

# Анализ результатов моделирования

## ANOVA.GPS

# Постановка задачи

Процедура ANOVA реализует метод дисперсионного анализа статистических результатов моделирования.

Тестовая модель — парикмахерская.

Задача исследования — сравнить 2 варианта обслуживания клиентов для выявления степени зависимости времени ожидания от скорости обслуживания:

вариант (а) среднее время обслуживания = 6,8 мин

вариант (б) среднее время обслуживания = 5 мин

Критерий качества — время ожидания клиентами начала обслуживания

# Постановка задачи

В постановке эксперимента на модели:

главный экспериментальный фактор — Cut\_Time

уровней фактора — 2 /варианта значения Cut\_Time/

количество прогонов (реплик) — 3 /повтора при разных потоках случайностей через настройку RMULT/

исследуемый критерий (характеристика) — QT\$Barber

применяется метод дисперсионного анализа (ANOVA)

# Выполнение эксперимента

В среде GPSS Studio :

- открыть файл модели `anova.gps`
- открыть файл управления экспериментом `ctlanova.txt`
- подготовить модель к запуску (Начать моделирование)
- выполнить команду **Моделирование - Custom...**
- в командном окне написать команду `INCLUDE "ctlanova.txt"`
- после завершения всех прогонов выполнить команду **Моделирование - SHOW...** и вписать `ANOVA(Results,2,1)`
- результаты расчета отобразятся в журнале и стандартный отчет не формируется

*библиотечная функция GPSS World*

**ANOVA** (матрица, индекс для реплик, уровень взаимодействий)  
*реализует метод дисперсионного анализа*

# Однофакторный дисперсионный анализ

ONEWAY.GPS

# Постановка задачи

Эксперимент разработан для изучения модели телефонной службы «горячей линии» с целью оценки влияния количества операторов на качество обслуживания при помощи процедуры дисперсионного анализа ANOVA.

экспериментальный фактор – размер STORAGE Sets

критерий качества – TB\$Transit

В эксперименте предполагается выполнение модели для четырех уровней значения фактора (STORAGE Sets 1 ... -...STORAGE Sets 4) с тремя репликами на каждом уровне.

# Проведение эксперимента

В среде **GPSS Studio** :

- открыть файл модели **oneway.gps**
- прочитать скрипт управления экспериментом:
  - в скрипте объявляется массив (матрица) для результатов **MainResult** размерности 4x3 (*обязательный элемент эксперимента*)
  - в скрипте используется файл для записи результатов **Result.txt** (*необязательный элемент*)
- подготовить модель к запуску (Начать моделирование)

# Проведение эксперимента

- выполните команду **Моделирование – CONDUCT** в виде `CONDUCT BestLines(1,4,1)`
- после завершения всех прогонов в скрипте выполняется команда `ANOVA(MainResults,2,1)`
- результаты ее расчёта отобразятся в журнале
- выведите в журнал командой **SHOW** значения `tb$MainResult_Residuals` и `td$MainResult_Residuals`
- ознакомьтесь в описании команды **TABLE** (из контекстного меню вызвать [Описание оператора]) с ее использованием в процедуре `ANOVA`



# Многофакторный дисперсионный анализ

MULTIWAY.GPS

# Постановка задачи

Эксперимент разработан для проверки предположения зависимости результата от изменений двух факторов методом дисперсионного анализа матрицы результатов.

В среде **GPSS Studio** :

- откройте файл модели **multiway.gps**
- в этом примере модели нет, результат просто присваивается в ячейки массива!
- в этом примере предполагается, что фактор 1 изменялся на 3х уровнях, фактор 2 – на 4х уровнях, и было получено по 3 реплики каждого варианта

# Постановка задачи

В среде **GPSS Studio** для запуска этого примера выполните команду **SHOW (FillMatrix())** и затем **SHOW ANOVA(MainResult,3,2)**

Для рассмотрения состояния матрицы **MainResult** можно воспользоваться доступом к окнам модельной среды: меню Моделирование – Окна, переключение из свернутого состояния модельной среды, и в ней меню Окна – Оперативные окна – Матрицы ( в нем поочередно открыть два разных сечения матрицы MainResult).

Для таблицы остатков выполните команду меню Окна –Оперативные окна –Таблицы для **MainResult\_Residuals**

Отсеивающий эксперимент

EXPERETHER.GPS

# Постановка задачи

Эксперимент разработан для определения наиболее значимых параметров для выбранного критерия.

Тестовая модель — сегмент ЛВС Ethernet с общей шиной (10 Мбит коаксиал). Задача — найти факторы, наиболее влияющие на производительность сегмента локальной сети. Критерием качества системы является время передачи пакета от отправителя до получателя.

В постановке эксперимента в примере используется:  
экспериментальные факторы — Intermessage\_Time,  
Node\_Count, Min\_Msg, Max\_Msg, Fraction\_Msgs  
исследуемый критерий — QT\$Global\_Delays  
количество прогонов — 16

# Проведение эксперимента

В среде **GPSS World** (Нужен *"GPSS World Student.exe"*):

- откройте файл модели **experether.gps**
- добавьте в модель скрипт эксперимента с помощью генератора через меню Edit / Insert Experiment / Screening...
- для этого примера параметры уже настроены
- в скрипте предусмотрена матрица результатов **ScreenEthernet\_Results** размерностью (2x2x2x2x2)
- в скрипте для анализа результатов применяется модифицированный вариант функции ANOVA

# Проведение эксперимента

В среде **GPSS World**:

- для запуска эксперимента надо выполнить через меню Command / CONDUCT ScreenEthernet()
- в журнале будет результат статистического анализа
- в меню Window / Simulation window / Matrix window можно посмотреть собранный результат
- в меню Window / Simulation window / Table window можно посмотреть состояние таблиц

Подробнее можно прочитать в Руководстве Пользователя «Глава 13 – Эксперименты» (открывается в среде GPSS Studio)

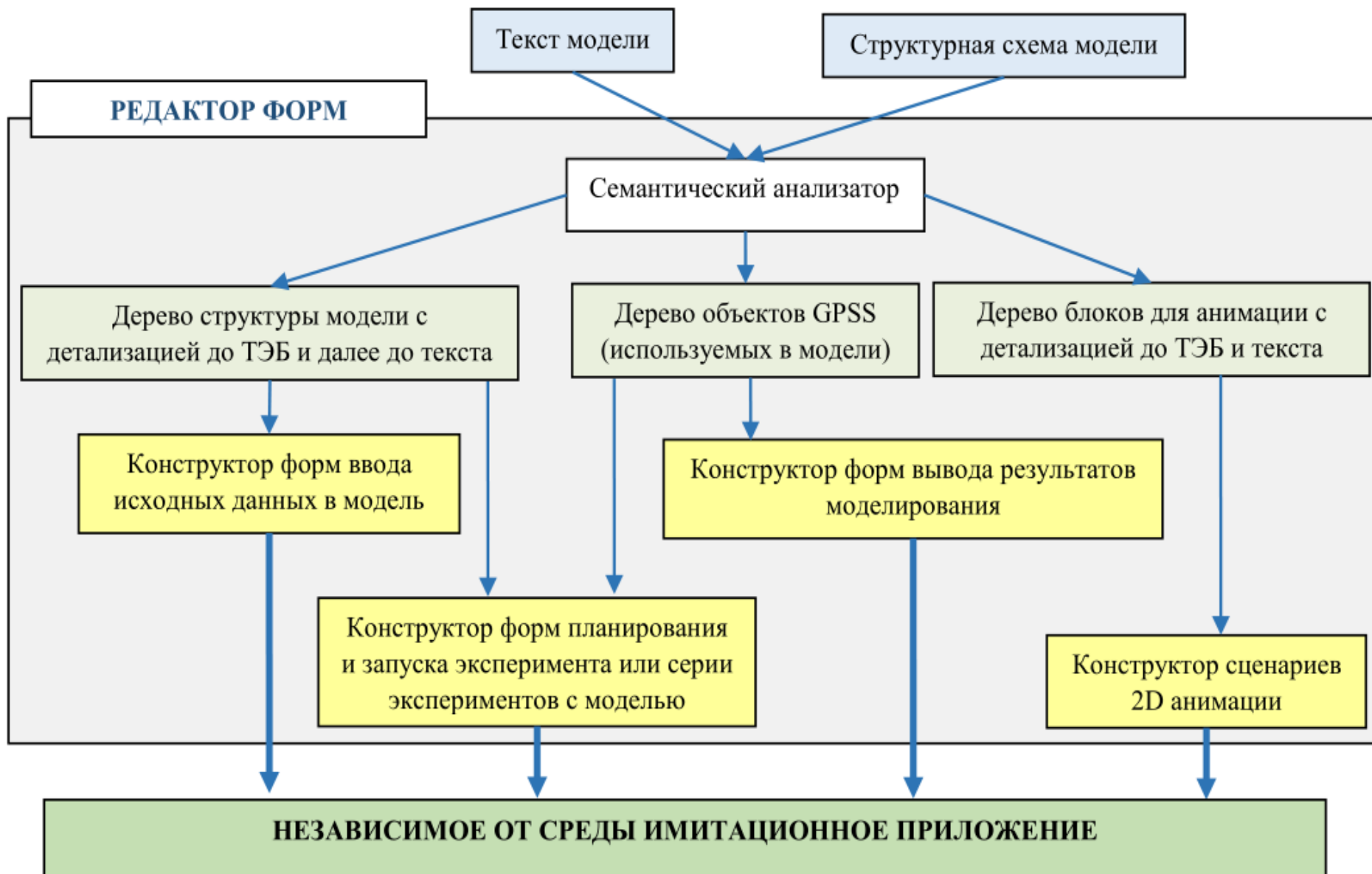
# Эксперименты в GPSS Studio



Имитационное приложение – это программа, в которой пользователь с помощью удобных и понятных диалогов может проводить имитационное исследование:

- ❖ Вводить разные исходные данные в модель;
- ❖ Организовать и реализовывать эксперименты с созданной моделью;
- ❖ Создать и использовать единую базу исходных данных и результатов моделирования;
- ❖ Провести оперативный анализ и документирование результатов моделирования.

Основное предназначение имитационного приложения - проведение экспериментов с моделью. Исследователь может «заглянуть в будущее» своей системы и с помощью модели получать ответы на вопросы в виде: «А что будет с системой, если ...?».



Базисом для создания диалоговых форм ввода и вывода в имитационном приложении является исходный текст модели на GPSS World. Вся связь модели и приложения опирается на исходный текст с конкретными номерами строк и полями операндов в этих строках.

Исходный текст модели после начала создания форм ввода и вывода не должен изменяться! Любое изменение исходного текста приводит к необходимости проведения корректировки связывания модели и диалоговых секций ввода-вывода для ранее созданной формы.

Наличие отлаженной модели является необходимым условием разработки имитационного приложения.

Создаем проект. Добавляем разработанную отлаженную модель . Вызов редактора форм при работе с моделью может быть осуществлен двумя способами.

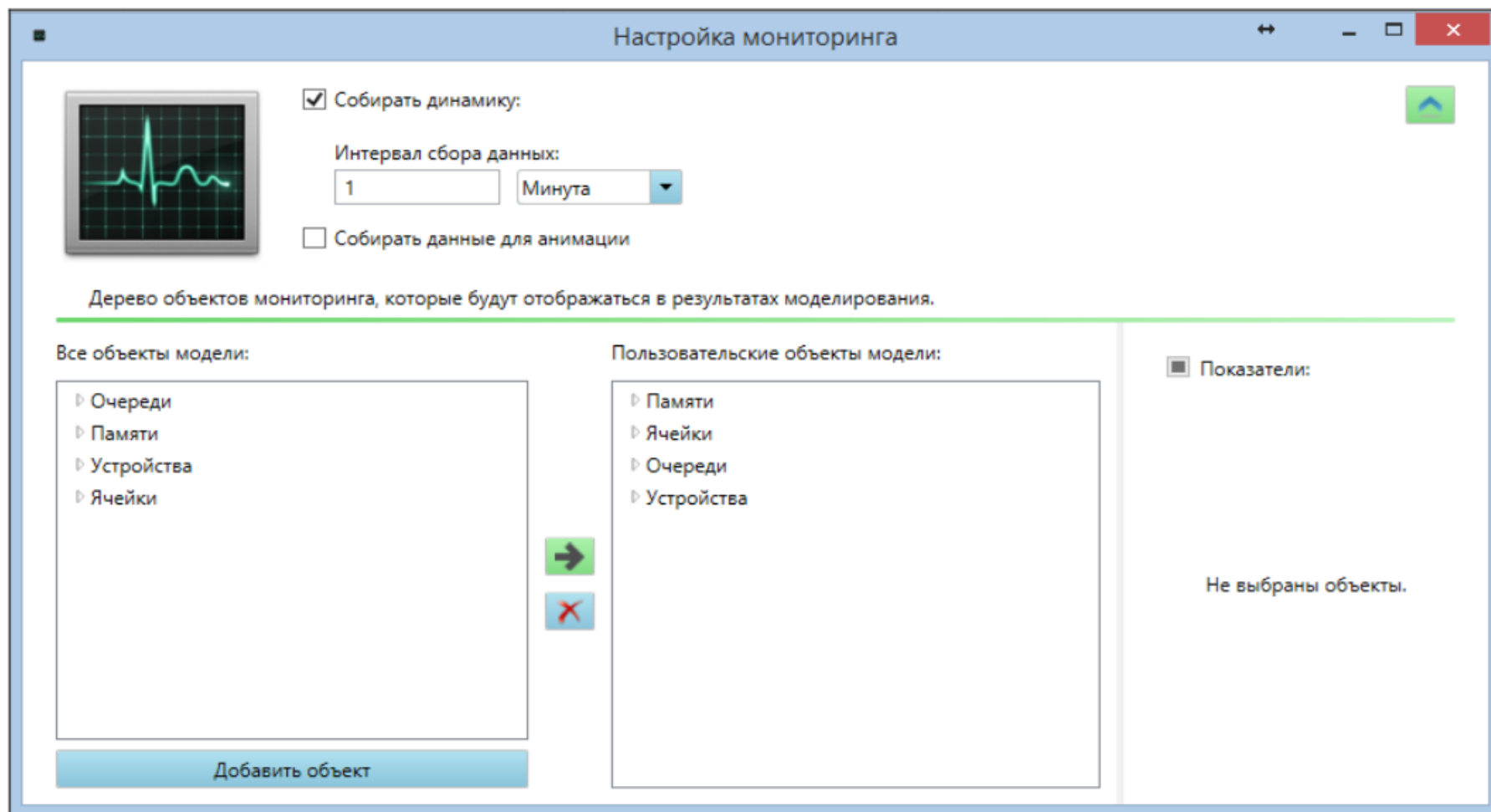
**1)** выбором мышью в дереве текущего проекта строки с названием конкретной модели и последующем щелчке по правой кнопке мыши для вызова контекстного меню.

**2)** выбором мышью в дереве текущего проекта для конкретной модели строки с названием «Формы» и последующем щелчке при нажатой правой кнопки мыши. В результате будет выведено контекстное меню, содержащее только одну команду – Создать форму.

После выбора команды «Создать форму» будет выведено окно с диалогом, в котором нужно задать имя формы и подтвердить создание формы по кнопке «Создать».

Использование окна GPSS STUDIO «Настройка мониторинга» нужно для сбора данных с целью последующего анализа.

Вызов этого окна осуществляется с помощью команды из панели инструментов вкладки «Формы» редактора «Настройка мониторинга».



Первоначально все СЧА модели отключены от мониторинга. Поэтому, необходимо сначала выбрать те СЧА, за которыми пользователь будет наблюдать в процессе моделирования. Это осуществляется с помощью установки флага в соответствующей секции выбора слева от названия СЧА. Если же пользователь хочет выбрать все СЧА, то можно установить общий флаг перед строкой – «Показатели».

Если необходимо выводить интегральные показатели, например, пропускная способность, производительность труда и т.д., то для ввода формулы вычисления таких показателей используйте команду – «Добавить объект».

При разработке формы «**Динамика хода эксперимента**» пользователь может использовать 3 принципа конструирования сценария вывода результатов и 3 различных вида метрики показателей:

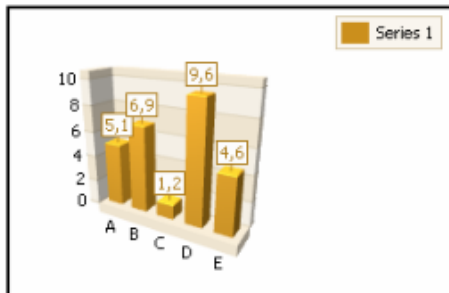
- **Графики.** Графическое представление показателей в виде интервальных метрик - графиков, гистограмм, круговых диаграмм.

- **Комбинация условных графических схем.** Они приближены к представлению наиболее важных частей системы. Схема сочетается с выводом окон, отображающих динамически изменяющиеся значения параметров, связанных с этими частями системы.

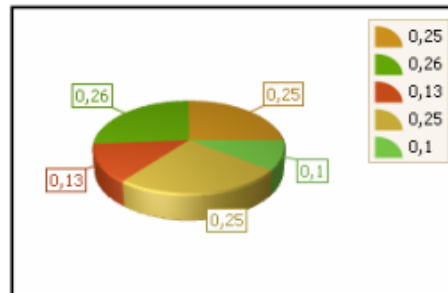
- **Выделение цветом.** Вывод значений некоторых показателей в виде условных графических прямоугольников с изменением цвета.

Отображение этих частей в зависимости от изменений показателя меняется в некотором диапазоне.

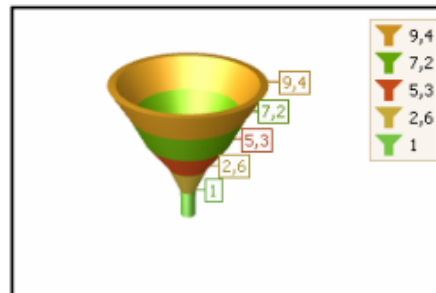
# Варианты графиков динамики



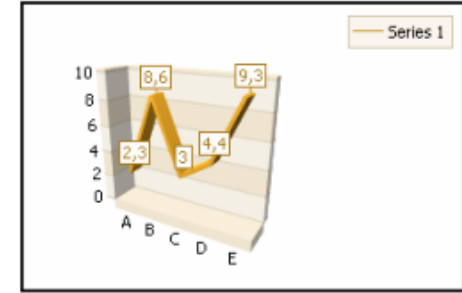
Обычная гистограмма



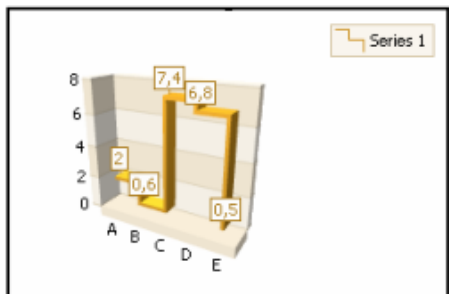
Круговая диаграмма



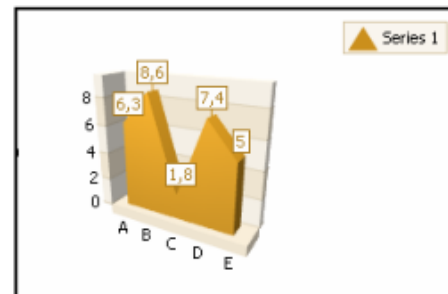
Воронка



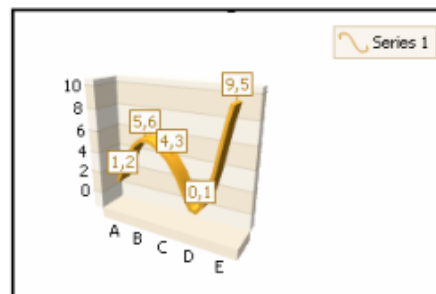
Простой линейный график



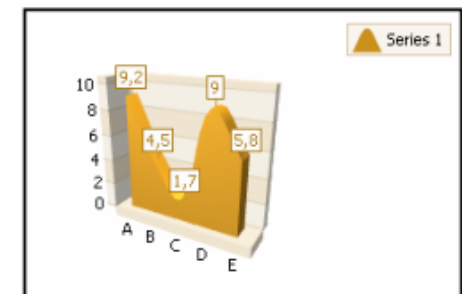
Ступенчатый пошаговый график



С выделенной областью под графиком



Сглаженный сплайн график



С выделенной областью под сплайн графиком



В завершении настройки на панели инструментов вкладки «Формы» редактора форм можно выбрать команду «**Планирование экспериментов**».

Вкладка «**Факторы**» содержит перечень факторов, которые будут участвовать в экспериментах в процессе исследования. Это те параметры модели, которые меняются в серии по сформулированному пользователем плану, при этом остальные параметры модели останутся неизменными.

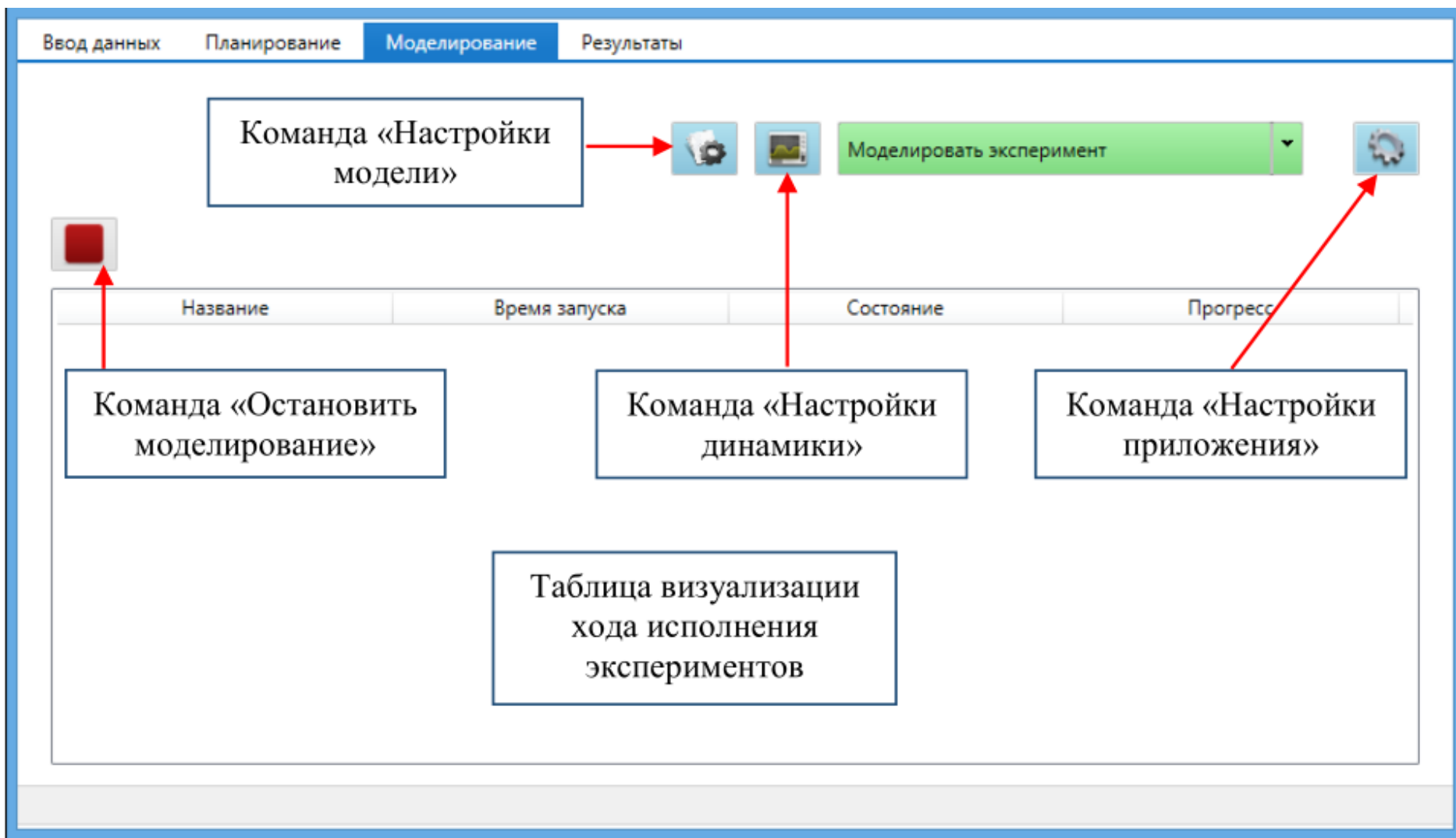
Вкладка «**Целевые показатели**» определяет перечень показателей, на которые оказывает влияние изменение факторов и это влияние надо анализировать при проведении серии. В сравнении показателей будут участвовать значения этих показателей по результатам каждого эксперимента серии. Тогда можно выявить зависимость каждого показателя от изменения всех факторов, участвующих в эксперименте.

Выполнить форму планирования экспериментов можно на вкладке «Формы» по команде «**Проверить форму**».

Вкладка «**Моделирование**» предназначена для запуска одиночных или серий экспериментов, а также проведения дополнительных настроек модели, объектов и алгоритмов мониторинга, а также настроек, связанных с доступом к моделирующему ядру среды.

Вкладка «**Результаты**» позволяет работать с базой данных результатов моделирования, как с результатами одиночных экспериментов, так и с результатами серий. В проекте доступны текущие результаты и сохраненные результаты из проведенных ранее экспериментов.

Вкладка «Моделирование» предназначена для запуска эксперимента.



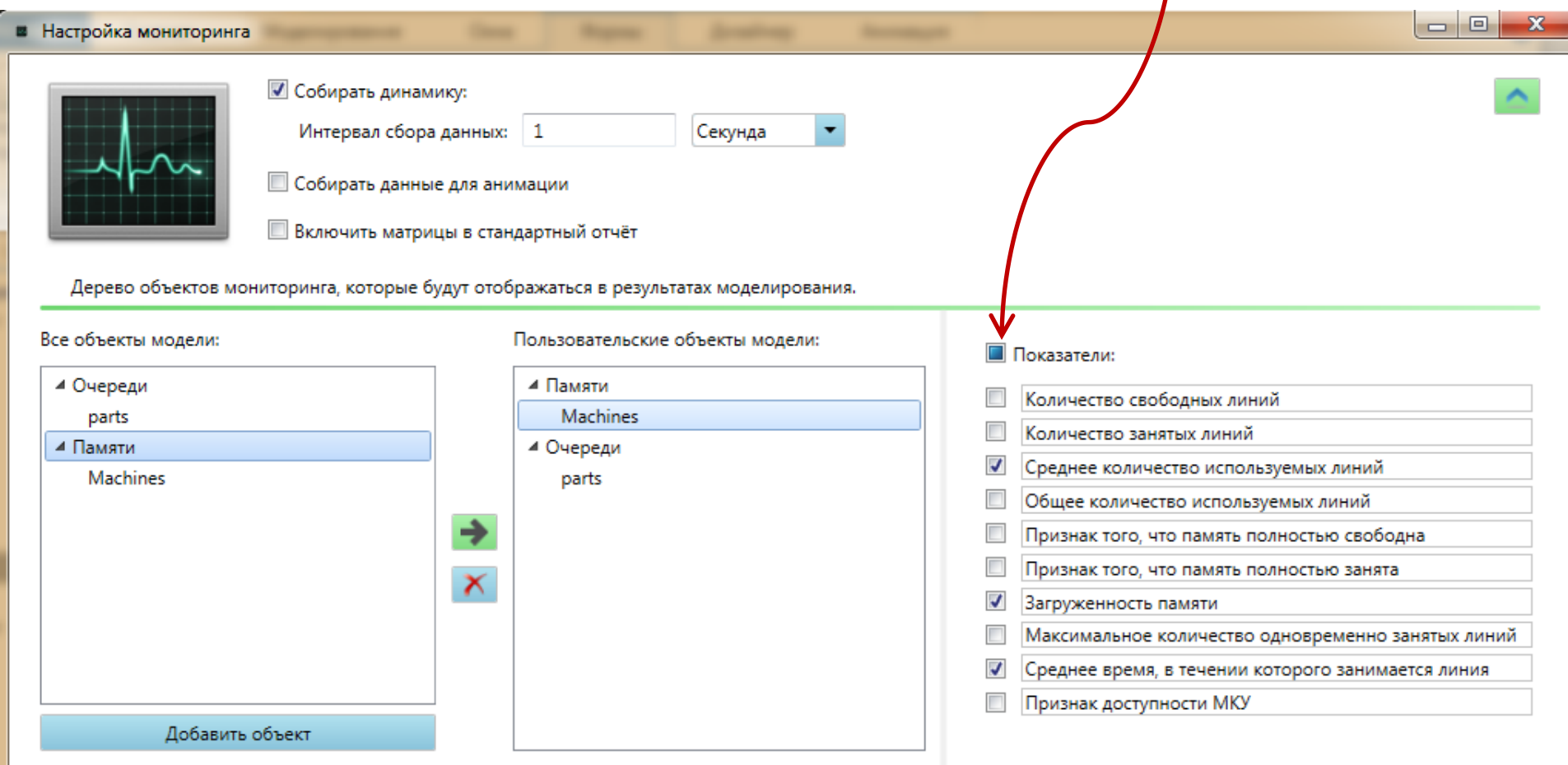
# Постановка задачи

Рассмотрим, например, такую модель – описание процесса изготовления деталей  $_N_$  работников с использованием  $_K_$  станков.

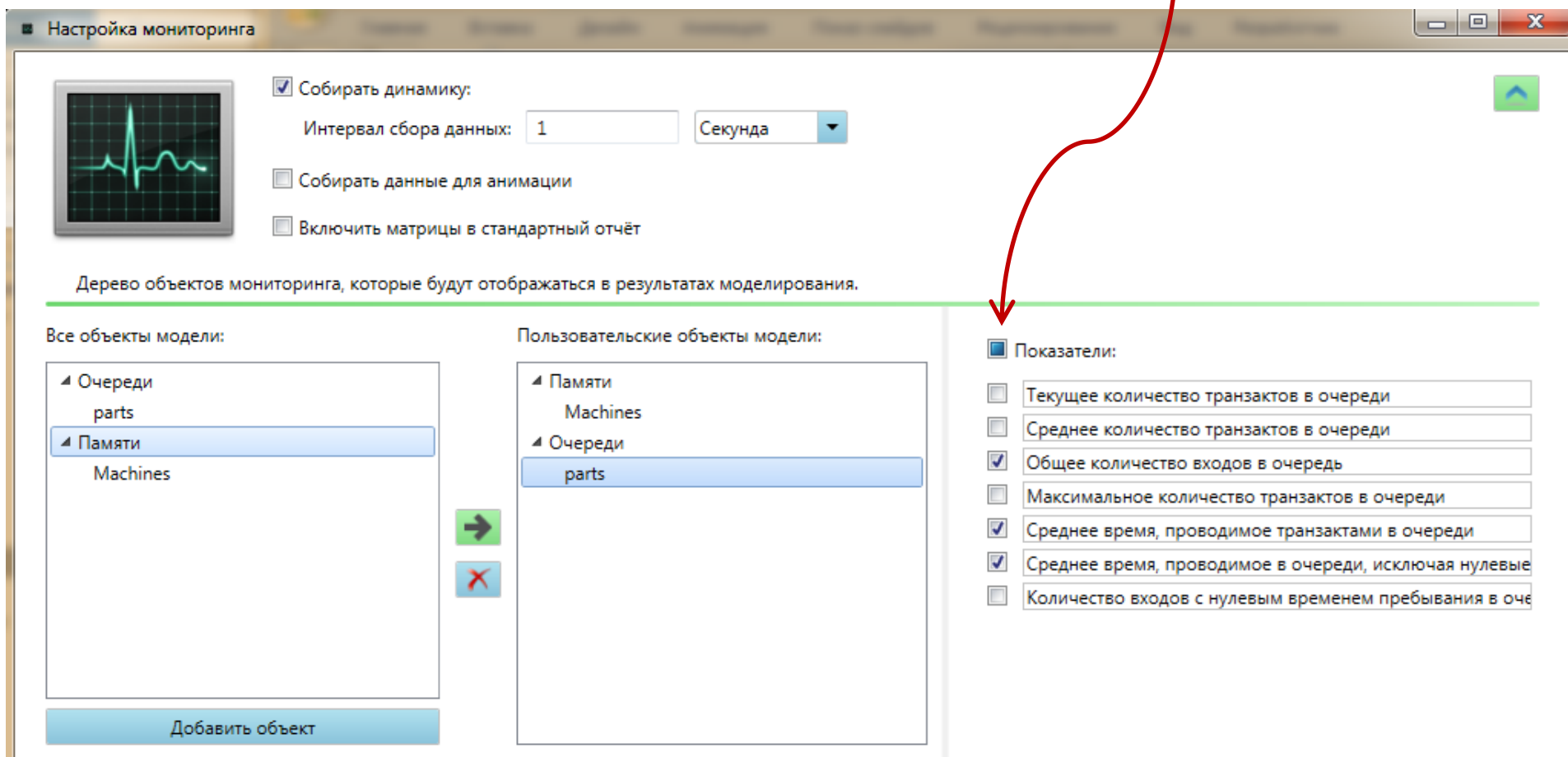
Создайте новый проект и в модель введите текст программы:

```
NWorkers EQU 2 ; количество рабочих
Machines Storage 1 ; количество станков
Wtime QTABLE parts,1,5,20
    GENERATE ,,,NWorkers ; транзакты это рабочие
Iter QUEUE parts
    ADVANCE 20,8 ; рабочий собирает изделие
    ENTER Machines ; используется станок
    ADVANCE 15,5 ; время работы станка
    LEAVE Machines ; освобождается станок
    DEPART parts
Out TRANSFER ,Iter ; новая сборка изделия
    GENERATE (60#8#5) ; 60 мин x 8 часов x 5 дней
    TERMINATE 1
```

На вкладке «Настройка мониторинга» нужно выполнить настройку собираемых в модели данных. Здесь нужно настроить для нашего примера, например, так :

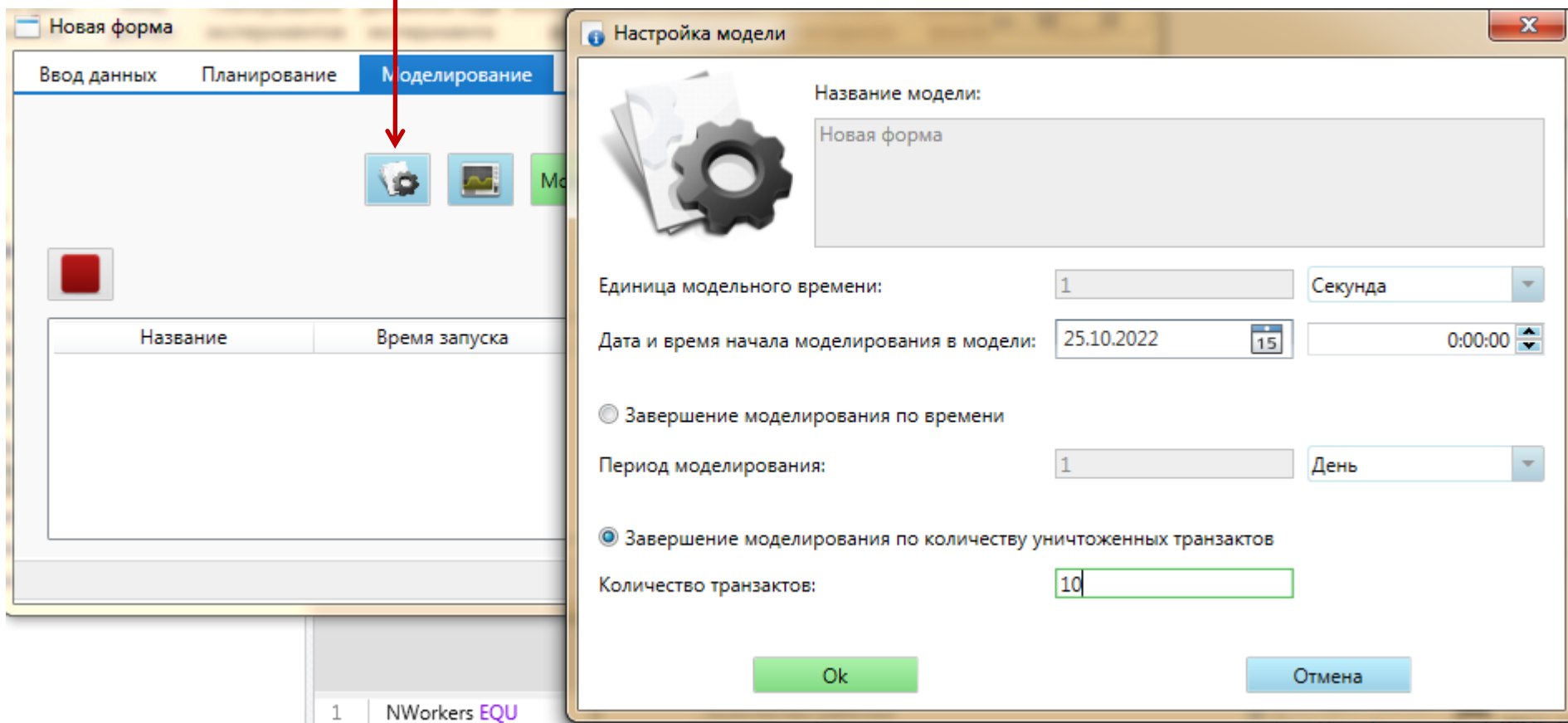


На вкладке «Настройка мониторинга» нужно выполнить настройку собираемых в модели данных. Здесь нужно настроить для нашего примера еще и для очереди:

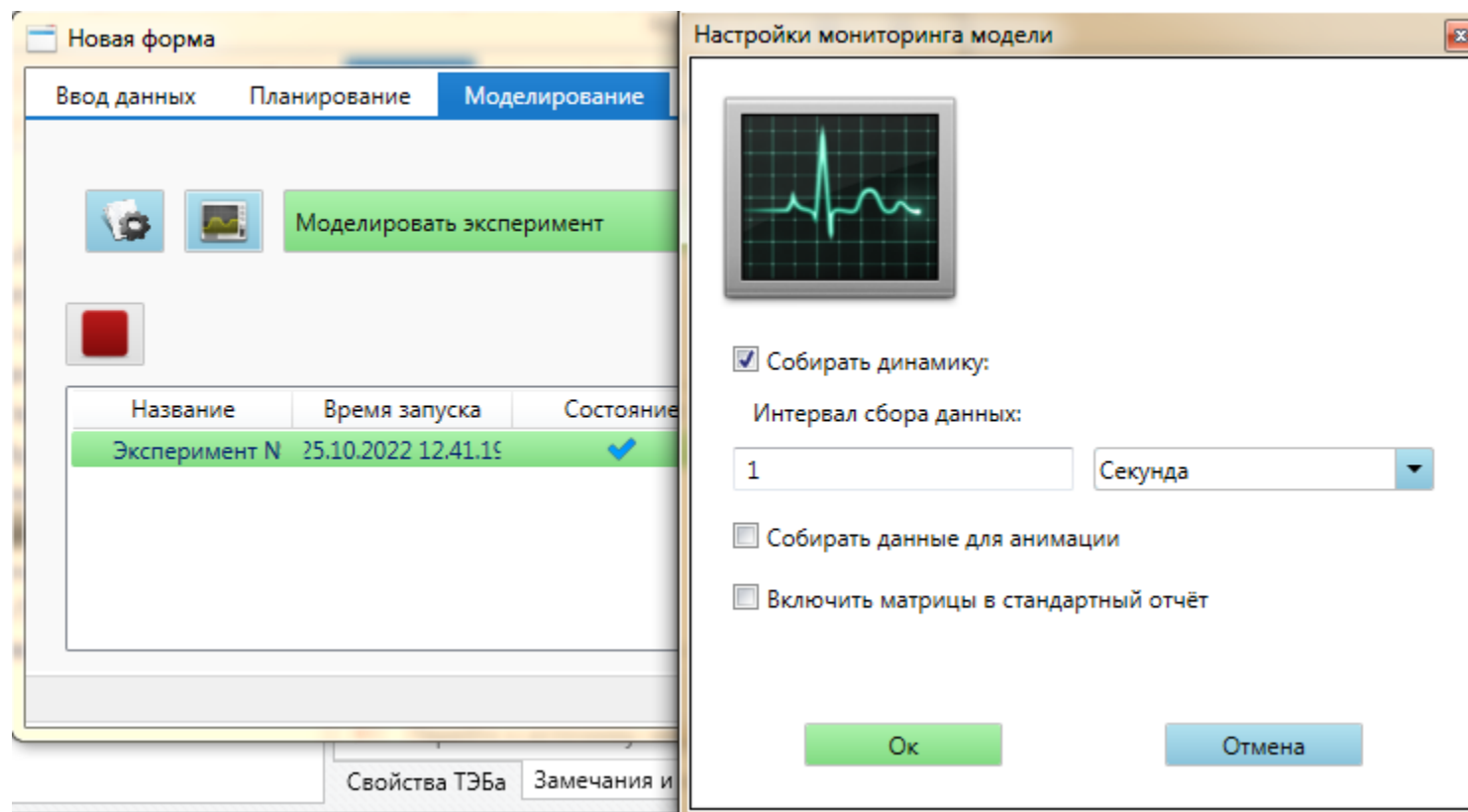


На вкладке «Моделирование» перед запуском эксперимента нужно выполнить настройку модельного прогона по кнопке с шестеренкой.

Здесь нужно настроить способ завершения – для нашего примера так :



На вкладке «Моделирование» перед запуском эксперимента нужно также проверить настройку мониторинга модели по кнопке с дисплеем. Здесь нужно настроить вариант сбора данных – для нашего примера так :





# Результаты одиночного эксперимента

