ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

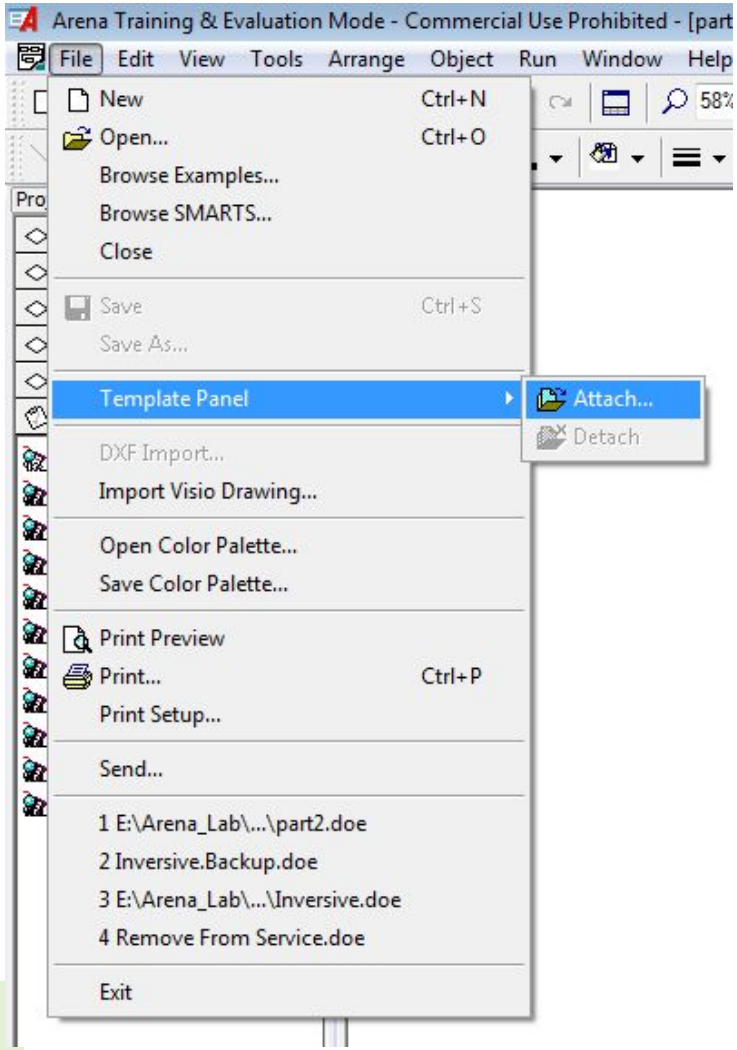
***Дисциплина*** *Математическое моделирование объектов и систем управления*

# Изучение модели «Система M/M/1» в среде Rockwell Arena

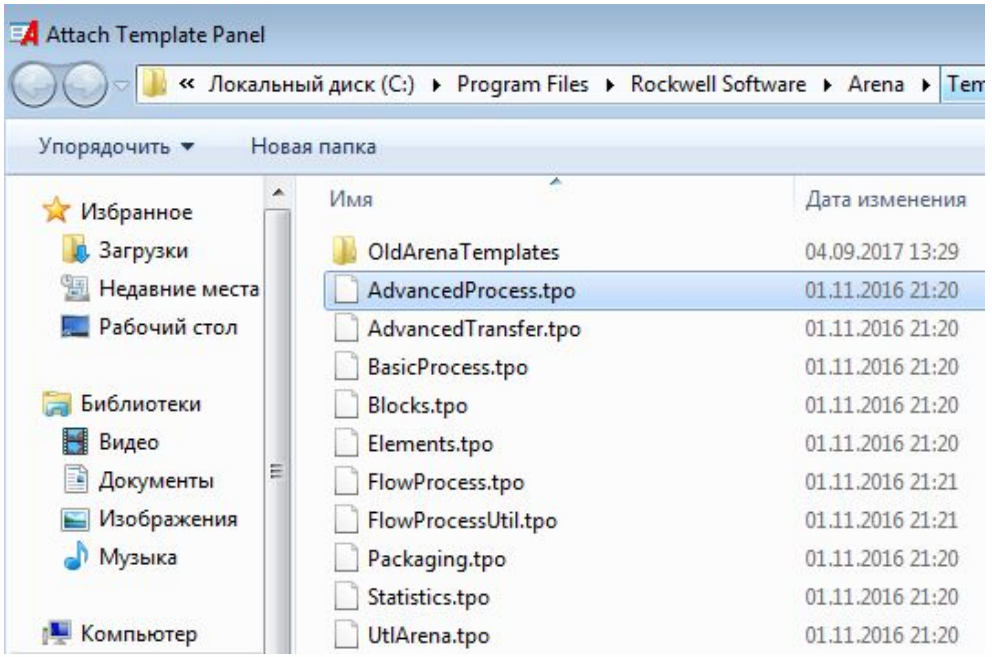
*Ассистент каф. АиКС ИК ТПУ* *Владимир Андреевич Фаерман*

# Advanced Processes

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

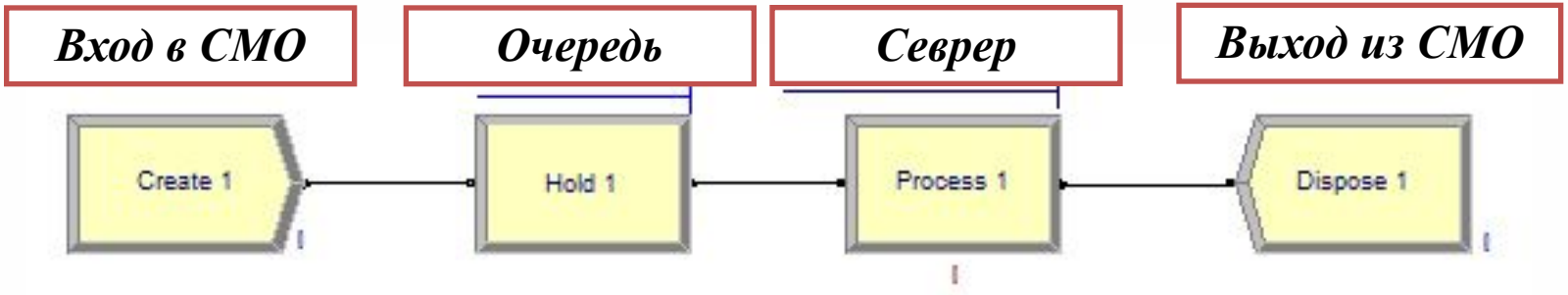


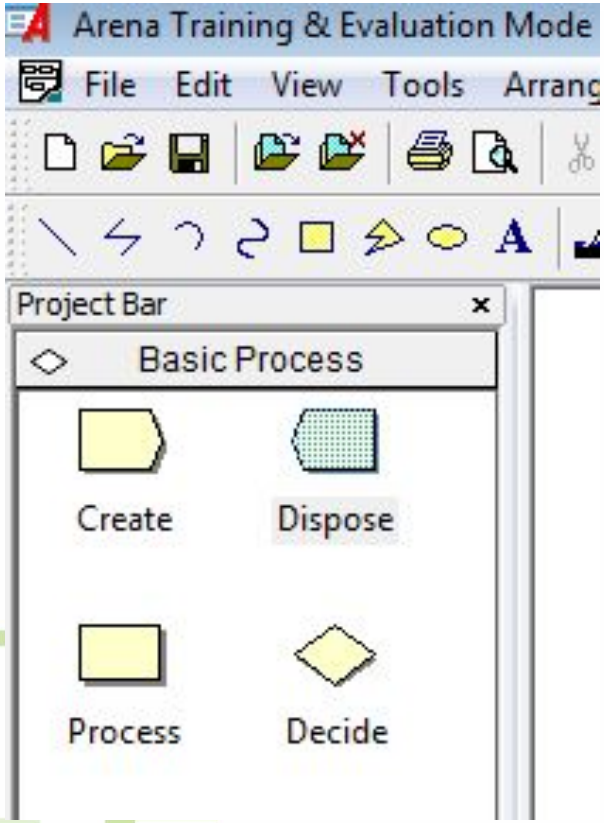

Для того, чтобы иметь доступ ко всем необходимым блокам – нужно подключить дополнительную палитру

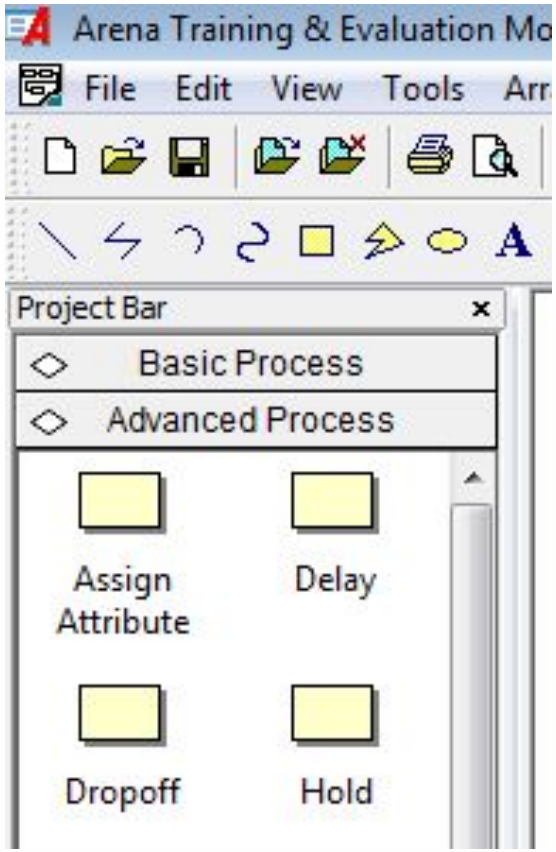


# Система M/M/1

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

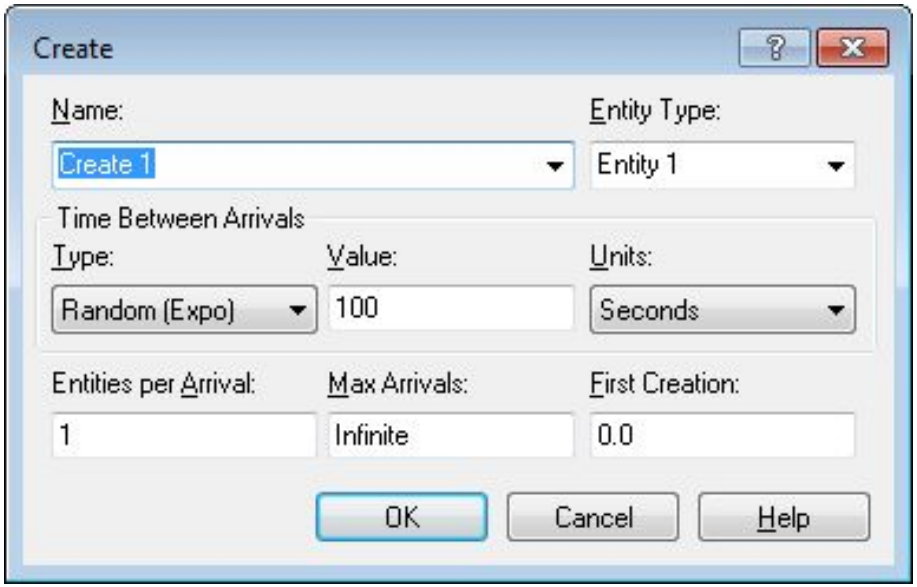


# Блок Create

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

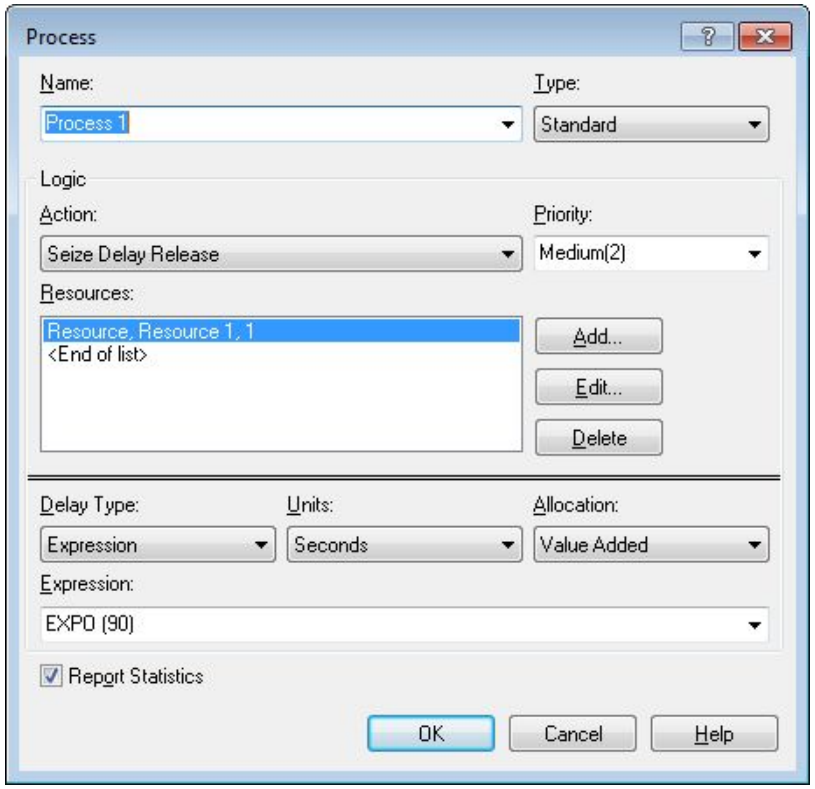



***Create*** – генерирует заявки, которые поступают на сервер (на обработку) или в очередь.

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

# Блок Process

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




***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).

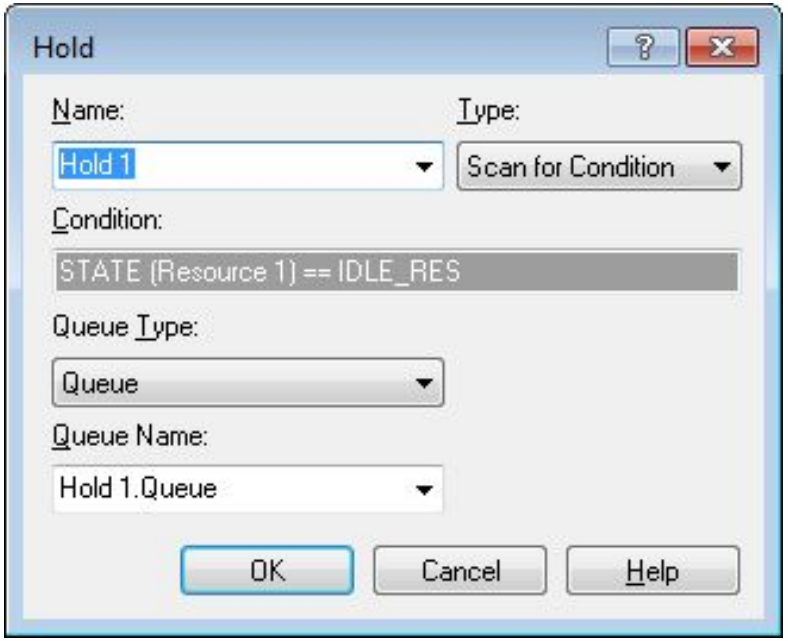
***Неизменяемые параметры***

***Action*** – *Seize Delay Release*.

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

# Блок Hold

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




***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).

# Моделирование

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

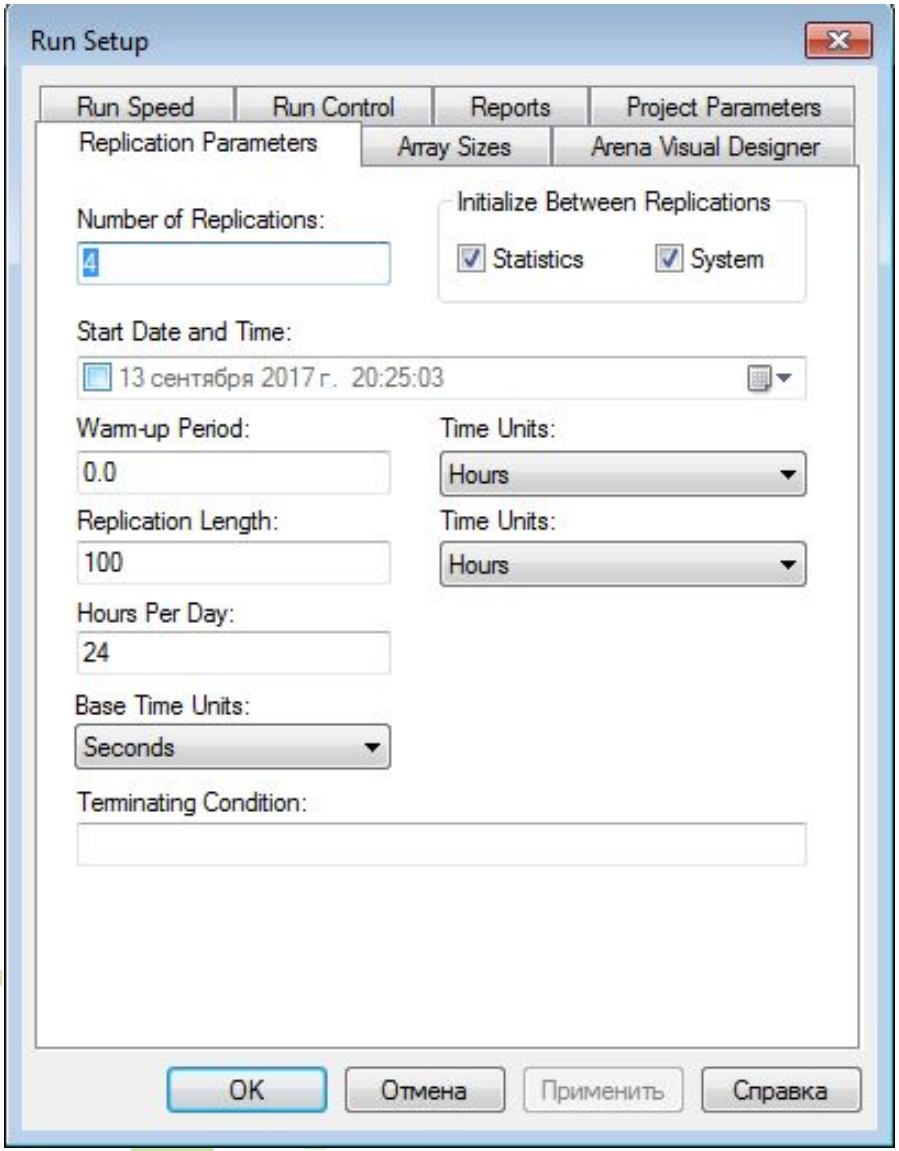
***Интерфейс управления моделированием***

***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

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




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

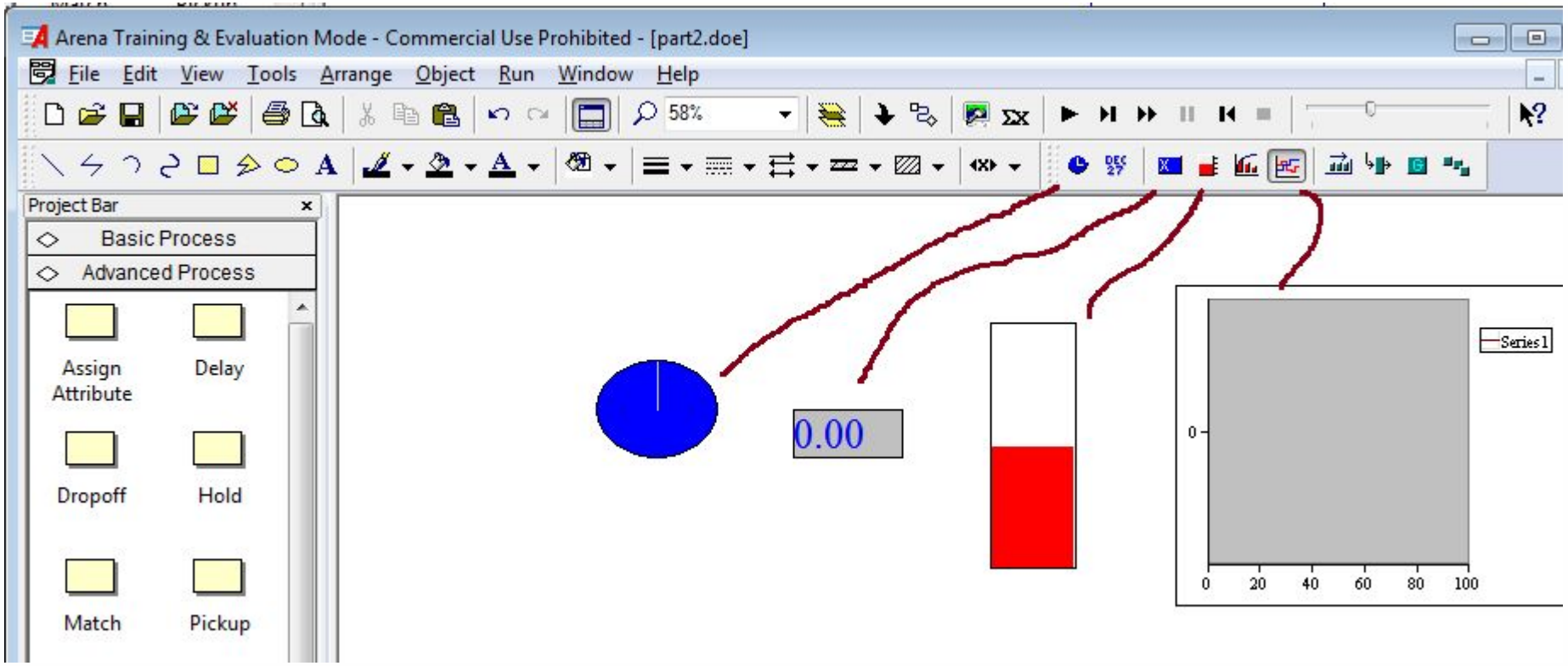
***Replication Length*** – продолжительность прогона модели.

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

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

# Графические элементы

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




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

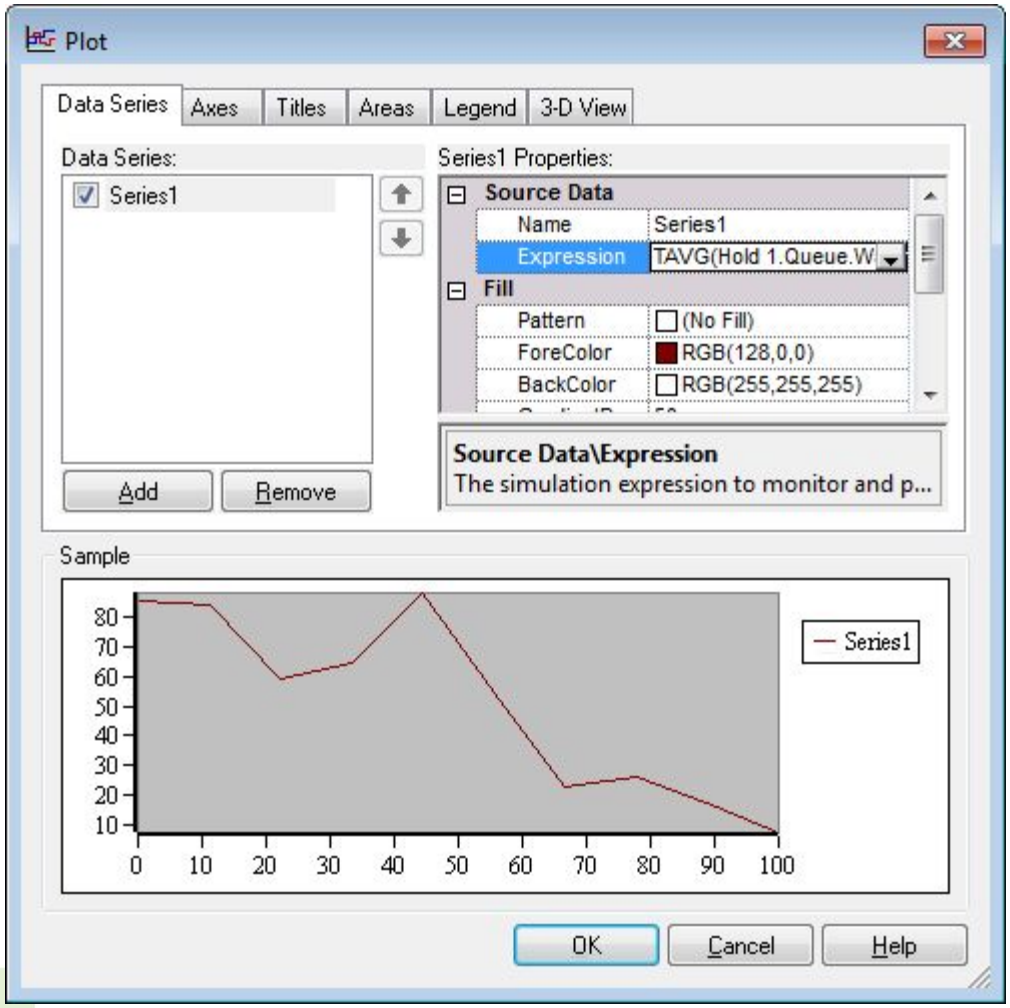
***Variable*** – индикатор для отображения числового значения заданной величины.

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

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

# Графики в Arena

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



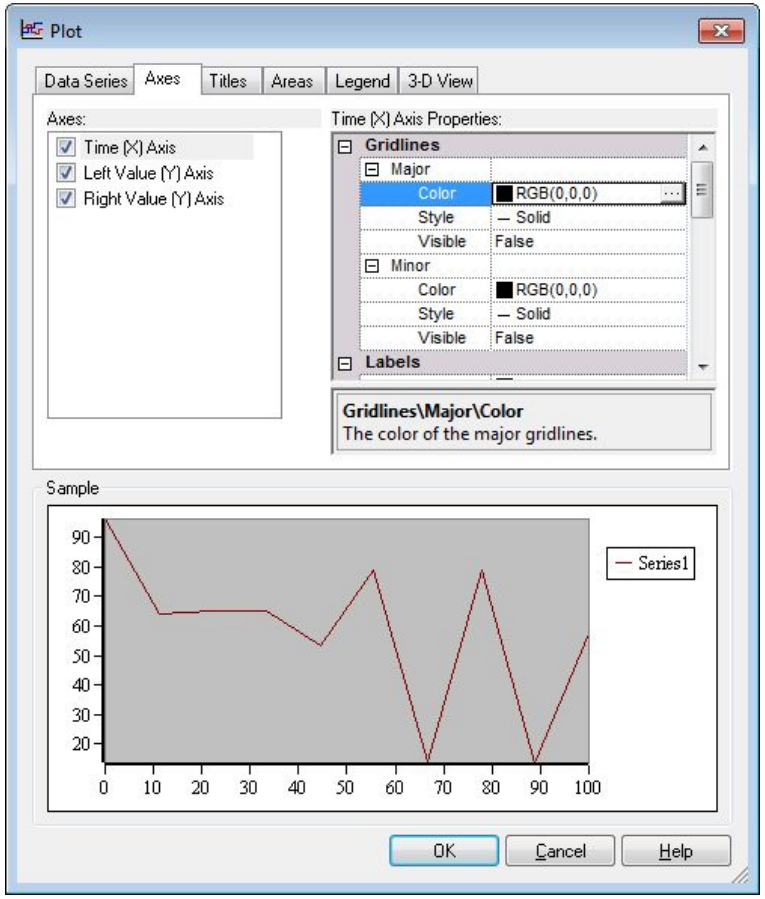

***Expression*** – выражение, в соответствии с которым строится кривая (можно использовать *Expression Builder*).
***Name*** – имя кривой (отображается в легенде).

***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

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



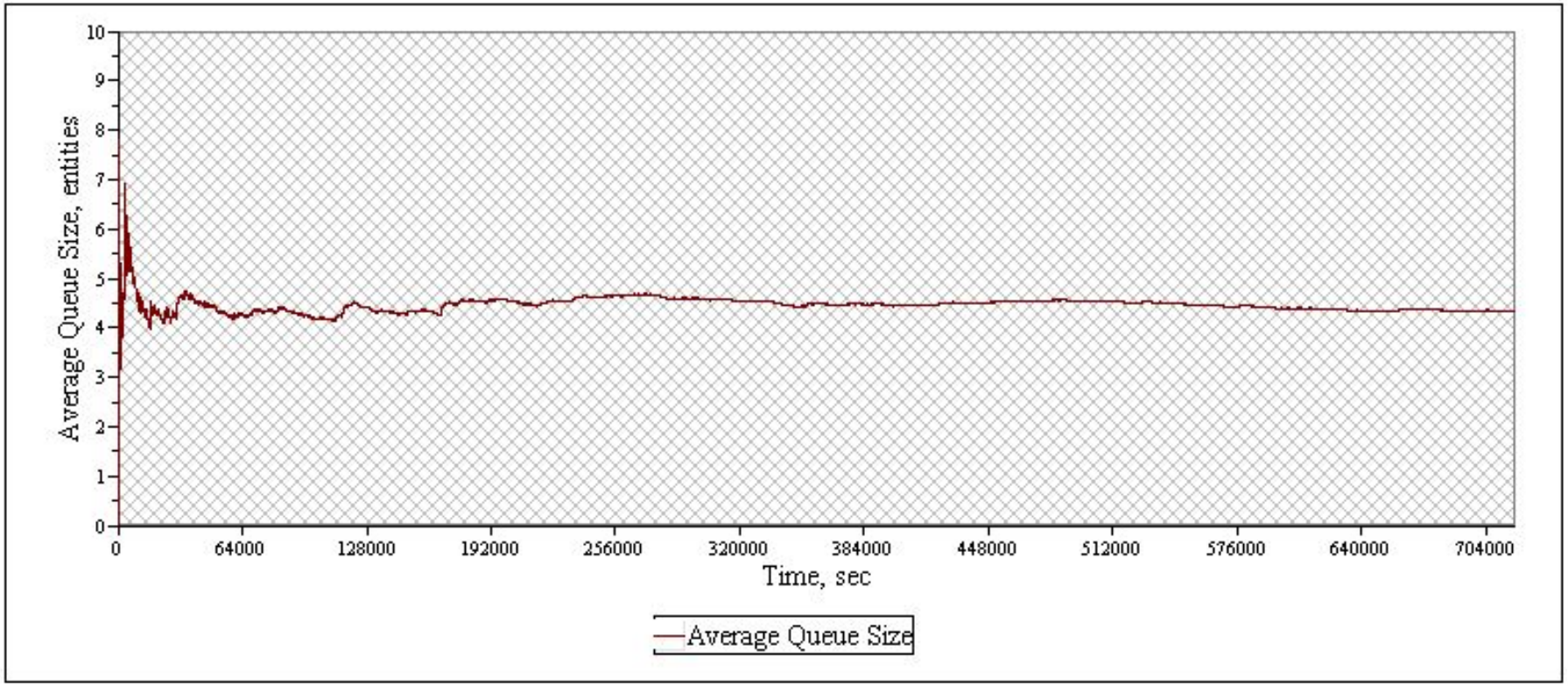

## *Настройки осей (Axes)*

- ***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

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



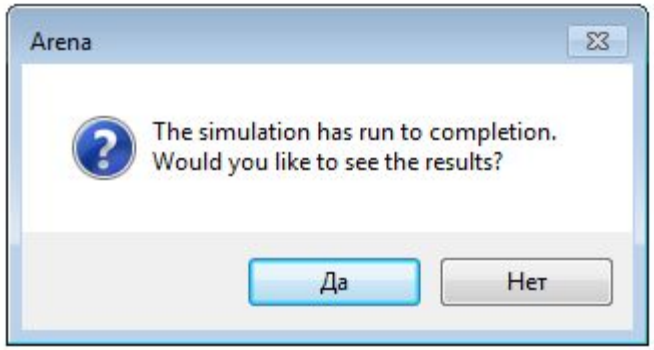

Изменен фон полотна, шрифты подписей, масштаб осей

Можно использовать произвольное форматирование, но

1. оси должны быть подписаны (с указанием ед. изм.),
2. должны присутствовать шкалы (понятен масштаб осей).

# Отчёт

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




***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**

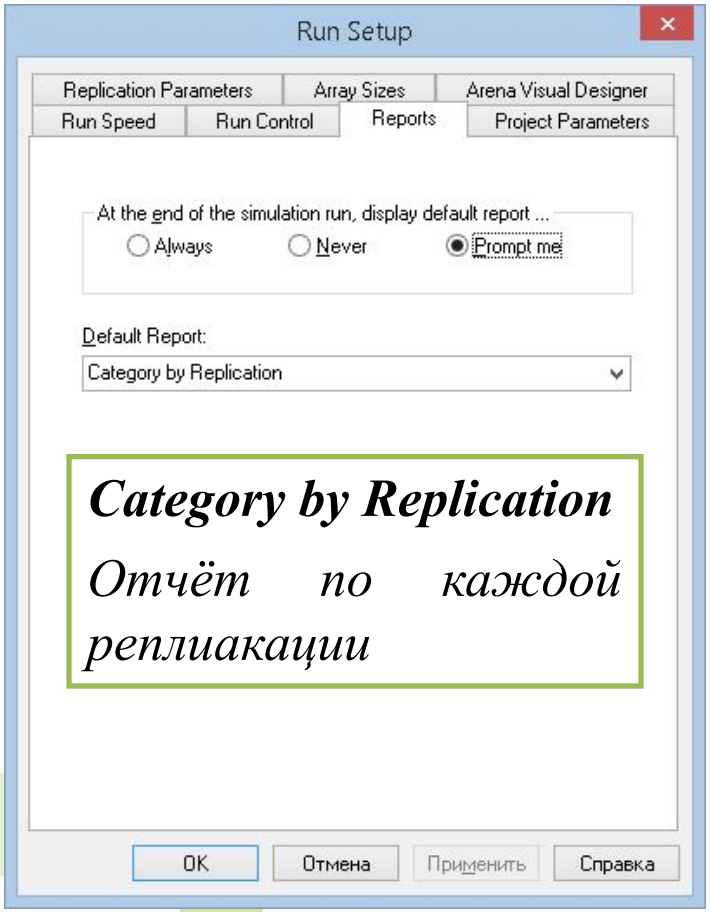
| VA Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| Entity 1 | 94.8273 | 7,92097 | 0.2497 | 595.32 |

| NVA Time | Average | Half Width | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|
| Entity 1 | 0.00 | 0.000000000 | 0.00 | 0.00 |

# Отчёт (по репликациям)

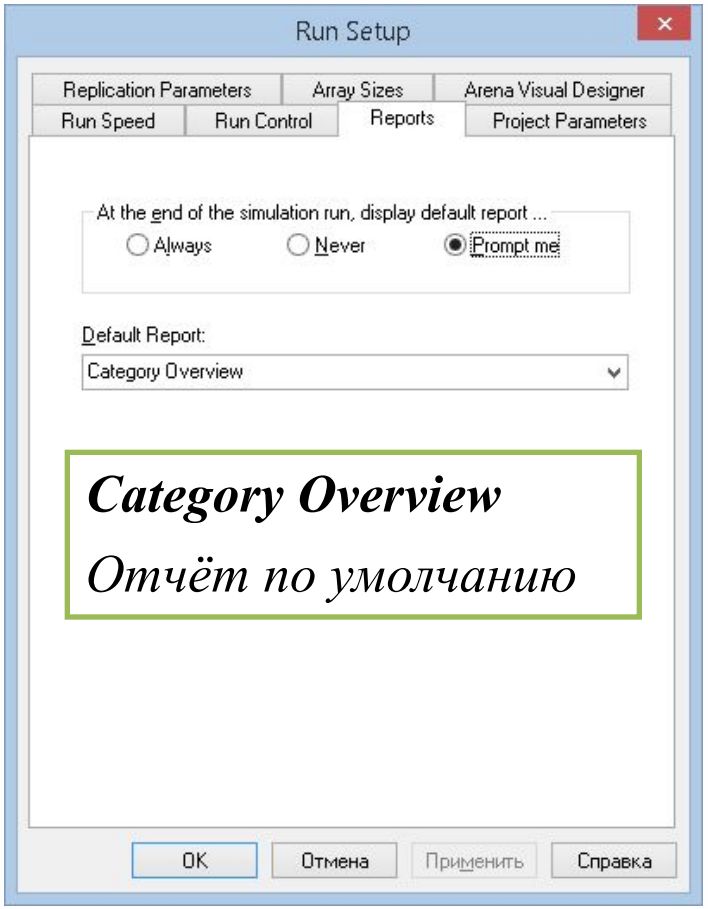
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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




***Category by Replication***

*Отчёт по каждой репликации*

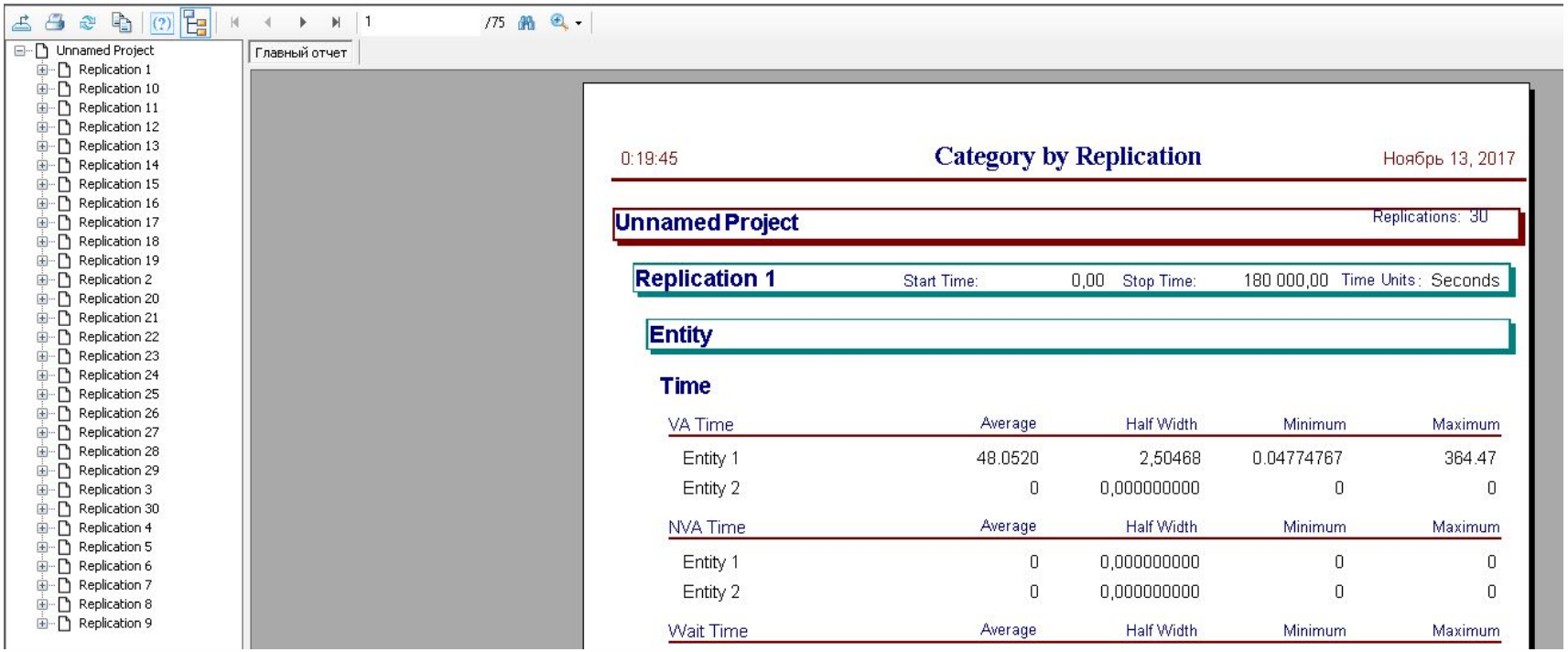



***Category Overview***

*Отчёт по умолчанию*

# Отчёт (по репликациям)

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




*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

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

# Контроль модели

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

| MTBA | MST |
|---|---|
| 99 | 88 |

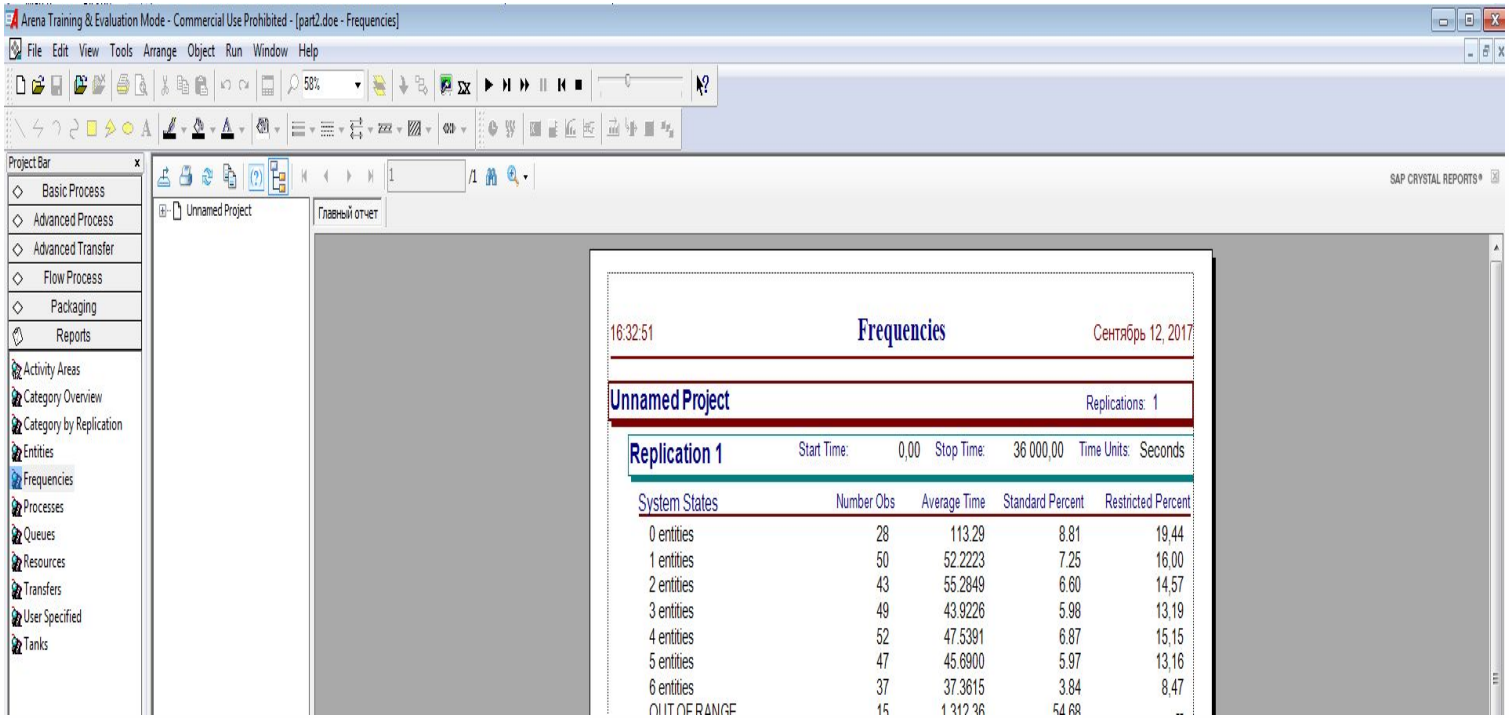
***Данные для проверки корректности модели***

***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 |

# Использование статистики

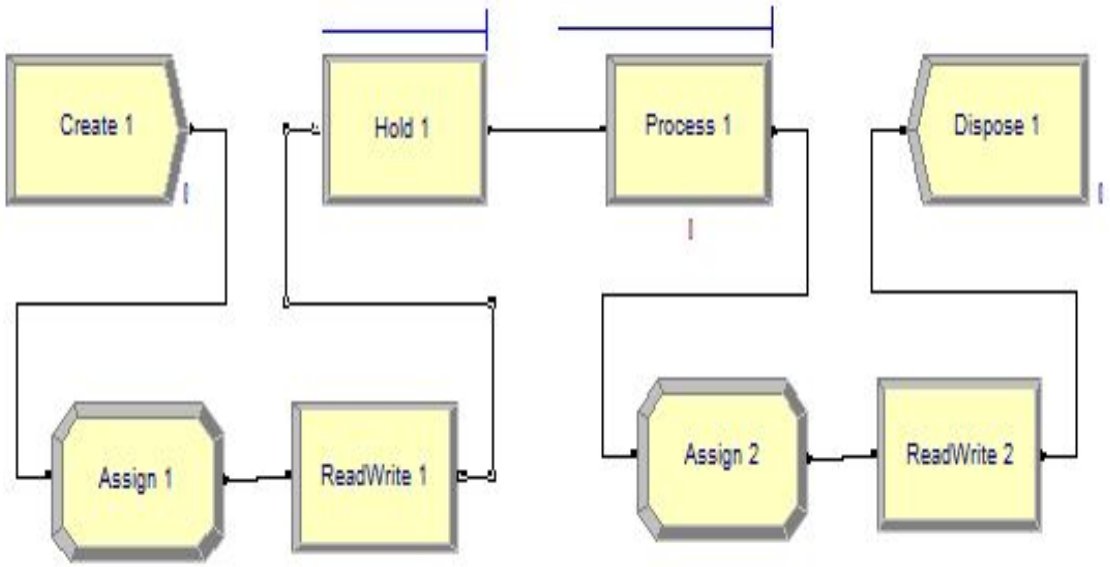
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

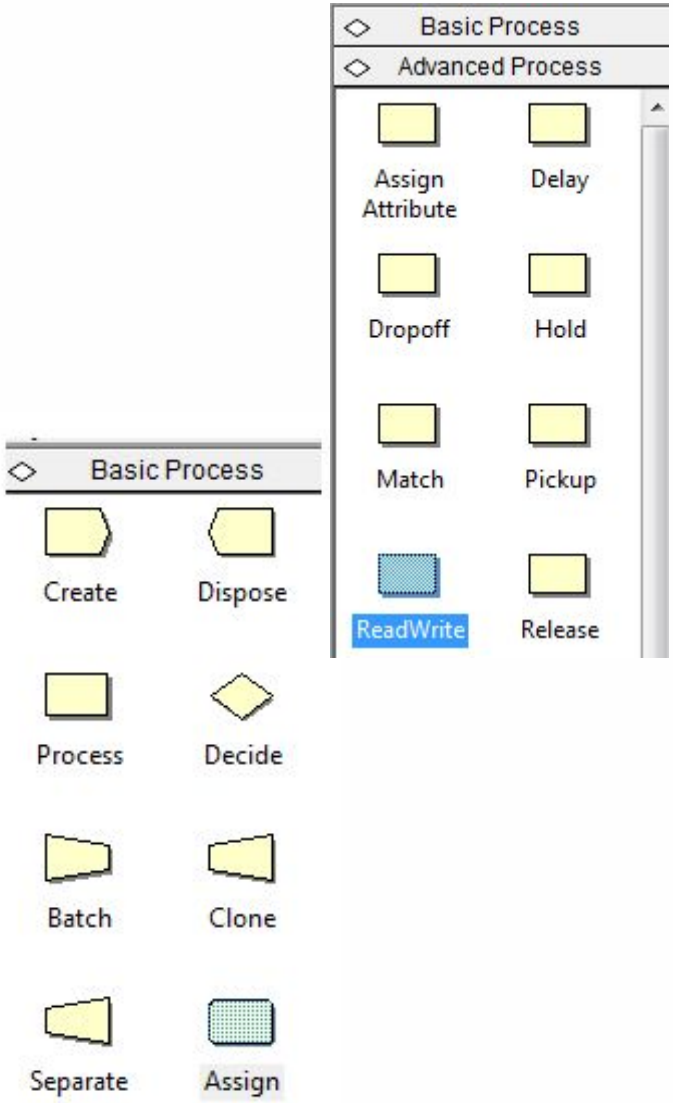



***Number Obs*** *– сколько раз в ходе моделирования достигалось значение.*
***Average Time*** *– среднее время между двумя последовательными достижениями значения.*
***Standard Percent*** *– доля времени (в %) в течении которого наблюдалось состояние.*

# Экспорт данных – M/M/1

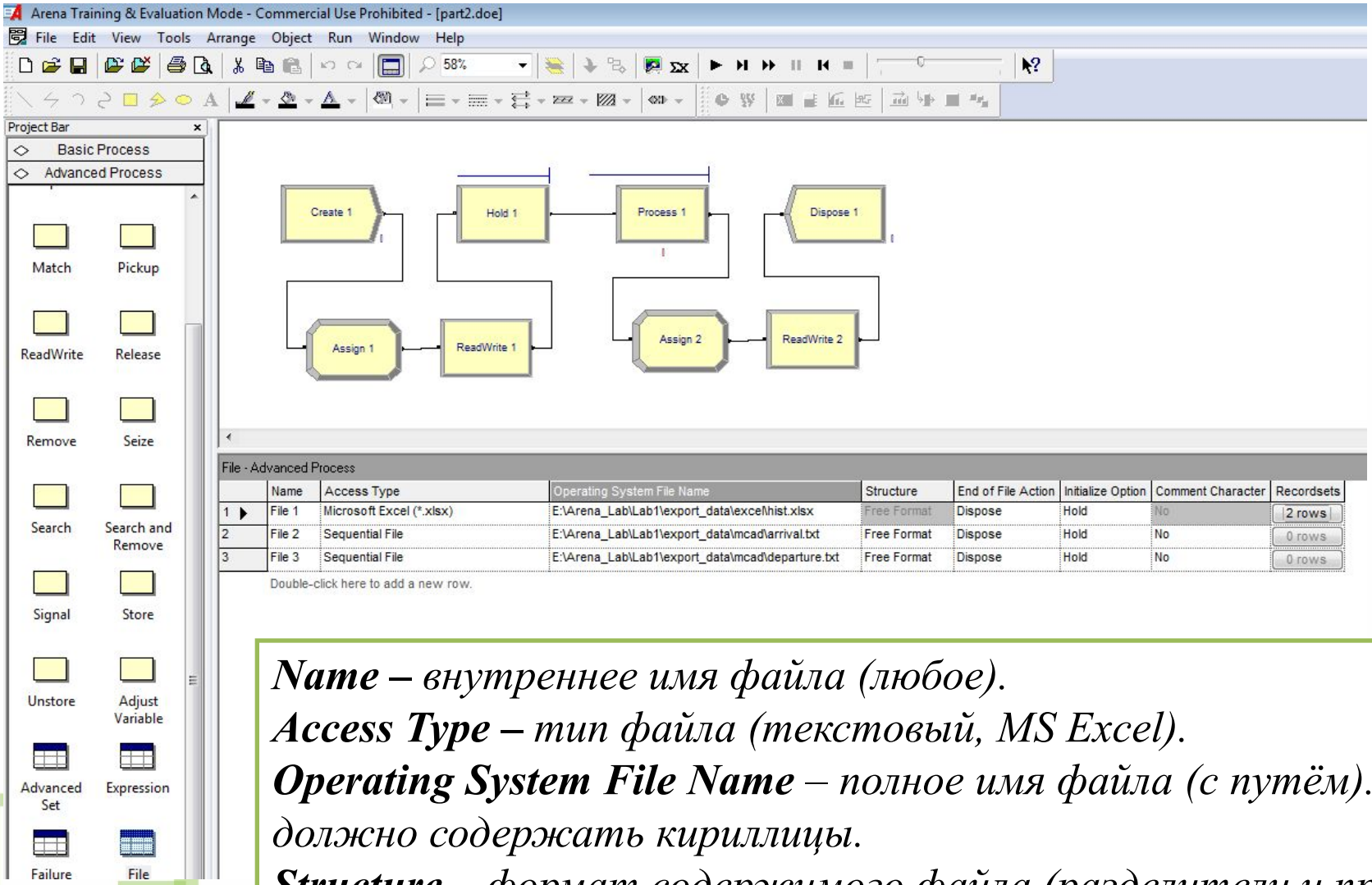
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



# Подключение файла

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




***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

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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*** *– **S**equential File (последовательность выводимых значений).*
***Structure*** *– Free Format (формат по умолчанию – каждое значение на новой строке).*

***Перед первым заупском файл должен быть создан.***

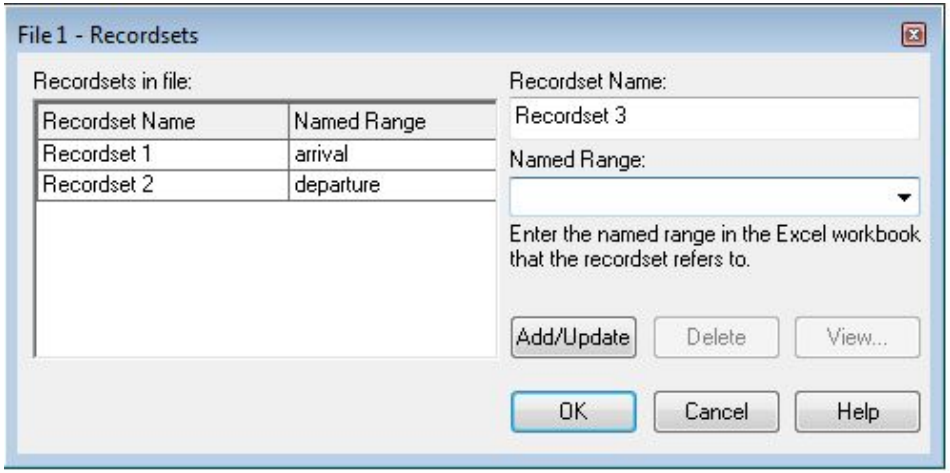
# Экспорт в электронные таблицы

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 |

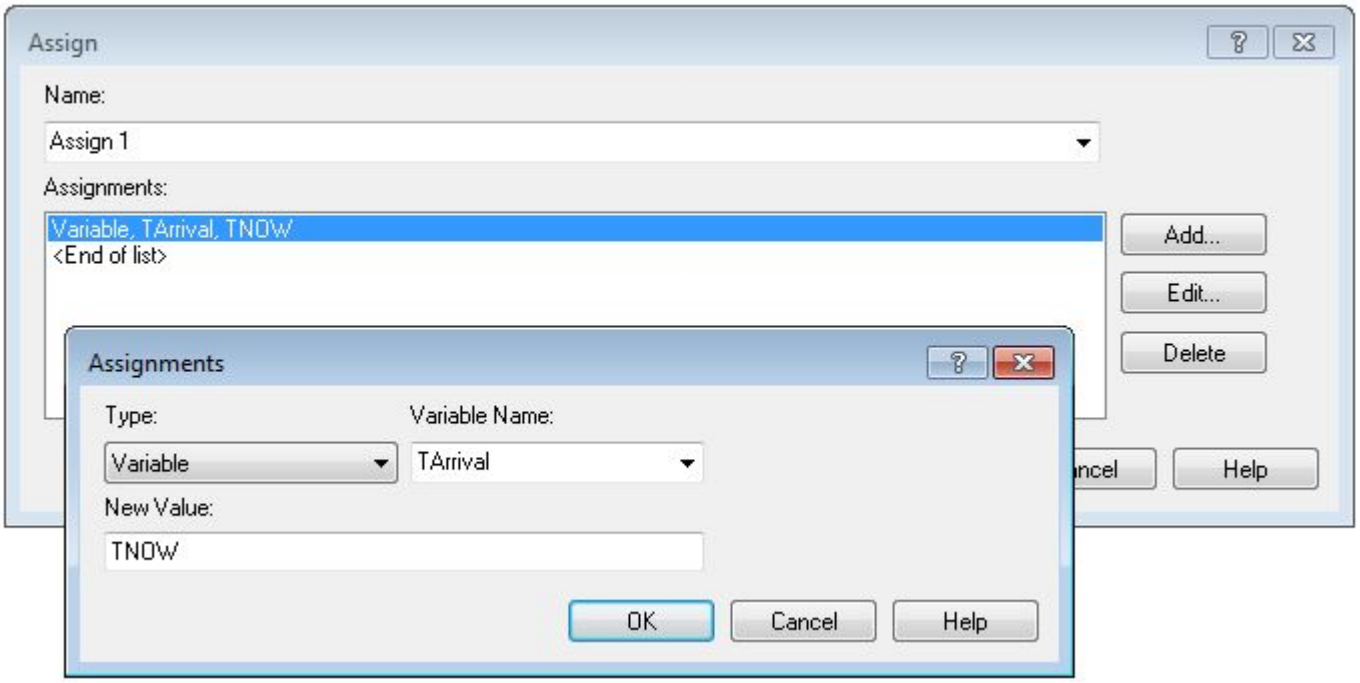
***Access Type – Microsoft Excel (*.xls)*** *(электронная таблица).*
***Recordsets*** *– Разметка соответствия между областями таблицы и выводимыми/вводимыми в Arena данными.*




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

# Блок Assign

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



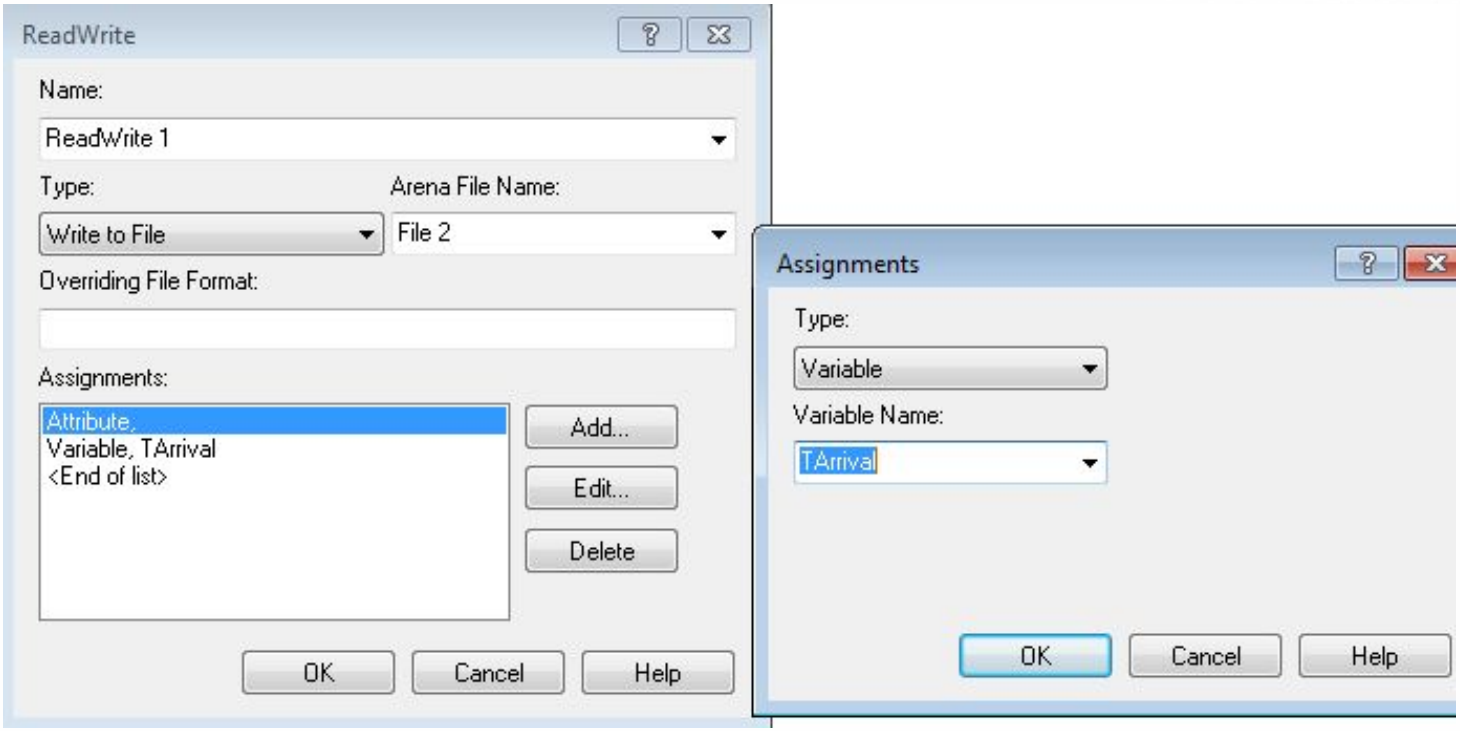

***Type: Variable*** *– присвоить значение глобальной переменной (названной* ***Variable Name****).*

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

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

# Блок ReadWrite

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ




***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 фиксируемый в файл величины.*

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

***Дисциплина*** *Математическое моделирование объектов и систем управления*

# Изучение модели «Система M/M/1» в среде Rockwell Arena

*Ассистент каф. АиКС ИК ТПУ* *Владимир Андреевич Фаерман*