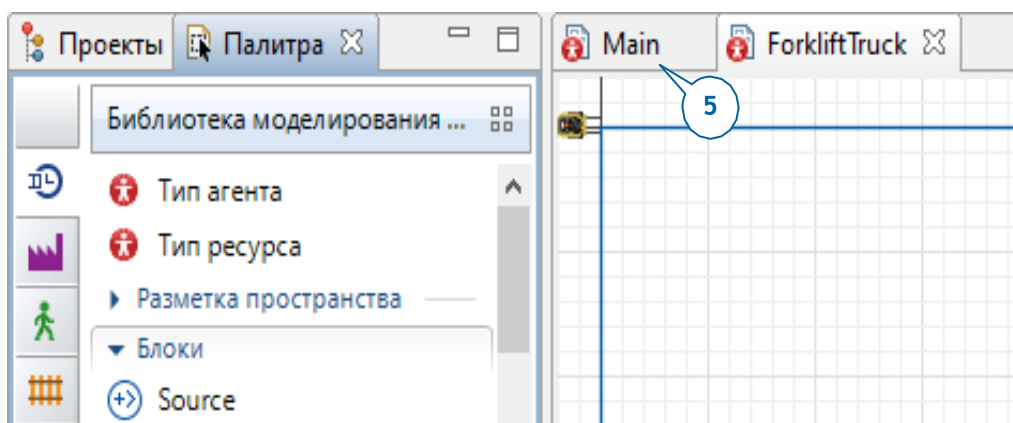


- c. В списке в левой части мастера раскройте раздел **Склады и контейнерные терминалы** и выберите картинку **Погрузчик**.
- d. Щелкните по кнопке **Готово**.




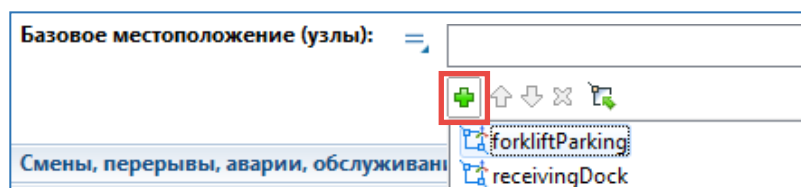
Откроется диаграмма типа ресурса *ForkliftTruck*, на которой будет присутствовать фигура анимации, выбранная вами в мастере.

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:
 - а. В поле **Количество ресурсов** введите **5** - количество автопогрузчиков в моделируемом нами цеху.
 - б. В поле **Скорость** введите **1** и выберите из списка справа **м/с**.
 - с. 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. В списке **Агенты перемещаются** выберите опцию **с помощью ресурсов**.
 - b. В списке **Набор ресурсов** выберите **forklifts**, при этом блок диаграммы процесса будет использовать ресурс выбранного типа (в нашем случае - автопогрузчик) для перемещения поддона.

8. На странице свойств блока *retrieveRawMaterial* выполните следующее:
 - a. В списке **Агенты перемещаются** выберите опцию **с помощью ресурсов**.
 - b. В списке **Набор ресурсов** выберите **forklifts**.
 - c. В секции свойств **Транспортеры и ресурсы** в списке **Возвращаться** выберите опцию **если нет других задач**.

Свойства ✕

retrieveRawMaterial - Retrieve

Имя:

☒ Отображать имя ☐ Исключить

Агенты перемещаются: ▼

Набор ресурсов: ▼ 🗑️ 📄

Место разгрузки: ▼

Узел: ▼ 🗑️ 📄

Извлечь агента из: ▼

Скорость опускания: М/с ▼

▼ Транспортеры и ресурсы

Приоритет задачи: ↺

Может вытеснять другие задачи: ☒

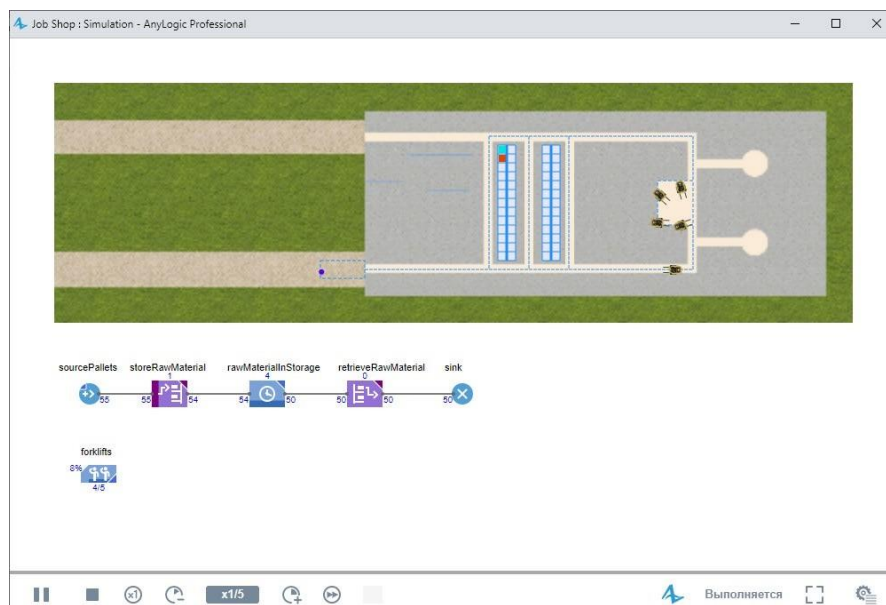
Правило вытеснения задач: ▼

После освобождения ресурсы: ☒ Возвращаются в базовую точку
 ☐ Остаются на месте

Возвращаться: ☐ всегда
 ☒ если нет других задач
 ☐ другое

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

9. Запустите модель.



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

3. Создание трехмерной анимации

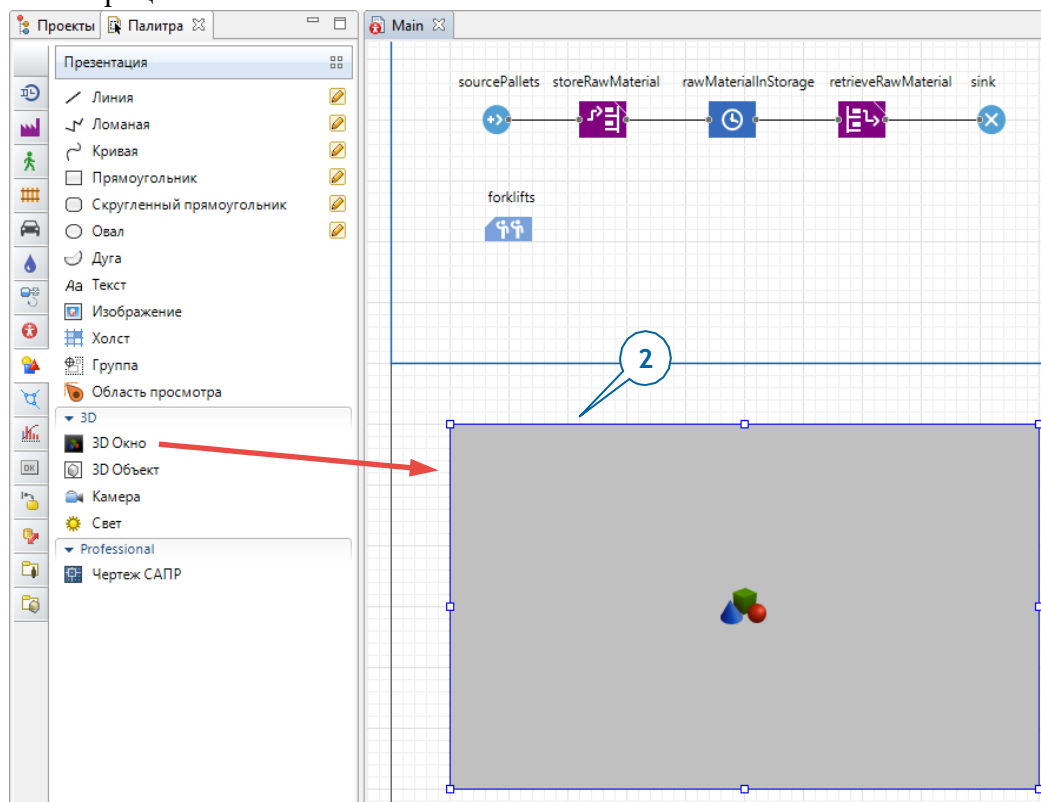
Давайте теперь добавим трехмерную анимацию моделируемого нами процесса. Начнем с добавления камеры.

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.

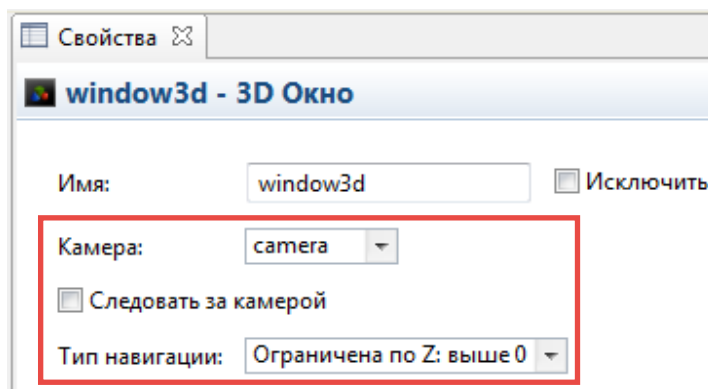


3D окно

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**.

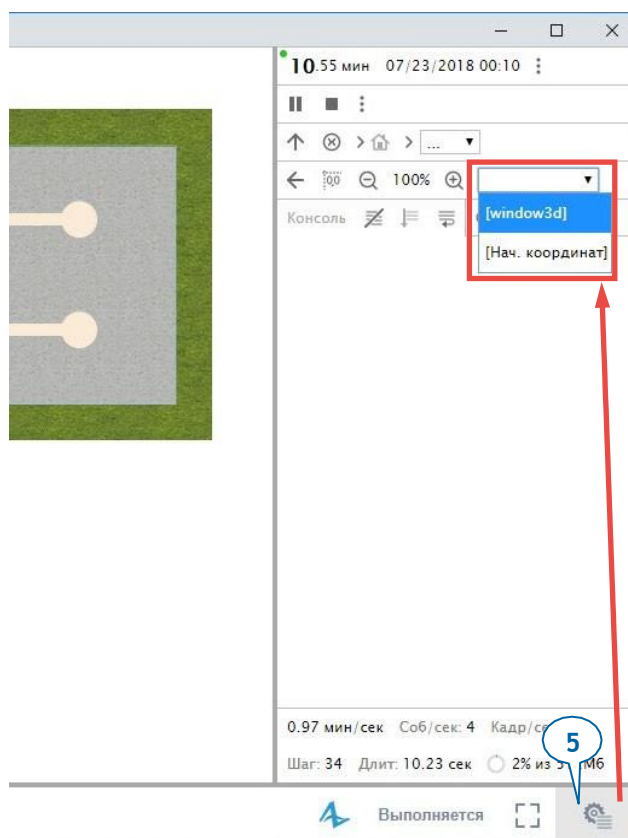


5. Запустите модель. При создании 3D окна AnyLogic автоматически добавляет область просмотра 3D сцены, благодаря чему в процессе выполнения модели можно легко перейти к просмотру 3D анимации. Чтобы переключиться на 3D анимацию, щелкните по кнопке панели разработчика **Выбрать область и показать** и выберите 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.

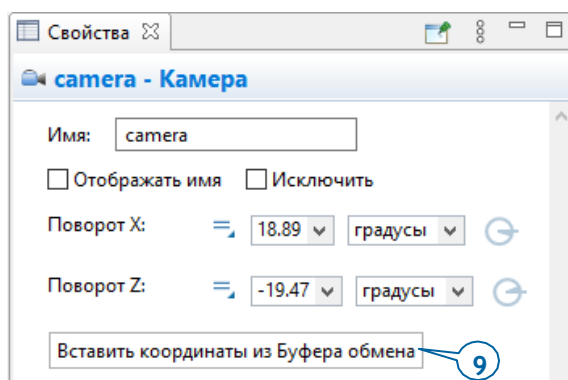


7. С помощью приведенных выше команд задайте подходящий вам ракурс съемки изображения. Щелкните правой кнопкой мыши (для Mac OS: CTRL + щелчок левой кнопкой) в пределах трехмерного изображения и выберите из контекстного меню команду **Скопировать положение камеры**.



8. Закройте окно модели.

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



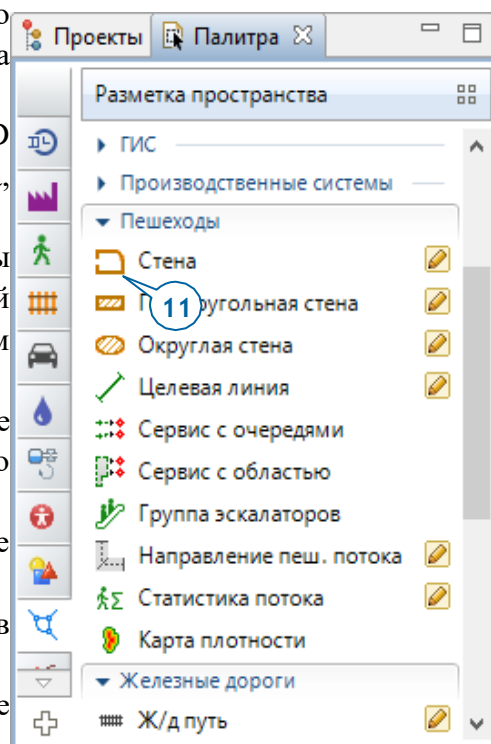
Если вам не удастся найти камеру на холсте, ее можно легко найти в дереве **Проекты**. В нем камера camera будет показана в ветви **Презентация** агента *Main*.

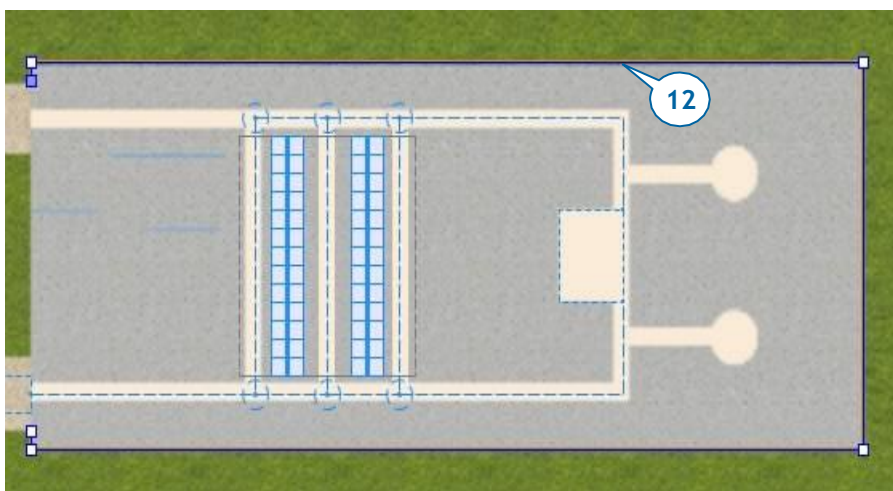
10. Запустите модель. Убедитесь, что теперь 3D анимация показывается с заданного вами ракурса, после чего закройте окно модели.

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...**).

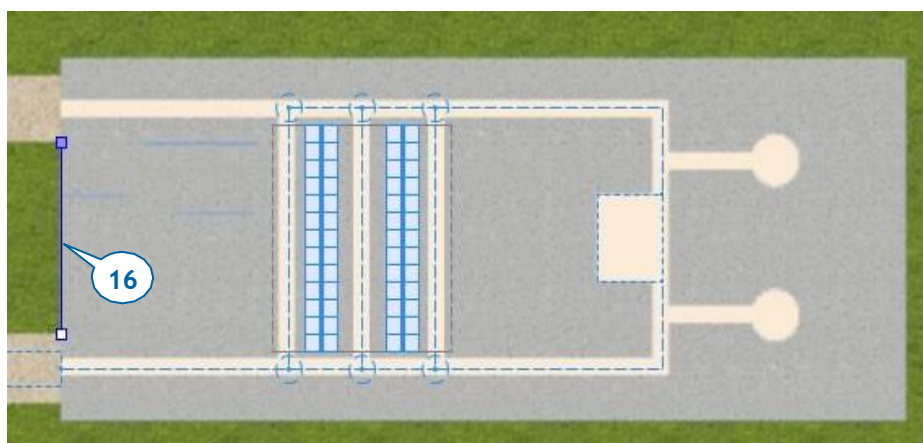
В этом разделе мы использовали стены исключительно для анимационных целей. На самом деле стены чаще используются в пешеходном моделировании для задания стен и других препятствий для движения людей.

14. Сделайте стену тоньше, выбрав в поле **Толщина линии** значение **1 pt**.

15. 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.

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

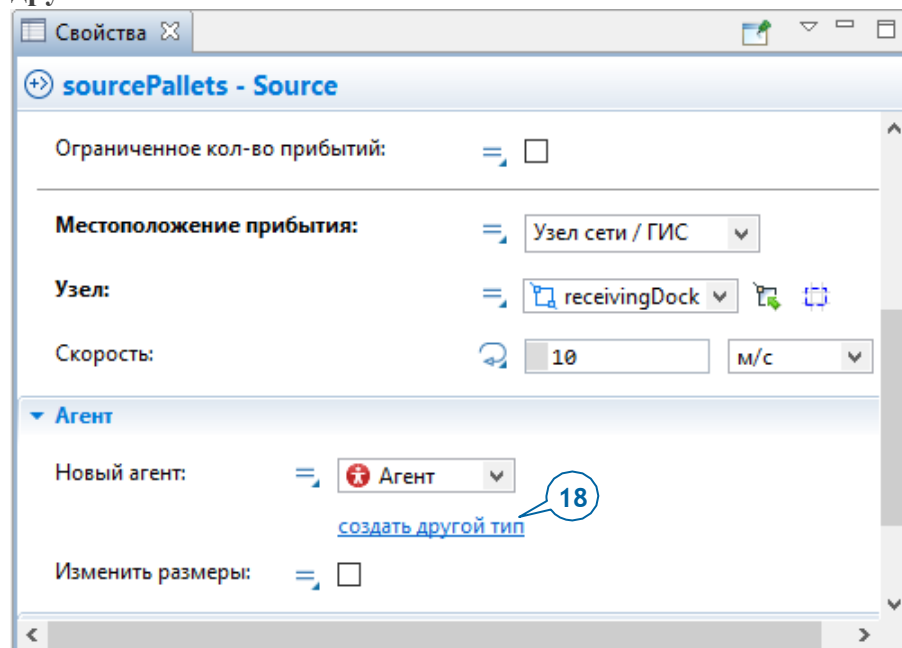


17. Запустите модель и наблюдайте за трехмерной анимацией процесса.

Вы увидите, что поддоны отображаются на анимации фигурами 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.

18. В разделе свойств **Агент** блока *sourcePallets* под списком **Новый агент** щелкните по ссылке **создать другой тип**.



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

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

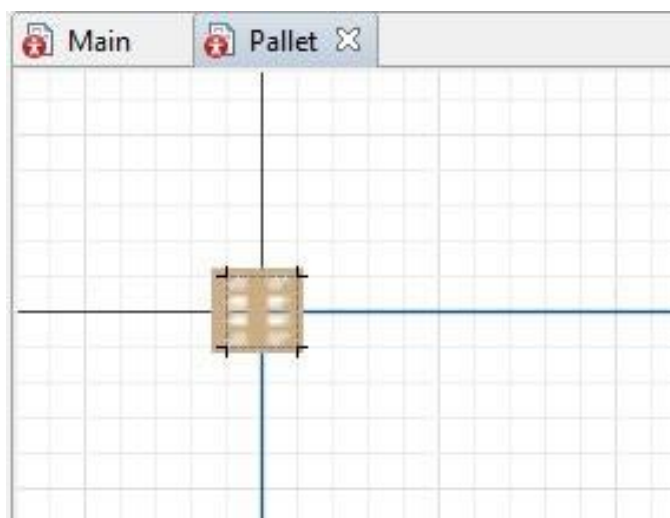
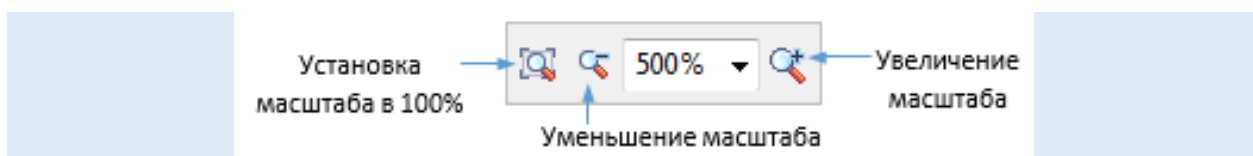
AnyLogic создаст тип агента *Pallet* и откроет в редакторе графическую диаграмму этого типа. В левом верхнем углу холста (а именно, в точке начала координат) вы увидите фигуру анимации, выбранную нами только что в мастере создания типа агента.

20. В свойствах типа агента *Pallet*, раскройте секцию **Агент в диаграмме процесса** и выберите опцию **Материальный объект** из списка **Использовать в диаграмме процесса как**. Теперь у агентов типа *Pallet* будет дополнительная функциональность, которая может быть полезна при обработке агентов этого типа в блоках Библиотеки производственных систем. В частности, у агентов-поддонов появятся явно заданные размерности (они задаются в свойствах **Длина**, **Ширина** и **Высота** в разделе свойств **Размеры и движение**). Нашим следующим шагом будет добавление фигуры коробки поверх фигуры анимации поддона. Поскольку мы будем работать с объектами небольшого размера, сначала давайте увеличим масштаб диаграммы.

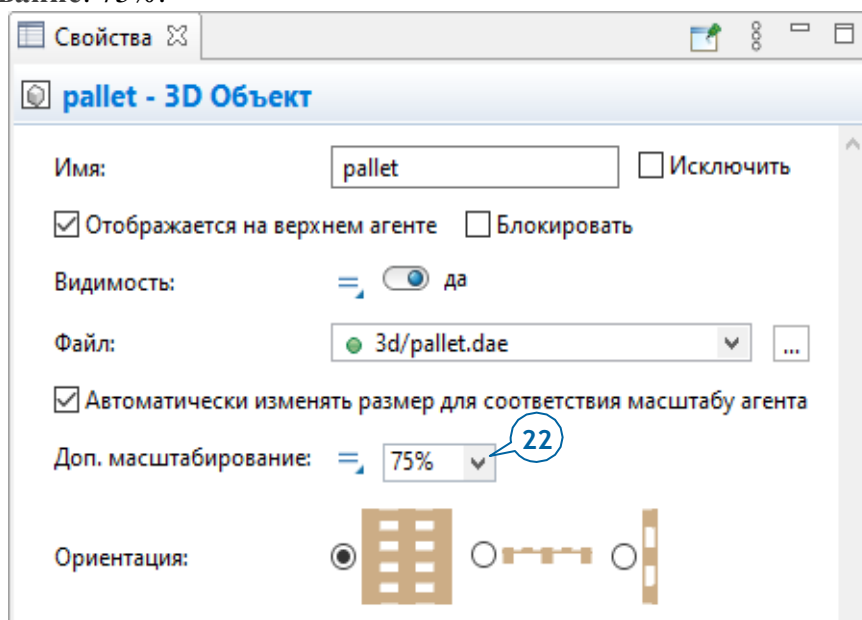
21. С помощью панели инструментов **Масштаб** увеличьте масштаб графической диаграммы типа агента *Pallet* до 300%, а затем переместите холст диаграммы вправо и вниз, чтобы увидеть начало координат, в котором расположена фигура анимации поддона.

Увеличение или уменьшение масштаба изображения

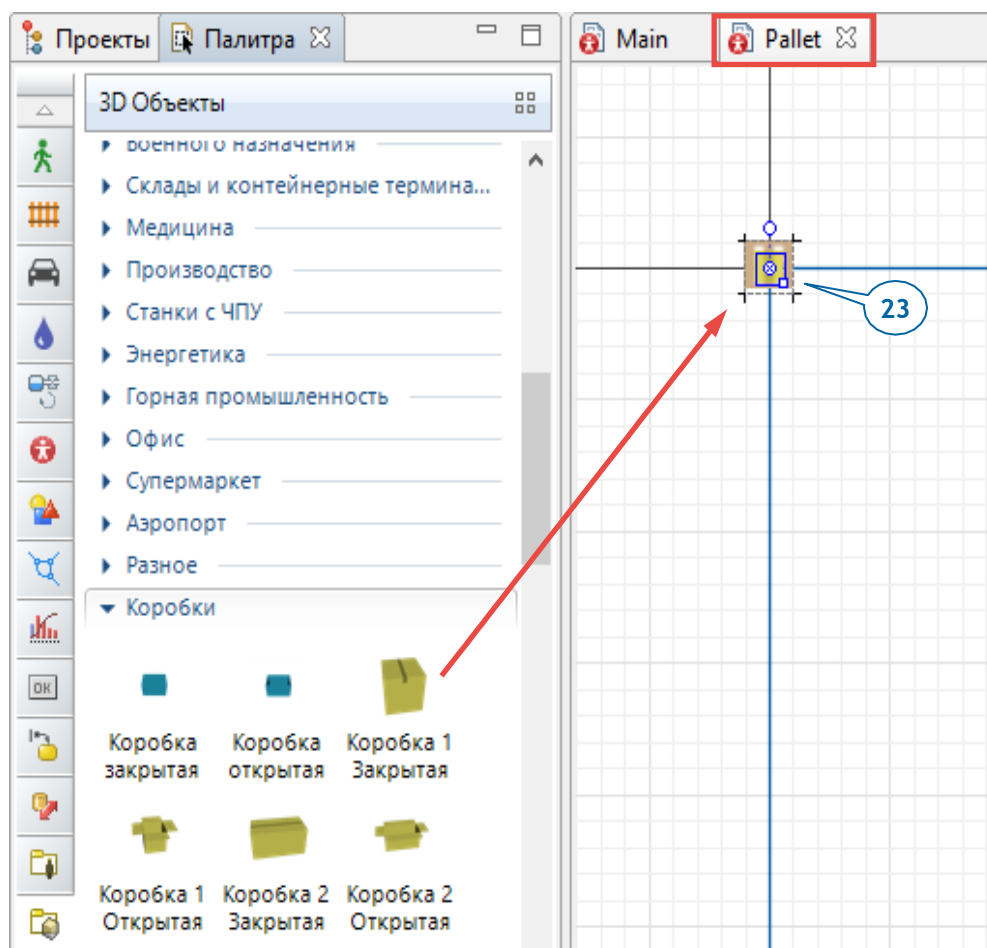
Панель инструментов **Масштаб** в AnyLogic позволяет изменять масштаб графической диаграммы:



22. Поскольку фигура поддона кажется слишком большой и не помещается в соответствующий заданным размерностям материального объекта размер (пунктирный прямоугольник с выделенными углами), уменьшим ее, задав в свойствах фигуры Доп. масштабирование: 75%.




23. Теперь добавьте фигуру анимации коробки поверх фигуры анимации поддона:
- Откройте палитру **3D объекты** (это последняя палитра в списке), найдите и раскройте секцию палитры **Коробки**.
 - Перетащите объект **Коробка 1 Закрытая** на фигуру поддона.



24. Выделите фигуру коробки и задайте для нее Доп. масштабирование: 125%.

25. 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.

26. Теперь мы можем вернуться к исходному масштабу диаграммы, щелкнув по кнопке панели инструментов 100% .

27. 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*.

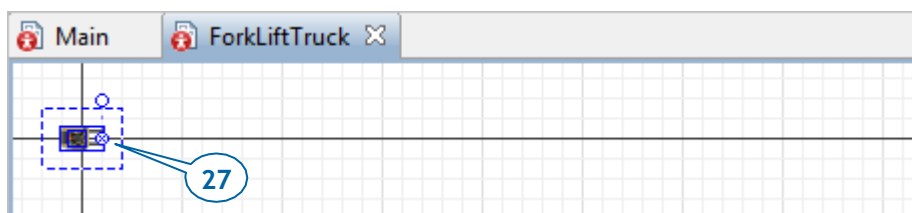
28. Запустите модель.

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.

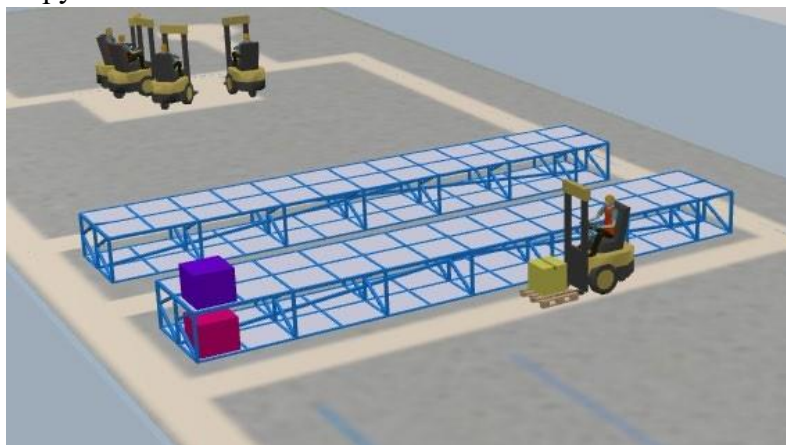


Давайте устраним эту неточность.

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



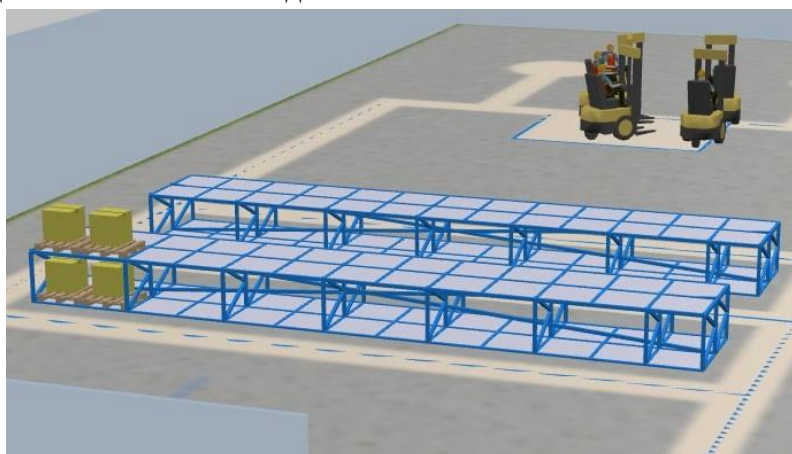
30. Запустите модель. Теперь на анимации модели поддоны будут помещаться точно поверх вил автопогрузчика.



В то же время, во время нахождения на стеллажах поддоны с коробками отображаются не трехмерными моделями, а кубиками разных цветов. Это сделано специально для повышения производительности модели, но при желании эту настройку можно отключить.


31. Для этого выберите фигуру склада, и в секции свойств **Внешний вид** выберите в списке **Анимация заполненных ячеек** опцию **анимация агента**.

32. Запустите модель и вы увидите, что теперь объекты визуализируются трехмерными моделями и находясь на стеллаже склада.



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.

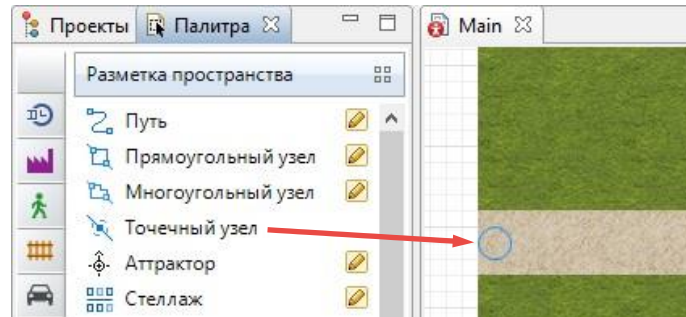
1. Перетащите элемент **Тип агента**  из палитры **Библиотека моделирования процессов** на диаграмму *Main*.

2. В мастере **Создание агентов** выполните следующее.

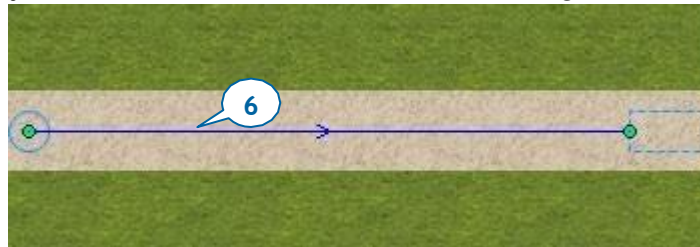
- a. В поле **Имя нового типа** введите *Truck*.
- b. Перейдите к следующей странице мастера, щелкнув по кнопке **Далее**.
- c. В списке фигур анимации раскройте раздел **Автомобильный транспорт** и выберите из списка фигуру **Фура**.
- d. Щелкните по кнопке **Готово**.

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.

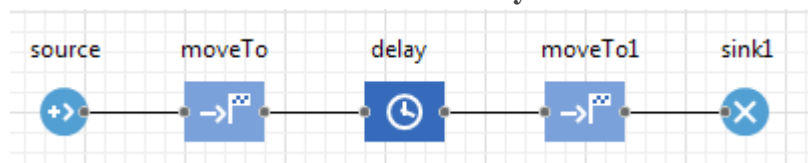


5. Назовите этот точечный узел *exitNode*.
6. Нарисуйте **Путь**, соединяющий *exitNode* с *receivingDock*.



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 входу 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 входу 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 **Первое прибытие происходит** выберите опцию **при запуске модели**. Тем

самым, нам не надо будет ждать появления фуры в течение часа модельного времени – первая фура появится сразу в момент запуска модели.

- 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.
- g. В разделе свойств Агент выберите **Truck** в списке **Новый агент**.

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

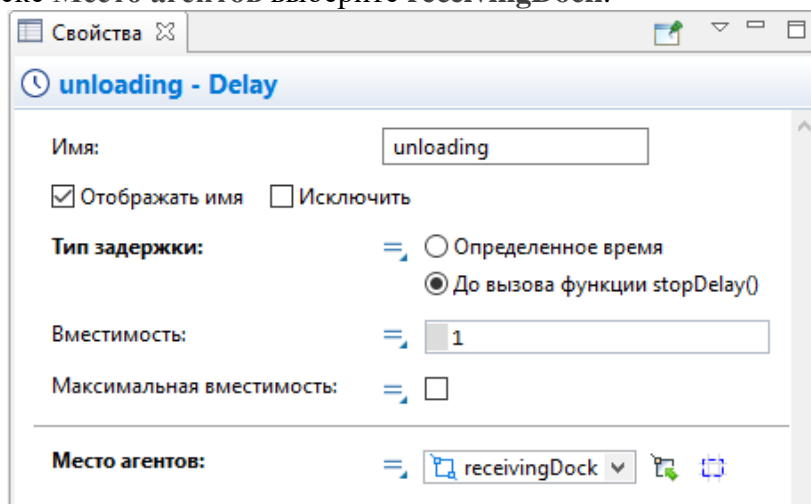
11. Чтобы задать цель движения агента, в панели **Свойства** блока *drivingToDock* выберите в списке **Узел** имя узла сети *receivingDock*.

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

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

- a. У параметра **Тип задержки** нужно выбрать опцию **До вызова функции stopDelay()**.

- б. В списке **Место агентов** выберите **receivingDock**.



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

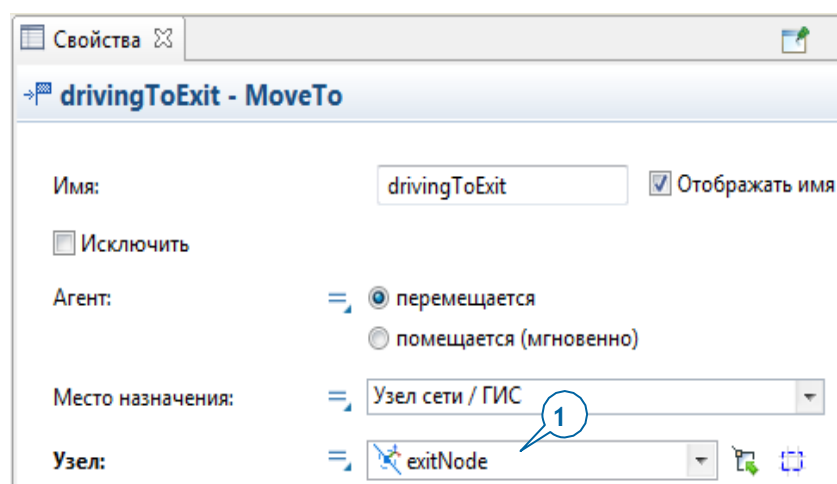
Программное управление временем задержки

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**.



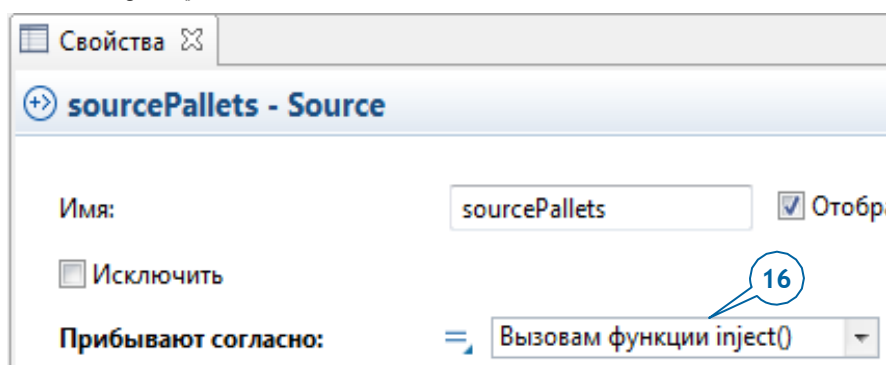
Два блока **Source** нашей модели создают агентов двух разных типов: фуры, появляющиеся каждый час, и поддоны, появляющиеся каждые пять минут. Поскольку нам нужно, чтобы

поддоны появлялись при разгрузке фуры, мы изменим настройки того блока **Source**, который генерирует поддоны.

Управление созданием агентов

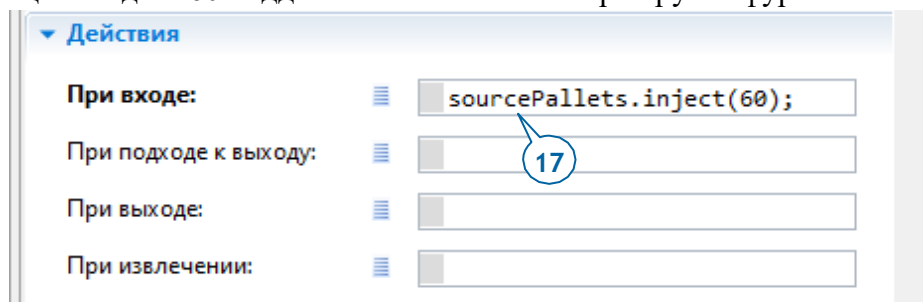
Вы можете управлять созданием агентов блоком **Source** во время выполнения модели, генерируя требуемое количество агентов в определенные моменты времени жизни моделируемой системы. Для этого нужно выбрать в параметре блока **Прибывают согласно** опцию **Вызовам функции inject()** и вызывать функцию 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(60)`;
Эта функция создаст 60 поддонов в момент начала разгрузки фуры.



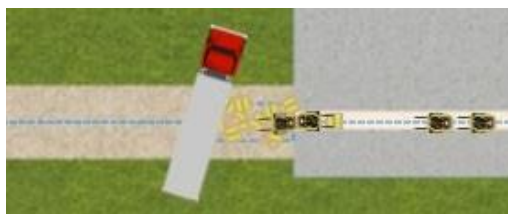
Давайте сделаем так, чтобы первая фура появлялась при запуске модели, и нам не нужно было ждать ее появления целый час модельного времени.

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

```
if( self.nWaitingForResource() == 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`.

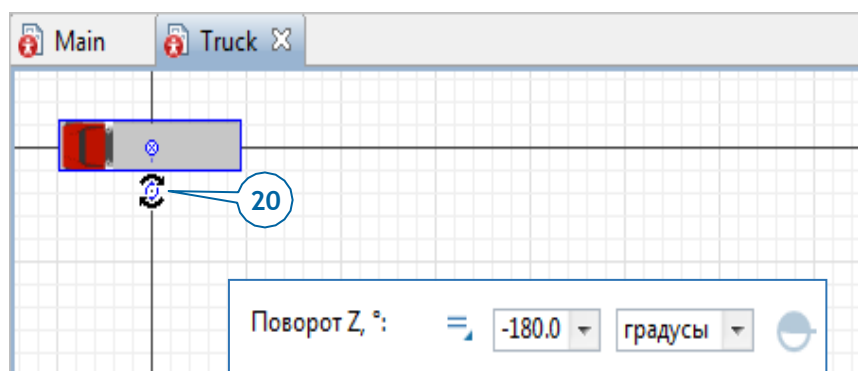


19. Запустите модель.

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

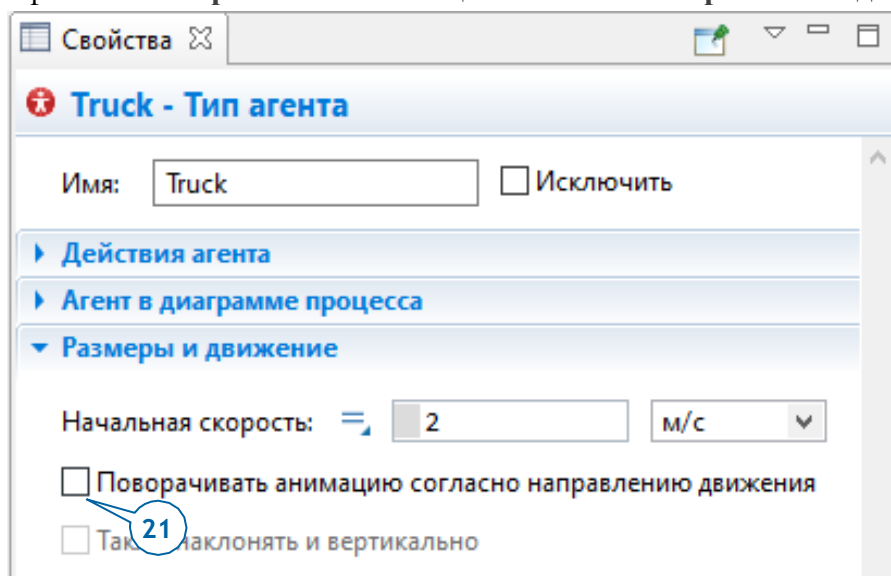
- В дереве панели **Проекты** дважды щелкните по типу агента **Truck**, при этом откроется его диаграмма, и можно будет посмотреть на то, как задана фигура анимации фуры.
- Выберите фигуру фуры, и с помощью круглого маркера (или параметра **Поворот Z, °** в области свойств **Расположение**) поверните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

Мы изменили изначальный угол поворота фигуры.



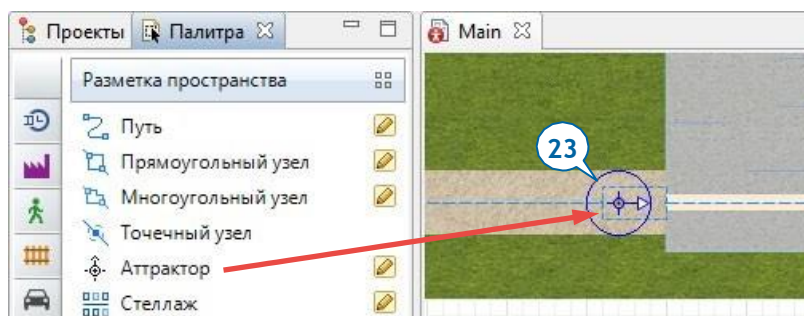
21. Теперь мы должны сделать так, чтобы заданный нами угол поворота не менялся при изменении направления движения фуры. Для этого:

- В панели **Проекты**, щелкните по элементу **Truck**.
- Раскройте раздел свойств **Размеры и движение**.
- Снимите флажок **Поворачивать анимацию согласно направлению движения**.



22. Откройте диаграмму *Main*.

23. 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.

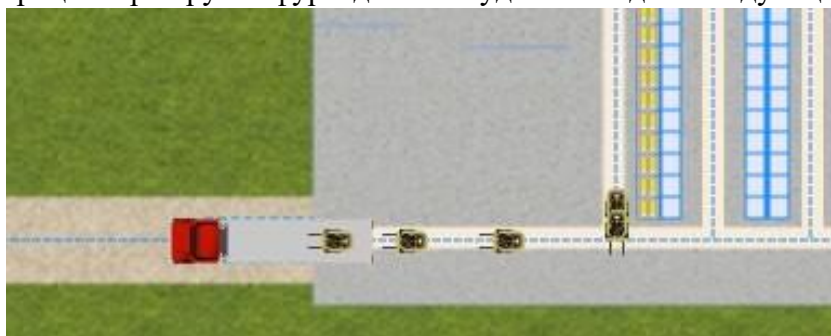
- Если узел задает пункт назначения, к которому движутся агенты, то аттрактор задает точку - цель движения внутри узла.
- Если узел задает место ожидания, то аттракторы задают точки внутри узла, в которых агенты будут находиться во время ожидания.

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.

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

Теперь анимация процесса разгрузки фуры должна будет выглядеть следующим образом.



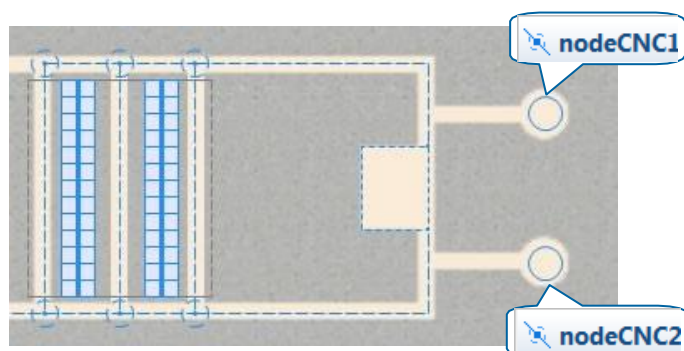
5. Моделирование станков с ЧПУ

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.

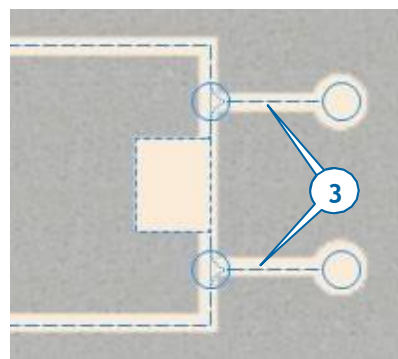
1. Перетащите элемент **Точечный узел** из палитры **Разметка пространства** на план цеха. Назовите этот узел *nodeCNC1*.

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. 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.



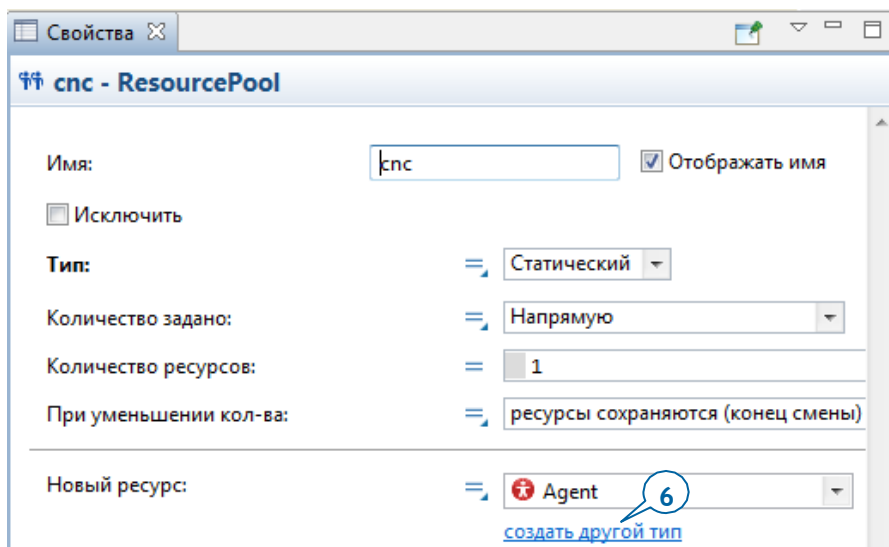
В нашем случае станок с ЧПУ - это ресурс, поэтому мы добавим его в нашу модель, создав новый тип ресурса с помощью блока **ResourcePool**.

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

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

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


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



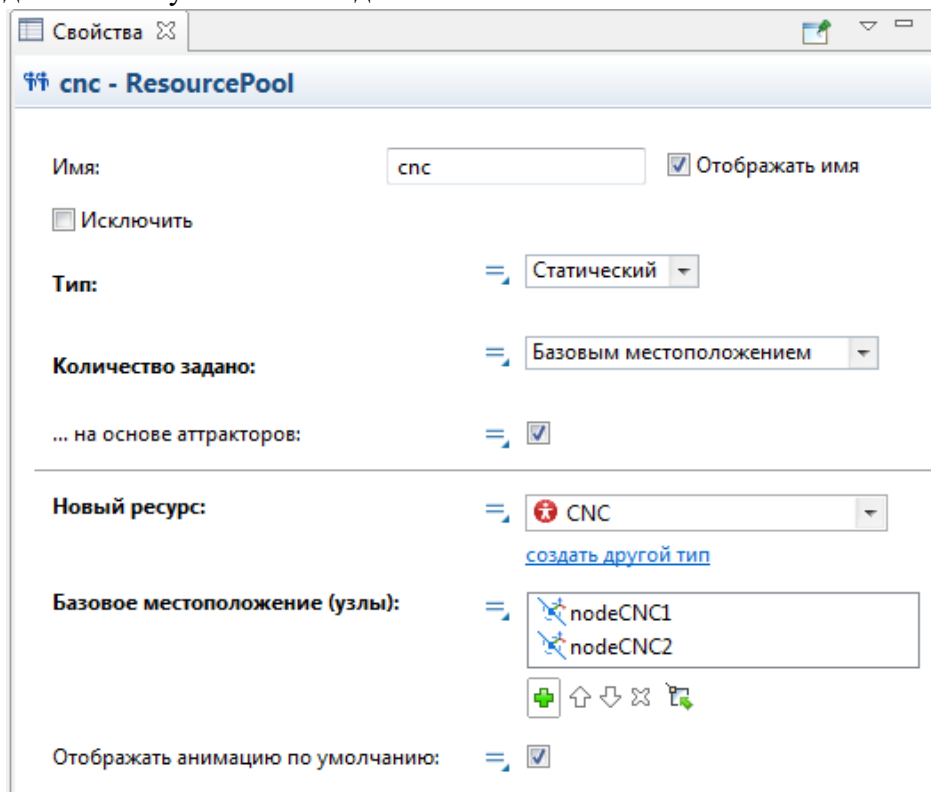
6. Щелкните по ссылке **создать другой тип**, расположенной под списком **Новый ресурс**.

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

- В поле **Имя нового типа** введите *CNC*.


- b. Перейдите к следующей странице мастера, щелкнув по кнопке **Далее**.
- c. В списке фигур анимации раскройте 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).
 - c. Щелкните по кнопке  и добавьте *nodeCNC1* и *nodeCNC2* в список **Базовое местоположение (узлы)**.

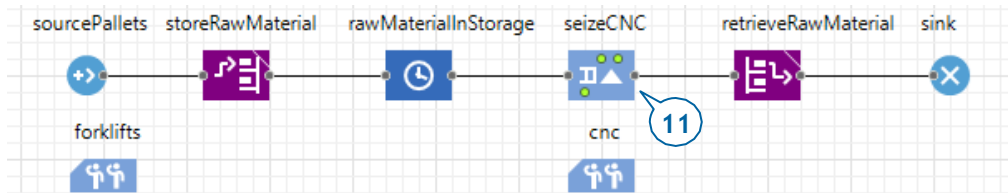
После добавления узлов список должен быть похож на показанный ниже.




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

10. Перетащите блоки диаграммы процесса *retrieveRawMaterial* 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:


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

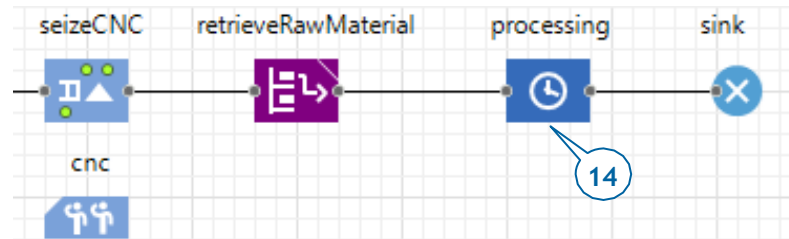
Тем самым, мы задаем, что блок **Seize** будет захватывать один ресурс из набора ресурсов *cnc*.

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

- В списке **Место назначения (или разгрузки)** выберите опцию **Захваченный ресурс**.
- 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 *retrieveRawMaterial* и присвойте ему имя *processing*.



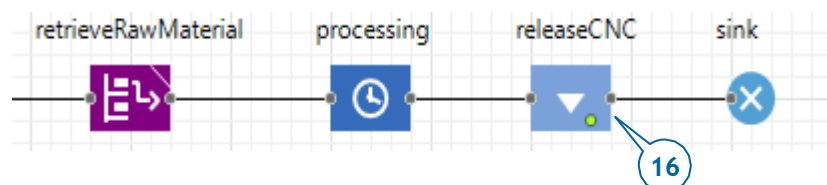
15. В свойствах блока **Delay** необходимо выполнить следующее.

- В поле **Время задержки** введите 1, и из списка справа выберите **минуты**.
- Чтобы несколько станков могли работать одновременно, 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*.

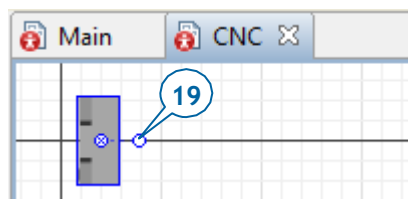


Когда вы запустите модель, то увидите, что хотя процессы и смоделированы верно, но на трехмерной анимации поддоны отображаются прямо по центру фигуры анимации станка с ЧПУ. Это происходит потому, что и станок, и обрабатываемый им поддон используют один и тот же точечный узел для отображения анимации. 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.

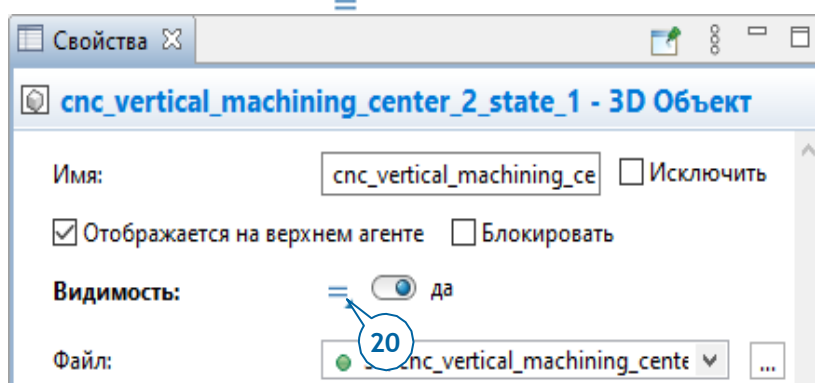
19. Переместите анимацию вправо и поверните фигуру анимации станка с помощью круглого маркера, как показано на рисунке ниже.





Давайте используем 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 свойства **Видимость**, благодаря чему наша модель будет отображать ту или иную фигуру в зависимости от текущего состояния станка.

20. Для этого необходимо выполнить следующее.

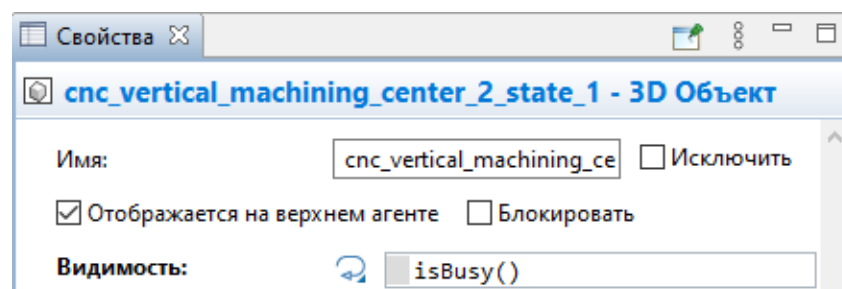
- a. Выделите фигуру анимации станка.
- b. В свойствах, наведите курсор мыши на значок , расположенный рядом с меткой свойства **Видимость**, и выберите опцию **Динамическое значение**.



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

- c. 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 свойства


Когда вы задаете выражение для динамического значения свойства, по ходу выполнения модель будет вычислять это выражение на каждом кадре анимации и применять вычисленное значение в качестве текущего значения свойства. 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 свойства, то в процессе выполнения модели свойство сохранит свое статическое значение.

- У блоков, входящих в диаграмму процесса, могут быть:

 **Статические свойства**, имеющие постоянное значение на протяжении всего процесса моделирования, которое, однако, может быть изменено функцией `set_имяСвойства` (новое значение);

 **Динамические свойства**, значения которых вычисляются заново для каждого прибывающего в блок агента;

 **Кодовые свойства**, 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 свойства размещены в разделе свойств **Действия**.

- Небольшой треугольник у значка свойства 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.

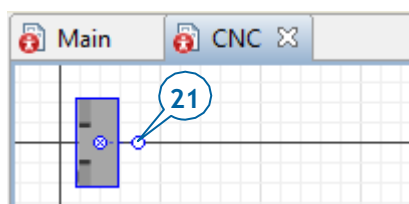
21. Чтобы добавить трехмерный объект анимации, который будут отображаться, только если станок не обрабатывает заготовки, необходимо выполнить следующее.

a. Откройте палитру **3D Объекты**, на которой находятся готовые к использованию трехмерные объекты AnyLogic.

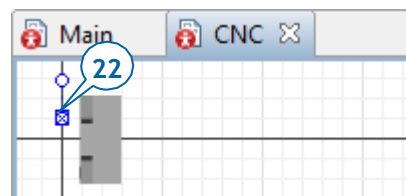
b. Раскройте раздел фигур **Станки с ЧПУ** и перетащите графический объект **Вертикальный станок 2 Сост 2** на диаграмму типа агента **CNC**.

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.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность дискретно-событийного моделирования?
2. С каких блоков начинается и заканчивается имитационная модель?
3. Что понимается под агентами в дискретно-событийном моделировании?
4. Что может быть ресурсами в дискретно-событийном моделировании?
5. Назовите типовые операции дискретно-событийного моделирования?
6. Из-за чего образуются очереди в дискретно-событийной модели?
7. Для чего используются функции распределения вероятностей в дискретно-событийных моделях?
8. Перечислите типовые результаты дискретно-событийно модели?
9. Для чего используется блокировка графического элемента и как ее установить?
10. Назовите элементы разметки графического пространства в Anylogic?
11. Охарактеризуйте элемент разметки Склад и способы размещения стеллажей на склад?
12. Для чего используется библиотека моделирования процессов в Anylogic?
13. Как сослаться на элемент модели из параметра блока
14. Какие блоки из Библиотеки производственных систем были использованы в этом задании?
15. Охарактеризуйте типы ресурсов в Anylogic?
16. Как создать трехмерную анимацию модели в Anylogic?
17. Сколько 3D окон можно добавить в модель?
18. Какими способами можно задать время задержки для блока **Delay**?
19. Для чего используется функция **inject()**?
20. Для чего используются аттракторы в узлах?
21. Какие типы свойств могут быть у блоков, входящих в диаграмму процесса?