

# Имитационное моделирование в среде ППШ «PowerSim»

---

Преподаватель:

Мызникова Мария Александровна

**В настоящее время наиболее распространены следующие пакеты систем имитационного моделирования:**

- **Powersim-** (компания «Modell Data» AS, Берген, Норвегия);
- Ithink- (компания «High Performance Systems», Ганновер, Нью-Хэмпшир, США);
- GPSS (General Purpose Simulation System, компания «Minuteman Software», США);
- Process Charter- (компания «Scitor», Менло-Парк, Калифорния, США);
- Extend+BPR- (компания «Imagine That!», Сан-Хосе, Калифорния, США);
- ReThink (фирма «Gensym», Кембридж, Массачусетс, США);
- Micro Saint (фирма «Calspan Advanced Technology Center», Colorado, США);
- Arena (компания «Systems Modeling Corporation», США);
- ARIS Simulation (фирма «IDS professor Scheer», США);
- Pilgrim (Россия).

# *Пакет Powersim* – наиболее подходит для создания непрерывных моделей

*Достоинства пакета:*

- множество встроенных функций;
- облегчающих построение моделей;
- многопользовательский режим для коллективной работы с моделью;
- средства обработки массивов для упрощения создания моделей со сходными компонентами.

*Недостатки пакета:*

- сложная специальная система обозначений System Dynamics;
- ограниченная поддержка дискретного моделирования.

# Этапы моделирования в ППП «PowerSim»:

1. Формулирование проблемы:
  - описание исследуемой проблемы;
  - установление границ и ограничений моделируемой системы;
  - определение целей исследования.
2. Разработка модели:
  - переход от реальной системы к некоторой логической схеме (абстрагирование)
  - аргументация гипотезы о присутствующих причинно-следственных связях (Гипотеза 1)
  - построение диаграммы причинно-следственных связей на основе Гипотезы 1.

# Этапы моделирования в ППП «PowerSim»:

3. Подготовка данных:
  - отбор данных, необходимых для построения модели, и представление их в соответствующей форме.
4. Определение количественных зависимостей переменных:
  - определение параметров корреляционно-регрессионных моделей (МНК);
  - проверка Гипотезы 1 относительно взаимных зависимостей переменных (проверка качества моделей, их информационной и прогностической пригодности, проверка значимости параметров модели).

# Этапы моделирования в ППП «PowerSim»:

5. Трансляция модели:
  - описание модели на языке имитационного моделирования;
  - аргументация представления некоторых переменных в виде констант.
6. Планирование: определение условий проведения эксперимента с имитационной моделью на ПК.
7. Экспериментирование.
8. Анализ результатов:
  - проверка адекватности модели;
  - изучение результатов имитационного эксперимента для подготовки выводов и рекомендаций по решению проблемы.
9. Реализация и документирование:
  - реализация рекомендаций, полученных на основе имитации;
  - составление документации по модели и ее использованию.

# Контуры обратной связи

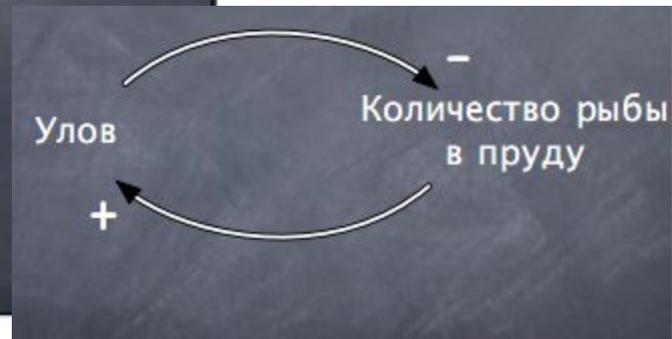
## Существует два типа связей

### Прямая

- ☞ если А **увеличивается**, то и Б **увеличивается**
- ☞ если А **уменьшается**, то и Б **уменьшается**  
(обозначается знаком +)

### Обратная

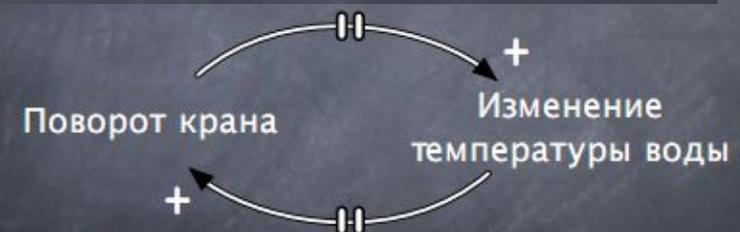
- ☞ если А **увеличивается**, то Б **уменьшается**
- ☞ если А **уменьшается**, то Б **увеличивается**  
(обозначается знаком -)



# Учет временных задержек

Вопросы:

1. Как быстро (долго) мы увидим последствия наших действий?
2. Как мы можем выявить влияние временных задержек на результаты наших изменений?



# Описание кнопок панели команд

						
Создать модель	Открыть модель	Сохранить модель	Отменить последнее действие	Вырезать	Копировать	Вставить

						
Уменьшить масштаб	Увеличить масштаб	100 %-й масштаб	Масштабировать по размеру окна	Спрямить связь	Повернуть название	Переместить вентиль

				
Запуск имитации	Пошаговая имитация	Вкл./выкл. паузу во время имитации	Остановка имитации	Настройки интерфейса

						
Уровень	Вспомогательная переменная	Константа	Поток с темпом	Поток	Связь	Связь с запаздыванием

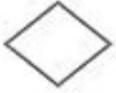
		
Переменная кадра ("теневая переменная")	Ластик	Указатель (курсор)

			
Цепь	DDE	Архив	Сетевая игра

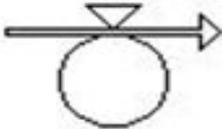
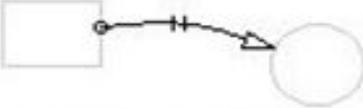
# Описание кнопок панели команд

								
Число	Ползунок	Таблица со временем	График со временем	Диаграмма рассеяния	Кнопка	График массива	Спидометр	Мультимедиа
								
		Текст		Рамка		Рисунок		Линия

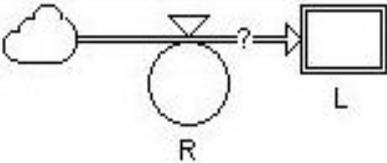
# Основные структурные элементы Powersim

Основные структурные элементы Powersim		
Название	Обозначение	Описание
Уровень		Тип переменной, которая аккумулирует изменения. Уровень может представлять собой физические накопления, такие как запасы или невыполненные заказы и нематериальные накопления. Значение уровня изменяется под влиянием потоков.
Вспомогательная переменная		Тип переменной, которая содержит вычисления, основанные на других переменных. В отличие от уровней, вспомогательные переменные используются для моделирования элементов реальной системы, которые изменяются мгновенно.
Константа		Тип переменной, которая содержит фиксированное значение. Используется для расчетов в потоках и вспомогательных переменных. Константы используются для представления элементов системы, которые не изменяются в течении всего периода имитации.
Поток		Потоки служат для реализации представления о переносимых количествах чего-либо между переменными уровнями. Если уровни отображают состояние моделируемой системы, то потоки отображают движение. Потоками являются только те переменные, которые могут изменять значения уровней, путем прибавления к ним или отнимания от них

# Основные структурные элементы Powersim

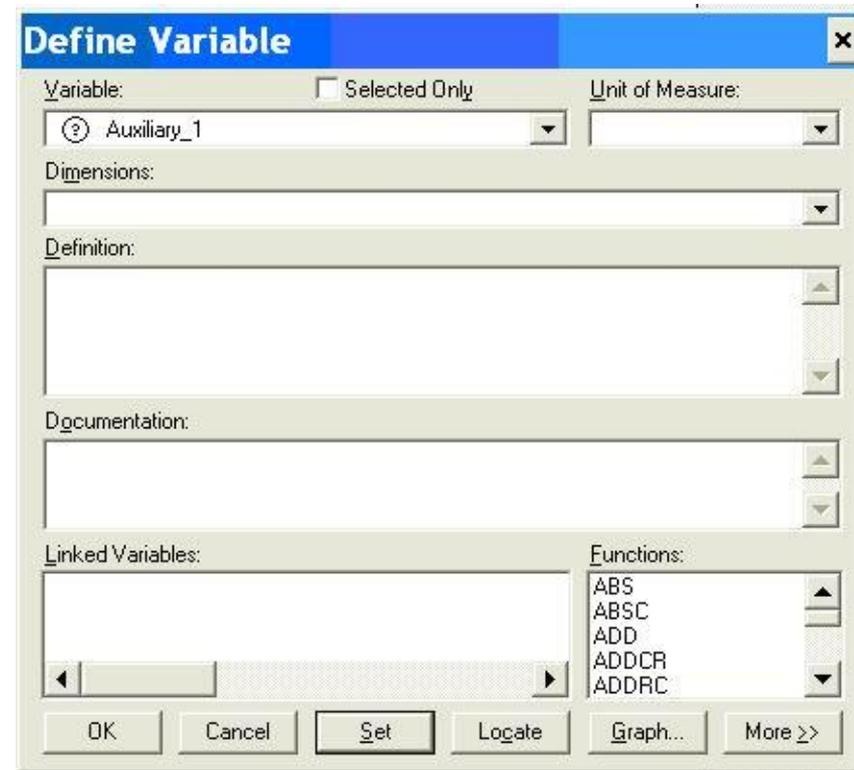
<p>Поток с регулируемой интенсивностью</p>		<p>Powersim предоставляет возможность использования как потоков с неограниченной пропускной способностью, так и потоков с регулируемой интенсивностью. Интенсивность потока определяется умножением связанного с потоком его темпа на величину временного шага.</p>
<p>Информационная связь</p>		<p>Дает информацию вспомогательным переменным о значении других переменных</p>
<p>Замедляющая информационная связь</p>		<p>Используется только тогда, когда вспомогательная переменная содержит специальную функцию задержки</p>
<p>Связь инициализации</p>		<p>Предоставляет начальную информацию для уровней о значениях других переменных</p>
<p>Облако</p>		<p>Неопределенный источник или сток для потока входящего или выходящего из уровня. Означает, что данный источник или сток находится за пределами рассматриваемой в модели области</p>

# Дополнительная информация для работы со структурными элементами

Дополнительная информация для работы со структурными элементами		
Неопределенные переменные		Символ переменной со знаком вопроса внутри означает, что переменная неопределенна или существуют ошибки в ее определении.
Неправильный поток		Знак вопроса в канале потока означает, что поток определен неправильно
Переменные “снимки”		Символ переменной с дополнительным набором уголков называется “снимком”, который является отображением реальной переменной. Переменные “снимки” удобны для связывания переменных, расположенных в различных частях модели. Переменные “снимки” создаются с помощью инструмента Фотоаппарат (Camera)
Переменные массива		Двойной контур используется для переменных, которые являются массивами

# Определение переменных, констант, уровней

*Переменная (Variable).* Данный элемент содержит список всех переменных модели. Вы можете использовать этот список для последовательного определения всех переменных без закрытия диалогового окна Define Variable и повторного его открытия для определения новой переменной. Если вы произвели изменения в окне, а затем выбрали из списка другую переменную, Powersim предложит сохранить последние изменения перед переходом к новой переменной.



# Определение переменных, констант, уровней

*Единица измерения (Unit of Measure).* Список Unit of Measure содержит все единицы измерения, которые были определены для вашей модели. Определение единиц измерения является важным процессом, так как позволяет произвести проверку правильности уравнений модели.

*Определение (Definition).* Текстовое поле Definition содержит числовое значение или алгебраическое выражение, которое определяет переменную. Если в данное поле введено определение переменной, то после закрытия диалогового окна знак вопроса на значке переменной исчезает. Модель не может быть запущена, если хотя бы одна переменная не определена. В текстовом поле Definition могут содержаться комментарии. Они не влияют на поведение модели во время ее работы. Написание комментария необходимо начинать с ввода двойных кавычек " или левой скобки «{». Любой текст, который следует после этих символов является комментарием, пока не будут введены двойные кавычки или правая скобка «}». Комментарий, помещенный в кавычки, может быть размещен между элементами выражения.

# Определение переменных, констант, уровней

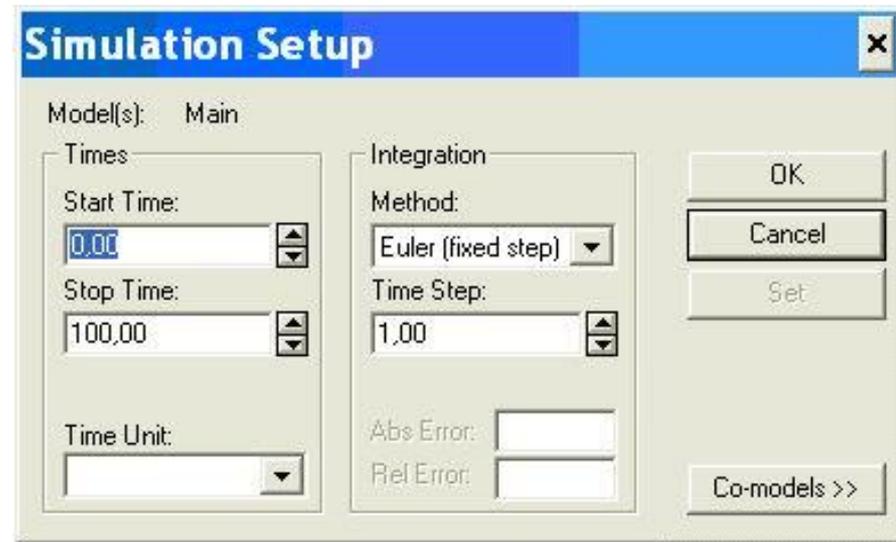
- *Связанные переменные (Linked variables)*. Список Linked variables используется на этапе определения переменной. Каждая переменная из этого списка должна быть использована для определения переменной. Список переменных генерируется автоматически программой, в соответствии со связями, помещенными в модель. Все переменные, которые связаны с текущей переменной (с помощью связи направленной от других переменных к определяемой) появляются в списке связанных переменных. Двойной щелчок на имени любой переменной приводит к ее появлению в поле Definition.
- *Функции (Functions)*. Powersim содержит перечень встроенных функций, включая финансовые функции, статистические функции, функции массивов, стандартные математические функции и т.д. Если список функций не показан в диалоговом окне Определение Переменной, необходимо нажать на кнопку More в нижнем правом углу окна. Для доступа к функции два раза щелкните на ней в списке. Функция появится в поле Definition со своим синтаксисом. Для завершения работы с функцией необходимо добавить переменные в соответствующие места.

# Выбор временного горизонта для модели

Стандартными методами интегрирования является интегрирование Эйлера и методы Рунге-Кутты второго, третьего и четвёртого порядков – последний допускает использование как фиксированной, так и переменной величины шага.

Дж. Форрестер указывал, что оптимальным является значение величины временного интервала приблизительно в шесть раз меньшее, чем самая минимальная задержка.

На практике зачастую используют такой временной интервал, который соответствует периодической системе отчетности объекта исследования (реальным данным).



# Проведение имитации

## Имитация: 1) непрерывная; 2) пошаговая.

Непрерывная имитация применяется, когда интерес вызывает общее поведение модели. Если же необходимо проследить изменение значений отдельных переменных в разные моменты времени, применяется пошаговое имитирование.

*Проведение непрерывного имитирования:*

Нажмите на кнопку **Run**  или выберите **Simulate – Run**.

Вы можете приостановить и возобновить имитацию в любое время нажатием на кнопку пауза . Имитация модели завершается при достижении конечного времени имитации. Имитация может быть также остановлена вручную нажатием на кнопку стоп .

Для проведения пошаговой имитации необходимо нажать на кнопку . Повторное нажатие на данной кнопке приводит к пересчету модели для одного дополнительного шага времени.

# Бинарные операторы

Оператор	Приоритет	Ассоциативность	Назначение
$\wedge$	7	справа	возведение в степень
$*$	6	слева	умножение
$/$	6	слева	деление
MOD	6	слева	остаточный член от деления
$+$	5	слева	сложение
$-$	5	слева	вычитание
$<$	4	слева	меньше
$<=$	4	слева	меньше или равно
$>$	4	слева	больше
$>=$	4	слева	больше или равно
$=$	3	слева	равно
$<>$	3	слева	не равно
AND	2	слева	логическое И
XOR	1	слева	логическое исключающее ИЛИ
OR	1	слева	логическое ИЛИ

# Основные группы функций



1. *Функции для работы с массивами* – функции, в которых используется один или большее количество аргументов, являющихся массивами.

2. *Встроенные функции* – функции, являющиеся частью языка моделирования Powersim.

3. *Комплексные функции* – функции для работы с комплексными числами.

4. *Условные функции* – функции, работа которых зависит от условий, входящих в функции в качестве дополнительных аргументов.



5. *Функции управления* – функции, используемые для управления процессом моделирования.

6. *Функции преобразования типа* – функции, преобразующие значения из одного типа в другой.



7. *Функции задержки (запаздывания)* – функции с замедленным откликом на изменение аргументов.

8. *Финансовые функции* – функции, предназначенные для вычисления текущей и будущей ценности, а так же размера частичных платежей.



9. *Графические функции* – функции, в которых зависимость между значением функции и значениями ее аргументов задается в табличном или графическом виде.

# Основные группы функций



10. *Функции с памятью* – функции, в которых для вычисления текущих значений функции используются прошлые значения аргументов.

11. *Логические (булевы) функции* – функции, возвращающие логическое значение ("Истина" или "Ложь").

12. *Математические функции* – функции для всех видов математических вычислений.



13. *Смешанные функции* – функции, которые хорошо не вписываются в другие группы.



14. *Случайные (стохастические) функции* – функции, значения аргументов которых генерируются генератором случайных чисел по определенному закону распределения.

15. *Статистические функции* – функции для проведения вычислений с аргументами, представляющими собой выборки на множестве данных.



16. *Функции, зависящие от времени* – функции, в которых либо значение функции, либо аргументы имеют размерность единицы времени моделирования.

17. *Тригонометрические функции* – функции для выполнения тригонометрических вычислений.

# Функции для работы с массивами

- **ABSC** абсолютное значение комплексного числа или массива
- **ADD** сумма массивов
- **ADDCR** сумма комплексных и вещественных чисел или массивов
- **ADDRC** сумма вещественных и комплексных чисел или массивов
- **ANGLEC** угол комплексного числа или массива
- **ARRAVG** среднее значение элементов массива
- **ARRMAX** максимальный элемент массива
- **ARRMIN** минимальный элемент массива
- **ARRPROD** произведение элементов массива
- **ARRSTDDEV** стандартное отклонение элементов массива
- **ARRSUM** сумма элементов массива
- **CARTOPOL** преобразование комплексного числа или массива из декартовой формы в полярную

# Функции для работы с массивами

- DELAYPPLINFV векторная конвейерная информационная задержка с переменным временем запаздывания
- DELAYPPLMTRV векторная конвейерная материальная задержка с переменным временем запаздывания
- ELEM COUNT число элементов массива
- IMAGC мнимая часть комплексного числа или таблицы
- INVERT обращение квадратной матрицы
- INVERTC обращение комплексного числа или квадратной матрицы
- LOOKUP поиск по индексу элемента массива
- MATRIXPROD произведение матриц
- POLTOCAR преобразование комплексного числа или массива из полярной формы в декартову
- PROD произведение выражений по индексам
- PRODC произведение комплексных чисел, векторов или массивов
- PRODCR произведение комплексных и вещественных чисел, векторов или массивов
- PRODRC произведение вещественных и комплексных чисел, векторов или массивов
- REALC вещественная часть комплексного числа

# Функции для работы с массивами

- SCANEQ поиск равного компонента вектора
- SCANGT поиск большего компонента вектора
- SCANGTEQ поиск большего или равного компонента вектора
- SCANLT поиск меньшего компонента вектора
- SCANLTEQ поиск меньшего или равного компонента вектора
- SCANNEQ поиск неравного компонента вектора
- SHIFTCIF условный циклический сдвиг компонент вектора
- SHIFTLCNT линейный сдвиг компонент вектора
- SHIFTLIF условный линейный сдвиг компонент вектора
- SPROD скалярное произведение векторов
- TRANSPOSE транспонирование матрицы
- TRANSPOSEC транспонирование матрицы комплексных чисел
- VECTLEN длина вектора
- VECTOR создание вектора
- VECTPROD3D векторное произведение трехмерных векторов

# Встроенные функции

- | оператор защиты
- ; оператор ограничения
- AND логическое И
- BUT оператор ограничения
- COUNT число элементов диапазона или главного индекса диапазона
- DEFAULT выбор выражения ограничения по умолчанию
- FIRST нижний предел диапазона или главного индекса диапазона
- INDEX преобразование переменной индекса в скаляр
- LAST верхний предел диапазона или главного индекса диапазона
- OR логическое ИЛИ
- OTHERWISE оператор защиты по умолчанию
- SUM суммирование выражений по индексам
- WHEN оператор защиты

# Комплексные функции

- **ABSC** абсолютное значение комплексного числа или массива
- **ADD** сумма массивов
- **ADDCR** сумма комплексных и вещественных чисел или массивов
- **ADDRC** сумма реальных и комплексных чисел или массивов
- **ANGLEC** угол комплексного числа или массива
- **CARTOPOL** преобразование комплексного числа или массива из декартовой формы в полярную
- **IMAGC** мнимая часть комплексного числа или массива
- **INVERTC** обращение комплексного числа или квадратной матрицы
- **POLTOCAR** преобразование комплексного числа или массива из полярной формы в декартову
- **PRODC** произведение комплексных чисел, векторов или массивов
- **PRODCR** произведение комплексных и вещественных чисел, векторов или массивов
- **PRODRC** произведение вещественных и комплексных чисел, векторов или массивов
- **REALC** вещественная часть комплексного числа
- **TRANSPOSEC** транспонированная матрица комплексных чисел

# Условные функции

- IF арифметическое ЕСЛИ
- PULSEIF условный импульс
- SAMPLEIF условная выборка
- SHIFTCIF условный циклический сдвиг компонент вектора
- SHIFTLIF условный линейный сдвиг компонент вектора

# Функции управления

- PAUSEIF условная пауза
- PAUSEWHILE условная длящаяся пауза
- STOPIF условная остановка всех имитаций
- STOPRUNIF условная остановка текущей имитации

# Функции преобразования типа

- % процент
- ABS абсолютное значение
- BOOL преобразование числа к булевой форме
- CARTOPOL преобразование комплексного числа или массива из декартовой формы в полярную
- CEIL округление вверх до ближайшего целого
- DEGTOGRAD преобразование градусов в грады
- DEGTORAD преобразование градусов в радианы
- FLOOR округление вниз до ближайшего целого
- FRAC дробная часть числа
- GRADTODEG преобразование градусов в градусы
- GRADTORAD преобразование градусов в радианы
- INDEX преобразование переменной индекса в скаляр
- INT целая часть числа
- PCT преобразование числа в процент
- POLTOCAR преобразование комплексного числа или массива из полярной формы в декартову
- RADTODEG преобразование радиан в градусы
- RADTOGRAD преобразование радиан в грады
- ROUND округление до ближайшего целого
- SIGN знак числа

# Функции задержки

- DELAYINF информационная задержка  $p$ -го порядка
- DELAYMTR материальная задержка  $p$ -го порядка
- DELAYPPL конвейерная (канальная, дискретная) задержка
- DELAYPPLINF конвейерная информационная задержка с переменным временем запаздывания
- DELAYPPLINFV векторная конвейерная информационная задержка с переменным временем запаздывания
- DELAYPPLMTR конвейерная материальная задержка с переменным временем запаздывания
- DELAYPPLMTRV векторная конвейерная материальная задержка с переменным временем запаздывания

# Финансовые функции

- FV будущая ценность (будущая стоимость)
- NPV чистая приведенная ценность (стоимость)
- PMT частичный платеж (взнос или поток платежей)
- PV текущая (настоящая) ценность (текущая / современная стоимость)

# Графические функции

- GRAPH кусочно-линейный график с горизонтальными асимптотами
- GRAPHCURVE полиномиальный график с линейными асимптотами
- GRAPHLINAS кусочно-линейный график с линейными асимптотами
- GRAPHSTEP ступенчатый график с горизонтальными асимптотами

# Функции с памятью (хронологические)

- DELAYINF информационная задержка
- DELAYMTR материальная задержка n-го порядка
- DELAYPPL конвейерная задержка
- DELAYPPLINF конвейерная информационная задержка с переменным временем
- DELAYPPLINFV векторная конвейерная информационная задержка с переменным временем
- DELAYPPLMTR конвейерная материальная задержка с переменным временем
- DELAYPPLMTRV векторная конвейерная материальная задержка с переменным временем
- DERIVN производная n-го порядка по времени
- EULER выборка в начале шага моделирования
- FORCAST прогнозирование значения
- HIVAL самое большое моделируемое значение
- INIT начальное значение
- INTEGRATE интегрирование
- LOVAL самое маленькое моделируемое значение
- NPV чистая приведенная ценность
- QUEUE очередь со многими клиентами и серверами
- SAMPLE периодическая выборка
- SAMPLEIF условная выборка
- TREND тренд

# Логические функции

- < меньше
- < = меньше или равно
- < > не равно
- = равно
- > больше
- > = больше или равно
- AND логическое И
- BOOL преобразование числа к булевой форме
- FALSE логическая ЛОЖЬ
- NOT логическое НЕ
- OR логическое ИЛИ
- TRUE логическая ИСТИНА
- XOR логическое исключающее ИЛИ

# Математические функции

- $\wedge$  возведение в степень
- $!$  факториал
- $\%$  процент
- $*$  умножение
- $+$  сложение
- $-$  вычитание
- $/$  деление
- ABS абсолютное значение
- ADD сумма массивов
- ARRPROD произведение элементов массива
- ARRSUM сумма элементов массива
- DERIVN производная n-го порядка по времени
- DIVZ0 деление с нулевым результатом при обращении знаменателя в нуль
- DIVZ1 деление с единичным результатом при обращении знаменателя в нуль
- DIVZX деление с заданным результатом при обращении знаменателя в нуль
- EXP экспонента числа

# Математические функции

- HYPOT гипотенуза
- INFINITY бесконечно большое положительное число
- INTEGRATE интегрирование
- INVERT обращение квадратной матрицы
- LN натуральный логарифм числа
- LOG логарифм числа по основанию N
- MATRIXPROD произведение матриц
- MOD остаточный член от деления
- NAN не число
- PCT преобразование числа в процент
- POLY полином (многочлен)
- SIGN знак числа
- SPROD скалярное произведение векторов
- SQRT квадратный корень
- TRANSPOSE транспонирование матрицы
- VECTLEN длина вектора
- VECTPROD3D векторное произведение трехмерных векторов

# Смешанные функции

- ASSIGN присвоение значения переменной
- GETPLAYERS количество игроков
- GETSIMPLAYERS количество моделируемых игроков
- GETTOTPLAYERS общее количество игроков
- LIMIT ограничение переменной заданным диапазоном
- PLAYERNUMBER номер текущего игрока
- RUN номер текущей имитации
- RUNCOUNT количество имитаций
- SELECTDECISION выбор решения
- SOUND звук
- STRATEGICMODE проверка нахождения игры в стратегическом режиме

# Случайные (стохастические) функции

- `EXPRND` экспоненциальное распределение
- `NORMAL` нормальное (гауссово) распределение
- `POISSON` распространение Пуассона
- `RANDOM` равномерное распределение

# Статистические функции

- **ARRAVG** среднее число элементов массива
- **ARRMAX** максимальный элемент массива
- **ARRMIN** минимальный элемент массива
- **ARRSTDDEV** стандартное отклонение элементов массива
- **AVG** среднее значение (среднее)
- **MAX** максимум
- **MIN** минимум
- **STDDEV** стандартное отклонение

# Функции, зависящие от времени

Функции, возвращающие значения времени

- STARTTIME время начала моделирования
- STOPTIME время остановки моделирования
- TIME текущее время моделирования
- TIMESTEP шаг моделирования

Функции, используемые для проверки данного момента времени

- ATSTART проверка на начало моделирования
- TIMECYCLE проверка цикличности времени или временного интервала
- TIMEIS проверка попадания в данный момент времени или временной интервал

Функции, использующие время как неявный параметр

- COSWAVE косинусоидальная волна
- PULSE периодический импульс
- RAMP линейная функция
- SAMPLE периодическая выборка
- SINWAVE синусоидальная волна
- STEP ступенчатая функция

Оперативные функции

- SECONDDTHISRUN количество секунд, прошедших с начала текущей имитации
- SECONDDTHISSTEP количество секунд, прошедших на текущем шаге моделирования

# Тригонометрические функции

- ARCCOS арккосинус
- ARCSIN арксинус
- ARCTAN арктангенс
- COS косинус
- COSH гиперболический косинус
- COSWAVE косинусоидальная волна
- DEGTOGRAD преобразование градусов в грады
- DEGTORAD преобразование градусов в радианы
- GRADTODEG преобразование градусов в градусы
- GRADTORAD преобразование градусов в радианы
- PI тригонометрическая константа  $\pi$
- SIN синус
- SINH гиперболический синус
- SINWAVE синусоидальная волна
- TAN тангенс
- TANH гиперболический тангенс

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a light green vertical bar and a dark blue horizontal bar with rounded ends.

**Спасибо за внимание!**