

Модель обслуживания ветряных турбин

Эта презентация является частью
стандартной программы обучения





Упражнение. Обслуживание турбин (1/2)

Промоделируйте, как сервисный центр производит обслуживание ветряных турбин.

- Есть 10 ветряных турбин, которые требуют обслуживания.
- Ветряные турбины обслуживаются одним сервисным центром.

Центр владеет парком транспортных средств:

– Вертолеты:

numberOfHelicopters = 2

helicopterVelocity = 25

helicopterCost = 2000

– Грузовики:

numberOfTrucks = 5

truckVelocity = 5

truckCost = 400



Упражнение. Обслуживание турбин (2/2)

- Мы будем различать два вида сервисных работ:

Периодически проводимое ТО

- ТО должно проводиться каждые две недели.
- Сервисная бригада выезжает к турбине на грузовике.
- Время проведения работ равно 10 часам.
- Во время ожидания бригады может случиться поломка (интенсивность выхода турбины из строя = 1/неделя).

Срочное устранение поломок

- Среднее время между поломками = 250 часов.
- Сервисная бригада вылетает к турбине на вертолете.
- Время устранения поломки равномерно распределено от 10 до 20 часов.

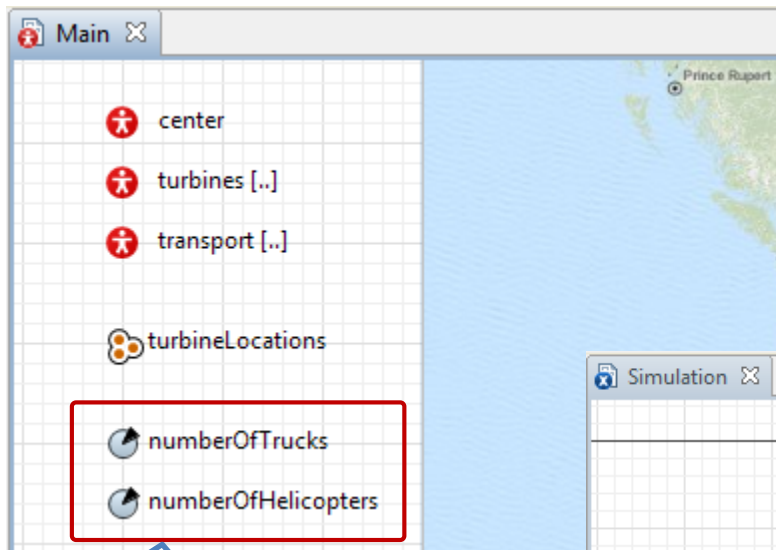


Обслуживание ветряных турбин. Фаза 1

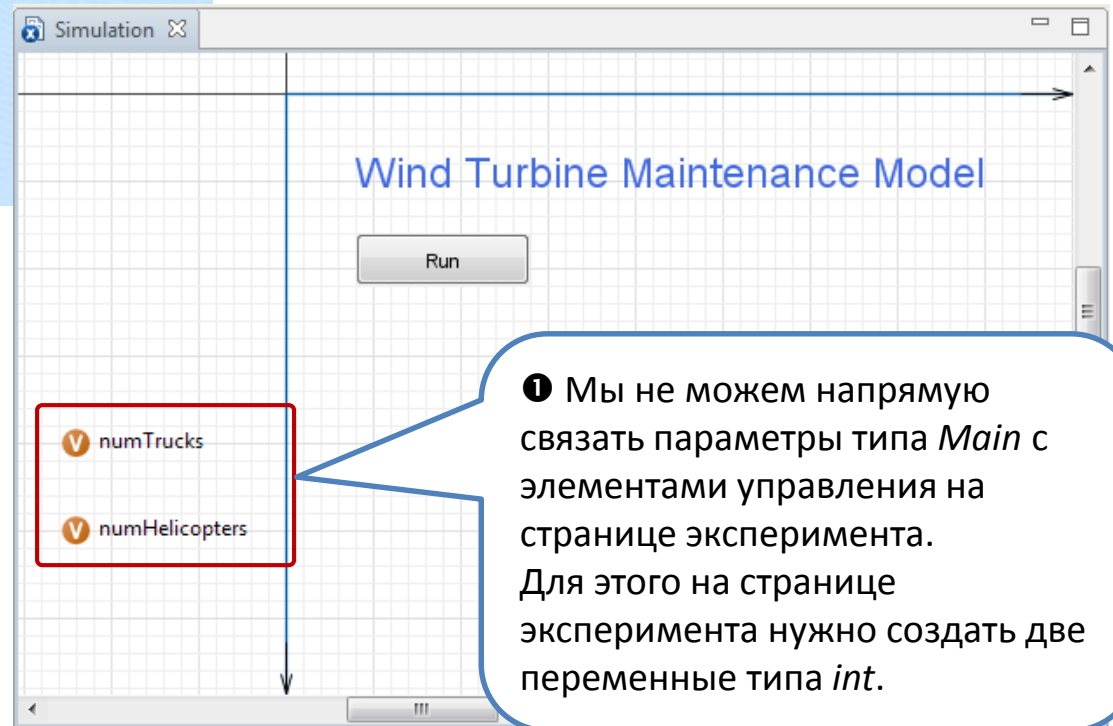
- Откройте модель *Wind Turbine Maintenance* с Вашего диска.
- Вначале мы добавим на страницу эксперимента элементы управления. С их помощью мы сможем настроить параметры модели перед ее запуском.
- Мы также будем собирать и просматривать статистику – процентную долю работающих турбин.



Обслуживание турбин. Фаза 1. Шаг 1



Мы хотим создать элементы управления, с помощью которых можно будет менять значения этих параметров, заданных на диаграмме *Main*.



❶ Мы не можем напрямую связать параметры типа *Main* с элементами управления на странице эксперимента. Для этого на странице эксперимента нужно создать две переменные типа *int*.



Обслуживание турбин. Фаза 1. Шаг 2

slider - Бегунок

Имя: ☐ Исключить

Ориентация: ☐ Вертикальная ☒ Горизонтальная

☒ Связать с:

Минимальное значение:

Максимальное значение:

Доступность: ☒ да

❶ Создайте бегунок, который будет изменять кол-во грузовиков. Свяжите его с переменной *numTrucks* и задайте его минимально и максимально допустимые значения.

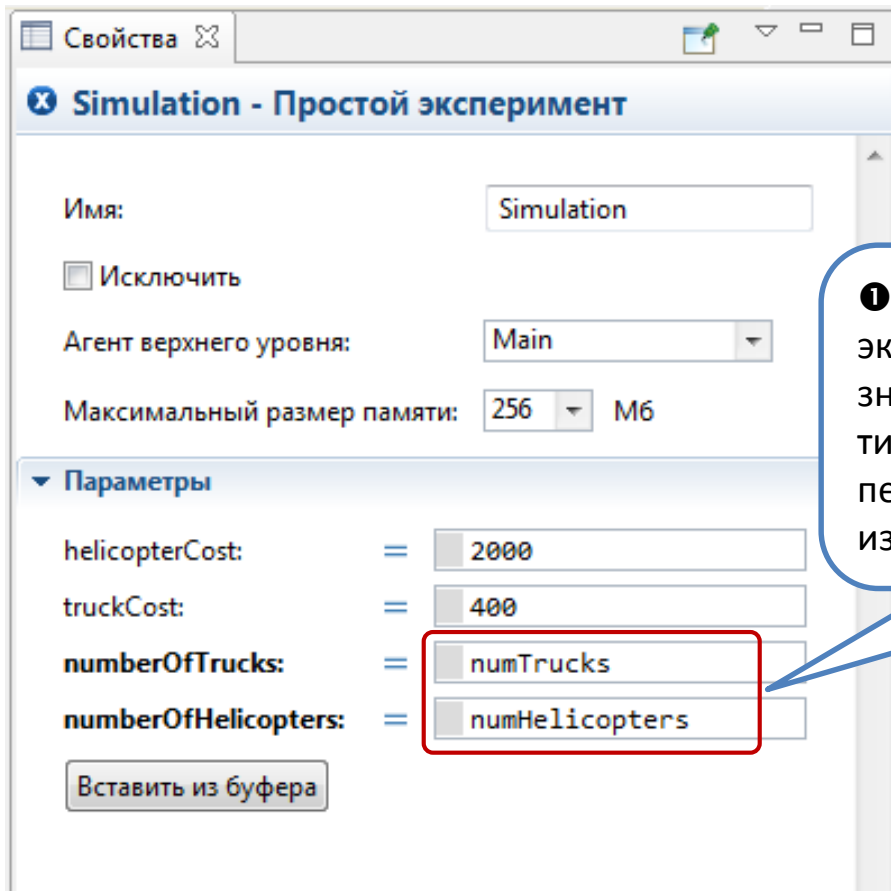
❷ Добавьте для бегунка метки

❸ Аналогично добавьте бегунок, изменяющий количество вертолетов

❹ Добавьте текстовые метки с описанием бегунков (с помощью фигур **Текст** из палитры **Презентация**)



Обслуживание турбин. Фаза 1. Шаг 3



Свойства

Simulation - Простой эксперимент

Имя: Simulation

☐ Исключить

Агент верхнего уровня: Main

Максимальный размер памяти: 256 M6

▼ Параметры

helicopterCost: = 2000

truckCost: = 400

numberOfTrucks: = numTrucks

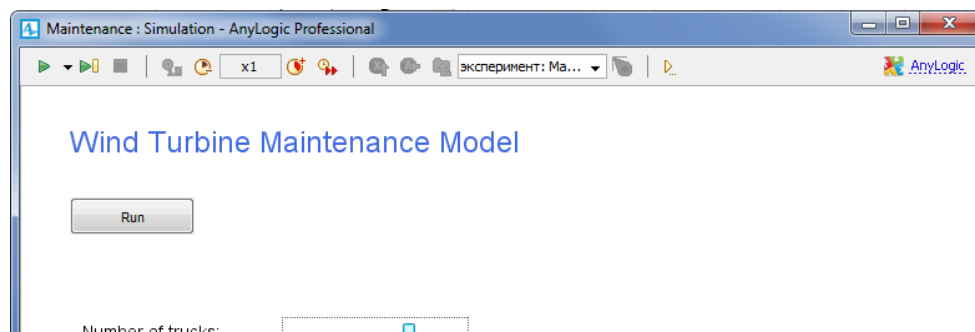
numberOfHelicopters: = numHelicopters

Вставить из буфера

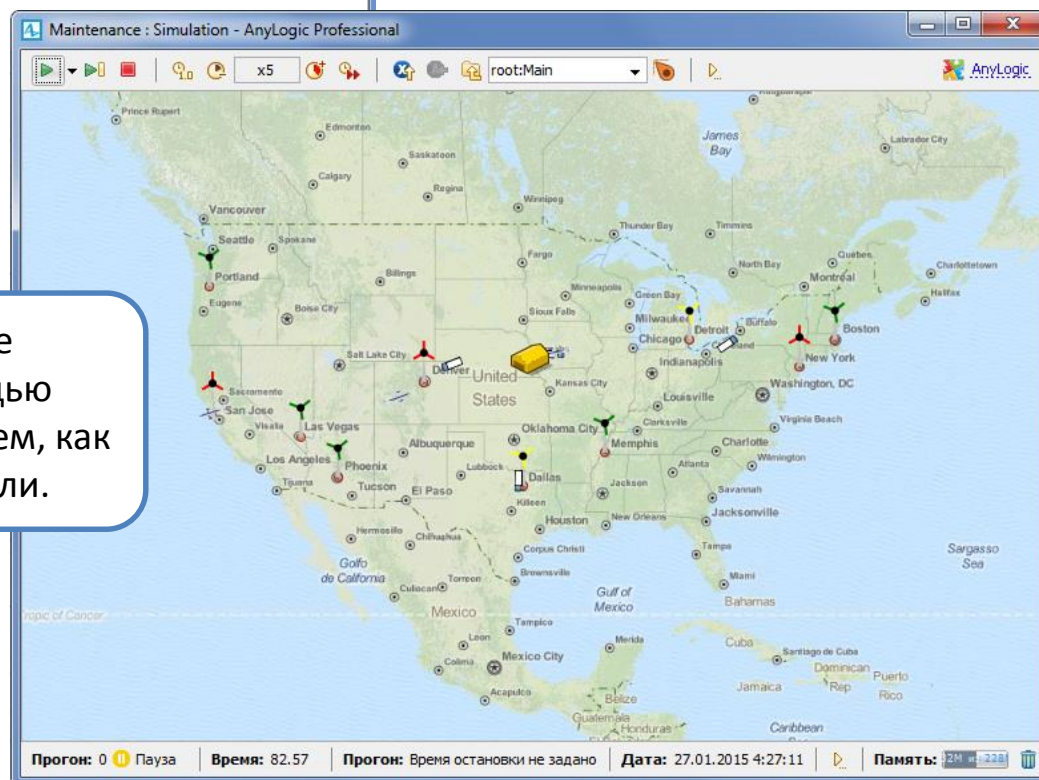
❶ В секции **Параметры** свойств эксперимента *Simulation* свяжите значения параметров корневого типа агента эксперимента с нашими переменными (чьи значения изменяются нашими бегунками)



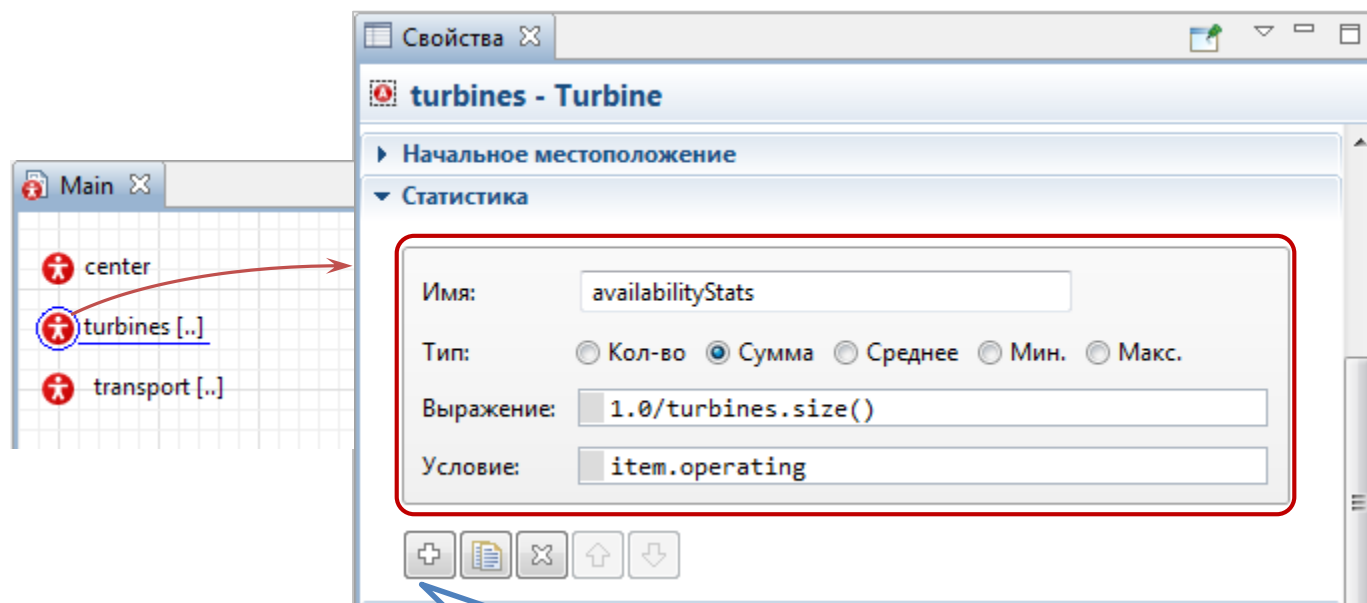
Обслуживание турбин. Фаза 1. Шаг 4



❶ Запустите модель. Измените значения параметров с помощью бегунков и наблюдайте за тем, как это влияет на поведение модели.



Обслуживание турбин. Фаза 1. Шаг 5



❶ Задайте функцию сбора статистики по популяции *turbines*



Обслуживание турбин. Фаза 1. Шаг 6

The screenshot displays the AnyLogic software interface. The main window shows a map of Mexico with various cities labeled. Below the map is a time-series plot area with a grid. A blue callout box points to the plot area with the text: **❶ Добавьте Временной график для отображения собранной статистики**.

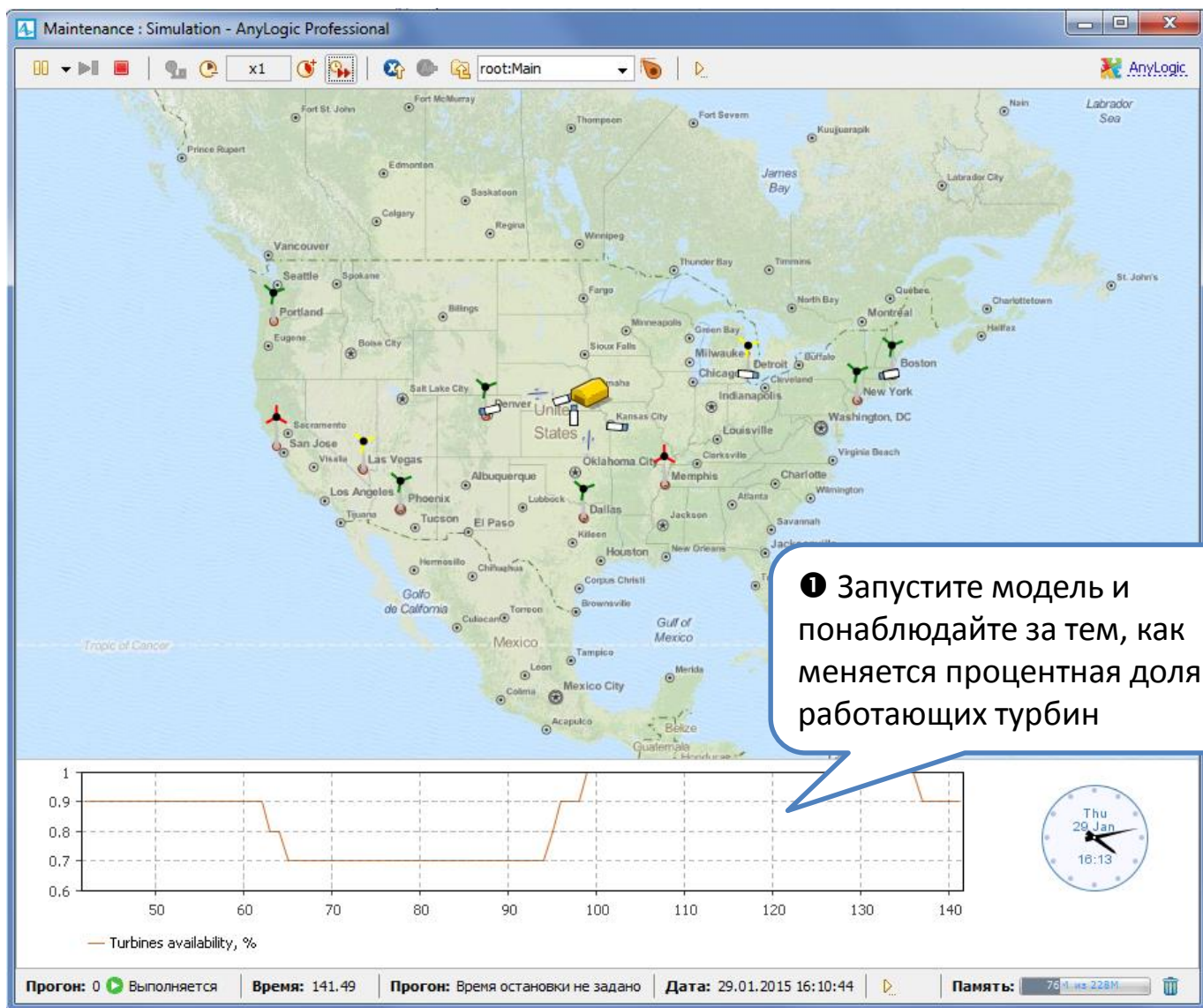
Overlaid on the map is a configuration window titled "Свойства" (Properties) for a "plot - Временной график" (Time Series Plot). The window has two main sections: "Данные" (Data) and "Обновление данных" (Data Update).

In the "Данные" section, the "Значение" (Value) radio button is selected. The "Заголовок" (Header) is set to "Availability". The "Значение" (Value) field contains the expression `turbines.availabilityStats()`. The "Стиль маркера" (Marker Style) is set to a solid line. The "Толщина линии" (Line Thickness) is set to 1 pt. The "Цвет" (Color) is set to "lime".

In the "Обновление данных" section, the "Обновлять данные автоматически" (Update data automatically) radio button is selected. The "Использовать модельное время" (Use model time) radio button is selected. The "Время первого обновления (абс.):" (First update time (abs.)) is set to 0. The "Дата обновления:" (Update date) is set to 22.10.2014 at 8:00:00. The "Период:" (Period) is set to 1. The "Отображать до:" (Display up to) is set to 100. The "последних значений (только для элементов данных типа 'Значение')" (last values (only for data elements of type 'Value')) option is selected.



Обслуживание турбин. Фаза 1. Шаг 7



Обслуживание турбин. Фаза 2. Оптимизация

- Теперь мы хотим оптимизировать модель, чтобы найти оптимальное по себестоимости количество грузовиков и вертолетов, при котором достигается необходимый уровень качества работы энергосистемы.

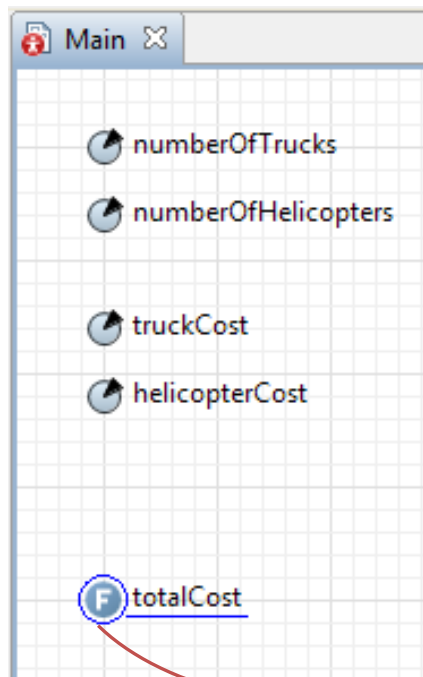


Оптимизация

- Если Вам нужно изучить поведение модели при каких-то заданных условиях или улучшить производительность модели, найдя значения параметров, при которых достигается наилучший результат работы модели, то Вы можете воспользоваться возможностью оптимизации модели AnyLogic. Оптимизация модели AnyLogic заключается в последовательном выполнении нескольких прогонов модели с различными значениями параметров и нахождении оптимальных для данной задачи значений параметров.
- В AnyLogic встроен оптимизатор OptQuest – лучший из предлагаемых сегодня оптимизаторов. Оптимизатор OptQuest автоматически находит лучшие значения параметров модели с учетом заданных ограничений. AnyLogic предоставляет удобный графический интерфейс для конфигурирования и отслеживания хода оптимизации.
- Оптимизация состоит из нескольких последовательных прогонов модели с различными значениями параметров. Комбинируя эвристики, нейронные сети и математическую оптимизацию, OptQuest позволяет находить значения параметров модели, соответствующие максимуму или минимуму целевой функции, как в условиях неопределенности, так и при наличии ограничений.



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 1



❶ Задайте функцию, которая будет вычислять общую стоимость самого центра с затратами на его парк транспортных средств

Свойства

totalCost - Функция

Имя: ☒ Отображать имя ☐ Исключить

Видимость: ☒ да

☐ Действие (не возвращает ничего)

☒ Возвращает значение

Тип:

Аргументы

Тело функции

```
return numberOfTrucks*truckCost + numberOfHelicopters*helicopterCost;
```



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 2

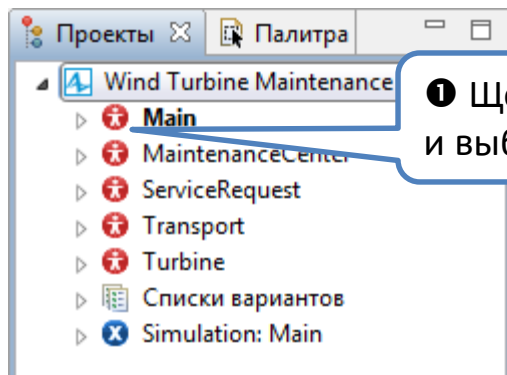
The screenshot shows the AnyLogic software interface. On the left, the 'Main' window displays a workspace with several blocks: 'truckCost', 'helicopterCost', 'totalCost', and 'statistics'. The 'statistics' block is highlighted with a blue circle and a callout line pointing to a text box. On the right, the 'properties' window for the 'statistics' block is open. It shows the following settings:

- Имя: statistics
- Исключить: ☐
- Видимость: ☒ да
- Дискретная: ☒ (selected)
- Непрерывная: ☐
- Значение: `turbines.availabilityStats()` (highlighted with a red box)
- Обновлять данные автоматически: ☒ (selected)
- Не обновлять данные автоматически: ☐
- Период: 1

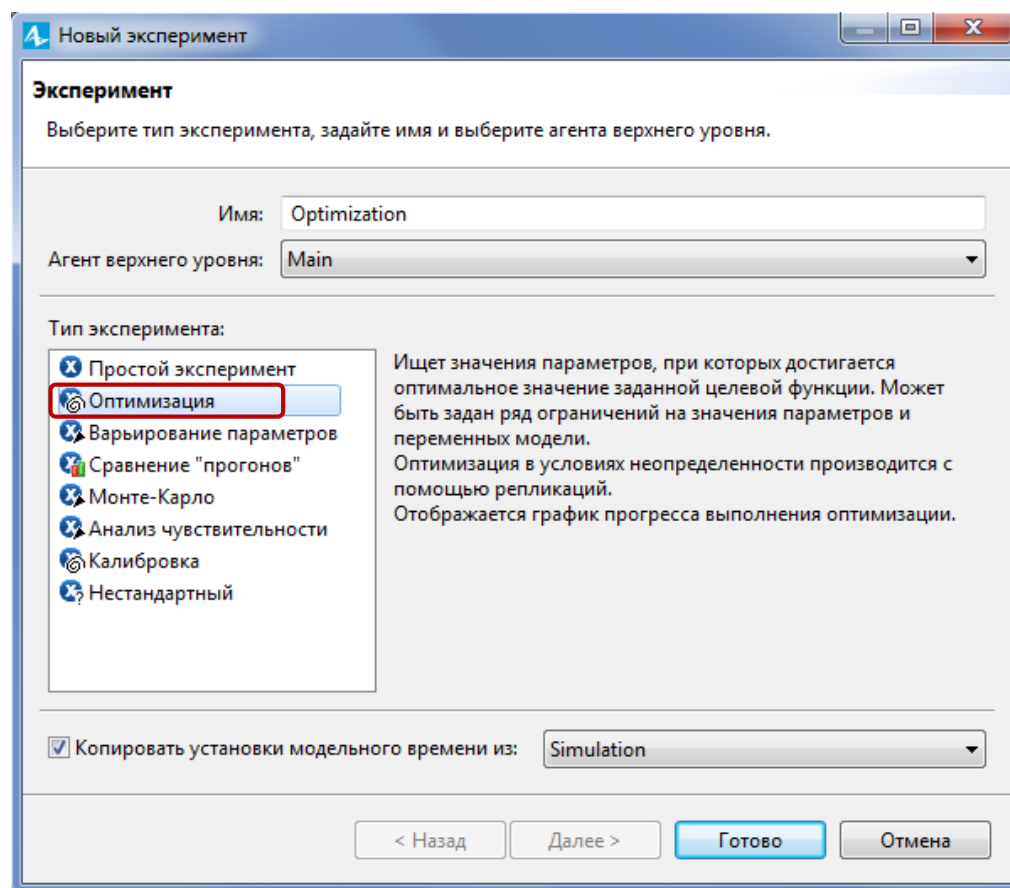
❶ Добавьте элемент **Статистика** из палитры **Статистика**. С его помощью мы будем собирать статистику (среднее значение, минимум, максимум и т.д.) по данным о количестве работоспособных турбин.



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 3



1 Щелкните правой кнопкой мыши и выберите **Создать > Эксперимент**



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 4

Свойства

Optimization - Оптимизационный эксперимент

Имя: Optimization ☐ Исключить

Агент верхнего уровня: Main

Целевая функция: ☒ минимизировать ☐ максимизировать

`root.totalCost()`

☒ Количество итераций: 500

☐ Автоматическая остановка

Максимальный размер памяти: 256 M6

Создать интерфейс

▼ Параметры

Параметры:

Параметр	Тип	Значение			
		Мин.	Макс.	Шаг	Начальное
helicopterCost	фиксированный	2000			
truckCost	фиксированный	400			
numberOfTrucks	int	0	10	1	
numberOfHelicopters	int	0	10	1	

❶ Задайте целевую функцию

❷ Настройте оптимизационные параметры



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 5

Свойства

Optimization - Оптимизационный эксперимент

Имя: Optimization ☐ Исключить

Агент верхнего уровня: Main

Целевая функция: ☒ минимизировать

`root.totalCost()`

☒ Количество итераций: 500

☐ Автоматическая остановка

Максимальный размер памяти: 256 M6

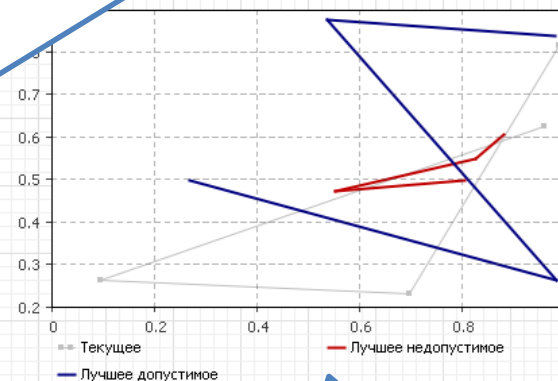
❶ Создайте интерфейс эксперимента

Wind Turbine Maintenance

	Текущее	Лучшее
Итерация:	недопуст.	недопуст.
Функционал:	↓	?
Параметры		
helicopterCost	?	?
truckCost	?	?
numberOfTrucks	?	?
numberOfHelicopters	?	?
Копировать лучшее решение в буфер		<input type="button" value="copy"/>

❷ Вы увидите заданный по умолчанию для эксперимента интерфейс

Здесь будут отображаться текущие значения параметров и набор значений, при котором найдено наилучшее значение функционала



График, который будет отображать ход оптимизации



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 6

Свойства X

Optimization - Оптимизационный эксперимент

▼ Параметры

Параметры:

Параметр	Тип	Значение			
		Мин.	Макс.	Шаг	Нач.
helicopterCost	фиксированный	2000			
truckCost	фиксированный	400			
numberOfTrucks	int	0	10	1	
number...opters	int	0	10	1	

► Модельное время

► Ограничения

▼ Требования

Требования (проверяются после "прогона" для определения того, допустимо ли найденное решение):

Вкл.	Выражение	Тип	Граница
<input checked="" type="checkbox"/>	root.statistics.mean()	>=	0.8

❶ Откройте секцию свойств **Требования**, и задайте оптимизационное требование: мы хотим, чтобы в среднем работоспособными были не менее 80 процентов турбин



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 7

1 Проверьте, что оба эксперимента – и простой, и оптимизационный, моделируют один календарный год

Свойства

Optimization - Оптимизационный эксперимент

Модельное время

☒ Использовать календарь

Остановить: В заданную дату

Начальное время: 0 Конечное время: 3624

Начальная дата: 01/01/2015 Конечная дата: 01/06/2015

00:00:00 00:00:00

Дополнительные условия остановки оптимизации:

Вкл.	Выражение

AnyLogic позволяет задать дополнительные условия останова



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 8

❶ Поскольку наша модель стохастична, результаты одного ее прогона могут быть нерепрезентативны. Поэтому будем для каждого набора значений параметров запускать модель несколько раз (проводить несколько репликаций для каждой итерации). В качестве результата каждой итерации будем принимать среднее значение результатов репликаций.

Свойства X

Optimization - Оптимизация

- Ограничения
- Требования
- Случайность
- Репликации

☒ Использовать репликации

☒ Фиксированное количество репликаций

Кол-во репликаций за итерацию: 5

☐ Переменное кол-во репликаций (Останов после выполнения минимального кол-ва репликаций, при д

Минимальное кол-во репликаций: 2

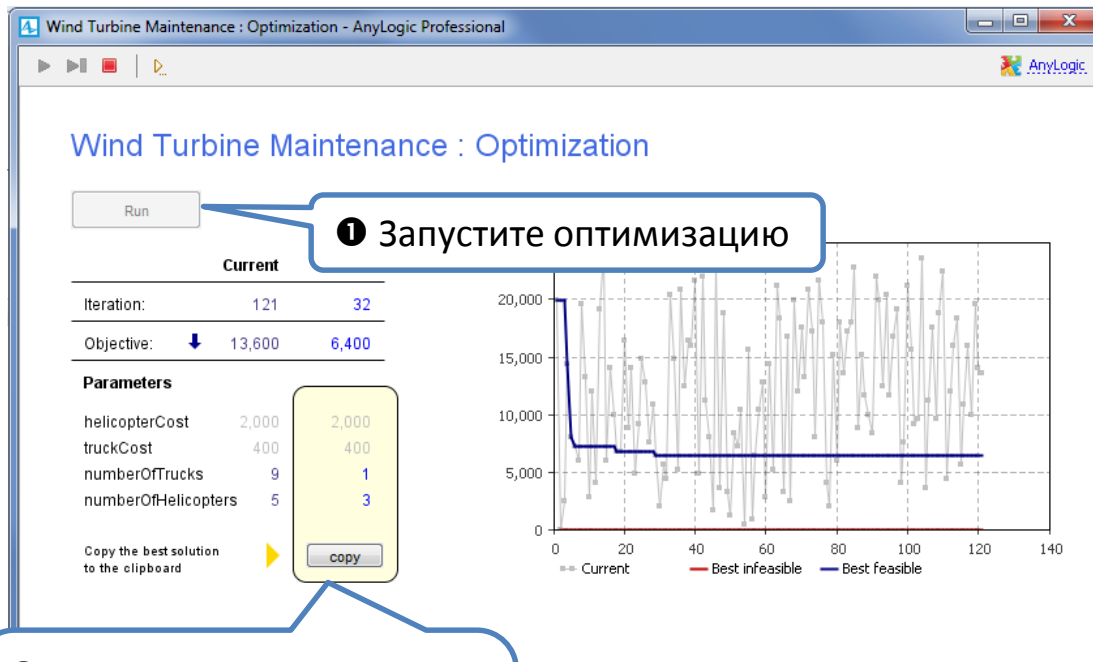
Максимальное кол-во репликаций: 10

Доверительная вероятность: 80%

Относительный уровень ошибки: 0.5



Обслуживание турбин. Фаза 2. Шаг 9



2 Когда выполнение эксперимента закончится, скопируйте найденное оптимальное решение

3 Вставьте скопированные значения параметров в простой эксперимент

Свойства

Simulation - Простой эксперимент

Параметры

helicopterCost:	=	2000
truckCost:	=	400
numberOfTrucks:	=	3
numberOfHelicopters:	=	1

Вставить из буфера



