

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

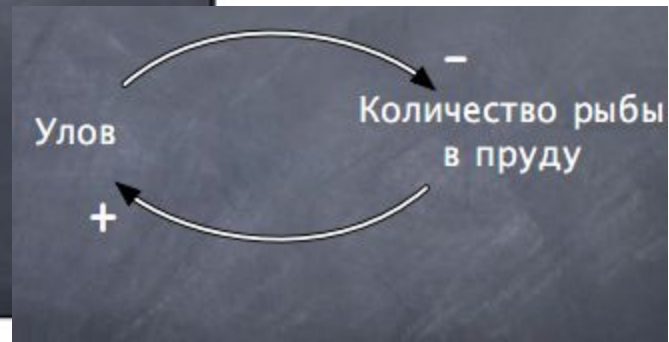
Существует два типа связей

Прямая

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

Обратная

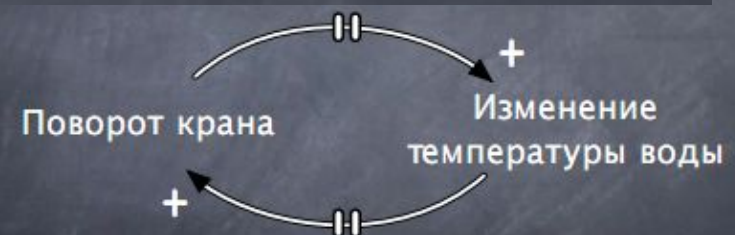
- ☞ если А **увеличивается**, то Б **уменьшается**
- ☞ если А **уменьшается**, то Б **увеличивается**
(обозначается знаком -)










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

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


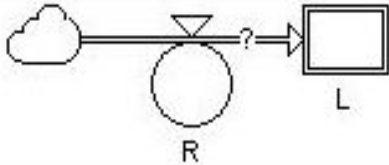


Основные структурные элементы Powersim

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

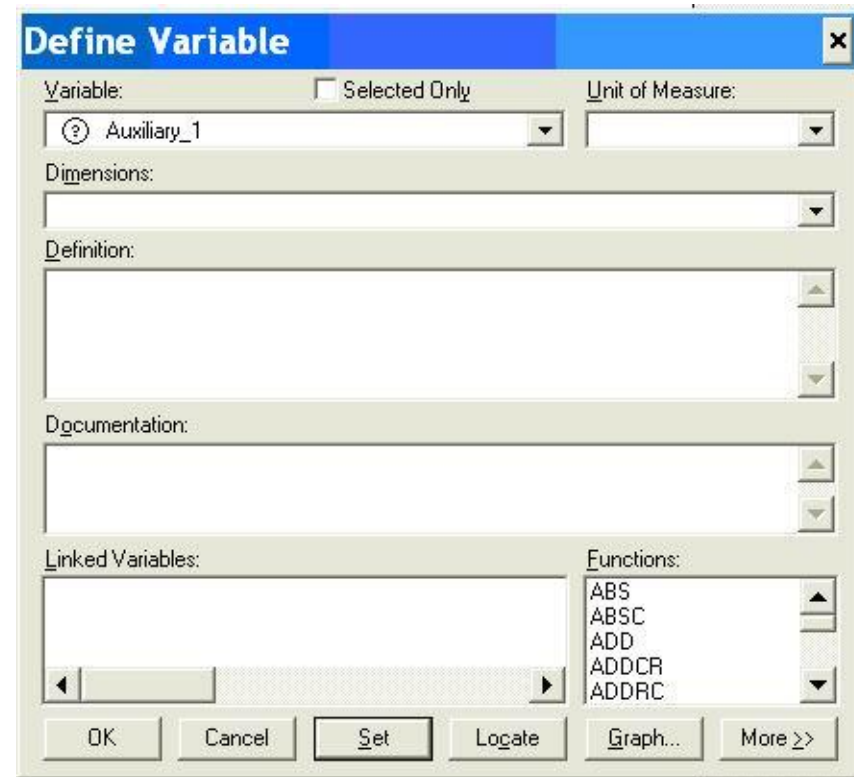
<p>Поток с регулируемой интенсивностью</p>		<p>Powersim предоставляет возможность использования как потоков с неограниченной пропускной способностью, так и потоков с регулируемой интенсивностью. Интенсивность потока определяется умножением связанного с потоком его темпа на величину временного шага.</p>
<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

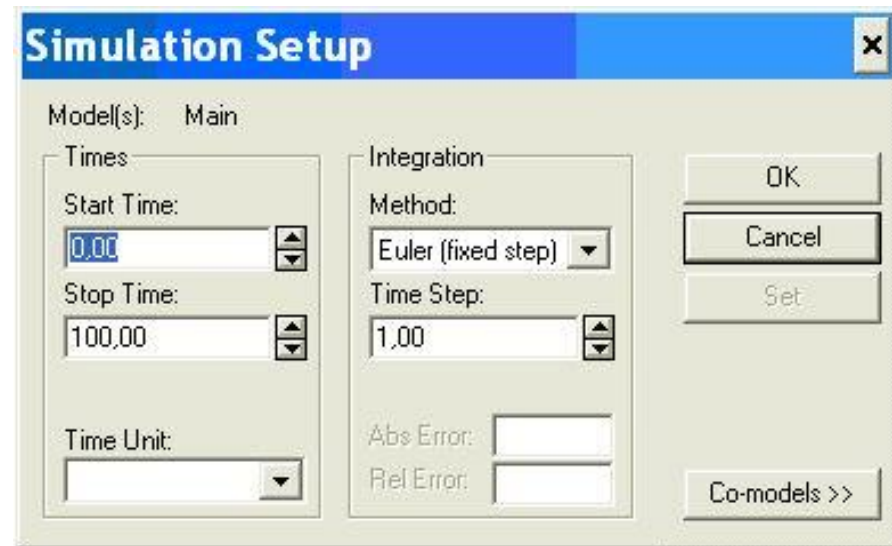
- *Связанные переменные (Linked variables)*. Список Linked variables используется на этапе определения переменной. Каждая переменная из этого списка должна быть использована для определения переменной. Список переменных генерируется автоматически программой, в соответствии со связями, помещенными в модель. 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
- SPORD 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 π
- 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!