

***Дисциплина***

*Математическое моделирование  
объектов и систем управления*

Изучение модели  
«Система М/М/1»  
в среде Rockwell Arena

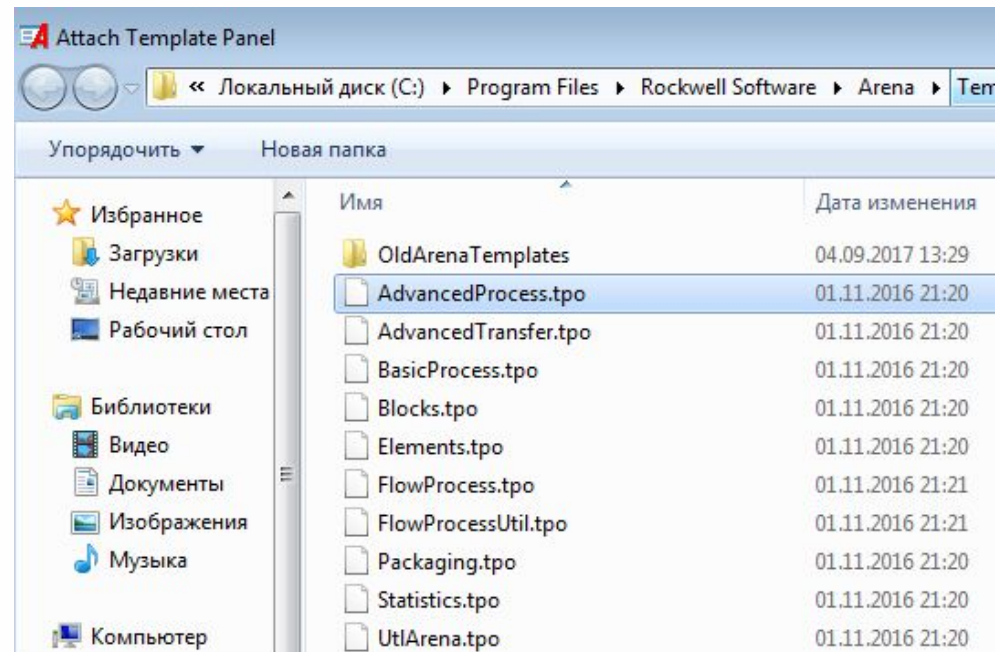
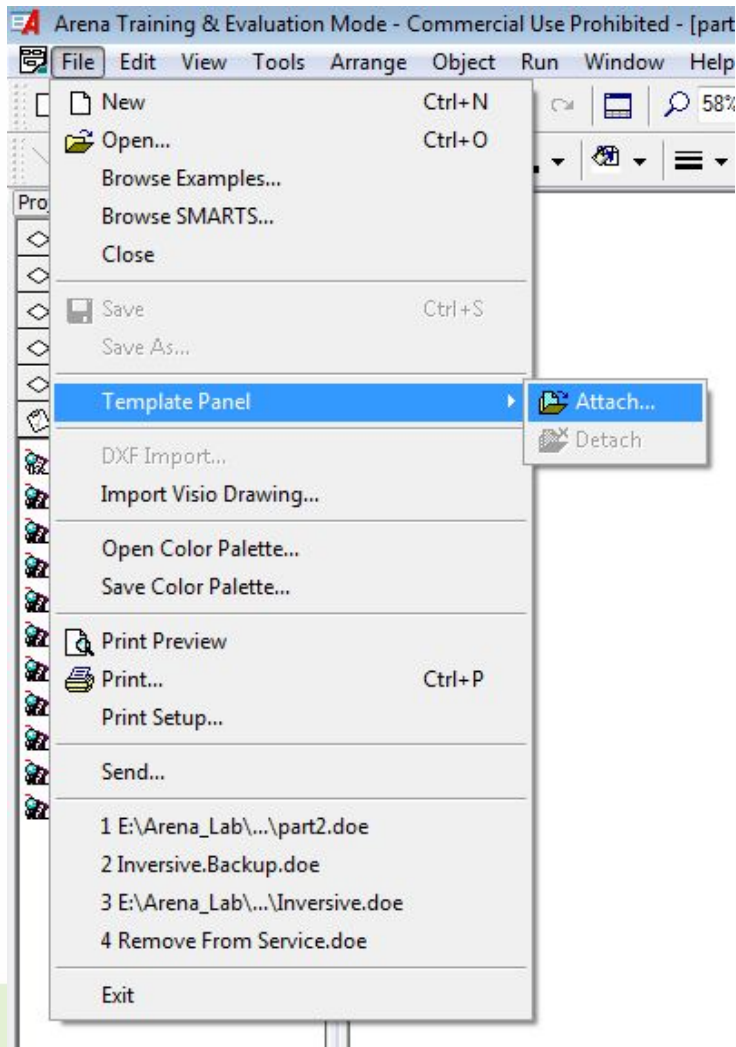
*Ассистент каф. АиКС ИК ТПУ*

*Владимир Андреевич Фаерман*

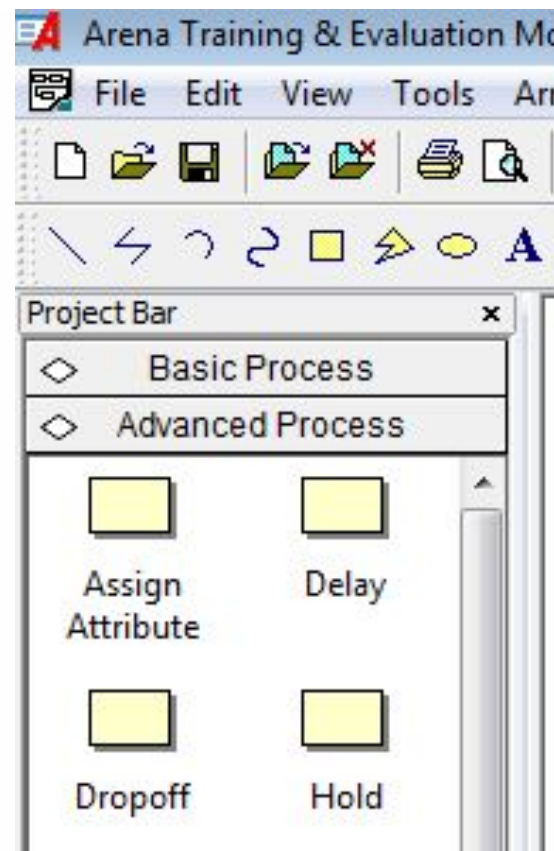
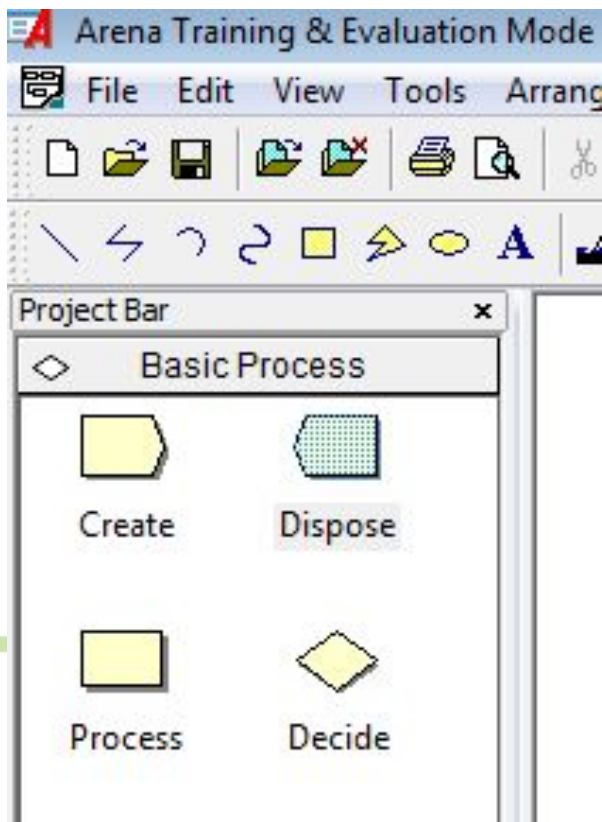
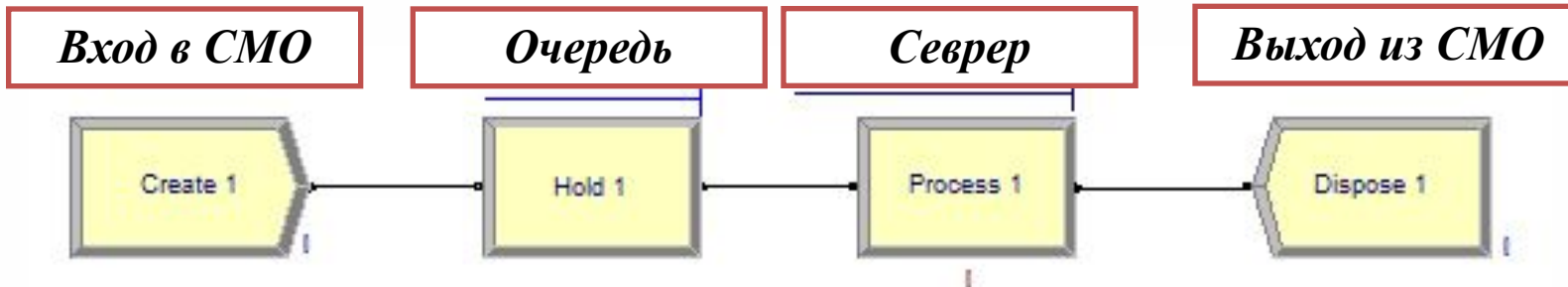


# Advanced Processes

Для того, чтобы иметь доступ ко всем необходимым блокам – нужно подключить дополнительную палитру



# Система М/М/1



# Блок Create

The screenshot shows a 'Create' dialog box with the following settings:

- Name: Create 1
- Entity Type: Entity 1
- Time Between Arrivals:
  - Type: Random (Expo)
  - Value: 100
  - Units: Seconds
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0

*Create* – генерирует заявки, которые поступают на сервер (на обработку) или в очередь.

*Time Between Arrivals* – время между двумя генерируемыми блоком заявки. *Random (Expo)* – экспоненциально распределенное случайное время с математическим ожиданием 100 (поле *Value*).

# Блок Process

The screenshot shows the 'Process' configuration dialog box. It has several sections: 'Name' (Process 1), 'Type' (Standard), 'Logic' (Action: Seize Delay Release, Priority: Medium(2)), 'Resources' (Resource\_Resource 1, 1), 'Delay Type' (Expression), 'Units' (Seconds), 'Allocation' (Value Added), 'Expression' (EXPO (90)), and a checked 'Report Statistics' checkbox. Buttons for 'Add...', 'Edit...', 'Delete', 'OK', 'Cancel', and 'Help' are also visible.

## *Изменяемые параметры*

*Delay Type* – настройки времени на которое сущность задержится в блоке.

*Expression* – задать время выражением.

*EXPO (90)* – случайная величина распределенная экспоненциально с математическим ожиданием 90.

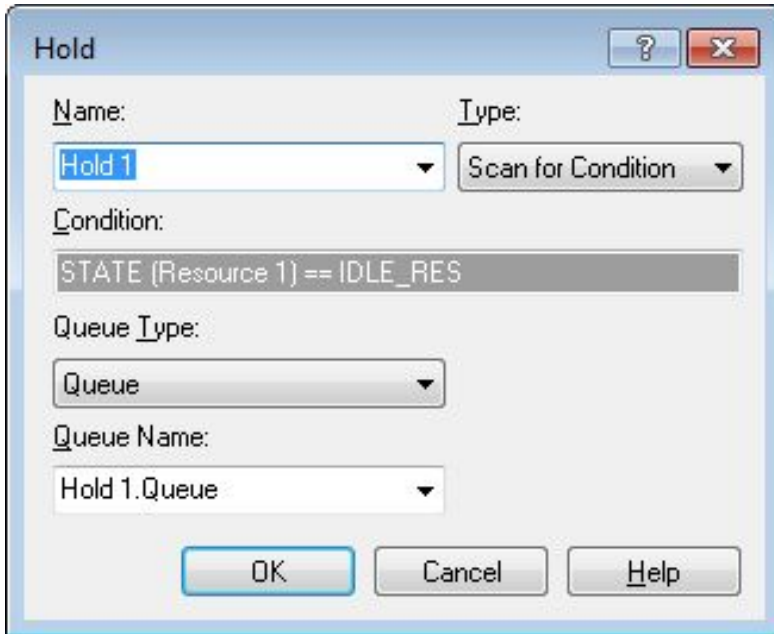
*Process* – обрабатывает заявки (моделирует сервер).

## *Неизменяемые параметры*

*Action* – *Seize Delay Release*.

*Resources* – Name: Resource 1, Units to seize/release: 1.

# Блок Hold



Hold

Name:  Type:

Condition:

Queue Type:

Queue Name:

*Hold* – удерживает заявки до выполнения условия «ресурс (то есть сервер) свободен». Моделирует очередь.

*Type* – тип условия, при котором блок отпустит удерживаемые им сущности. *Scan for Condition* – отпустить сущности при выполнении условия.

Условие: *STATE (Resource 1) == IDLE\_RES* – в случае, если состояние названного ресурса (Resource 1, в данном случае) – ожидание заявки (*IDLE\_RES* – название свободного состояния в среде Arena).



## *Интерфейс управления моделированием*

***Go*** – запустить моделирование.

***Step*** – пошаговое моделирование (переход к следующему событию).

***Fast-forward*** - запустить моделирование (максимальная скорость, без графической отрисовки).

***Pause*** – остановить моделирование.

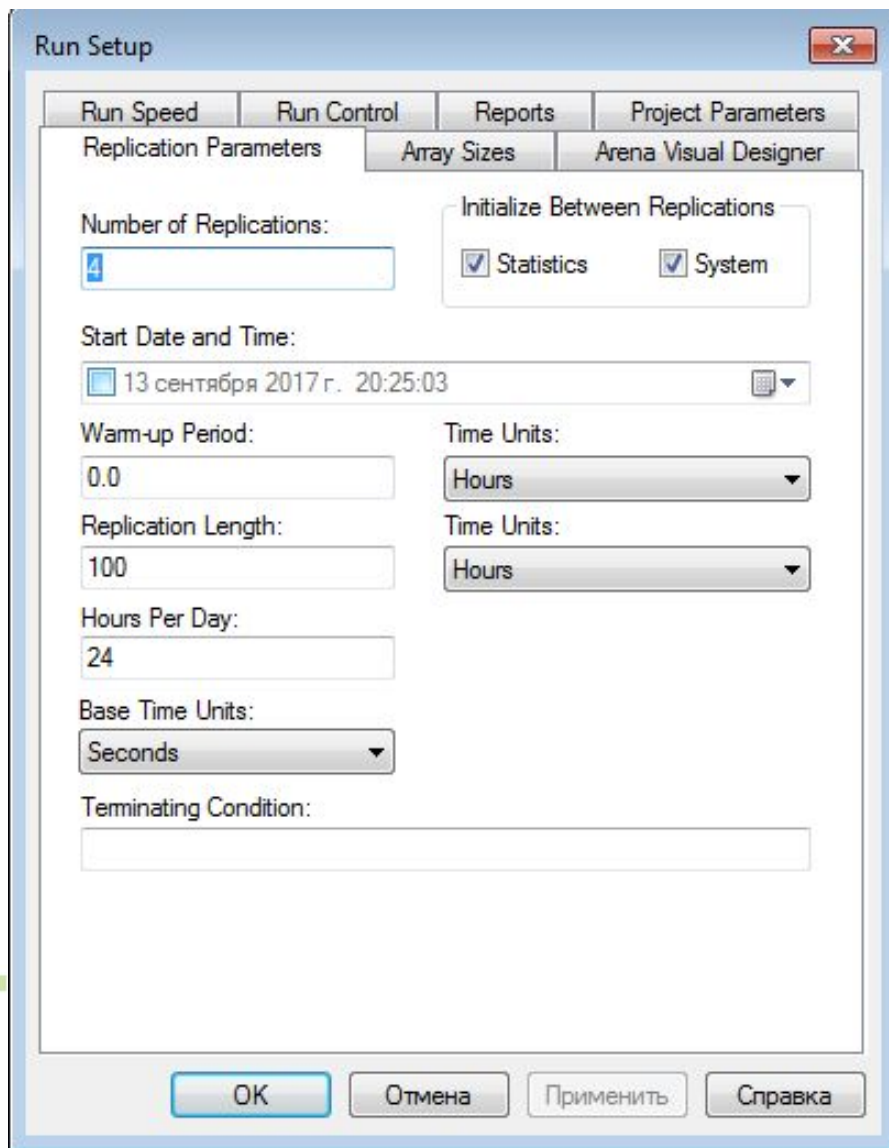
***Start Over*** – перейти к предшествующему событию.

***Stop*** – закончить моделирование.

Чтобы вносить изменения в модель необходимо закончить моделирование.



# Параметры модели



***Number of Replications*** – количество повторений эксперимента с моделью.

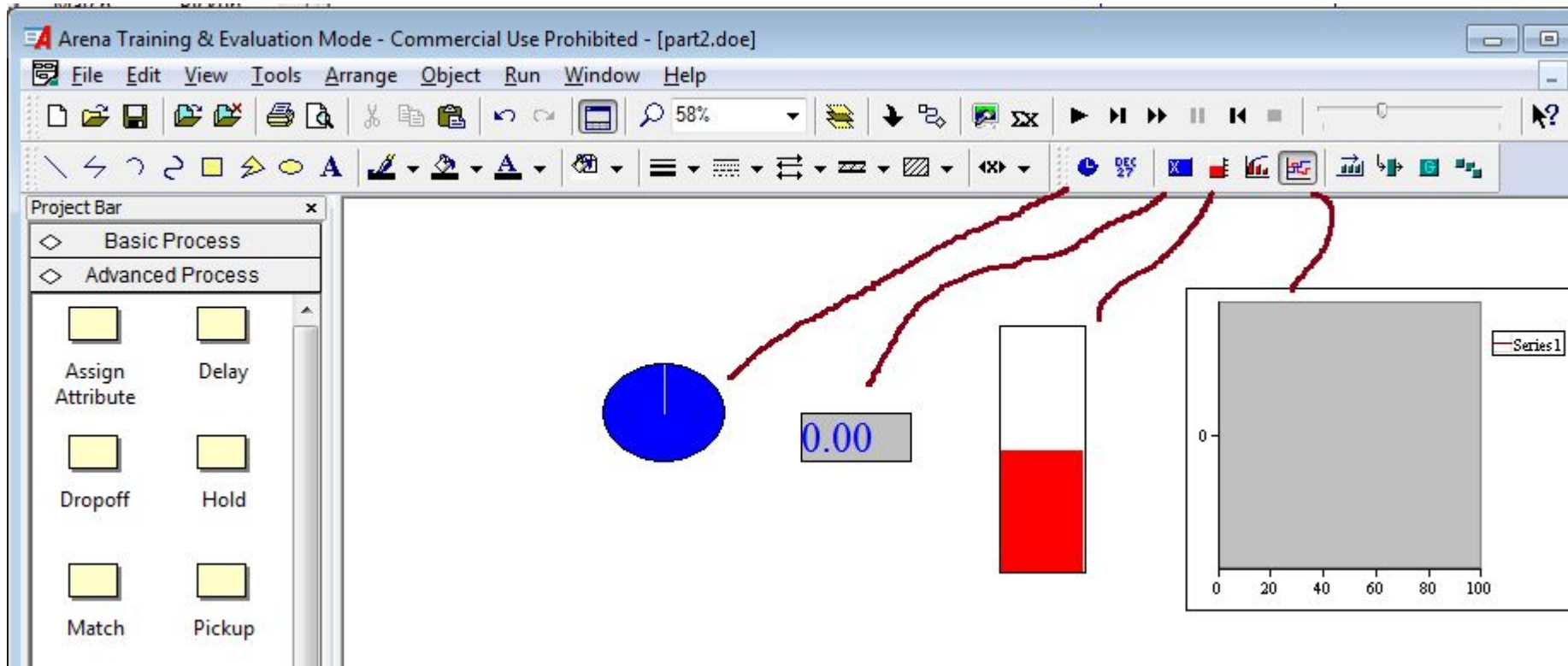
***Replication Length*** – продолжительность прогона модели.

***Warm Up Period*** – период «разогрева» - работы системы без сбора статистики (не используем).

***Base Time Unit*** – основная единица измерения времени. Используем секунды.



# Графические элементы



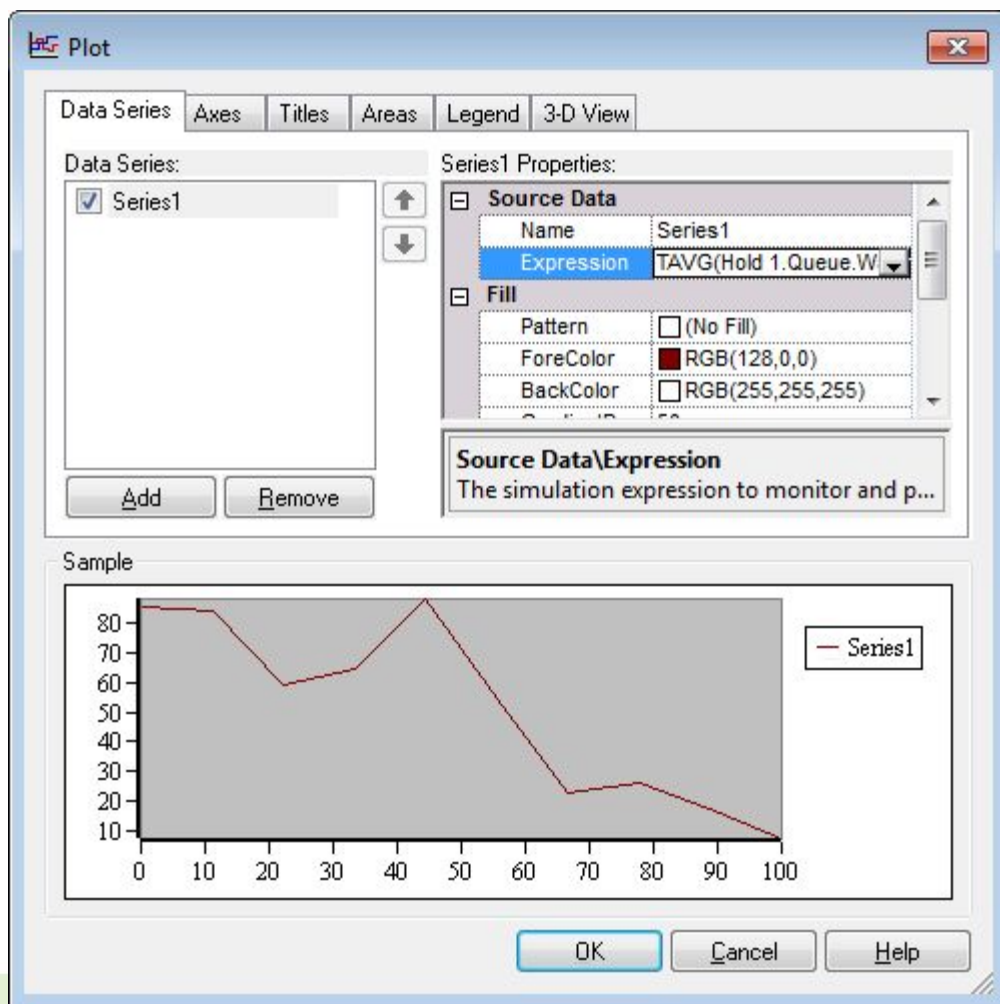
***Clock*** – часы для отображения модельного времени.

***Variable*** – индикатор для отображения числового значения заданной величины.

***Level*** – графический индикатор уровня заданной величины.

***Plot*** – график изменения заданной величины.

# Графики в Arena



**Expression** – выражение, в соответствии с которым строится кривая (можно использовать *Expression Builder*).

**Name** – имя кривой (отображается в легенде).

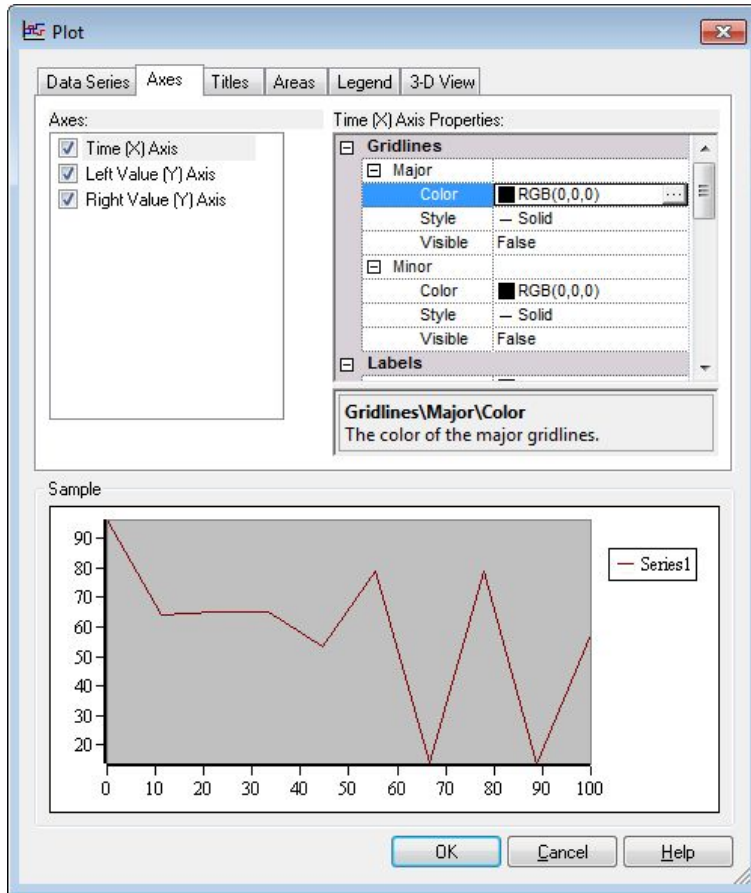
**Data Series** – вкладка, в которых задаются кривые.

**Axes** – настройка осей.

**Остальные вкладки** – кастомизация полотна и легенды.

Кнопка **Add** (вкладка *Data Series*) – добавить кривую.

# Настройка осей

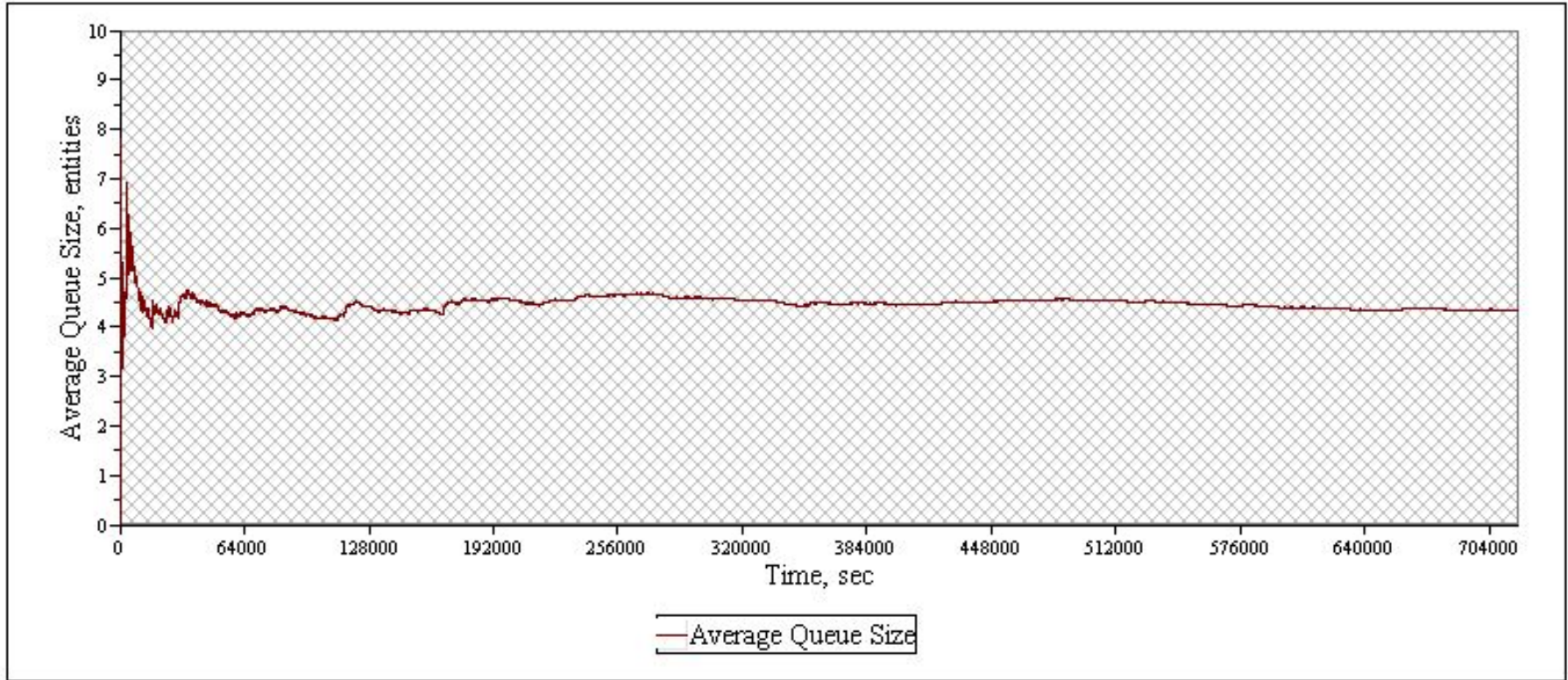


## Настройки осей (Axes)

- **Title – Text** – подпись к оси
- **Title – Visible** – видимость подписи
- **Scale – Maximum/Minimum** – максимальное значение (по оси времени – равное времени моделирования). Значения в графике (для оси абсцисс) указывается в базовых временных единицах (секундах).
- **Scale – Autoscale Maximum/Minimum** – автомасштабирование (необходимо отключать для редактирования шкалы).
- **Scale – MajorIncrement** – разница между соседними нумерованными отсчётами
- **Scale – MinorCount** – число делений между соседними нумерованными отсчётами

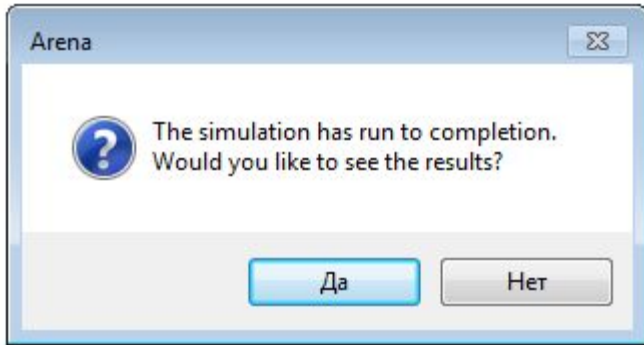
Кнопка **Add** (вкладка *Data Series*) – добавить кривую.

# Пример графика



Изменен фон полотна, шрифты подписей, масштаб осей

- Можно использовать произвольное форматирование, но
1. оси должны быть подписаны (с указанием ед. изм.),
  2. должны присутствовать шкалы (понятен масштаб осей).



*Отчёт представлен на нескольких страницах. Переключение страниц – в заголовке внутреннего окна, содержащего отчёт.*

18:23:59

## Category Overview

Сентябрь 12, 2017

### Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Seconds

### Entity

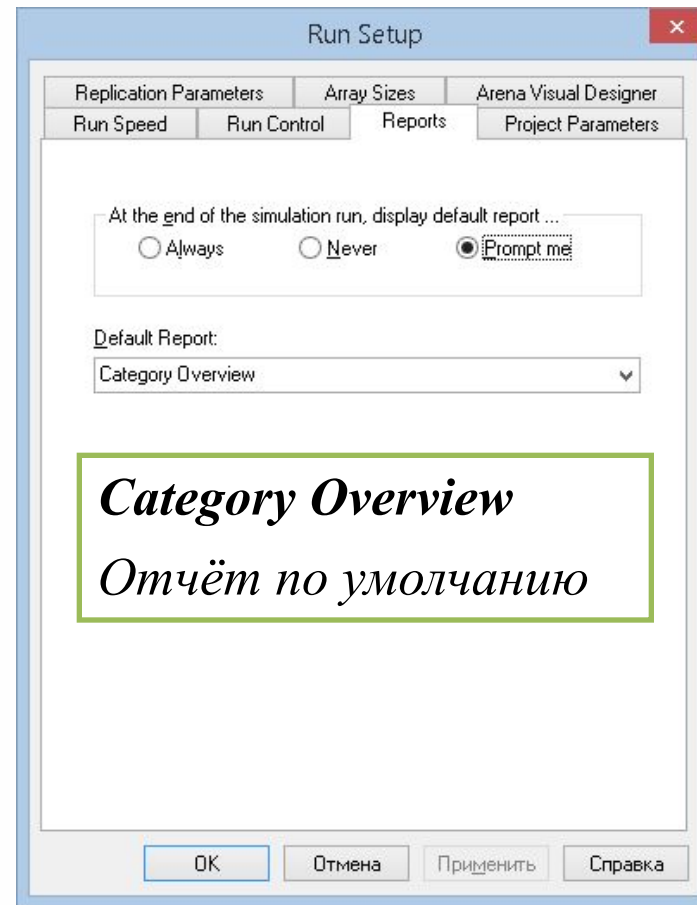
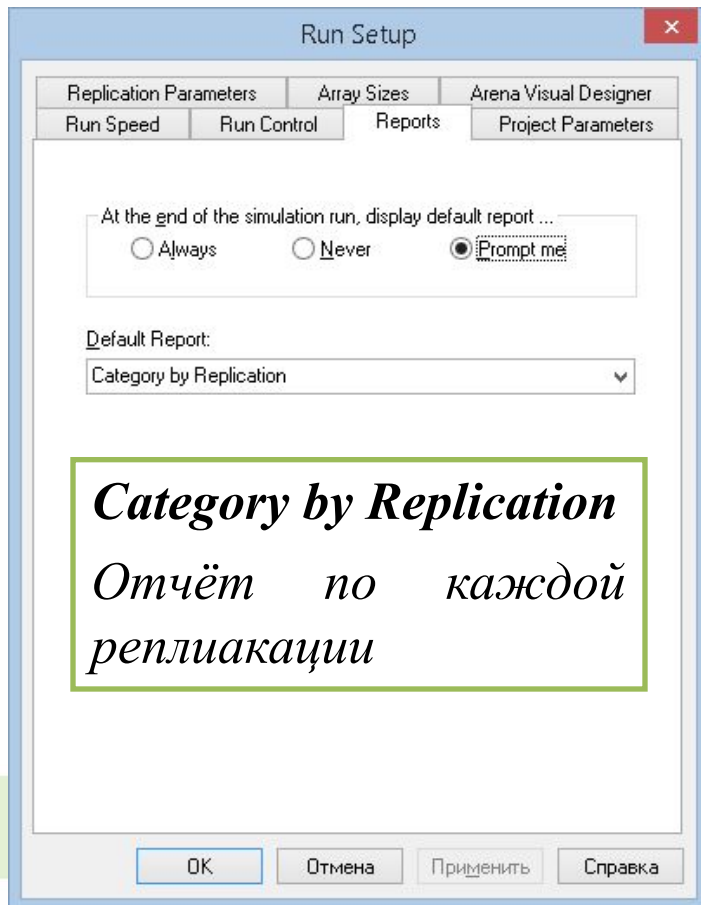
#### Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	94.8273	7.92097	0.2497	595.32
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Entity 1	0.00	0.0000000000	0.00	0.00



# Отчёт (по репликациям)

*Возможен просмотр отчёта по каждой из репликаций независимо (необходимо, например, для одного из заданий в части 2).*



# Отчёт (по репликациям)

0:19:45 **Category by Replication** Ноябрь 13, 2017

**Unnamed Project** Replications: 30

**Replication 1** Start Time: 0,00 Stop Time: 180 000,00 Time Units: Seconds

**Entity**

**Time**

VA Time	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Entity 1	48.0520	2,50468	0.04774767	364.47
Entity 2	0	0,000000000	0	0

**NVA Time**

Average	Half Width	Minimum	Maximum	
Entity 1	0	0,000000000	0	0
Entity 2	0	0,000000000	0	0

**Wait Time**

Average	Half Width	Minimum	Maximum
---------	------------	---------	---------

*На 75 страницах доступны результаты по каждой из репликаций. Для упрощенной навигации по отчёту в поисках нужного параметра, удобно использовать дерево в левой части окна.*



# Разбор отчёта

Величина	В отчёте (Arena)
Среднее число заявок в системе	<i>[Entity] WIP (Average)</i>
Среднее время обслуживания заявки	<i>[Entity] VA Time (Average)</i>
Среднее время пребывания заявки в системе	<i>[Entity] Total Time (Average)</i>
Средний размер очереди	<i>[Queue] Number Waiting (Average)</i>
Среднее время ожидания	<i>[Queue] Waiting Time (Average)</i>
Средняя загруженность сервера	<i>[Resource] Number Busy (Average)</i>

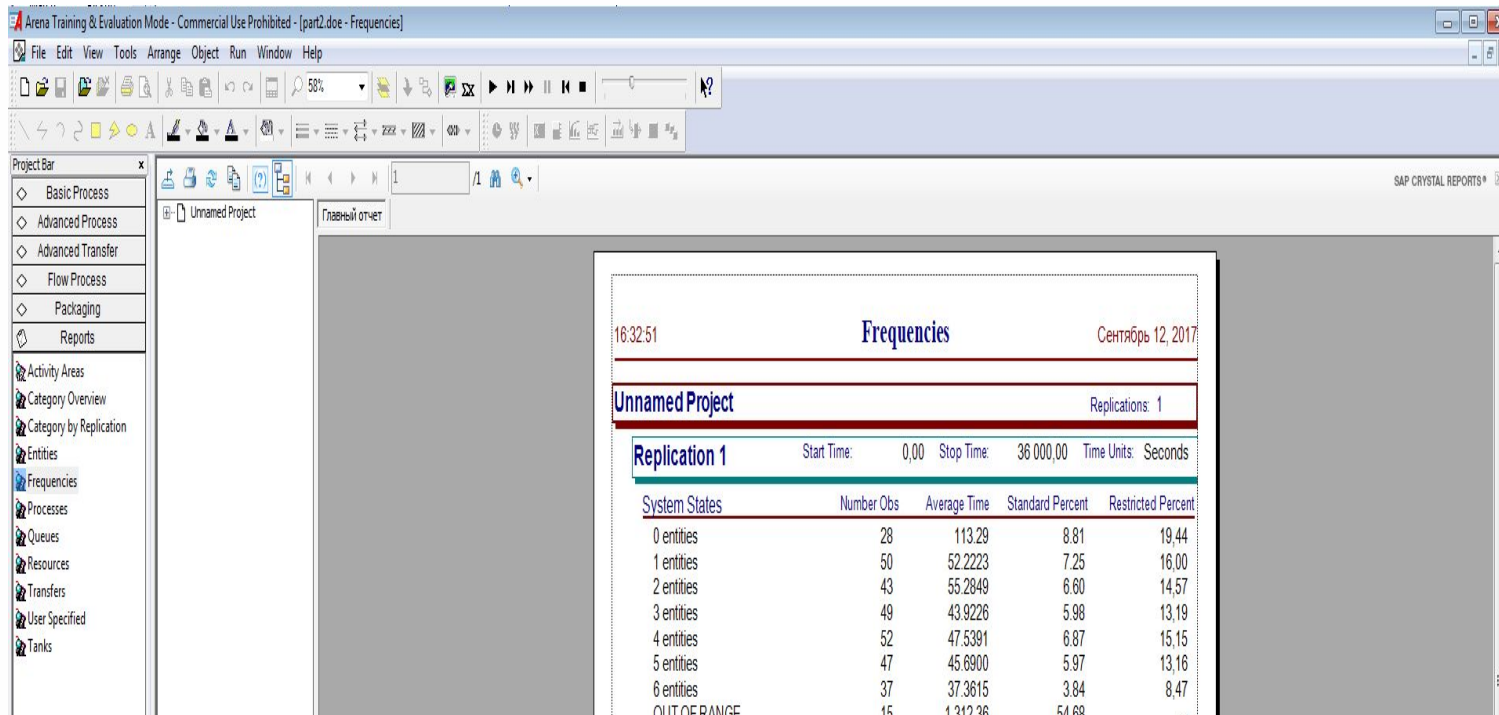
# Контроль модели

MTBA	MST
99	88

*Данные для проверки корректности модели*

*10 репликаций по 200 часов.*

Величина	В отчёте (Arena)	Теоретически (Mathcad)
N	7.8972	8
MST'	88.024	88
v	779.73	792
Q	7.007	7.111
w	690.77	704
$\rho$	0.8898	0.889



The screenshot shows the Arena software interface. The main window displays a report titled "Frequencies" for "Unnamed Project" on September 12, 2017, at 16:32:51. The report shows the results for "Replication 1" with a start time of 0,00 and a stop time of 36 000,00. The table below lists the system states and their corresponding statistics.

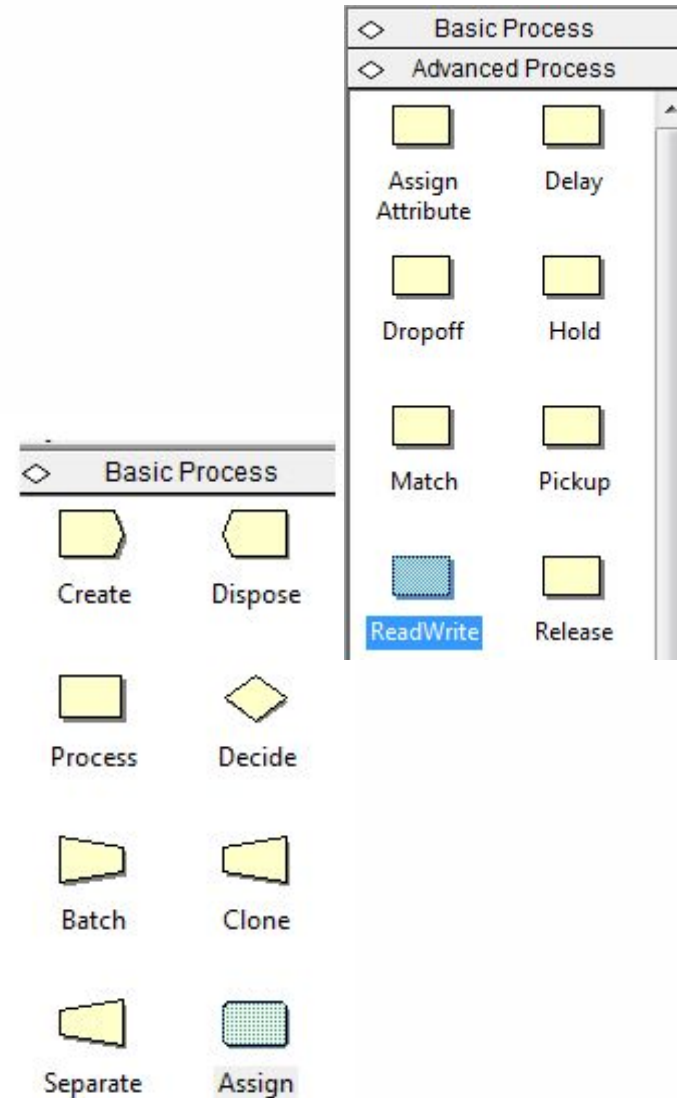
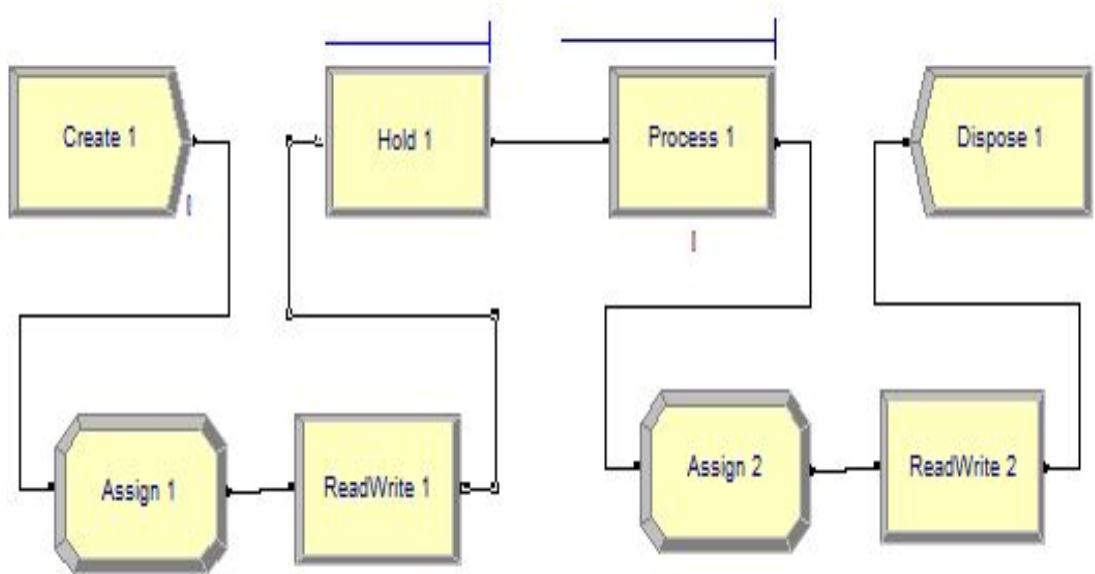
System States	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent
0 entities	28	113,29	8,81	19,44
1 entities	50	52,2223	7,25	16,00
2 entities	43	55,2849	6,60	14,57
3 entities	49	43,9226	5,98	13,19
4 entities	52	47,5391	6,87	15,15
5 entities	47	45,6900	5,97	13,16
6 entities	37	37,3615	3,84	8,47
OUT OF RANGE	15	1 312,36	54,68	..

***Number Obs*** – сколько раз в ходе моделирования достигалось значение.

***Average Time*** – среднее время между двумя последовательными достижениями значения.

***Standard Percent*** – доля времени (в %) в течении которого наблюдалось состояние.

# Экспорт данных – М/М/1



# Подключение файла

The screenshot shows the Arena software interface. The top part displays a process flow diagram with the following components: Create 1, Hold 1, Process 1, Dispose 1, Assign 1, ReadWrite 1, Assign 2, and ReadWrite 2. The bottom part shows a table titled "File - Advanced Process" with the following data:

	Name	Access Type	Operating System File Name	Structure	End of File Action	Initialize Option	Comment Character	Recordsets
1	File 1	Microsoft Excel (*.xlsx)	E:\Arena_Lab\Lab1\export_data\excel\hist.xlsx	Free Format	Dispose	Hold	No	2 rows
2	File 2	Sequential File	E:\Arena_Lab\Lab1\export_data\mcard\arrival.txt	Free Format	Dispose	Hold	No	0 rows
3	File 3	Sequential File	E:\Arena_Lab\Lab1\export_data\mcard\departure.txt	Free Format	Dispose	Hold	No	0 rows

Double-click here to add a new row.

*Name* – внутреннее имя файла (любое).

*Access Type* – тип файла (текстовый, MS Excel).

*Operating System File Name* – полное имя файла (с путём). Не должно содержать кириллицы.

*Structure* – формат содержимого файла (разделители и пр.)

# Экспорт в текстовые файлы

File - Advanced Process							
	Name	Access Type	Operating System File Name	Structure	End of File Action	Initialize Option	Comment Character
1	File 2	Sequential File	E:\Arena_Lab\Lab1\export_data\mcad\arrival.txt	Free Format	Dispose	Hold	No
2	File 3	Sequential File	E:\Arena_Lab\Lab1\export_data\mcad\departure.txt	Free Format	Dispose	Hold	No

*Access Type – Sequential File (последовательность выводимых значений).*

*Structure – Free Format (формат по умолчанию – каждое значение на новой строке).*

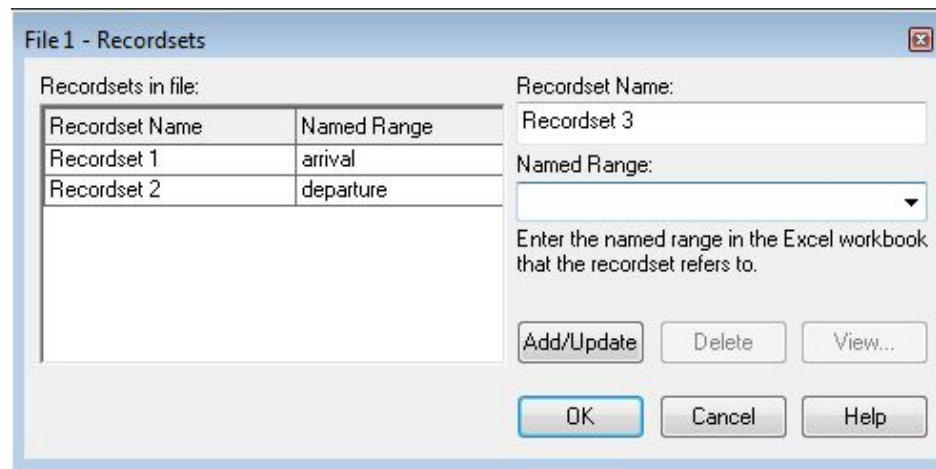
*Перед первым запуском файл должен быть создан.*

# Экспорт в электронные таблицы

File - Advanced Process								
	Name	Access Type	Operating System File Name	Structure	End of File Action	Initialize Option	Comment Character	Recordsets
1 ▶	File 1	Microsoft Excel (*.xlsx)	E:\Arena_Lab\Lab1\export_data\excel\hist.xlsx	Free Format	Dispose	Hold	No	2 rows

*Access Type – Microsoft Excel (\*.xls) (электронная таблица).*

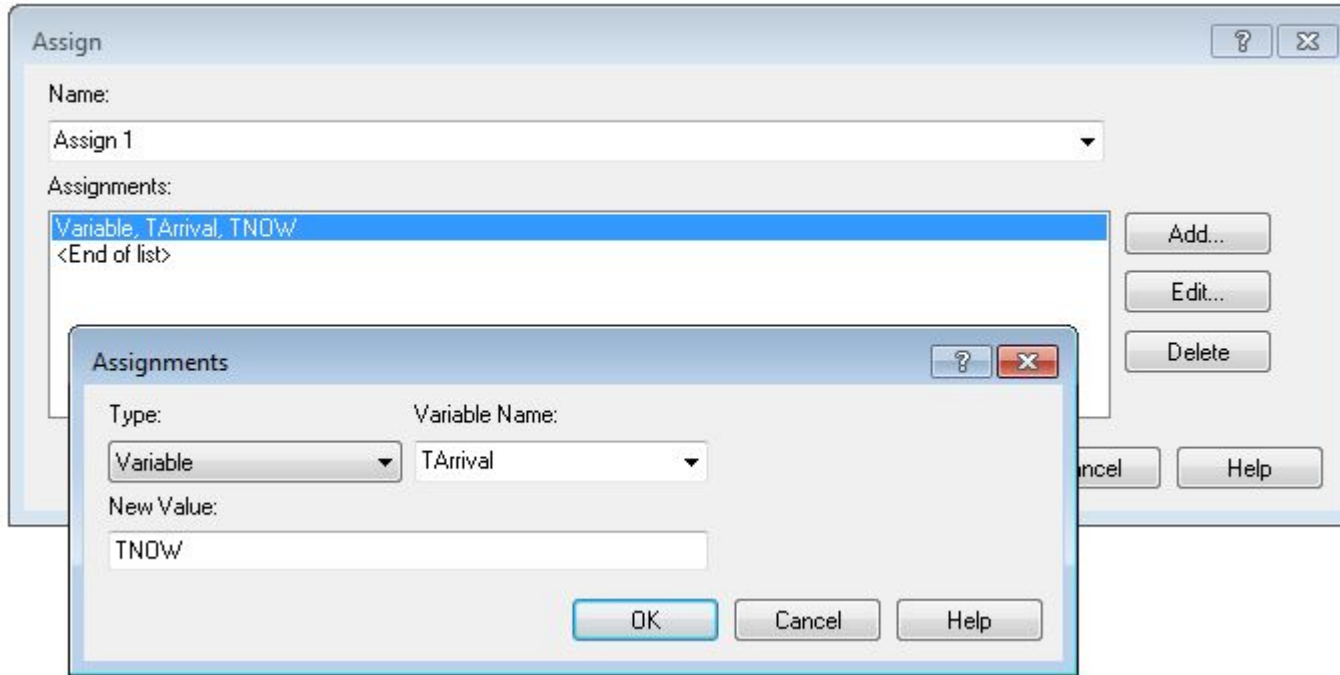
*Recordsets – Разметка соответствия между областями таблицы и выводимыми/вводимыми в Arena данными.*



*Перед первым запуском файл должен быть создан. Диапазоны в которые выводятся данные должны быть поименованы. Файл должен быть сохранён в формате MS Excel 2003 (.xls).*



# Блок Assign

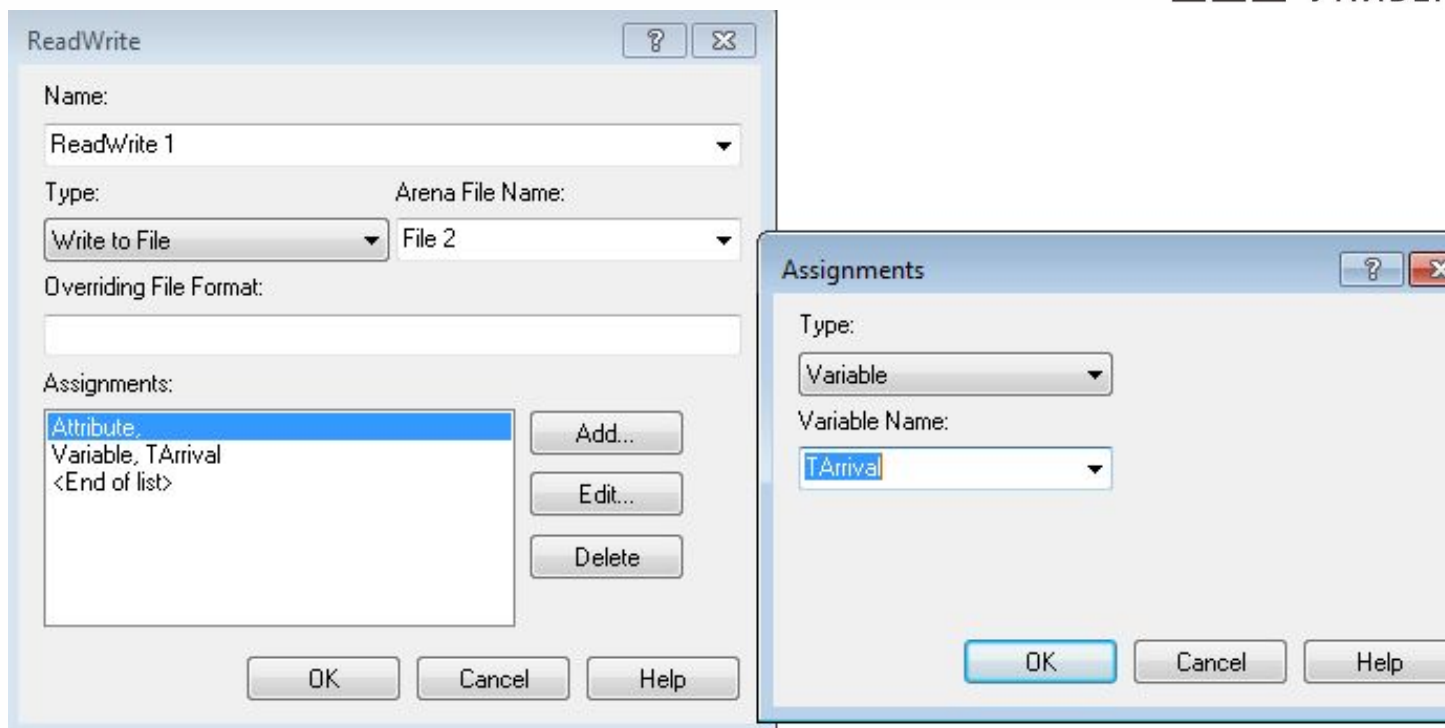


*Type: Variable* – присвоить значение глобальной переменной (названной *Variable Name*).

*New Value* - значение которое надо записать в переменную.

*TNOW* – функция в Arena, которая возвращает текущее модельное время.

# Блок ReadWrite



*Type: Write to File* – установить блок на чтение или запись.  
*Arena File Name* – связать с файлом (по внутреннему имени).  
*Assignments* – набор переменных, атрибутов которые пишутся в файл.  
Диалоговое окно – добавление новой фиксируемой в файл величины.

***Дисциплина***

*Математическое моделирование  
объектов и систем управления*

Изучение модели  
«Система М/М/1»  
в среде Rockwell Arena

*Ассистент каф. АиКС ИК ТПУ*

*Владимир Андреевич Фаерман*

