

# Интегрированная среда и язык GPSS World (GPSSW)

## Структура и запуск GPSS World

GPSS World - это общецелевая система моделирования, значительно облегчающая процесс создания и выполнения программ имитационного моделирования.

Студенческая версия системы GPSS World так же эффективна, как и коммерческая, и на сегодняшних персональных компьютерах выполняется в тысячу раз быстрее, чем работала оригинальная версия GPSS/PC в 1984 году.

В процессе инсталляции система GPSSW по умолчанию устанавливается в каталог C:\Program Files\Minuteman Software\GPSS World Student Version.

Для системы GPSSW требуется IBM-совместимый компьютер с ОС Windows 95, 98 и выше. Целесообразно использовать процессоры типа Pentium II и выше. Желательно иметь мышь. Требуется, по меньшей мере, 32 Мбайт оперативной памяти и 10 Мбайт свободного пространства на жестком диске (винчестере).

Запуск системы GPSSW можно выполнить несколькими способами.

Первый способ: дважды щелкните мышью по файлу GPSSW.exe в каталоге, в котором была установлена система. Появится главное окно системы GPSS World.

Второй способ:

- щелкните мышью по кнопке **Пуск** ОС Windows. Появится всплывающее меню;
- щелкните по пункту **Программы** во всплывающем меню. Появится следующее всплывающее меню;
- щелкните по пункту **GPSS World Student Version**. Откроется главное окно системы GPSSW (рис. 1.1).

В первой строке (строке заголовка) главного окна указано название окна – **GPSS World**. Во второй строке располагаются пункты главного меню, в третьей – стандартная панель инструментов. Нижняя строка главного окна - строка состояния системы, в которой дается краткое описание выделенной команды.

Система GPSSW имеет иерархическую систему меню, состоящую из главного меню, систем выпадающих и всплывающих меню (подменю).

*Главное меню* служит для вызова выпадающих меню. Набор пунктов главного меню располагается во второй строке главного окна системы GPSS.

*Выпадающее меню* предназначено для вызова всплывающего меню, диалогового окна или соответствующей команды. Выпадающее меню располагается под соответствующим пунктом главного меню.

*Всплывающее меню* позволяет вызывать другое всплывающее меню, диалоговое окно или соответствующую команду. Всплывающее меню располагается справа от выбранного пункта выпадающего меню. Для выбора пункта всплывающего меню достаточно щелкнуть по нему левой кнопкой мыши.

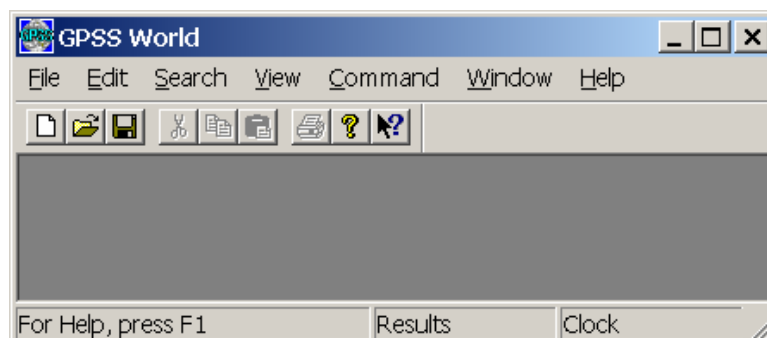


Рис. 1.1. Главное окно системы GPSS World

## Главное меню GPSS

Главное меню обеспечивает доступ ко всем средствам системы GPSSW. По своей сути главное меню является основным управляющим центром этой системы. Роль дополнительного центра играет стандартная панель инструментов, включающая ряд кнопок, за которыми закреплены наиболее часто используемые команды.

*Система меню* GPSSW - это хорошо скоординированная совокупность выпадающих и всплывающих меню. После щелчка мышью по любому пункту главного меню или нажатия на «горячие» клавиши (HotKeys) на экране появляется соответствующее выпадающее меню. «Горячая»

клавиша выделяется в названии пункта меню путем подчеркивания одной буквы. Чтобы с помощью клавиатуры получить быстрый доступ к пункту главного меню, а значит и к нужному выпадающему меню, необходимо нажать на клавишу **Alt** и, удерживая ее, на ту алфавитную клавишу, название которой подчеркнуто. Например, для быстрого обращения к пункту **View** (Вид) достаточно нажать комбинацию клавиш **Alt+V**. Вызов соседнего выпадающего меню осуществляется с помощью клавиши стрелкой влево или вправо. Выделить любой пункт выпадающего или всплывающего меню (подменю) можно путем наведения на него указателя мыши или с помощью клавиш перемещения со стрелкой вниз либо вверх.

Для выполнения выделенного пункта меню существует несколько способов

- нажать на клавишу **Enter**;
- нажать на «горячую» клавишу, название которой подчеркнуто;
- щелкнуть мышью по выделенному пункту.

Многие пункты главного меню заблокированы и обесцвечены серым тоном до тех пор, пока вы не откроете и не создадите соответствующие объекты системы GPSSW.

Чтобы закрыть выпадающее или всплывающее меню, достаточно нажать на клавишу **Esc** или щелкнуть мышью по полю окна вне меню.

Выпадающее меню - это меню, появляющееся после щелчка по любому пункту главного меню. Оно, в свою очередь, состоит из пунктов подменю, или команд.

Пункт меню, после названия которого стоит многоточие, - диалоговая команда, и при ее выборе появляется диалоговое окно.

Если в правой части пункта имеется треугольная стрелка, то при выборе такого Пункта открывается подменю (всплывающее меню).

В том случае, если яркость пункта понижена, этот пункт в данный момент недоступен для использования.

Флажок (галочка), предшествующий пункту или появляющийся при его выборе, свидетельствует о том, что пункт может находиться во включенном или выключенном состоянии: он считается включенным при наличии флажка слева и выключенным - при отсутствии.

Справа от названия пункта меню часто указываются клавиши-акселераторы (shortcut keys, acceleration keys), предназначенные для оперативного доступа к этому пункту или команде.

Далее рассмотрим выпадающие меню для каждого пункта главного меню.

## ***Меню File***

### **Состав и структура меню**

Пункт **File** (Файл) главного меню служит для работы с файлами документов.

*Файл* - это именованная упорядоченная совокупность данных или кодов программ на диске, имеющая имя и расширение. Файлы имитационных моделей в системе GPSSW записываются в окне **Model** (Модель) и сохраняются с расширением .gps, которое указывается сразу после имени файла. Текстовые файлы системы GPSSW записываются в окне **Text File** (Текстовый файл) и сохраняются с расширением .txt. Они имеют текстовый формат, и их легко прочитать и модифицировать при помощи любого текстового редактора.

Файлы могут содержать и результаты проведенного моделирования. Эти файлы создаются после сохранения содержимого окна **REPORT** (Отчет). При этом файл будет иметь расширение .grg. Кроме того, можно сохранить сообщения, появляющиеся в процессе моделирования систем. Эти сообщения, выводимые в окне **JOURNAL** (Журнал), можно сохранить в файле с расширением .sim.



*Рис. 1.2. Выпадающее меню пункта File главного меню*

Выбор пункта **File** главного меню или нажатие комбинации клавиш **Alt+F** вызывает выпадающее меню работы с файлами, показанное на рис. 1.2.

Выпадающее меню Пункта **File** главного меню включает большой набор пунктов и соответствующих «горячих» клавиш:

- **New** (Создать) - **Ctrl+N**;
- **Open...** (Открыть) - **Ctrl+O**;
- **Close** (Заккрыть);
- **Save** (Сохранить) - **Ctrl+S**;
- **Save As...** (Сохранить как);
- **Print...** (Печать) - **Ctrl+P**;
- **Internet**;
- **Recent File** (Последний файл);
- **Exit** (Выйти).

#### Создание нового файла

При выборе пункта **New** или нажатии комбинации клавиш **Ctrl+N** обеспечивается вызов диалогового окна **Новый документ**. У пункта **New** есть на стандартной панели инструментов дублирующая пиктограмма с изображением чистого лист с загнутым правым верхним уголком. Используя диалоговое окно **Новый документ**, можно создать новый файл для моделирования с помощью пункта **Model** с расширением .gpr и текстовый файл с помощью пункта **Text File** с расширение .txt. После двойного щелчка мышью по требуемому типу файла или щелчка на кнопке ОК при выделенном нужном файле появится соответствующее окно для ввода моделируемой системы - **Untitled Model 1** (Без названия модель 1) - или для создания текстового файла - **Untitled Text File 1** (Без названия текстовый файл 1).

В качестве примера введем в окне **Untitled Model 1** модель одноканальной разомкнутой системы массового обслуживания (СМО). На рис. 1.3 представлена модель простейшей системы массового обслуживания, в которой выделены основные события.

Охарактеризуем каждое событие, возникшее в СМО:

1. Появление требования в системе (**GENERATE** - Генерировать).
2. Вход требования в очередь (**QUEUE** - Очередь).
3. Определение занятости канала обслуживания (**SEIZE** - Занять). Если канал занят, то требование остается в очереди, если свободен - то входит в канал обслуживания.
4. Выход требования из очереди (**DEPART** - Выйти).
5. Обслуживание требования в канале обслуживания (**ADVANCE** - Заде жать).
6. Освобождение канала обслуживания (**RELEASE** - Освободить).
7. Выход требования из системы (**TERMINATE** - Завершить).

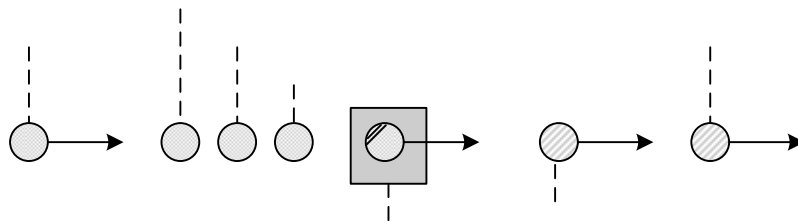


Рис. 1.3. Простейшая система массового обслуживания

Эта программа в системе GPSSW будет выглядеть так, как показано на рис. 1.4.

Использованные в программе операторы полностью соответствуют содержанию и логике моделируемой системы. Справа от операторов пишутся параметры (признаки, переменные), которые характеризуют данное событие. Так, в операторе **GENERATE** первая цифра - 7 - определяет средний интервал времени между поступлениями требований в систему на обслуживание, а вторая - 2 - максимально допустимое отклонение от среднего времени. В операторах **QUEUE** и **DEPART** цифра 1 определяет номер очереди, в которую вошло и из которой собирается выйти требование. В операторах **SEIZE** и **RELEASE** символы KAN определяют символическое имя канала обслуживания, в который собирается войти требование, если он освободился, и выйти - если требование уже в нем обслужилось. В операторе **ADVANCE** первая цифра - 6 - определяет среднее время обслуживания требования, а вторая - 3 - максимально допустимое отклонение от этого времени. Оператор **TERMINATE** выполняет

удаление одного требования из системы. Цифра 200 в операторе **START** означает число требований, которые необходимо пропустить через систему.

| Command   | Parameters | Description   |
|-----------|------------|---|
| GENERATE  | 7,2        | ;Генерирует вход требования в систему с интервалом [5-9]ед. времени |
| QUEUE     | 1          | ;Увеличивает содержимое очереди под номером 1 на одно требование    |
| SEIZE     | KAN        | ;Определяет занятость канала по имени KAN.                          |
| DEPART    | 1          | ;Уменьшает содержимое очереди под номером 1 на одно требование      |
| ADVANCE   | 6,3        | ;Обслуживает требование в канале обслуживания-[3-9]ед. времени      |
| RELEASE   | KAN        | ;Освобождает канал обслуживания по имени KAN                        |
| TERMINATE | 1          | ;Выход требования из системы  |
| START     | 200        | ;Начало моделирования с числом требований-200                       |

Рис. 1.4. Окно **Untitled Model 1** с введенной в него моделью одноканальной разомкнутой СМО

В нашем простейшем примере требования поступают на обслуживание в систему случайно в интервале [5-9] единиц времени с равномерным распределением. А время обслуживания колеблется в интервале [3-9] единиц времени, также

с равномерным распределением. При этом моделируется прохождение через систему 200 требований.

В системе моделирования GPSSW предусмотрен стандартный отчет, в котором выводятся результаты моделирования.

Стандартный отчет включает в себя результаты моделирования системы, например такие, как:

- коэффициент использования канала обслуживания;
- средняя длина очереди;
- среднее время пребывания требования в очереди и ряд других.

Чтобы получить стандартный отчет для модели при наличии в ней управляющего оператора **START**, необходимо:

- щелкнуть по кнопке **Command** (Команда) главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкнуть по кнопке **Create Simulation** (Создать выполняемую модель). Появится окно **JOURNAL**, а затем - **REPORT** с результатами моделирования; фрагмент последнего показан на рис.

1.5.

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1

Saturday, September 18, 2004 08:32:05

| START TIME | END TIME | BLOCKS | FACILITIES | STORAGES |
|------------|----------|--------|------------|----------|
| 0.000      | 1415.579 | 7      | 1          | 0        |

| NAME | VALUE     |
|------|-----------|
| KAN  | 10000.000 |

| LABEL | LOC       | BLOCK | TYPE | ENTRY | COUNT | CURRENT | RETRY |
|-------|-----------|-------|------|-------|-------|---------|-------|
| 1     | GENERATE  | 201   |      | 0     | 0     |         |       |
| 2     | QUEUE     | 201   |      | 0     | 0     |         |       |
| 3     | SEIZE     | 201   |      | 1     | 0     |         |       |
| 4     | DEPART    | 200   |      | 0     | 0     |         |       |
| 5     | ADVANCE   | 200   |      | 0     | 0     |         |       |
| 6     | RELEASE   | 200   |      | 0     | 0     |         |       |
| 7     | TERMINATE | 200   |      | 0     | 0     |         |       |

| FACILITY | ENTRIES | UTIL. | AVE. TIME | AVAIL. | OWNER | PEND | INTER | RETRY | DELAY |
|----------|---------|-------|-----------|--------|-------|------|-------|-------|-------|
| KAN      | 201     | 0.846 | 5.958     | 1      | 201   | 0    | 0     | 0     | 0     |

| QUEUE | MAX | CONT. | ENTRY | ENTRY(0) | AVE. CONT. | AVE. TIME | AVE. (-0) | RETRY |
|-------|-----|-------|-------|----------|------------|-----------|-----------|-------|
|       |     |       |       |          |            |           |           |       |

Report is Complete.

Рис. 1.5. Стандартный вывод результатов моделирования

В стандартный отчет включаются следующие основные показатели моделирования системы:

- время моделирования системы - **END TIME** (Время окончания);
- число обслуженных требований в канале обслуживания - **ENTRIES** (Число входов);
- коэффициент использования канала обслуживания - **UTIL.** (Использование);
- среднее время обслуживания требования в канале- **AVE.TIME** (Среднее время);
- максимальная длина очереди - **MAX** (Максимальная);
- средняя длина (содержимое) очереди - **AVE.CONT.** (Среднее содержимое);
- среднее время пребывания требования в очереди - **AVE. TIME** - и ряд других показателей.

Для разработки модели функционирования этой, казалось бы, очень простой системы массового обслуживания с использованием наиболее распространенных языков программирования BASIC, Pascal, C или FORTRAN потребовалось бы на порядок большее число операторов и высокий уровень программиста. Решение же такого типа задач в системе GPSSW доступно каждому пользователю после небольшой подготовки.

### Открытие существующего файла

Выбор пункта выпадающего меню **Open...** или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+O** вызывает стандартное диалоговое окно открытия файла **Open**. Достаточно найти нужный каталог (папку), файл, а затем, щелкнув дважды левой кнопкой мыши по нужному файлу, вы откроете его содержимое. У пункта **Open...** есть на стандартной панели инструментов дублирующая пиктограмма с изображением открытой папки.

### Закрытие файла

Пункт выпадающего меню **Close** закрывает активное окно, то есть окно текущей программы (файла), и система переходит к предыдущему окну (либо к пустому первому, если другие окна не выводились). Если какая-либо из моделей в закрываемых окнах подвергалась модификации, то при закрытии файла появится диалоговое окно сообщений GPSS World. В этом диалоговом окне система спрашивает, надо ли сохранять изменения в файле. Если документ не модифицировался, соответствующее окно просто закрывается.

### Сохранение файла в текущем каталоге

Выбор пункта выпадающего меню **Save** или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+S** сохраняет файл под тем же именем. Допустим, мы хотим сохранить только что созданный текстовый файл. Тогда появится стандартное диалоговое окно **Save As**.

Поскольку содержимое окна **Text File** сохраняется в файле с расширением .txt, то диалоговом окне **Save As** появится список текстовых файлов, если они есть, имеющих расширение .txt. То есть тип файла определяется системой автоматически. Если сохраняется файл, который уже имеет имя, то соответствующее диалоговое окно не вызывается.

Пунктом **Save** рекомендуется пользоваться периодически при подготовке сложных моделей. Это позволяет сохранить все изменения в документах и избежать потери данных, например, при случайном выключении компьютера до записи файла. У пункта **Save** есть на стандартной панели инструментов дублирующая пиктограмма с изображением дискеты.

### Сохранение файла в другом каталоге

Пункт выпадающего меню **Save As...** вызывает диалоговое окно **Save As**, с помощью которого можно сохранить файл под новым именем и/или в новом месте, в другом формате. Допустим, мы хотим сохранить файл результатов моделирования - содержимое окна **REPORT**. Появится диалоговое окно **Save As**. Поскольку содержимое окна **REPORT** сохраняется в файле с расширением .grg, то в диалоговом окне **Save As** появится список ранее сохраненных файлов с расширением .grg.

### Установка параметров принтера и печати

Выбор пункта выпадающего меню **Print...** или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+P** открывает диалоговое окно **Print** для ввода имени принтера, числа коп и ряда других установок.

У пункта **Print...** на стандартной панели инструментов имеется дублирующая пиктограмма с изображением принтера. Диалоговое окно **Print** представляет собой стандартное окно печати Windows. Оно позволяет устанавливать параметр принтера.

### Настройка принтера и установка параметров бумаги

Пункт выпадающего меню **Print Setup...** (Настройка принтера) вызывает диалоговое окно настройки принтера **Print Setup** для указания размера бумаги и ряда других установок.

### Связь с Internet

Пункт выпадающего меню **Internet** вызывает всплывающее меню.

Всплывающее меню включает два пункта:

- **Download Notices** (Загрузка объявлений);
- **GPSS Web Page...** (Web-страница GPSS) вызывает диалоговое окно с общей информацией от фирмы по системе GPSS.

Если в процессе использования системы GPSSW открывалось несколько файлов, то они будут представлены в выпадающем меню пункта **File** главного меню после пункта **Internet**.

### Выход из системы GPSSW

Пункт выпадающего меню **Exit** обеспечивает выход из системы GPSS. Перед выходом из системы необходимо, чтобы все загруженные ранее окна, содержимое которых подверглось редактированию и модификации, были сохранены на диске с помощью команды **Save As...** или **Save**. Тогда при выборе пункта **Exit** можно наблюдать последовательное исчезновение окон. Если пользователь забыл

сохранить содержимое окна на диск, система сообщит об этом, выдав запрос. Нужно ответить **Yes** (Да), если документ нужно сохранить, **No** (Нет) - если сохранения не требуется, и **Cancel** (Отменить) - для отмены закрытия окна.

**Меню Edit**

Выбор пункта **Edit** (Правка) главного меню или нажатие комбинации клавиш **Alt+E** вызывает выпадающее меню редактирования (рис. 1.7).

Для выполнения того или иного действия можно воспользоваться следующими командами из этого меню:

- **Undo** (Отменить) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Z** отменяет последнюю из выполненных команд;
- **Cut** (Вырезать) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+X** удаляет выделенный фрагмент текста и помещает его в буфер обмена данными;
- **Copy** (Копировать) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+C** копирует выделенный фрагмент текста и помещает его в буфер обмена данными;
- **Paste** (Вставить) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+V** вставляет содержимое буфера обмена данными в текущую позицию курсора в окне текстового редактора;
- **Insert Line** (Вставить строку) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+I** вставляет строку в программу;
- **Delete Line** (Удалить строку) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+D** удаляет выделенную строку программы;
- **Font...** (Шрифт) вызывает диалоговое окно для выбора шрифта;
- **Expression Window ...** (Окно выражения) вызывает диалоговое окно **Edit Expression Window** (Окно редактирования выражения);
- **Plot Window ...** (Окно графика) вызывает диалоговое окно **Edit Plot Window** (Окно редактирования графика);

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Undo                   | Ctrl+Z |
| Cut                    | Ctrl+X |
| Copy                   | Ctrl+C |
| Paste                  | Ctrl+V |
| Insert Line            | Ctrl+I |
| Delete Line            | Ctrl+D |
| Font ...               |        |
| Expression Window ...  |        |
| Plot Window ...        |        |
| Insert GPSS Blocks ... |        |
| Insert Experiment      | ▶      |
| Settings ...           |        |

Рис. 1.7 Выпадающее меню пункта Edit главного меню

- **Insert GPSS Blocks ...** (Вставить блоки GPSS) вызывает диалоговое окно, в котором можно выбрать щелчком мыши нужный блок GPSS (рис. 1.8);
- **Insert Experiment** (Вставить эксперимент) вызывает всплывающее меню для выбора соответствующего эксперимента (рис. 1.9).

| Insert GPSS Block into Model Object |          |             |
|-------------------------------------|----------|-------------|
| ADOPT                               | ASSEMBLE | ALTER       |
| ADVANCE                             | CLOSE    | COUNT       |
| ASSIGN                              | GATE     | DISPLACE    |
| BUFFER                              | JOIN     | EXAMINE     |
| DEPART                              | LINK     | EXECUTE     |
| ENTER                               | LOGIC    | FAVAIL      |
| GENERATE                            | LOOP     | FUNAVAIL    |
| LEAVE                               | MATCH    | GATHER      |
| MARK                                | OPEN     | INDEX       |
| MSAVEVALUE                          | PREEMPT  | INTEGRATION |
| PLUS                                | PRIORITY | SAVAIL      |
| QUEUE                               | READ     | SCAN        |
| RELEASE                             | REMOVE   | SELECT      |
| SAVEVALUE                           | RETURN   | SUNAVAIL    |
| SEIZE                               | SEEK     | TABULATE    |
| SPLIT                               | TEST     | TRACE       |
| TERMINATE                           | UNLINK   | UNTRACE     |
| TRANSFER                            | WHITE    |             |

Рис. 1.8. Диалоговое окно Insert GPSS Block into Model Object

|                |
|----------------|
| Screening ...  |
| Optimizing ... |

Рис. 1.9. Всплывающее меню пункта Insert Experiment

Всплывающее меню включает два пункта:

- **Screening ...** (Экранный) вызывает диалоговое окно **Screening Experimer Generator**;
- **Optimizing ...** (Оптимизация) вызывает диалоговое окно **Optimizing Experiment Generator**;
- **Settings ...** (Установки) вызывает диалоговое окно **SETTINGS**, в котором можно определить те или иные установки системы (рис. 1.10).

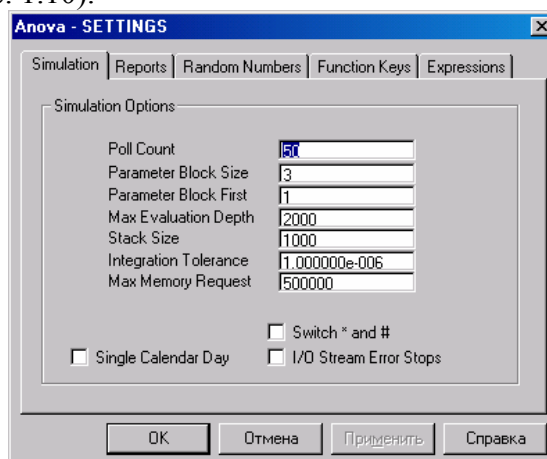


Рис. 1.10. Диалоговое окно **SETTINGS** с открытой вкладкой **Simulation** для файла под именем **Anova**

Диалоговое окно **SETTINGS**, в свою очередь, включает пять вкладок для обеспечения соответствующих установок:

- **Simulation** (Моделирование);
- **Reports** (Отчеты);
- **Random Numbers** (Случайные числа);
- **Function Keys** (Функциональные клавиши);
- **Expressions** (Выражения).

#### Вставка блоков GPSS в модель

В диалоговое окно **Insert GPSS Block into Model Object** (Вставить блок GPSS в модель) входит пятьдесят три блока. Если щелкнуть по любому из них, появится соответствующее диалоговое окно. Допустим, что вы щелкнули по блоку **GENERATE**. Шаблон блока **GENERATE** появится в диалоговом окне **Enter Block Information** (Информация для ввода в блок), показанном на рис. 1.11, для ввода необходимой информации.

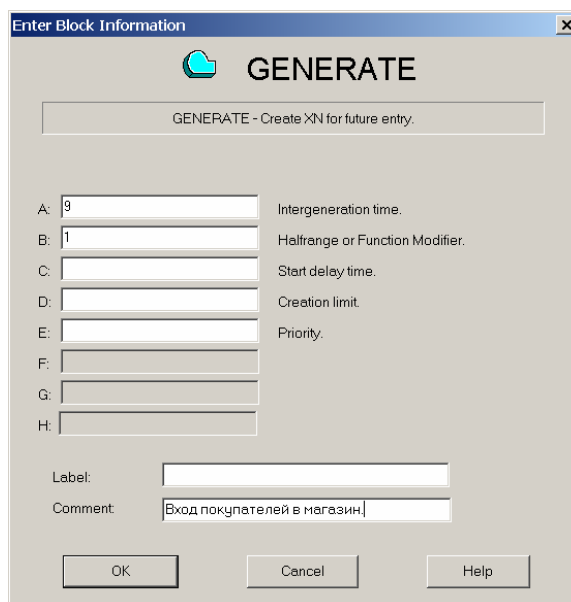


Рис. 1.11. Диалоговое окно **Enter Block Information** с шаблоном блока **GENERATE**

### Меню Search

Выбор пункта **Search** (Поиск) главного меню или нажатие комбинации клавиш **Alt+S** открывает выпадающее меню, представленное на рис. 1.12.

Меню содержит следующие пункты:

- **Find/Replace** (Найти / Заменить) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+F** выводит диалоговое окно **Find/Replace**;



- **Go to Line ...** (Перейти к строке) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+G** раскрывает диалоговое окно **Enter Line Number** (Введите номер строки) для перехода к указанной строке;
- **Next Bookmark** (Следующая закладка) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+B** обеспечивает переход к следующей закладке;
- **Mark** (Установить метку) устанавливает невидимую метку у объекта;

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Find / Replace     | Ctrl+Alt+F |
| Go To Line ...     | Ctrl+Alt+G |
| Next Bookmark      | Ctrl+Alt+B |
| Mark               |            |
| UnMark             |            |
| UnMark All         |            |
| Select to Bookmark |            |
| Next Error         | Ctrl+Alt+N |
| Previous Error     | Ctrl+Alt+P |

Рис. 1.12 Выпадающее меню пункта *Search* главного меню

- **UnMark** (Удалить метку) удаляет невидимую метку у объекта;
- **UnMark All** (Удалить все метки) удаляет все метки;
- **Select to Bookmark** (Выделить до отметки) выделяет текст от положения курсора до ближайшей закладки;
- **Next Error** (Следующая ошибка) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+N** перемещает курсор на следующую ошибку;
- **Previous Error** (Предыдущая ошибка) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+P** перемещает курсор на предыдущую ошибку.

### **Меню View**

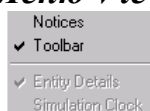


Рис. 1.13 Выпадающее меню пункта *View* главного меню

Выбор пункта **View** главного меню или нажатие комбинации клавиш **Alt+V** вызывает выпадающее меню, представленное на рис. 1.13.

Меню содержит следующие пункты, позволяющие открывать различные окна, панели или меню:

- **Notices** (Сообщения) вызывает окно **Notices**;
- **Toolbar** (Панель инструментов) устанавливает или удаляет в главном окне системы стандартную панель инструментов;
- **Entity Details** (Детальное представление элемента) представляет подробности;
- **Simulation Clock** (Часы моделирования).

### **Меню Command**

Выбор пункта **Command** главного меню или нажатие комбинации клавиш **Alt+<** вызывает выпадающее меню команд, изображенное на рис. 1.14.

Меню предлагает следующие пункты:

- **Create Simulation** (Создать выполняемую модель) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+S** дает команду на вызов транслятора и выполнение трансляции исходной модели с фиксацией даты и времени начала и окончания трансляции;
- **Retranslate** (Перетранслировать) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+R** обеспечивает перетранслирование модели;
- **Repeat Last Command** (Повторить последнюю команду) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+L** обеспечивает повторение выполнения последней команды;



|                     |            |
|---------------------|------------|
| Create Simulation   | Ctrl+Alt+S |
| Retranslate         | Ctrl+Alt+R |
| Repeat Last Command | Ctrl+Alt+L |
| CONDUCT             |            |
| START               |            |
| STEP 1              | Ctrl+Alt+1 |
| HALT                | Ctrl+Alt+H |
| CONTINUE            | Ctrl+Alt+C |
| CLEAR               |            |
| RESET               |            |
| SHOW ...            |            |
| Custom ...          |            |

Рис. 14. Выпадающее меню пункта *Command* главного меню

- **CONDUCT** (Управление) дает возможность проведения эксперимента;
- **START** (Пуск) обеспечивает запуск оттранслированной программы на выполнение с помощью диалогового окна **Start Command** (Выполнить команду);
- **STEP1** (Шаг 1) или нажатие комбинации клавиш **Ctrl+Alt+1** обеспечивает пошаговое выполнение оттранслированной программы;
- **HALT** (Останов) прерывает процесс моделирования;
- **CONTINUE** (Продолжить) обеспечивает продолжение процесса моделирования;
- **CLEAR** (Очистить) - возвращение моделирования в первоначальное состояние;
- **RESET** (Сброс) - сброс статистики в начальное состояние;
- **SHOW ...** (Показать) вызывает диалоговое окно **Show Command** (Показать команду), которое обеспечивает возможность просмотра искомых параметров в окне **JOURNAL**;
- **Custom ...** (Пользователь) вызывает диалоговое окно **Simulation Command** (Команда моделирования) для ввода команд управления пользователем во время моделирования.

### Меню *Window*

Система GPSSW позволяет эффективно работать с несколькими моделями. Под каждую модель отводится отдельное окно. Одно из них обычно является активным - то, с которым пользователь работает в настоящий момент. Состояние других окон «замораживается», но их можно активизировать в любое время без новой загрузки и без исполнения связанной с окном программы.

Система GPSSW позволяет организовать работу с несколькими окнами одновременно. Выбор пункта **Window** (Окно) главного меню или нажатие комбинации клавиш **Alt+W** вызывает выпадающее меню управления работой с несколькими окнами.

Меню предлагает следующие пункты:

- **Cascade** (Каскад) позволяет расположить окна одно за другим каскадом так, что видны их заголовки; активное окно оказывается поверх остальных;
- **Tile** (Мозаика) располагает окна одно под другим сверху вниз. Всем окнам отводятся равные части Рабочего стола;
- **Simulation Window** (Окно моделирования) вызывает всплывающее меню, которое включает ряд пунктов:
  - **Blocks Window** (Окно блоков);
  - **Expressions Window** (Окно выражений);
  - **Facilities Window** (Окно каналов обслуживания);
  - **Logicswitches Window** (Окно логических переключателей);
  - **Matrix Window ...** (Окно матрицы);
  - **Plot Window ...** (Окно гистограммы);
  - **Queues Window** (Окно очередей);
  - **Savevalues Window** (Окно сохраняемых величин);
  - **Storages Window** (Окно накопителей);
  - **Table Window** (Окно таблицы);
- **Simulation Snapshot** (Снимок моделирования) вызывает всплывающее меню со списком окон различных снимков моделирования и окон, открытых в данный момент.

### Меню *Help*

Выбор пункта **Help** (Справка) главного меню или нажатие комбинации клавиш **Alt+H** открывает выпадающее меню справочной системы. Меню содержит следующие пункты:

- **Help Topics** (Вызов справки) или нажатие клавиши **F1** вызывает справочную систему GPSSW Application Help;

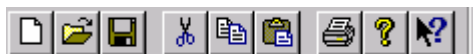
• **About GPSS World...** (О системе GPSS World) обеспечивает дополнительной информацией по GPSSW

### ***Панель инструментов GPSSW***

Для эффективной работы со средой GPSSW удобно иметь на экране панель инструментов. Открыть или закрыть стандартную панель инструментов (рис. 1.18)

можно с помощью пункта **Toolbar** (Панель инструментов) выпадающего меню **View**.

При перемещении указателя мыши по значкам (пиктограммам) панели инструментов появляется подсказка о назначении каждой кнопки панели, а в строке состояния в нижней части главного окна GPSSW представлено более подробное пояснение. С любой из кнопок связан определенный пункт меню, а рисунок на кнопке помогает ее идентифицировать.



*Рис. 1.18. Стандартная панель инструментов*

На стандартной панели инструментов размещены следующие девять кнопок

- **New file** (Новый файл) с изображением листа бумаги - открывает очередное новое окно текстового редактора с номером на единицу больше предыдущего (например, **<Untitled-1>**);

- **Open file** (Открыть файл) с изображением открытой папки - вызывает диалоговое окно **Open file to edit/view** (Открыть файл для редактирования и просмотра), позволяющее вызывать существующий файл;

- **Save file** (Сохранить файл) с изображением дискеты - открывает диалоговое окно **Save As** для сохранения файла под определенным именем на нужном диске и в нужном каталоге, если выполняется первое сохранение. При повторных щелчках по этой кнопке (свою работу стоит периодически сохранять во избежание потерь информации) открывается диалоговое окно **Save**;

- **Cut** с изображением ножниц - удаляет выделенный фрагмент текста в буфер обмена данными;

- **Copy** с изображением двух листов бумаги - копирует выделенный фрагмент текста или программы в буфер обмена данными;

- **Paste** с изображением портфеля - вставляет фрагмент текста из буфера обмена данными;

- **Print** с изображением принтера - выводит диалоговое окно **Print**, в котором указываются имя принтера, режим печати, число копий и другие параметры печати;

- **About** (О системе) с изображением знака вопроса - вызывает окно с информацией о системе GPSS World;

- **Help** с изображением стрелки и знака вопроса - изменяет вид указателя мыши на знак вопроса, которым можно выделить объект для получения по нему справки.

### ***Окно исходной модели***

Окно исходной модели системы GPSSW предназначено для эффективной раз работки, проверки и отладки программ в GPSSW. Это окно вызывается автоматически при открытии файла с программой на языке GPSS в диалоговом окне **Open**.

Вывести на экран диалоговое окно открытия файла можно тремя способами

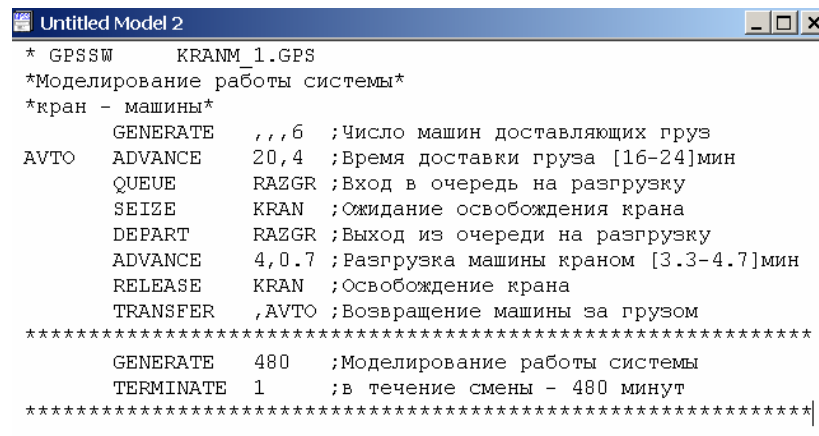
- выбрать пункт **Open...** выпадающего меню пункта **File**;

- нажать комбинацию клавиш **Ctrl+O**;

- щелкнуть по кнопке с изображением открытой папки на стандартной панели инструментов.

В диалоговом окне открытия файла необходимо найти соответствующую папку (каталог) и дважды щелкнуть по ней мышью. В раскрытой папке (каталоге) аналогичным способом следует отметить нужный файл, который будет помещен в текстовое окно системы GPSS.

В качестве примера рассмотрим файл **KRANM\_1.GPS**, который содержит программу, написанную на языке имитационного моделирования GPSS в системе GPSSW (рис. 1.19).



```
* GPSSW      KRAMM_1.GPS
*Моделирование работы системы*
*кран - машины*
GENERATE      , , , 6 ;Число машин доставляющих груз
AVTO  ADVANCE  20,4 ;Время доставки груза [16-24]мин
QUEUE  RAZGR ;Вход в очередь на разгрузку
SEIZE   KRAM   ;Ожидание освобождения крана
DEPART  RAZGR ;Выход из очереди на разгрузку
ADVANCE 4,0.7 ;Разгрузка машины краном [3.3-4.7]мин
RELEASE KRAM ;Освобождение крана
TRANSFER ,AVTO ;Возвращение машины за грузом
*****
GENERATE 480 ;Моделирование работы системы
TERMINATE 1 ;в течение смены - 480 минут
*****
```

Рис. 1.19. Окно исходной модели

Следует помнить, что в каждом окне модели можно работать только с одним файлом - одной программой. Каждый раз при открытии файла система GPSSW отображает его в новом окне модели.

Программу, находящуюся в окне модели, можно оттранслировать и получить искомый результат. Для этого важно, чтобы окно модели было активным. Если вы не уверены в этом, щелкните мышью в любом месте окна и сделайте его активным. Чтобы загрузить программу на транслирование и выполнение:

- щелкните мышью по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните мышью по пункту **Create Simulation ...** (Создать выполняемую модель) выпадающего меню. Если программа без ошибок и в ней присутствует управляющая команда (оператор) **START**, которую не сопровождают символы NP (Not Print - Не печатать), то результаты моделирования появятся в окне **REPORT**.

Можно также нажать комбинацию клавиш **Ctrl+Alt+S**, которая дает команду на вызов транслятора и выполнение процесса трансляции исходной модели. Имитационное моделирование в программе KRAMM\_1.GPS не выполняется, так как в ней нет управляющей команды **START**. Но в результате вышеуказанных действий появится окно **JOURNAL** с сообщением даты и времени начала и окончания проведения трансляции, например такое, как на рис. 1.20.

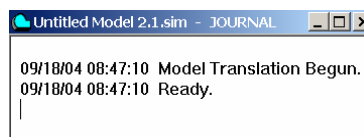


Рис. 1.20. Окно JOURNAL

Из сообщения, приведенного на рис. 1.20, следует, что началась трансляция исходной модели (Model Translation Begun - Начало трансляции модели) 30 декабря 2001 года в 20 ч 43 мин 37 с и закончилась (Ready - Готово) практически в это же время.

Затем оттранслированная программа может быть запущена на выполнение. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Start** выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Start Command**, показанное на рис. 1.21.

После щелчка по кнопке **OK** появятся результаты моделирования задачи KRAMM\_1.GPS в окне **REPORT**.

Название программы сразу определяет, что моделируется, - кран и машины, с которыми он работает. Окно **JOURNAL** служит также и для отображения диагностических сообщений об ошибках в программах.



Рис. 1.21. Диалоговое окно Start Command

Допустим, вы сделали ошибку в операторе **ADVANCE**, написав его имя неверно, например **ADANCE**. Сообщение об этом появится в окне **JOURNAL**.

В окне **JOURNAL** указываются номер строки (Line 8) и позиция в строке (Col 6), где сделана ошибка. Ниже приводится некорректная строка программы:

AVTO ADANCE 20,4 ; Время доставки груза [16 - 24] мин.

Еще ниже дается сообщение:

\*\*\*\* Model Translation Aborted \*\*\*\* (Трансляция исходной модели прервана)

Чтобы быстро выйти на строку, где сделана ошибка, можно использовать пункт главного меню **Search** (Поиск). Для этого:

- щелкните по пункту **Search** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Go to Line** (Перейти к строке) выпадающего меню. Появится диалоговое окно

**Enter Line Number** (Введите номер строки);

- введите в текстовом поле номер строки, в которой сделана ошибка.

Каждый этап моделирования сопровождается указанием даты и времени выполнения, включая и этапы диагностики ошибок.

Система GPSSW обеспечивает возможность копирования и передачи текста программы внутри окна и между окнами, а также между окнами и любым приложением, используя буфер обмена данными.

Для этого выделите нужный текст (фрагмент программы, программу и т.д.) в окне, щелкните по пункту **Edit** (Правка) главного меню системы GPSSW, а затем - по пункту **Copy** (Копировать) выпадающего меню или по одноименной кнопке на стандартной панели инструментов либо нажмите комбинацию клавиши **Ctrl+C**.

Следует иметь в виду, что система GPSSW имеет широкий набор разнообразных окон:

- **Model** (Модель) - окно полноэкранного текстового редактора модели;
- **JOURNAL** (Журнал) - окно журнала для записи различных сообщений;
- **Blocks Window** (Окно блоков) - окно для интерактивного представления динамики перемещения требований по блокам;
- **Expressions Window** (Окно выражений) - окно для интерактивного представления значений выражений;
- **Facilities Window** (Окно каналов обслуживания) - окно для интерактивного представления динамики значений параметров каналов обслуживания;
- **Logicswitches Window** (Окно логических переключателей) - окно для интерактивного представления динамики логических переключателей;
- **Matrix Window** (Окно матрицы) - окно для интерактивного представления! динамики значений элементов матрицы;
- **Plot Window** (Окно графика) - окно для интерактивного представления до 8 графиков выражений;
- **Queues Window** (Окно очередей) - окно для интерактивного представления динамики изменения очереди;
- **Savevalues Window** (Окно сохраняемых величин) - окно для интерактивного представления динамики изменения значений сохраняемых величин; в процессе моделирования;
- **Storages Window** (Окно накопителей) - окно для интерактивного представления динамики изменения значений параметров накопителя;
- **Table** (Таблица) - окно для интерактивного представления динамики изменения значений таблицы;
- **Transaction Snapshot** (Снимок требования) - изображение состояния требования в процессе моделирования;
- **CEC Snapshot** (Снимок цепи текущих событий) - изображение состояния цепи текущих событий в процессе моделирования;
- **FEC Snapshot** (Снимок цепи будущих событий) - изображение состояния цепи будущих событий в процессе моделирования;
- **Numeric Groups Snapshot** (Снимок числовых групп) - изображение состояния числовых групп в процессе моделирования;
- **Userchains Snapshot** (Снимок цепи пользователя) - изображение состоят цепи пользователя в моделировании;
- **Transaction Groups Snapshot** (Снимок групп требований) - изображение состояния групп требований в процессе моделирования.

#### Просмотр значений выражений в динамике

Для представления значений выражений в динамике следует использовать окно **Expressions Window**, которое можно открыть в процессе моделирования. Рассмотрим возможность представления значений выражений для созданной нами модели (см. рис. 1.19).

Предварительно модель должна быть оттранслирована. Для этого:

- нажмите комбинацию клавиш **Ctrl+Alt+S** или щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;

• щелкните по пункту **Create Simulation** (Создать выполняемую модель) в выпадающем меню. Появится окно **JOURNAL** с сообщениями о результат; трансляции.

Если нет ошибок, то активизируются пункты выпадающего меню пункт **Window** главного меню. Затем:

• щелкните по пункту **Window** главного меню или нажмите комбинацию клавиш **Alt+W**. Появится выпадающее меню;

• щелкните по пункту **Simulation Window** (Окно моделирования) выпадающего меню. Появится всплывающее меню;

• щелкните по пункту **Expressions Window** всплывающего меню. Появятся два окна: **Edit Expression Window** (Окно редактирования выражения) и **EXPRESSIONS** (Выражения). При этом первое окно будет активизировано и наложено на второе. Введите в соответствующие текстовые поля окна **Edit Expression Window** последовательно выражения, которые вы хотели бы просмотреть в динамике. Допустим, вы хотите посмотреть выражения, используя соответствующие стандартные числовые атрибуты, например:

- коэффициент использования крана FR\$KRAN;
- максимальную длину очереди машин на разгрузку QM\$RAZGR;
- среднюю длину очереди машин на разгрузку Q\$RAZGR.

Для этого в полях **Label** (Метка) и **Expression** (Выражение) последовательно введите нужные выражения. После ввода соответствующего названия и выражения щелкните по кнопкам **View** (Просмотр) и **Memorize** (Запомнить). Окончательно окно **Edit Expression Window** будет выглядеть так, как показано на рис. 1.25.

После этого щелкните по кнопке **OK**. Появится окно **EXPRESSIONS**, которое будет выглядеть так, как показано на рис. 1.26.

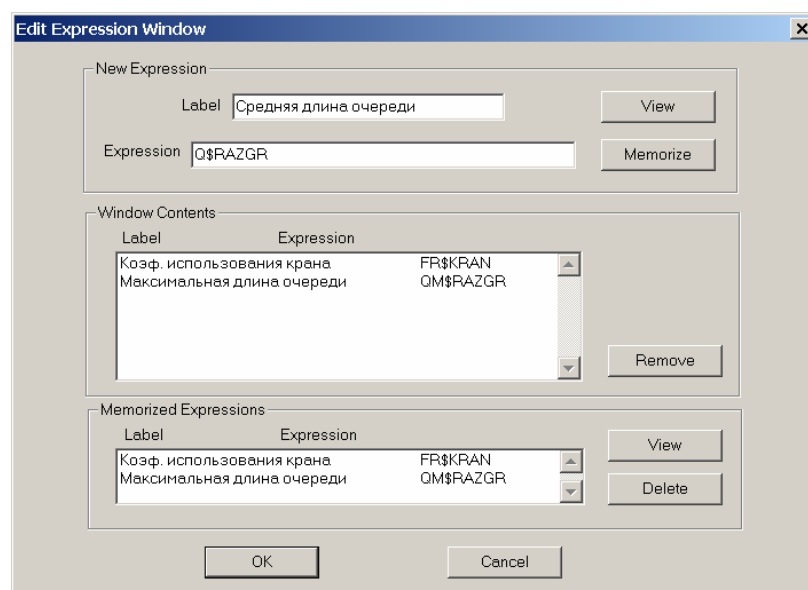


Рис. 1.25. Окно **Edit Expression Window** для модели *Kranm\_2*

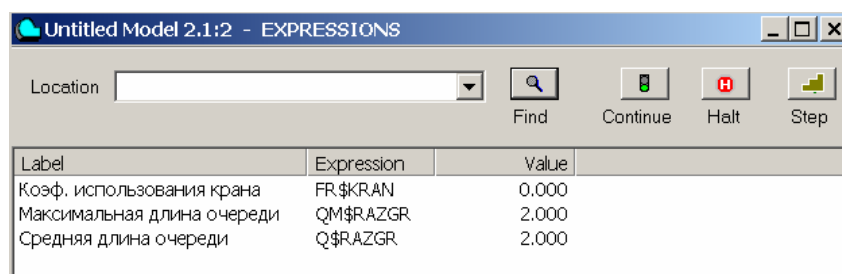


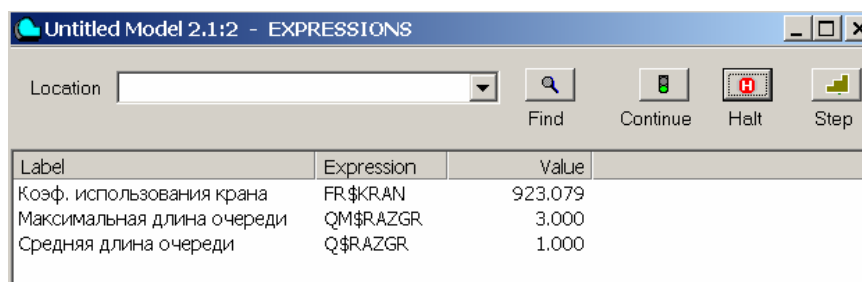
Рис. 1.26. Окно **EXPRESSIONS** для модели *Kranm\_2*

Теперь можно перейти к выполнению процесса моделирования. Для этого:

• щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;

• щелкните по пункту **START** в выпадающем меню. Появится диалоговое окно **Start Command**, в котором щелкните по кнопке **OK**. И вы увидите в окне **EXPRESSIONS** изменяющиеся значения заданных выражений. В любой момент вы можете прервать процесс моделирования, если щелкнете мышью по кнопке **Halt** (Остановить) - второй справа в окне **EXPRESSIONS**. Щелкнув по кнопке **Continue** (Продолжить) - второй слева в окне **EXPRESSIONS**, -можно продолжить выполнение

прерванного процесса моделирования. Если же щелкнуть по кнопке **Step** (Шагнуть) после прерывания процесса моделирования, то будет выполнен только один шаг моделирования системы. В это время появятся соответствующие значения просматриваемых в динамике выражений, например такие, которые показаны на рис. 1.27.



| Label                      | Expression    | Value   |
|----------------------------|---------------|---------|
| Кэф. использования крана   | FR\$K\$K\$RAN | 923.079 |
| Максимальная длина очереди | QM\$R\$R\$ZGR | 3.000   |
| Средняя длина очереди      | Q\$R\$R\$ZGR  | 1.000   |

Рис. 1.27. Окно **EXPRESSIONS** для модели *Kranm\_2* после выполнения одного шага моделирования

Следует иметь в виду, что значение коэффициента использования, выдаваемое в окне **EXPRESSIONS**, нужно разделить на 1000. Таким образом, в нашей задаче

коэффициент использования крана будет равен 0,923, а максимальная длина очереди машин на разгрузку - 3.

### **Ввод и редактирование текста**

В систему GPSSW встроен текстовый редактор. Ввод или замена символов текста выполняется в месте расположения курсора, который периодически мигает как, например, в текстовом редакторе Word. Для вставки или замены символа используется клавиша **Insert** (Вставить). С помощью клавиш перемещения - со стрелками вверх, вниз, влево, вправо, - расположенных в правой части клавиатуры, и мыши курсор можно перемещать в любое место текстового окна. Клавиша **Delete** (Удалить) удаляет символ, расположенный сразу за курсором. Клавиша **Backspace** удаляет символ, расположенный перед курсором. Клавиша **Home** (В начало строки) перемещает курсор в начало строки, в которой находится курсор, а **End** (В конец строки) - в конец текстовой строки.

Для вставки пустой строки можно использовать два способа. Нажать на клавишу **Enter**, когда курсор находится в начале строки, на месте которой должна быть введена пустая строка, или в конце строки, после которой вводится пустая строка. Вставку пустой строки можно осуществить и с помощью пунктов меню. Для этого выполните следующие действия:

- щелкните по пункту **Edit** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Insert Line** (Вставить строку) выпадающего меню. Будет вставлена пустая строка, и курсор переместится в ее начало.

Можно удалить из текста целый фрагмент. Для этого необходимо предварительно его выделить.

#### **Выделение фрагмента текста**

Выделить символ, слово, строку или фрагмент текста можно с помощью клавиатуры или мыши. Для выделения с помощью клавиатуры нажмите на клавишу **Shift** и, удерживая ее, нажимайте нужное число раз на те или иные клавиши перемещения со стрелками вверх, вниз, влево, вправо.

Для выделения слова достаточно щелкнуть по нему левой кнопкой мыши.

Для выделения строки следует щелкнуть перед строкой левой кнопкой мыши.

Для выделения фрагмента текста с помощью мыши нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее, протяните курсор по фрагменту выделяемого текста. После этого отпустите кнопку мыши.

Выделение фрагмента текста можно выполнить и с помощью выпадающего меню пункта **Search** (Поиск) главного меню. Допустим, нам надо выделить фрагмент, показанный на рис. 1.28.



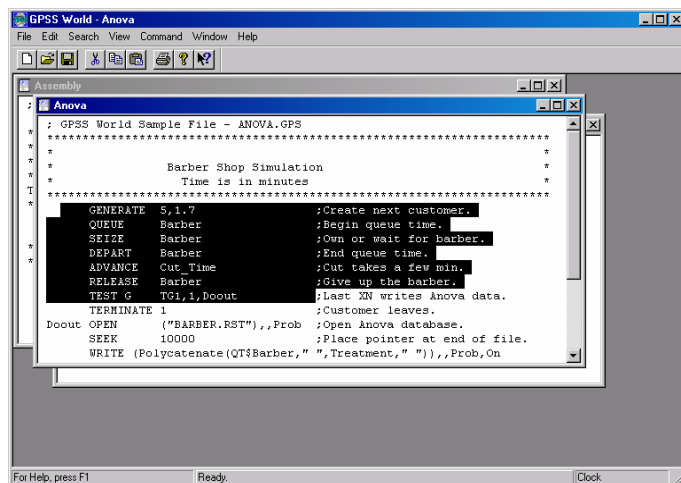


Рис. 1.28. Выделение фрагмента программы с помощью меню

Для этого:

- установите курсор мыши перед оператором, до которого должен быть выделен фрагмент, В нашем примере это будет оператор

SEIZE Prodavac

- щелкните по пункту **Search** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Mark** (Метка) выпадающего меню;
- установите курсор мыши перед оператором, от которого должен быть выделен фрагмент. В нашем примере это будет оператор

DEPART Ocher\_kassa

- щелкните по пункту **Select to Bookmark** (Выделить до отметки) выпадающего меню. Фрагмент будет выделен.

#### Удаление фрагмента текста

Для удаления выделенного фрагмента текста существует несколько способов:

- нажать на клавишу **Delete** - выделенный фрагмент будет удален;
- нажать комбинацию клавиш **Shift+Delete** или **Ctrl+X** - выделенный фрагмент будет удален, но сохранен в буфере обмена данными;
- щелкнуть по пункту **Edit** (Правка) главного меню, а затем - по пункту **cut** (Вырезать) выпадающего меню - выделенный фрагмент будет удален, и сохранен в буфере обмена данными.

#### Помещение фрагмента текста в буфер обмена данными

Выделенный фрагмент текста можно поместить в буфер обмена данными. Для этого существует несколько способов

- нажать комбинацию клавиш **Shift+Delete** - выделенный фрагмент будет удален, но сохранен в буфере обмена данными;
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl+Insert** - выделенный фрагмент будет сохранен в буфере обмена данными;
- щелкнуть по пункту **Edit** главного меню, а затем - по пункту **Copy** выпадающего меню, - выделенный фрагмент будет скопирован и сохранен в буфере обмена данными.

#### Вставка фрагмента текста из буфера обмена данными

Содержимое буфера обмена данными можно вставить в любое место в текстовом окне или даже в другом окне - там, где расположен курсор. Для этого сначала помещают курсор в место вставки фрагмента.

Для вставки содержимого буфера обмена данными можно использовать несколько способов:

- нажать комбинацию клавиш **Shift+Insert**;
- щелкнуть по пункту **Edit** главного меню, а затем - по пункту **Paste** (Вставить) выпадающего меню;
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl+V**.

Для отмены этой операции можно использовать несколько способов:

- нажать комбинацию клавиш **Alt+Backspace**;
- щелкнуть по пункту **Edit** главного меню, а затем - по пункту **Undo** (Отменить) выпадающего меню;
- нажать комбинацию клавиш **Ctrl+Z**.

#### Специальные комбинации клавиш

Существуют специальные комбинации «горячих» клавиш для быстрого перемещения по текстовому объекту:



- **Ctrl+Alt+B** - следующая метка;
- **Ctrl+Alt+G** - следующая строка;
- **Ctrl+Alt+N** - следующая ошибка;
- **Ctrl+Alt+P** - предыдущая ошибка.

Для редактирования текста могут быть использованы следующие комбинации клавиш:

- **Ctrl+Alt+F** - найти и заменить;
- **Ctrl+I** – вставить строку;
- **Ctrl+D** - удалить строку;
- **Ctrl+Z** - отменить последнюю команду;
- **Ctrl+C** - скопировать в буфер обмена данными;
- **Ctrl+X** - вырезать и поместить в буфер обмена данными;
- **Ctrl+V** - вставить из буфера обмена данными.

Имеются также комбинации клавиш для выполнения следующих операций:

- **Ctrl+O** - открыть файл;
- **Ctrl+S** - сохранить файл;
- **Ctrl+P** - распечатать файл.

### Изменение шрифта в тексте

Для изменения шрифта во фрагменте текста:

- выделите фрагмент текста, в котором необходимо изменить шрифт, начертание и/или размер;
- щелкните по пункту **Edit** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Font** (Шрифт) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Выбор шрифта**, показанное на рис. 1.29.

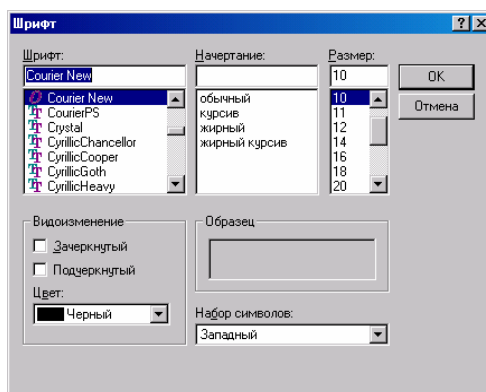


Рисунок 1.29 – Диалоговое окно **Выбор шрифта**

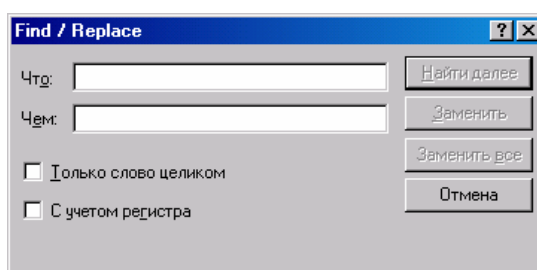
В разделе **Шрифт**: выберите один из нужных шрифтов. В разделе **Начертание** выделите одно из четырех возможных начертаний (обычный, курсив, полужирный и полужирный курсив). В разделе **Размер**: выберите требуемый размер шрифта. В разделе **Атрибуты** можно установить написание текста в обычном виде, зачеркнутом или подчеркнутом, поставив мышью флажок в соответствующем окошке. В этом же разделе можно установить цвет шрифта, используя раскрывающийся список цветов. В разделе **Образец** сразу же после выбора типа шрифта начертания, размера, атрибутов можно увидеть, как будет выглядеть соответствующий шрифт.

Для программирования целесообразно использовать шрифт Courier New - это шрифт с одинаковым размером всех символов. Он позволяет легко выравнивать колонки в модели, так как все знаки одинаковы по ширине.

### Поиск и замена фрагмента текста

Для поиска и замены одного фрагмента текста другим существует два способа с помощью пунктов меню или комбинации клавиш **Ctrl+Alt+F**. Для поиска и замены с помощью пунктов меню:

- щелкните по пункту **Search** (Поиск) главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Find/Replace** (Найти/Заменить) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Find/Replace**, показанное на рис. 1.30.



В приведенном выше диалоговом окне **Find/Replace** указываются фрагмент текста для замены. При этом возможна автоматическая замена по всему тексту, когда курсор стоит в начале текста, или полуавтоматическая. При использовании окна **Find/Replace** следует обратить внимание на то, что процедура поиска работает в одном направлении и заканчивается тогда, когда достигнут конец файла. Лучше поместить курсор в начало файла при выполнении поиска.

Все окна в системе GPSS можно для удобства перемещать по экрану. Для этого в пределах строки заголовка окна нажмите кнопку мыши и, удерживая ее, переместите окно в нужное место. Затем отпустите кнопку мыши для фиксации нового местоположения перемещенного окна.

### **Настройка установок**

Для управления моделированием, настройки внешнего вида сообщений, содержания окон и определения функциональных клавиш используются соответствующие установки. Установки - это совокупность значений, которые формируют определенное представление большинства GPSSW-объектов. Все создаваемые объекты наследуют начальные установки уже созданной исходной модели. Так, если вы хотите изменить значения для всех моделей в своем проекте, вы должны: сделать это в исходном объекте модели. Только текстовые объекты не содержат установок системы GPSSW. Только эти объекты системы GPSSW могут быть открыты для редактирования во внешних текстовых редакторах. Для введения тех или иных установок:

- щелкните по пункту **Edit** (Правка) главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Settings** (Установки) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **SETTINGS** с пятью вкладками.

#### **Установка параметров моделирования**

Диалоговое окно **SETTINGS** на рис. 1.31 показывает установки моделирования для модели под именем **Kranm\_1.gps**.

Вкладка **Simulation** (Моделирование) содержит несколько значений, которые можно изменять и которые воздействуют на пределы и поведение процесса моделирования.

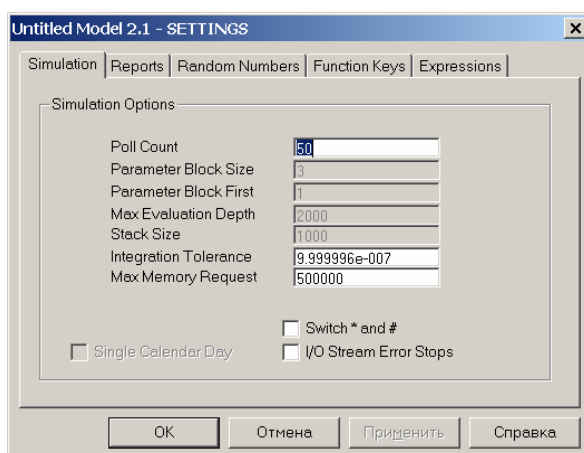


Рис. 1.31. Диалоговое окно **SETTINGS** с открытой вкладкой **Simulation** для модели **Kranm\_1**

В поле **Poll Count** (Индекс опроса) устанавливается число блочных вхождений, которые будут предприняты перед проверкой любого вида прерывания при введении пользователем команд пункта **Command** главного меню.

Если используется много параметров в требовании, то можно для ускорения выполнения программы поместить их в блок параметров.

В поле **Parameter Block Size** (Размер блока параметров) устанавливается размер блока параметров. В поле **Parameter Block First** (Первый блок параметров) указывается число параметров в блоке. Поле **Max Evaluation Depth** (Максимальная глубина вычисления) используется, чтобы защитить против циклических зависимостей в PLUS-процедуре. В поле **Stack Size** (Размер стека) указывается размер стека для вложенных PLUS-процедуры и библиотечных процедур. Можно сэкономить пространство, уменьшив это значение, но если вы получите сообщение «Stack Overflow Error Stop» (Остановка по ошибке из-за переполнения стека), то придется увеличить размер стека.

Поле **Integration Tolerance** (Общий допуск) определяет общую степень допуска. Если допуск широкий, то интегрирование будет проходить быстрее, но может теряться некоторая точность в конечных результатах.

Поле **Max Memory Request** (Максимальная требуемая память) определяет максимальную требуемую оперативную память для структур типа таблиц и матриц.

Три флажка в нижней части вкладки управляют степенью совместимости с системой GPSS/PC, которая доступна только в коммерческой версии.

Флажок **Single Calendar Day** используется для того, чтобы при моделировании использовать один список будущих событий (FEC) вместо нескольких.

Флажок **I/O Stream Error Stops** (Ввод/вывод потока остановок при ошибках) обеспечивает ввод/вывод потока остановок при возникновении ошибок.

#### Установка содержания отчета

Вкладка **Reports**, показанная на рис. 1.32, прежде всего, связана с представлением тех или иных отчетов - результатов моделирования.

Флажок **Create Standard Reports** (Создать стандартные сообщения) обеспечивает автоматическое создание стандартных сообщений после окончания процесса моделирования.

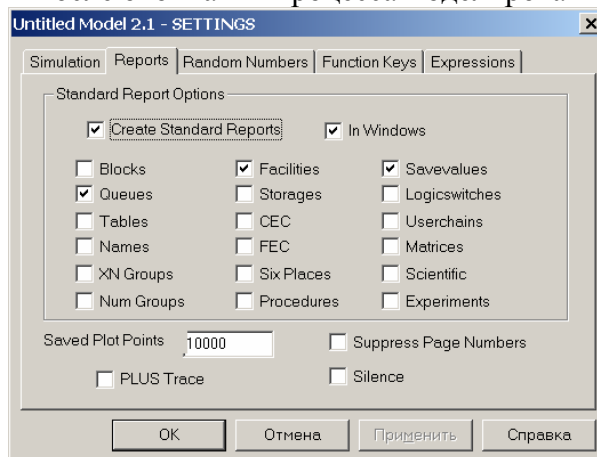


Рис. 1.32. Диалоговое окно **SETTING**. с открытой вкладкой **Reports** для модели *Kranm\_1*

Флажок **In Windows** (В окнах) обеспечивает текстовое представление каждого объекта сообщения вместо сохранения их в файле.

Ниже приводится группа флажков, обеспечивающих вывод результатов функционирования того или иного элемента моделируемой системы:

- **Blocks** (Блоки);
- **Queues** (Очереди);
- **Tables** (Таблицы);
- **Names** (Имена);
- **XN Groups** (XN-группы);
- **Num Groups** (Числовые группы);
- **Facilities** (Каналы обслуживания);
- **Storages** (Накопители);
- **CEC** (Цепь текущих событий);
- **FEC** (Цепь будущих событий);
- **Six Places** (Шесть знаков);
- **Procedures** (Процедуры);
- **Savevalues** (Сохраняемые величины);
- **Logicswitches** (Логические переключатели);
- **Userchain** (Цепь пользователя);
- **Matrices** (Матрицы);
- **Scientific** (Научный);
- **Experiments** (Эксперименты).

Наличие галочки в том или ином окошке обеспечивает вывод в стандартном отчете результатов моделирования выделенных элементов.

Флажок **Six Places** устанавливает точность действительных значений с шестью десятичными знаками вместо трех.

Флажок **Scientific** используется для представления мантиссы чисел в виде десятичной экспоненты в сообщениях и потоках данных.

Поле **Saved Plot Points** (Сохраненное значение точек) сообщает системе GPSSW, сколько пространства выделить круговому буферу для точек.

Флажок **Suppress Page Numbers** (Не вставлять номера страниц) служит для удаления номеров страниц при печати текстовых объектов.

Флажок **PLUS Trace** (Трассировка PLUS) обеспечивает трассировку языка программирования PLUS.

Флажок **Silence** (Молчание) обеспечивает выдачу ошибок без звукового сопровождения.

### Установка параметров генераторов случайных чисел

Вкладка **Random Numbers**, показанная на рис. 1.33, позволяет управлять внутренними потоками генераторов случайных чисел, а также внешней нумерацией дочерних объектов.

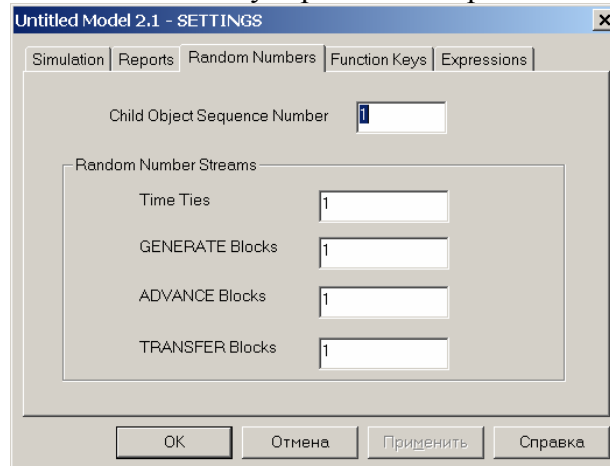


Рис. 1.33. Диалоговое окно **SETTINGS** с открытой вкладкой **Random Numbers** для модели *Kranm\_1*

Поле **Child Object Sequence Number** (Порядковый номер дочернего объекта) определяет нумерацию дочерних объектов.

Для сохранения уникальных названий объектов система GPSSW прибавляет порядковый номер к названиям недавно созданных дочерних объектов. Число, которое нужно использовать для следующего порядкового номера, сохраняете

В разделе **Random Number Streams** (Номера потоков случайных чисел) есть четыре текстовых поля:

- **Time Ties** (Временные связи) позволяет определять, когда те или иные события происходят одновременно. Если используется значение 0, то временные связи не будут рандомизированы;
- **GENERATE Blocks** (Блоки **GENERATE**) позволяет задать номер генератору случайных чисел. Блоки **GENERATE** вычисляют время между двумя входами - время для операндов A и B. Если вы определяете неположительный номер, то используется генератор случайных чисел под номером 1;
- **ADVANCE Blocks** (Блоки **ADVANCE**) позволяет выбрать номер генератора случайных чисел - времени задержки для операндов A и B. Если вы определяете неположительный номер, то используется генератор случайных чисел под номером 1;
- **TRANSFER Blocks** (Блоки **TRANSFER**) позволяет определить, какой генератор случайных чисел должен быть использован, когда блок передачи выбирает вероятностного адресата блока. Если вы определяете неположительный номер, то используется генератор случайных чисел под номером 1.

### Назначение функциональных клавиш

Вкладка **Function Keys** (Функциональные клавиши), показанная на рис. 1.34 используется для назначения тех или иных функциональных клавиш команд управления процессом моделирования.

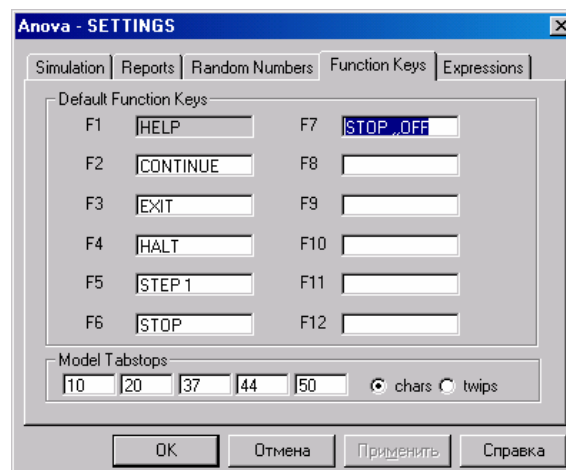


Рис. 1.34. Диалоговое окно **SETTINGS** с открытой вкладкой **Function Keys** для модели *Kranm\_1*

В разделе **Default Function Keys** (Функциональные клавиши по умолчанию) приведены установки по умолчанию для функциональных клавиш **F1-F12**. Так, нажатие функциональных клавиш **F1-F7** соответствует выбору следующих команд:

- **HELP** (Справка) - вызывает справочную систему GPSSW Application Help;
- **CONTINUE** (Продолжить) – обеспечивает продолжение выполнения прерванного процесса моделирования системы;
- **EXIT** (Выйти) - обеспечивает выход из процесса моделирования;
- **HALT** (Остановить) - обеспечивает прерывание процесса моделирования;
- **STEP 1** - обеспечивает выполнение одного шага моделирования;
- **STOP** (Остановить) - обеспечивает определение условий остановки процесса моделирования;
- **STOP „OFF** (Отменить остановку) - удаляет все условия остановки процесса моделирования.

В разделе **Model Tabstops** (Табличные остановки курсора в модели) устанавливаются положения курсора при использовании клавиши **Tab** (Табуляция).

#### Установка просмотра выражений

Вкладка **Expressions** (Выражения), показанная на рис. 1.35, предназначена для просмотра выражений, включенных для контроля.

На этой вкладке вы можете определить выражение, которое должно иметь такое же имя, которое использовалось в качестве метки. Эта вкладка позволяет вам сохранять самые различные выражения, связанные с объектом моделирования. При необходимости вы можете выбрать любое выражение из списка. Вкладка **Expressions** обеспечивает возможность запоминания наиболее часто используемых выражений при моделировании той или иной системы. Для этого:

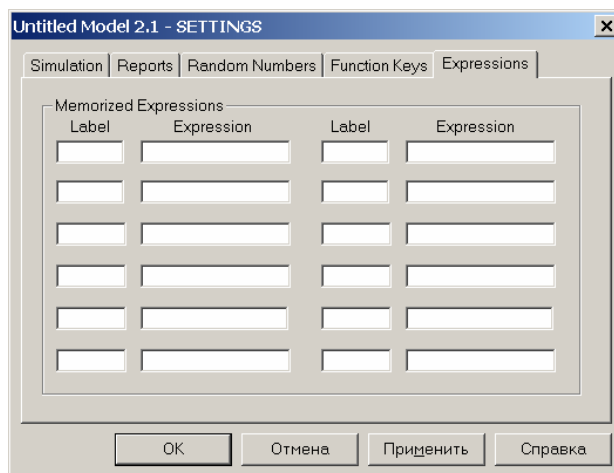


Рис. 1.35. Диалоговое окно **SETTINGS** с открытой вкладкой **Expressions** для модели *Kranm\_1*

- щелкните по пункту **Edit** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Expressions Window** (Окно выражений);
- введите нужные выражения и щелкните по кнопке **Memorize** (Запомнить).

После этого очень просто вызывать окно **Edit Expression Window** (Окно редактирования выражения) для просмотра и редактирования его содержимого. Окно **Edit Expression Window** может выглядеть так, как показано на рис. 1.25.

#### Установка символа умножения

По умолчанию система GPSSW использует в качестве символа умножения значок #, что иногда затрудняет восприятие выражений. Можно использовать вместо символа # традиционный знак \*. Для этого:

- щелкните по пункту **Edit** (Правка) главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Settings** (Установки) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **SETTINGS**;
- щелкните по вкладке **Simulation** (Моделирование), а затем включите флажок **Switch \* and #** (Включить \* вместо #);
- щелкните по кнопке **Применить**, а затем - по кнопке **ОК**.

### Базовые понятия и определения

Система GPSSW, как вам уже известно, предназначена для моделирования дискретных (в основном, систем массового обслуживания) и непрерывных систем.

## **Система массового обслуживания**

*Система массового обслуживания* - это совокупность последовательно связанных между собой входящих потоков требований на обслуживание (машин, самолетов, пользователей и т.д.), накопителей, очередей, каналов обслуживания (станций техобслуживания, аэродромов, ЭВМ и т.д.) и выходящих потоков требований после обслуживания.

*Входящий поток требований* - это последовательность входящих требований, нуждающихся в обслуживании в системе и подчиняющихся определенному закону.

*Выходящий поток требований* - это последовательность выходящих требований, обслуженных в системе и подчиняющихся определенному закону.

*Требование* (транзакт) - это объект, поступающий в систему и нуждающийся в определенном обслуживании в данной системе. Требование является активным элементом в моделируемой системе. Под требованием можно понимать сообщение, машину, изделие, информацию, пользователя и т.д. Требование в системе GPSSW - это объект с набором определенных признаков, который определяется уникальным номером. Объекты нумеруются последовательно, начиная с номера 1.

*Канал обслуживания* - устройство, в котором выполняется обслуживание требований. Основным параметром канала обслуживания является время обслуживания, которое, как правило, является случайной величиной.

*Накопитель* (буфер) - это место временного расположения требований, нуждающихся в обслуживании. Накопители характеризуются не временем обслуживания требований, а емкостью - максимально возможным количеством одновременно находящихся в накопителе требований.

### **Имитационная модель**

*Имитационная модель* - это формальное описание логики функционирования исследуемой системы во времени, учитывающее наиболее существенные взаимодействия ее элементов и обеспечивающее возможность проведения статистических экспериментов.

Имитационная модель СМО - это модель, отражающая поведение системы и изменения ее состояния во времени при заданных потоках требований, поступающих на входы системы. Параметры входных потоков требований - внешние параметры СМО. Выходными параметрами являются величины, характеризующие свойства системы - качество ее функционирования, - например такие, как:

- коэффициенты использования каналов обслуживания;
- максимальная и средняя длина очередей в системе;
- время нахождения требований в очередях и каналах обслуживания и т.д.

*Имитационное моделирование* - это численный метод определения параметров функционирования самых различных систем по многочисленным реализациям с учетом вероятностного характера протекания процесса.

Основой имитационного моделирования является метод статистических испытаний - метод Монте-Карло. Этот метод наиболее эффективен при исследовании сложных систем, на функционирование которых оказывают существенное влияние случайные факторы.

Имитационное моделирование позволяет исследовать СМО при различных типах входных потоков и разной интенсивности поступления требований в систему, а также различных дисциплинах обслуживания требований.

Модель в системе GPSSW - это последовательность операторов моделирования. Оператор моделирования может быть или оператором GPSS, или процедурой языка PLUS (Programming Language Under Simulation - Язык программирования для моделирования).

### **Представление времени в процессе имитации**

При имитационном моделировании выделяют три представления времени: *реальное*, *модельное* (*системное*) и *машинное* время.

*Реальное время* - это время, в котором происходит функционирование моделируемой системы в реальной жизни, например час, смена, год.

*Модельное (системное) время* - это время, в котором происходит функционирование моделируемой системы при проведении имитационного моделирования на ЭВМ. В системном времени выполняются следующие действия:

- осуществляется переход моделируемой системы из одного состояния в другое;
- выполняется синхронизация работы всех компонент имитационной модели;
- обеспечивается управление ходом имитационных экспериментов;
- обеспечивается параллельная реализация событий в моделируемой системе.

*Машинное время* — это время, отражающее затраты времени ЭВМ на проведение имитационного моделирования.



Система моделирования GPSSW основана на переходе требований (транзактов) от блока к блоку (от оператора к оператору) в определенные моменты времени, что называется событием.

*Событие* - это нечто, меняющее статус связанных с ним состояний системы. События соответствуют конкретным изменениям в реальной системе: требование появилось, требование вошло в очередь, требование обслуживается и т.д. При этом прослеживается процесс моделирования с использованием как абсолютного времени (текущего), так и относительного (с начала прогона модели, с момента последней модификации или последнего сброса и т.д.). События характеризуются условиями (или законом) возникновения и типом, который определяет порядок их обработки (дисциплину обслуживания). Событие по существу представляет собой мгновенное изменение некоторого элемента системы или состояния системы в целом.

Очень важная особенность GPSSW заключается в том, что продолжительность моделирования определяется не длительностью интервалов между событиями, а числом событий, возникающих в системе. Поэтому переход на более мелкие единицы времени не увеличивает время моделирования.

#### **Динамические элементы системы**

Динамическими объектами системы являются требования (транзакты), которые создаются и уничтожаются в определенные моменты времени моделирования той или иной системы. Требования перемещаются от блока к блоку, которые имитируют реальные элементы моделируемой системы.

Поведение требования определяется его несколькими фазовыми переменными (атрибутами, параметрами).

*Параметры требования* - это набор значений, связанных с требованием. Каждое требование может иметь любое число параметров. Каждый параметр имеет номер - положительное целое число. Значение любого параметра активного требования может быть возвращено через стандартный числовой атрибут (Standard Number Attribute, SNA) P<номер требования> или P\$<имя требования>. Необходимо создать параметры требования и присвоить им значения до того, как они будут использоваться. Параметрами могут быть:

- *приоритет*, определяющий предпочтение, которое требование получает, когда оно вместе с другими требованиями ожидает один и тот же ресурс. Требования с более высокими приоритетными значениями получают предпочтение. Наиболее важные приоритетные очереди в моделировании - цепь текущих событий (Current Events Chain), цепи задержек каналов обслуживания (Facility Delay Chains) и цепи задержек накопителей (Storage Delay Chains). Эффект приоритета заключается в том, что требование с более высоким приоритетом будет выбрано на обслуживание раньше требований с низким приоритетом;

- *метка времени* - абсолютное время с начала моделирования или с момента входа требования в блок **MARK** (Метка) без операнда A;

- *номер ансамбля* - положительное целое число, сохраняемое внутри каждого требования. Номера для ансамбля используются, чтобы синхронизировать требования в блоках **ASSEMBLE** (Объединить), **GATHER** (Собрать) и **MATCH** (Согласовать). Когда требование создается блоком **GENERATE**, его номер для ансамбля устанавливается равным номеру требования. Когда требование создается блоком **SPLIT** (Разделить), номер для ансамбля устанавливается равным номеру родительского требования. Можно изменить номер требования для ансамбля, используя блок **ADOPT** (Принять);

- *индикатор задержки* - флажок, сохраняемый в каждом требовании, который устанавливается при входе в любой блок и сбрасывается при входе в блок **TRANSFER SIM**. Он используется блоками **TRANSFER SIM**, чтобы переадресовать требования;

- *индикатор трассировки* - флажок, сохраняемый в требовании, который заставляет генерировать сообщение трассы каждый раз, когда требование, входит в любой блок. Индикатор трассировки устанавливается блоком **TRACE** (Трассировать) и сбрасывается блоком **UNTRACE** (Не трассировать);

- *текущий блок* - номер блока, который содержит требование;

- *следующий блок* - номер блока, в который требование будет пытаться войти далее;

- *цепи состояния требования* - в них требование постоянно находится. Считается, что требование может находиться в одном из нескольких состояний:

- *активное требование* - самое приоритетное требование в цепи текущих событий;

- *приостановленное требование* - оно ожидает в цепи будущих или текущих событий, чтобы стать активным;

- *пассивное требование* - оно при моделировании временно находится в цепи пользователя (User Chain), задержки (Delay Chain) или ожидания (Pending Chain);

- *удаленное требование* - оно было удалено и больше не существует в системе моделирования.

Кроме того, имеются другие состояния, которые не являются взаимоисключающими с вышеуказанными:



- *выгруженное требование*, которое выгрузилось из канала обслуживания и находится в одной или большем числе цепей прерываний;

- в любой момент во время дискретной стадии моделирования одно какое-либо требование пытается войти в новый блок GPSS. Это требование является активным. Вообще, активное требование перемещается настолько далеко, насколько это возможно в процессе моделирования. Когда оно не может перемещаться дальше, активизируется другое требование. При этом может быть только одно активное требование. Активное требование - самое высокое приоритетное требование в цепи текущих событий.

Можно выделить стандартные числовые атрибуты, связанные с требованиями:

- A1 – определяет объединенный набор активных требований;
- MB\$<имя> или MB<номер> – возвращает 1, если имеется требование в блоке, которое находится в том же самом наборе, что и активное требование. Иначе возвращается 0;
- MP\$<имя> или MP<номер> – определяет время прохождения требования с заданным параметром, то есть текущее абсолютное время моделирования системы;
- M1 – время прохождения требования. M1 возвращает абсолютное время моделирования системы минус метка времени требования;
- P\$<имя>, P<номер> или \*<имя> – возвращает значение параметра активного требования;
- PR – приоритет активного требования;
- XN1 – возвращает номер активного требования.

### **Именованные величины**

В системе GPSSW используют символы обозначения и специальные символы.

*Символы обозначения* включают прописные буквы A-Z, строчные буквы a-z, цифры 0-9 и символ \_ (подчеркивание).

*Специальные символы* - это символы, используемые для обозначения операторов и пунктуации: # (решетка), \* (звездочка), + (плюс), - (минус), / (косая черта направо), \ (косая черта налево) и , (запятая). Символ [^] также является оператором.

Для идентификации объектов, переменных и местоположения программы используются имена - последовательность символов. Существует несколько правил для создания имени:

- можно использовать от 1 до 250 символов;
- имя должно начинаться с символа;
- имя не должно быть ключевым словом системы GPSSW.

Система GPSSW не различает в обозначениях верхний и нижний регистры (прописные или строчные буквы). Только символы в строковых константах и комментариях сохраняют нижний регистр. Все другие символы строчных букв преобразуются в прописные.

Нельзя присваивать имена операторов, команд, а также стандартных числовых атрибутов, используемых в системе. Чтобы избежать риска совпадения имени с ключевыми словами системы GPSSW, включайте в имя знак подчеркивания где-нибудь после первого символа, в середине или в конце. Используйте, по крайней мере, 3 символа сначала, а затем цифры, так как имена в стандартных числовых атрибутах имеют 1-2 буквы и цифру.

*Именованные величины* – это имена, размещаемые в поле меток или в операторе присваивания языка PLUS. Если имена используются в качестве метки оператора GPSS, они называются метками. Если они используются в команде EQU или операторе присваивания PLUS, они называются переменными пользователя. Именованные величины обычно имеют глобальную область использования, и к ним можно обращаться в любом месте модели.

*Метка* - имя, которое используется в команде создания объекта. В отличие от переменных пользователя, меткам автоматически присваивается уникальное целое число больше 9999. Когда вы обращаетесь к помеченному объекту, система GPSSW сначала восстанавливает номер объекта, сохраненный как значение метки. Номер объекта - строго положительное целое число, которое используется объектом моделирования, чтобы найти или создать любой объект GPSS. Номер объекта устанавливается системой GPSSW во время его создания. Однако если вы хотите назначить другой номер объекту, используйте команду EQU, помещая ее перед оператором определения объекта.

*Переменная пользователя* - именованная величина, не используемая как метка объекта, которой можно давать числовое или строковое значение и по которой можно интегрировать, как по непрерывной переменной. Переменные пользователя нужно инициализировать, прежде чем их можно будет применять.

Большую роль в процессе моделирования играют величины, которые сохраняют свое начальное значение на протяжении всего процесса моделирования.

*Сохраняемые величины* – это величины, начальные значения которых задаются перед началом моделирования и к которым можно обратиться из любого места программы.

*Матрица* – это многомерный массив элементов. Массив в общем случае характеризуется размерностью и размером - числом элементов в каждой размерности. Массив размерностью 1 представляет собой строку (столбец), а размер - это число элементов в строке (столбце). Массив размерностью 2 представляет собой прямоугольную таблицу, а размер - это число элементов в строке (столбце), умноженное на число строк (столбцов) в таблице. Матрицу размерностью 3 можно представить в виде нескольких таблиц данных или результатов моделирования.

*Матричный элемент* – это любой элемент матрицы. Матричный элемент представляет собой индексированную величину.

*Логические переключатели* – объекты, которые могут находиться только в одном из двух состояний: установки или сброса.

### **Типы данных**

Все переменные пользователя, матричные элементы, сохраняемые величины и параметры требования могут иметь значение любого типа данных. В системе выделяют три главных типа данных: целые, вещественные и строковые константы. Первые два относятся к числовому типу данных.

*Целые константы* – 32-разрядные целые числа. Если во время арифметических операций происходит переполнение целого числа, то выполняется его преобразование к вещественному числу.

*Вещественные константы* имеют числа с двойной точностью с плавающей запятой. Они имеют точность 15 десятичных цифр и диапазон экспоненты от -306 до 306.

*Строковая константа* - последовательность символов ASCII, взятая в двойные кавычки. Строковая константа может иметь любой размер, насколько позволит память. Для создания и управления строковыми константами в системе имеется множество строковых процедур, которые находятся в библиотеке процедур. Строковые константы используются тогда, когда вы выводите результаты моделирования в файл результата. Вы можете также использовать строковые константы, чтобы формировать свои собственные специальные сообщения.

### **Элементы выражений**

*Элементы выражений* – это основные стандартные блоки выражений, которые, в свою очередь, могут использоваться в полях операндов операторов GPSS и процедурах PLUS.

Элементами выражений могут быть:

- строковые константы, например "Go to metka";
- вещественные константы, например 201.6;
- целые константы, например 17;
- имена, например Kanal;
- элементы матрицы, например Massiv[P\$Part,Q2+20];
- система числовых атрибутов, например AC1, F\$My\_Kran, MX\$Mat1(2,1) и SR \* MY\_PARM.

### **Арифметические целые переменные**

Арифметические целые переменные определяются с помощью оператора **VARIABLE** (Переменная). Перед оператором **VARIABLE** в поле меток ставится символьное или числовое имя переменной (идентификатор), а в поле переменных пишется арифметическое выражение, определяющее данную переменную, например:

19 VARIABLE Q2 + 3

Такая запись означает, что арифметическая переменная под номером 19, которую далее именуют V19, равна сумме числа требований в очереди под номером 2 (Q2) и константы 3.

SUM VARIABLE (P3 + P4)/5

Такая запись означает, что арифметическая переменная с символьным именем SUM, которую далее именуют V\$SUM, равна сумме значений 3-го и 4-го параметров требования, деленных на 5.

Каждый раз при обращении к арифметическим переменным V19 или V\$SUM их значения будут рассчитываться по приведенным выше выражениям, составляющие которых в процессе моделирования могут менять свои значения.

Ссылки из любого места программы на арифметическую переменную вводятся с помощью стандартного обозначения. Обращение к переменной с числовым или с символьным именем в нашей задаче будет выполняться соответственно так: V19 И V\$SUM.

Значение арифметической переменной может использоваться как:

- элемент другой арифметической переменной, булевой переменной;
- аргумент функции, таблицы;
- зависимое значение функции, задаваемое признаком;
- операнд операторов **ASSIGN**, **INDEX**, **LOOP**, **SPLIT** и др.

В арифметических выражениях допускаются следующие арифметические операции: + (сложение); - (вычитание); \* (умножение); / (деление).

Переменные вычисляются слева направо, причем операции умножения и деления обладают старшинством над операциями сложения и вычитания.

Арифметическое выражение образуется из целых констант, других арифметических переменных, стандартных числовых атрибутов, знаков арифметических операций и круглых скобок.

#### Арифметические переменные с фиксированной точкой

Арифметические переменные с фиксированной точкой определяются с помощью оператора **FVARIABLE**. Перед оператором **FVARIABLE** в поле меток ставится символьное или числовое имя переменной (идентификатор). После оператора в поле переменных пишется арифметическое выражение, определяющее данную переменную, например

PER FVARIABLE (S1-S\$CAN)/5 +3.6

Эта запись означает арифметическую переменную с фиксированной точкой под символьным именем PER, которую далее именуют V\$PER и которая равна сумме разности текущих вместимостей накопителей под номером 1 и символьным именем CAN, деленной на 5, и десятичной константы с фиксированной точкой, равной 3,6.

Ссылка на арифметическую переменную с фиксированной точкой выполняется так же, как и на арифметическую переменную. В нашем примере это V\$PER.

Арифметические выражения арифметической переменной с фиксированной точкой образуются аналогично арифметической целой переменной.

#### Булевы переменные

Булевы переменные определяются с помощью оператора **BVARIABLE**, в поле меток которого ставится символьное или числовое имя (идентификатор) переменной, а в поле переменных пишется булево выражение. Булево выражение образуется из стандартных числовых атрибутов булевых переменных, знаков булевых операций и условных операторов. Булево выражение принимает одно из двух значений: 1 или 0.

#### Вычислительные выражения

Вычислительные выражения представляют собой комбинацию математических операторов, библиотечных функций, стандартных числовых атрибутов и констант, которые удовлетворяют правилам элементарной алгебры. Они вычисляются согласно иерархии операторов, перечисленных выше, и в направлении слева

направо. Порядок вычисления можно изменить с помощью круглых скобок, как это делается в любом алгебраическом выражении.

Ниже представлены вычислительные и логические операторы, используемые в системе GPSSW (табл. 2.1).

Таблица 2.1

| Оператор                     | Пример использования | Описание  |
|------------------------------|----------------------|---|
| <b>^</b>                     | <b>A ^ B</b>         | возведение в степень  |
| <b>#</b>                     | <b>A # B</b>         | умножение   |
| <b>/</b>                     | <b>A / B</b>         | деление   |
| <b>\</b>                     | <b>A \ B</b>         | целочисленное деление (возвращает результат целочисленного деления A на B)                    |
| <b>@</b>                     | <b>A @ B</b>         | целочисленный остаток (возвращает целочисленный остаток от деления A на B)                    |
| <b>-</b>                     | <b>A - B</b>         | вычитание   |
| <b>+</b>                     | <b>A + B</b>         | сложение  |
| <b>&gt;=</b> или <b>'GE'</b> | <b>A &gt;= B</b>     | возвращается 1, если A в цифровой форме больше или равно B, в противном случае возвращается 0 |
| <b>&lt;=</b> или <b>'@'</b>  | <b>A &lt;= B</b>     | возвращается 1, если в цифровой форме A меньше или равно B, в противном случае возвращается 0 |
| <b>&gt;</b> или <b>'G'</b>   | <b>A &gt; B</b>      | возвращается 1, если в цифровой форме A больше B, в противном случае возвращается 0           |
| <b>&lt;</b> или <b>'L'</b>   | <b>A &lt; B</b>      | возвращается 1, если в цифровой форме A меньше B, в противном случае возвращается 0           |
| <b>=</b> или <b>'E'</b>      | <b>A = B</b>         | возвращается 1, если в цифровой форме A равно B, в противном случае возвращается 0            |
| <b>!=</b> или <b>'NE'</b>    | <b>A != B</b>        | возвращается 1, если в цифровой форме A отличается от B,                                      |

|                        |                  |   |
|------------------------|------------------|---|
|                        |                  | в противном случае возвращается 0   |
| <b>&amp; или 'AND'</b> | <b>A &amp; B</b> | возвращается 1, если A и B не равны нулю, в противном случае возвращается 0             |
| <b>  или 'OR'</b>      | <b>A   B</b>     | возвращается 1, если A, или B, или оба не равны нулю, в противном случае возвращается 0 |

Вычисления выражений выполняются в такой последовательности:

- -, + - вычитание, сложение;
- >=, <=, >, < - операторы сравнения;
- =, != - равный, не равный;
- & - логическое И;
- | - логическое ИЛИ.

Например, выражение

$2 \# 5^2 + 34$

вычисляется так: сначала число 5 возводится в степень 2, затем полученный результат, 25, умножается на смежный множитель 2, после чего новый результат, 50, прибавляется к слагаемому 34. Окончательный результат - 84. Это выражение можно представить и в таком виде:

$((2 \# (5^2)) + 34)$ .

Для изменения установленного порядка выполнения арифметических операций используются круглые скобки. Например, выражение

$(2 \# 5)^2 + 34$

вычисляется в такой последовательности: сначала выполняется умножение числа 2 на 5, затем полученный результат, 10, возводится в степень 2, и новый результат, 100, прибавляется к слагаемому 34. Окончательный результат - 134. Это выражение можно представить и в таком виде:

$((2 \# 5)^2 + 34)$ .

Операторы системы GPSSW определяют тип данных непосредственно перед тем, как операция применяется. Поэтому нет необходимости беспокоиться о типах данных при создании PLUS-выражений. Выражения могут оцениваться в числовой или строковой формах. Когда выражение оценивается в числовой форме, строковый результат преобразуется к его числовому эквиваленту, основанному на числах, с которых начинается строка. Строка, начинающаяся не с цифры, преобразуется к числовому нулю. Точно так же, когда выражение оценивается как строка, любой числовой результат преобразуется к строковому эквиваленту.

В сообщениях и потоках данных представлением больших чисел можно управлять, подавляя экспоненциальный формат. Для этого:

- щелкните по пункту **Edit** главного меню или нажмите комбинацию клавиш **Alt+E**. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Settings** (Установки) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **SETTINGS**;
- выберите вкладку **Report** (Отчет) и установите галочку напротив элемента **Scientific** (Научный).

После выполнения этих действий число 1100, например, будет представлено как 1.1e3 в экспоненциальном формате.

### Основные операторы языка GPSS

*Оператор* - это специальное имя (обозначение) для определенного действия (операции) над операндами (данными). В табл. 2.2 приведен перечень наиболее часто используемых операторов языка имитационного моделирования GPSS с краткими пояснениями их назначения.

Таблица 2.2

| <b><u>Блок</u></b> | <b><u>Параметры</u></b> | <b><u>Описание</u></b>             |
|--------------------|-------------------------|------------------------------------|
| <b>GENERATE</b>    | A,B,C,D,E,F,G,H         | Сгенерировать требование           |
| <b>QUEUE</b>       | A,B                     | Увеличить содержимое очереди       |
| <b>DEPART</b>      | A,B                     | Уменьшить содержимое очереди       |
| <b>SEIZE</b>       | A                       | Занять канал обслуживания          |
| <b>RELEASE</b>     | A                       | Освободить канал обслуживания      |
| <b>ENTER</b>       | A,B                     | Увеличить вместимость накопителя   |
| <b>LEAVE</b>       | A,B                     | Уменьшить вместимость накопителя   |
| <b>ADVANCE</b>     | A,B                     | Задержать перемещение требования   |
| <b>ASSIGN</b>      | A,B                     | Модифицировать параметр требования |

|                              |               |   |
|------------------------------|---------------|---|
| <b>PREEMPT</b>               | A,B,C,D,E     | Отстранить требование от обслуживания       |
| <b>RETURN</b>                | A             | Вернуть канал обслуживания А                |
| <b>BUFFER</b>                |               | Идти в хвост цепи текущих событий           |
| <b>GATE</b>                  | A,B           | Переместить в зависимости от состояния      |
| <b>GATHER</b>                | A             | Подождать родственные требования            |
| <b>LINK</b>                  | A,B,C         | Ввести в цепь пользователя                  |
| <b>UNLINK</b>                | A,B,C,D,E,F,G | Вывести из цепи пользователя                |
| <b>&lt;Имя&gt; STORAGE</b>   | A             | Определить вместимость накопителя           |
| <b>MARK</b>                  | A             | Создать временную метку                     |
| <b>MATCH</b>                 | A             | Подождать другое требование                 |
| <b>SELECT</b>                | A,B,C,D,E,F,G | Выбрать элемент                             |
| <b>SAVEVALUE</b>             | A,B,C         | Модифицировать сохраняемое значение         |
| <b>MSAVEVALUE</b>            | A,B,C,D       | Модифицировать значение матрицы             |
| <b>PRIORITY</b>              | A,B           | Изменить приоритет                          |
| <b>SPLIT</b>                 | A,B,C,D       | Разделить требование                        |
| <b>TABULATE</b>              | A,B           | Собрать табличные данные элемента           |
| <b>TERMINATE</b>             | A             | Уничтожить требование                       |
| <b>TEST</b>                  | A,B,C         | Переместить согласно сравнению              |
| <b>TRANSFER</b>              | A,B,C,D       | Передать в новое местоположение             |
| <b>ASSEMBLE</b>              | A             | Собрать родственные требования              |
| <b>EQU</b>                   | A,B           | Определить эквивалентность                  |
| <b>MATRIX</b>                | A,B,C         | Задать матрицу                              |
| <b>INITIAL</b>               | A,B           | Инициализировать                            |
| <b>RMULT</b>                 | A,B,C,D,E,F,G | Установить значение генератора              |
| <b>&lt;Имя&gt; VARIABLE</b>  | A             | Определить целую переменную                 |
| <b>&lt;Имя&gt; FVARIABLE</b> | A             | Определить вещественную переменную          |
| <b>&lt;Имя&gt; BVARIABLE</b> | A             | Определить булеву переменную                |
| <b>&lt;Имя&gt; FUNCTION</b>  | A,B           | Определить функцию                          |
| <b>&lt;Имя&gt; TABLE</b>     | A,B,C,D,E     | Определить таблицу                          |
| <b>QTABLE</b>                | A,B,C,D       | Определить таблицу для очереди              |
| <b>LOGIC</b>                 | A             | Изменить логический переключатель           |
| <b>LOOP</b>                  | A,B           | Изменить параметр требования и зациклить    |
| <b>REPORT</b>                |               | Сообщить                                    |
| <b>COUNT</b>                 | A,B,C,D,E     | Поместить индекс объекта внутрь параметра   |
| <b>TRACE</b>                 |               | Начать трассировку                          |
| <b>UNTRACE</b>               |               | Увеличить параметр требования               |
| <b>INDEX</b>                 | A,B           | Выполнить блочную операцию                  |
| <b>EXECUTE</b>               | A             | Выполнить блочную операцию элемента         |
| <b>WRITE</b>                 |               | Разместить текстовую строку в потоке данных |
| <b>READ</b>                  |               | Считать текстовую строку из потока данных   |
| <b>RESET</b>                 |               | Сбросить                                    |
| <b>ADOPT</b>                 |               | Изменить номер ансамбля                     |
| <b>CLOSE</b>                 |               | Закрыть поток данных                        |
| <b>JOIN</b>                  |               | Увеличить группу членов                     |
| <b>ALTER</b>                 |               | Изменить атрибуты требования                |
| <b>DISPLACE</b>              |               | Переместить требование к блоку              |
| <b>EXAMINE</b>               |               | Исследовать член группы                     |
| <b>FAVAL</b>                 |               | Сделать канал обслуживания доступным        |
| <b>FUNAVAL</b>               |               | Сделать канал обслуживания не доступным     |
| <b>INTEGRATION</b>           |               | Включить или выключить интегрирование       |
| <b>PLUS</b>                  |               | Оценить PLUS-выражение                      |
| <b>SAVAL</b>                 |               | Сделать накопитель доступным                |
| <b>SUNAVAL</b>               |               | Сделать накопитель недоступным              |
| <b>REMOVE</b>                |               | Уменьшить группу членов                     |
| <b>SEEK</b>                  |               | Установить позицию в потоке данных          |
| <b>SCAN</b>                  |               | Восстановить информацию группы членов       |

Каждый оператор языка GPSS должен находиться на одной строке текста и включать в совокупности с другими элементами не более 250 символов. Он структурно состоит из нескольких полей. Выделяют следующие поля оператора:

- номер строки (необязательный);
- метка (необязательный);
- собственно оператор;
- операнды (зависят от введенного оператора);
- комментарий (необязательный).

*Поле* - переменное число печатаемых символов, за которыми следует незаполненное пространство или разделитель.

*Номера строк*, если они используются, должны вводиться с первой позиции (столбца). Однако номера строк в системе GPSS World игнорируются транслятором. Номер же строки, данный в сообщении об ошибках, - это число, обозначающее место строки в программе, а не указанный пользователем номер строки.

*Поле метки* - это поле, в котором может быть введено имя данного оператора - числовое или символьное - для обращения к нему из другого места программы.

*Поле оператора* - это поле, в котором записывается один из операторов языка имитационного моделирования GPSS.

*Поле операндов* - это поле ввода требуемых для данного процесса моделирования операндов (аргументов оператора). Большинство операторов имеют один или несколько операндов. Поля операндов часто называют полями переменных. Традиционно операнды разделяются запятыми. Допускается пропускать в операторах некоторые операнды - так называемые необязательные операнды. В поле переменных выделяют *подполя*, разделяемые при записи запятыми и служащие для указания числовых значений переменных, стандартных числовых атрибутов, числовых или символьных меток и т.п. Подполя могут быть пустыми. Стандартные числовые атрибуты служат для сокращенного указания различных величин, фигурирующих в модели, например:

- K15 - константа, равная 15;
- V12 - переменная под номером 12;
- Q\$kanal - средняя длина очереди под символьным именем kanal;
- X17 - сохраняемая величина под номером 17;
- FN\$ECSP - функция с именем ECSP;
- P2 - значение параметра требования под номером 2;
- \*4 - содержимое параметра требования под номером 4;
- S\*5 - вместимость накопителя, определенная в параметре требования под номером 5.

*Поле комментария* - это поле размещения комментария, относящегося к используемому оператору. Существует два основных вида комментария: входные и промежуточные. Первый вид комментария начинается с символов ; (точка с запятой) или \* (звездочка), а далее идет любой текст.

Во входном комментарии можно указать, что делает программа, какую систему моделирует, какие требуются входные данные, что получается в результате моделирования. Входные комментарии оформляются по определенным правилам. В первой позиции (колонке) ставится знак \* или ;. Далее с любой позиции (колонки) пишется необходимая поясняющая информация.

Промежуточные комментарии пишутся в поле переменных (операндов), отделяясь знаком ;. Промежуточные комментарии целесообразно писать с одной и той же позиции (колонки), например 30 или 35. Они должны указывать цель действия или объяснять логику моделирования при использовании того или иного оператора.

### **Цепи событий**

Событие, связанное с конкретным требованием, находящимся в данный момент в системе, может сохраняться в одном из списков - цепей.

*Цепь текущих событий* (Current Events Chain - CEC) - это цепь, включающая события для требований, которые планируются к продвижению в одном или нескольких операторах (блоках) в течение текущего или ближайшего модельного времени. В этой цепи находятся события, время наступления которых меньше или равно текущему модельному времени. События с меньшим временем связаны с перемещением тех требований, которые должны двигаться, но были заблокированы. В цепи текущих событий требования расположены в порядке убывания приоритета соответствующих событий, при равных приоритетах - в порядке поступления в цепь. Каждое событие требования в списке текущих событий может находиться либо в активном состоянии, либо в состоянии задержки. Если событие активно, то соответствующее требование может быть перемещено по системе. Если перемещение

требования невозможно, например, из-за занятости канала обслуживания, то событие требования переводится в состояние задержки.

Как только завершается продвижение активного требования, начинается просмотр задержанных требований, и некоторые из них переводятся в разряд активных.

Эта процедура повторяется до тех пор, пока в цепи текущих событий не будут перемещены (обработаны) все активные требования. Модельному времени присваивается значение, равное времени наступления ближайшего из этих событий. Данное событие заносится в цепь текущих событий. Те из них, время которых равно текущему модельному времени, также переписываются в цепь текущих событий. Просмотр заканчивается, когда в цепи остаются события, время наступления которых больше текущего модельного времени.

*Цепь пользователя (User Chain)* – это цепь, включающая требования, которые не планируются к продвижению. Это требования, которые пользователь удалил из цепи текущих событий и поместил в цепь в качестве временно пассивных требований.

*Цепь прерываний (Interrupt Chain)* – это цепь выгружаемых требований. Когда требование входит в блочный оператор **PREEMPT** и канал обслуживания в настоящее время принадлежит другому требованию, монопольное использование дается новому требованию. Старое требование помещается в цепь прерываний так, чтобы его монопольное использование могло быть восстановлено позже. Требования в одной или большем числе цепей прерывания могут все еще двигаться в процессе моделирования, однако их движение ограничено.

*Цепь будущих событий (Future Events Chain, FEC)* – это цепь, включающая события требований (транзактов), которые находятся в состоянии ожидания событий в будущем. В этой цепи находятся события, время наступления которых больше текущего модельного времени, то есть они должны произойти в будущем, но условия их наступления уже определены. Например, известно, что требование будет обслуживаться определенным каналом обслуживания 27 единиц времени.

Значение системного времени всегда равно намеченному времени последнего требования, которое будет принято из цепи будущих событий.

Блочные операторы **ADVANCE** и **GENERATE** служат для размещения требования в цепи будущих событий.

Эти блочные операторы берут приращение времени как операнд и вычисляют абсолютное время перед размещением требования в цепи будущих событий. Когда системное время достигает этого абсолютного времени, требование перемещается в цепь текущих событий так, чтобы его движение возобновилось в процессе моделирования.

Блочные операторы **PREEMPT** и **DISPLACE** можно использовать для удаления требования из цепи будущих событий. Такие требования можно переупорядочить, используя блочный оператор **ADVANCE**.

В случае если планировщик должен выбрать новое активное требование и не может найти его в цепи текущих событий, ему нужно взять требование из цепи будущих событий. Удаление одного или большего числа требований всегда заставляет системное время продвигаться вперед. Связанные требования перемещаются из цепи будущих событий в цепь текущих событий в порядке их приоритетности. Требование в цепи текущих событий с самым высоким приоритетом тогда становится активным.

*Цепь повторений (Retry Chain)* – список требований, которые ожидают изменения состояния канала обслуживания.

Требования, которые подвергаются испытаниям, предшествующим входу в блок, помещаются в цепь повторений. Эти испытания происходят тогда, когда требование пытается войти в блочные операторы **GATE**, **TEST**, **TRANSFER ALL** или **TRANSFER BOTH**. Любое требование в цепи повторений ожидает изменения значения стандартного числового атрибута. Когда значение SNA изменяется, любое требование в цепи повторений объекта активизируется. Это приводит к изменению в цепи текущих событий. Когда требование становится активным, определенное условие испытания повторяется. Так как этот процесс занимает определенное компьютерное время без продвижения требования в модели, то неразумный выбор условий может привести к неэффективному моделированию. Если при повторении испытание прошло успешно, то требование вводится в следующий блок. Когда требование входит в блок, оно удаляется из всех цепей повторений автоматически.

*Цепь задержки (Delay Chain)* – приоритетная цепь требований, ожидающих монопольного использования канала обслуживания.

Если требованию, которое пытается войти в блочный оператор **SEIZE**, соответствующий определенному каналу обслуживания, отказано в использовании, оно помещается в цепь задержки того



же канала обслуживания в приоритетном порядке. Точно так же требование, которое пытается в приоритетном режиме войти в блочный оператор **PREEMPT**, соответствующий определенному каналу обслуживания, и которому отказано в использовании, блокируется и помещается в цепь задержки канала обслуживания в приоритетном порядке.

Рассмотрим на простейшем примере процесс формирования цепей событий. Допустим, в моделируемой системе используются требования (транзакты)  $i$  типов, каждый из которых обрабатывается отдельным каналом обслуживания. Известны законы поступления требований в систему и длительность их обслуживания. Таким образом, в системе существует  $i$  параллельных независимых процессов –  $P_i$ . События, относящиеся к рассматриваемым процессам, соответственно обозначим как  $C_{ij}$ . Временная диаграмма работы моделируемой системы при обслуживании одного требования каждого типа показана на рис. 2.1.

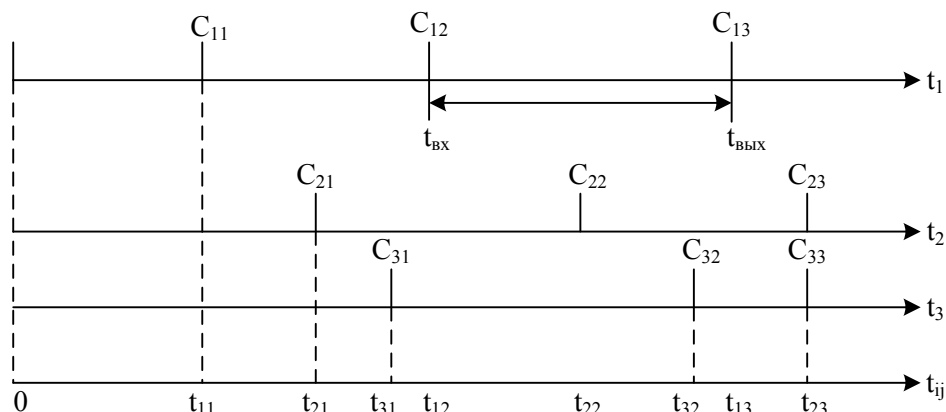


Рис. 2.1. Временная диаграмма работы системы

Для каждого процесса строится своя цепь событий, однако эти цепи являются общими для всей модели. Формирование цепи начинается с заполнения списка (цепи) будущих событий. Как указывалось выше, в эту цепь помещаются события, время которых превышает текущее значение модельного времени. Очевидно, что на момент заполнения списка время наступления прогнозируемых событий должно быть известно. На первом шаге  $t_M = 0$ , и в список будущих событий заносятся события  $C_{i1}$ :  $C_{11}$ ,  $C_{21}$ ,  $C_{31}$ ... Затем событие с наименьшим временем наступления,  $C_{11}$ , переносится в список текущих событий. Если одновременных с ним событий нет, то оно обрабатывается и исключается из списка текущих событий.

После этого снова корректируется список будущих событий и т.д., пока не закончится заданный интервал времени моделирования.

Динамика изменения содержания цепей будущих и текущих событий для нашего примера приведена в табл. 2.3.

Таблица 2.3

| Время наступления события, $t_{ij}$ | Список текущих событий, $C_{ij}$ | Список будущих событий, $C_{ij}$ |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0                                   | 0                                | $C_{11}, C_{21}, C_{31}$         |
| $t_{11}$                            | $C_{11}$                         | $C_{21}, C_{31}, C_{12}$         |
| $t_{21}$                            | $C_{21}$                         | $C_{31}, C_{12}, C_{22}$         |
| $t_{31}$                            | $C_{31}$                         | $C_{12}, C_{22}, C_{32}$         |
| $t_{12}$                            | $C_{12}$                         | $C_{22}, C_{32}, C_{13}$         |
| $t_{22}$                            | $C_{22}$                         | $C_{32}, C_{13}, C_{23}$         |
| $t_{32}$                            | $C_{32}$                         | $C_{13}, C_{23}, C_{33}$         |
| $t_{13}$                            | $C_{13}$                         | $C_{23}, C_{33}$                 |
| $t_{23}$                            | $C_{23}, C_{33}$                 |                                  |

Знание механизма формирования различных цепей событий существенно облегчает процесс отладки и модификации модели.

### Основные составляющие системы GPSSW

Система GPSSW включает:

- различные типы объектов языка имитационного моделирования GPSS;

- язык программирования высокого уровня PLUS - небольшой, но мощный процедурный язык программирования;
- много блочных инструкций (свыше 50) и команд (свыше 25) и более 35 системных числовых атрибутов;
- строковые, математические, сервисные и другие процедуры;
- функции типовых распределений.

Программа в системе GPSSW представляет собой последовательность операторов языка программирования GPSS, операторов процедуры и эксперимента языка PLUS.

### Типы объектов

В системе GPSSW имеются различные типы объектов, которые можно использовать при создании моделей:

- транзакты (Transactions) - обслуживаемые требования (заявки);
- блоки (Blocks);
- каналы (аппараты) обслуживания (Facilities);
- функции GPSS (GPSS Functions);
- логические переключатели (Logicswitches);
- матрицы (Matrixes);
- очереди (Queues);
- накопители (Storages);
- сохраняемые величины (Savevalues);
- табличные цепи пользователя (Tables User Chains);
- переменные (Variables);
- числовые группы (Numeric Groups);
- группы требований (Transaction Groups);
- генераторы случайных чисел (Random Number Generators).

За исключением требований (транзактов), объекты никогда не удаляются из моделирования. Однако некоторые типы объектов могут быть переопределены в интерактивном режиме: **STORAGE**, **TABLE**, **QTABLE**, **MATRIX** или **VARIABLE**.

PLUS-процедуры можно также переопределить в интерактивном режиме. Блоки не могут быть переопределены в системе GPSSW. Однако, используя блок **EXECUTE**, можно переопределить значение операнда A.

### Операторы языка PLUS

Ниже перечислены операторы языка PLUS:

- **BEGIN** (Начать);
- **DO...WHILE** (Выполнять...до тех пор, пока);
- **END** (Закончить);
- **EXPERIMENT** (Эксперимент);
- **GOTO** (Перейти к);
- **IF...THEN...ELSE...** (Если...то...иначе...);
- **CALL** (Вызвать процедуру);
- **RETURN** (Вернуть);
- **TEMPORARY** (Временно).

### Строковые процедуры

Система GPSSW имеет богатую встроенную библиотеку процедур для создания и изменения строк:

- **Align** (Вывернуть) - вернуть копию одной строки, помещенной в другую и выровненной по правому краю;
- **Catenate** (Связать) - вернуть копию двух строк, объединенных в одну;
- **Copies** (Копии) - создать строку из нескольких копий строки;
- **Datatype** (Строка данных) - вернуть строку, обозначающую тип данных аргумента;
- **Find** (Найти) - вернуть смещение одной строки в другой;
- **Left** (Левый) - вернуть копию подстроки, начинающейся слева; **Length** (Длина) - вернуть указанное число символов в строке; **Lowercase** (Нижний регистр) - вернуть представление строки в нижнем регистре;
- **Place** (Разместить) - разместить одну строку в другой с выравниванием по левому краю;
- **Polycatenate** (Связать) - вернуть копию одной или более строк, объединенных в одну;
- **Right** (Вправо) - вернуть копию подстроки, начинающейся справа; **String** (Строка) - преобразовать элемент данных в строковый эквивалент; **StringCompare** (Сравнение строки) - вернуть результат целого числа после сравнения строки;

- **Substring** (Подстрока) - вернуть копию подстроки аргумента строки;
- **Trim** (Вырезать) - удалить передние и остаточные пробелы; **Uppercase** (Верхний регистр) - вернуть строку в верхнем регистре;

- **Value** (Значение) - вернуть числовой эквивалент строки;
- **Word** (Слово) - вернуть копию одного из слов в строке.

### Математические процедуры

Система GPSSW включает небольшую библиотеку математических процедур:

- **ABS** - абсолютное значение;
- **ATN** - арктангенс;
- **COS** - косинус;
- **INT** - целое;
- **EXP** - экспонента;
- **LOG** - натуральный логарифм;
- **SIN** - синус;
- **SQR** - квадратный корень;
- **TAN** - тангенс.

### Сервисные процедуры

Система GPSSW имеет дополнительные процедуры для требований, находящихся в очереди:

- **QueryXNExist** - определяет существование требования;
- **QueryXNParameter** - восстанавливает значение параметра требования;
- **QueryXNAssemblySet** - восстанавливает набор ансамбля требования;
- **QueryXNPriority** - восстанавливает приоритет требования;
- **QueryXNM1** - восстанавливает время метки требования.

В систему GPSSW включены также новые сервисные процедуры для поддержки экспериментов:

- **DoCommand** - транслирует командную строку в глобальном контексте и посылает объекту моделирования;
- **ANOVA** - выполняет дисперсионный анализ.

### Функции типовых распределений вероятностей

Система GPSSW включает встроенные функции многочисленных типовых распределений вероятностей:

- **Beta** - бета-распределение;
- **Binomial** - биномиальное распределение;
- **Discrete Uniform** - дискретное равномерное распределение;
- **Exponential** - экспоненциальное распределение;
- **Extreme Value A**;
- **Extreme Value B**;
- **Gamma** - гамма-распределение;
- **Geometric** - геометрическое распределение;
- **Inverse Gaussian** - обратное гауссово распределение;
- **Inverse Weibull** - обратное распределение Вейбула;
- **Laplace** - распределение Лапласа;
- **Logistic** - логистическое распределение;
- **LogLaplace** - логлапласово распределение;
- **LogLogistic** - логлогистическое распределение;
- **LogNormal** - логнормальное распределение;
- **Negative Binomial** - отрицательное биномиальное распределение;
- **Normal** - нормальное распределение;
- **Pareto** - распределение Парето;
- **Pearson Type V** - распределение Пирсона типа V;
- **Pearson Type VI** - распределение Пирсона типа VI;
- **Poisson** - пуассоновское распределение;
- **Triangular** - треугольное распределение;
- **Uniform** - равномерное распределение;
- **Weibull** - распределение Вейбула.

### *Основные этапы моделирования в системе GPSSW*

Система GPSSW достаточно проста в изучении и универсальна в применении. Эффективное использование системы предусматривает выполнение ряда этапов:

### 1. Постановка задачи.

### 2. Выявление основных особенностей.

### 3. Создание имитационной модели процесса.

### 4. Представление имитационной модели в системе GPSSW.

### 5. Моделирование системы.

Рассмотрим подробнее каждый из этапов.

#### **Постановка задачи**

Постановка задачи – это этап содержательного описания процесса моделирования с указанием числовых значений работы тех или иных составляющих исследуемого процесса. На этом этапе указывается, что необходимо определить. Исследование самых разнообразных систем и процессов методом имитационного моделирования заключается в определении происходящих в системе событий. Чтобы облегчить это определение, целесообразно первоначально графически изобразить процесс функционирования системы и выделить в нем характерные события. Поведение требования в моделируемой системе не является независимым, оно обуславливается событиями, в которых принимают участие и другие требования. Сам же процесс имитации должен отображать хронологию событий в последовательности, имеющей место в реальном процессе.

Основными элементами системы моделирования GPSSW являются стандартные компоненты реальных систем и процессов: каналы обслуживания (приборы), очереди, накопители, переключатели, требования и др. Достаточный набор подобных компонентов и программная реализация их функционирования позволяют моделировать самые разнообразные системы и процессы. Использование же элементами системы количественных параметров в виде констант, переменных, функций, сохраняемых величин позволяет исследовать большое многообразие систем.

#### **Выявление основных особенностей**

На этом этапе определяют:

- характер функционирования системы (непрерывная или дискретная система);
- потоки поступления требований в систему (регулярные, случайные или смешанные);
- число требований, поступающих в один момент времени (ординарный или неординарный поток);
- характер взаимодействия смежных требований в потоке (с последствием или нет);
- характер поведения требований, поступающих в систему на обслуживание (с отказами, с ограниченным ожиданием или с ожиданием без ограничения);
- способ выбора требований на обслуживание (с приоритетом, по мере поступления, случайно, последний обслуживается первым). Иногда в таком случае говорят о дисциплине обслуживания;
- время обслуживания требований (детерминированное или случайное);
- число каналов обслуживания (одноканальная или многоканальная система);
- число фаз обслуживания (однофазная или многофазная система);
- однородность требований, поступающих на обслуживание (однородные и неоднородные);
- связь выходных и входных потоков (замкнутая или разомкнутая система).

На этом этапе следует определить продолжительность моделирования системы, выбрать способы представления тех или иных данных. Здесь же осуществляется декомпозиция сложного моделируемого процесса на ряд простых сегментов, чтобы их описание могло быть выполнено достаточно просто и наглядно. При этом следует максимально использовать встроенные процедуры, имеющиеся в системе. Это значительно упрощает процесс построения и исследования модели.

#### **Создание имитационной модели процесса**

На этом этапе необходимо подробно изложить все действия, связанные с функционированием той или иной системы, возможно, с помощью циклических процедур. Надо указать, какая входная информация требуется и как она будет использована соответствующими операторами системы.

Процесс моделирования начинается с создания исходной модели на языке имитационного моделирования GPSS. Самый простой способ начать моделирование – это использование, а затем и модернизация существующей модели. В папке C:\Program Files\Minuteman Software\GPSS World Student Version\Samples Models имеется большой набор типовых примеров для обучения моделированию. Инструкции к моделям могут находиться в нескольких текстовых объектах. Процесс моделирования начинается с открытия текстового объекта (файла), если он присутствует в модели. Для обращения к текстовому объекту в модели используется оператор **INCLUDE**, далее следует имя текстового файла с расширением .txt, записываемое в двойных кавычках.

*Исходная модель* – это определенный набор (список) операторов модели. Оператором модели может быть оператор языка имитационного моделирования GPSS, процедура языка программирования PLUS или определение PLUS-эксперимента.

На втором этапе создается имитационная модель с помощью транслятора системы GPSSW. Результатом трансляции программы является объект моделирования блочной структуры.

Трансляцию исходной модели можно выполнить двумя способами.

Первый способ:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Create Simulation** или **Retranslate**. Появится окно **JOURNAL**, в котором указываются дата и время начала и окончания трансляции исходной модели.

Второй способ: нажмите комбинацию клавиш **Ctrl+Alt+S** для трансляции или **Ctrl+Alt+R** для перетрансляции программы.

Если в процессе трансляции в программе обнаруживаются синтаксические ошибки, то их можно исправить. Для этого:

- щелкните по пункту **Search** (Поиск) главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Next Error** (Следующая ошибка).

После выполнения этих действий курсор мыши каждый раз устанавливается на очередной ошибке. Эти действия проводятся до тех пор, пока не будут устранены все выявленные ошибки. При этом курсор мыши циклически проходит список всех выявленных транслятором ошибок.

### Моделирование системы

Как только все синтаксические ошибки будут устранены, можно послать оттранслированную модель на выполнение. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **START**. Появится диалоговое окно **Start Command**, в котором можно определить режим моделирования. После определения режима моделирования щелкните по кнопке **OK**. Появится окно **JOURNAL**, в котором указываются дата и время начала и окончания процесса моделирования оттранслированной модели, а затем – окно **REPORT** с результатами имитационного моделирования.

Можно послать инструкции для моделирования тремя способами:

- используя наиболее общие команды, перечисленные в выпадающем меню пункта **Command** главного меню;
- щелкнув по пункту **Custom** в выпадающем меню пункта **Command** главного меню. Появится диалоговое окно **Simulation Command**, где можно напечатать любую инструкцию для моделирования, даже PLUS-процедуру, и послать ее существующему объекту моделирования;
- используя набор функциональных клавиш с собственным набором команд. Это можно сделать через пункты главного меню **Edit** и выпадающего меню **Settings** в главном окне системы. После нажатия соответствующей функциональной клавиши объекту моделирования посылается определенная команда.

Комплексные процедуры и длинные списки команд могут также быть посланы с помощью команды **INCLUDE** (Включить), связанной с предварительно созданным текстовым объектом.

Команды управления моделированием могут быть вставлены в имитационную модель, или их можно интерактивно ввести в процессе моделирования. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Custom**. Появится диалоговое окно **Simulation Custom**;
- введите в поле диалогового окна нужную команду управления и щелкните по кнопке **OK**.

Пункты (команды) выпадающего меню пункта **Command** главного меню становятся активными после транслирования исходной модели.

Команда **START** используется для запуска процесса моделирования. Эта команда может быть введена в модели или в интерактивном режиме.

Многократное моделирование может быть выполнено с использованием последовательности управляющих операторов **RESET**, **CLEAR** и **START**.

Остановить процесс моделирования можно несколькими способами:

- щелкните по пункту **Command** главного меню, а затем - по пункту **Halt** (Остановить) выпадающего меню;
- нажмите комбинацию клавиш **Ctrl+Alt+H**;
- нажмите на функциональную клавишу **F4**;
- щелкните по пункту **Command** главного меню, а затем – по пункту **Custom** выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Simulation Custom**. Введите в поле диалогового окна команду **HALT** и щелкните по кнопке **OK**;
- используйте командный файл.

Вы можете возобновить моделирование, используя команду **CONTINUE** или **STEP**.

Интерактивные команды **HALT** и **SHOW** выполняются в момент их ввода, а другие команды ставятся в очередь. Они помещаются в конце списка команд, которые еще не были закончены к моменту ввода. Когда оператор процедуры языка PLUS посылается в интерактивном режиме, процедура регистрируется в пределах моделирования. После этого процедура может быть вызвана из любого PLUS-выражения. Если процедура с тем же именем уже существует в пределах моделирования, она переопределяется.

### Модернизация исходной модели

Если возникает необходимость в модернизации исходной модели, то необходимо активизировать окно с исходной моделью. Для этого:

- щелкните по пункту **Window** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по имени файла, содержащего исходную модель.

Можно вернуться к окну с исходной моделью и другим способом. Если часть этого окна видна в главном окне системы, то щелкните по нему мышью - и оно всплывет на передний план.

### Отладка модели

Во время отладки модели можно использовать многочисленные средства визуализации, имеющиеся в системе GPSSW. Среди 10 динамических окон есть окна **PLOT** и **EXPRESSIONS**, которые позволяют визуализировать оценку любого выражения PLUS, поскольку оно изменяется динамически. Окно **TABLE** дает возможность визуализировать сходимость гистограмм. Кроме того, имеется 6 дополнительных окон для представления снимков. Они предназначены для профессионалов моделирования, нуждающихся в детальной информации о состоянии моделирования изнутри. Система GPSSW имеет большой набор стандартных сообщений. Они описывают конечное состояние и/или результаты моделирования. Можно изменять содержание стандартных сообщений, редактируя установки во время моделирования объекта. Промежуточные сообщения часто используются во время отладки модели.

Новый высокоэффективный транслятор системы работает как минимум на два порядка быстрее, чем его предшественник. Когда транслятор обнаруживает одну или большее число ошибок в модели, то создается круговой список сообщений об ошибках, к которым можно, обращаться из моделируемой системы. Для этого используйте команды **Next Error** (Следующая ошибка) или **Previous Error** (Предыдущая ошибка) в меню, выпадающем при щелчке по пункту **Search** (Поиск) главного меню. После каждой остановки в списке на той или иной ошибке выдается сообщение о ней в строке состояния в нижней части главного окна системы. При этом курсор размещается перед синтаксическим элементом, который вызвал ошибку. Это значительно облегчает устранение ошибок. Для устранения ошибок используется текстовый редактор.

Если ошибка произошла в текстовом объекте, вводимом оператором **INCLUDE** (Включить), можно вставить исправленные операторы в новый временный модельный объект и снова его оттранслировать.

### Снимки и динамические окна

Система GPSSW имеет многочисленные окна, которые можно разделить на две категории: окна снимков моделирования и динамические окна моделирования. Диалоговое окно – это динамическое окно, вид которого зависит от тех или иных изменений в модели или моделировании.

Все окна открываются с помощью пунктов **Simulation Snapshot** (Снимок моделирования) и **Simulation Window** (Окно моделирования) в выпадающем меню пункта **Window** главного меню. При этом появляются всплывающие меню, в которых можно выбрать те или иные окна моделирования.

*Снимок* - это отдельное изображение, которое делается в заданный момент времени в процессе моделирования системы.

Можно получить снимок следующих объектов:

- любого требования в системе;
- цепи текущих событий;
- цепи будущих событий;
- числовых групп;
- цепей пользователя;
- группы требований.

Динамические окна модифицируются в процессе моделирования. Они могут быть обновлены, когда вы транслируете модель или вызываете управляющую команду **RESET** (Сброс).

Вы можете открыть интерактивное представление:

- блочной структуры модели;
- произвольного списка выражений;
- каналов обслуживания;
- логических переключателей;

- любого перекрестного раздела матричного объекта;
- графиков выражений;
- объектов очереди;
- объектов сохраняемых величин;
- объектов накопителей;
- любого объекта таблицы.

Рекомендуется использовать одновременно только несколько динамических окон в процессе моделирования. Но их можно открыть значительно больше, когда моделирование приостановлено.

Для вывода содержания любого окна на печать щелкните по пункту **File** главного меню, а затем – по пункту **Print** в выпадающем меню. Появится диалоговое окно **Print**, в котором надо ввести соответствующие установки.

Большинство динамических окон моделирования имеют дополнительную панель, называемую инструментальной панелью отладки, которая позволяет отлаживать модель, используя соответствующие кнопки (рис. 2.2).

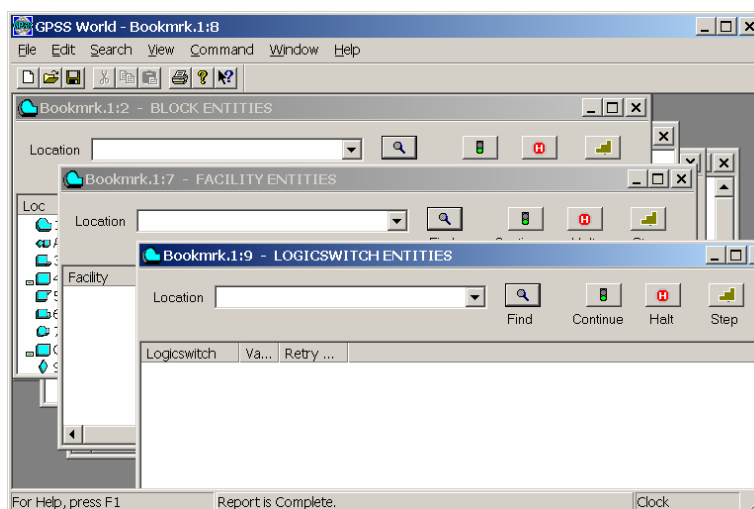


Рис. 2.2. Панели отладки в динамических окнах системы GPSSW

Динамическое окно **BLOCK ENTITIES** (Блочные элементы) имеет следующие кнопки на панели отладки:

- **Find** (Найти);
- **Continue** (Продолжить) - продолжить процесс моделирования после его остановки;
- **Halt** (Остановить) - прервать процесс моделирования;
- **Step** (Шагнуть) - сделать один шаг и остановить процесс моделирования;
- **Place** (Разместить) - разместить условие остановки в указанном блоке;
- **Remove** (Удалить) - удалить условие остановки в указанном блоке.

Щелчком мыши выделите блок в динамическом окне **BLOCK ENTITIES**. Затем щелкните по кнопке **Place**, чтобы разместить условие остановки, которое прерывает моделирование, когда требование пытается войти в помеченный блок. Если блок выбран и вы щелкаете по кнопке **Remove**, то первоначальное условие остановки удаляется. Используйте кнопку **Halt**, чтобы послать команду остановки объекту моделирования. Допустим, мы выделили блок **QUEUE** щелчком мыши, а затем щелкнули по кнопке **Place**. Далее выделим блок **ADVANCE** щелчком мыши и снова щелкнем по кнопке **Place**. Таким образом, мы разместили две остановки в модели. Теперь можно просмотреть набор условий остановки в окне снимка **Stop Conditions** (Условия остановки). Для этого:

- щелкните по пункту **Window** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Simulation Snapshot** (Снимок моделирования) выпадающего меню. Появится всплывающее меню;
- щелкните по пункту **User Stops** (Остановки, установленные пользователем) во всплывающем меню. Появится диалоговое окно **Stop Conditions**. В нашем примере это окно снимка будет выглядеть так, как показано на рис. 2.3.



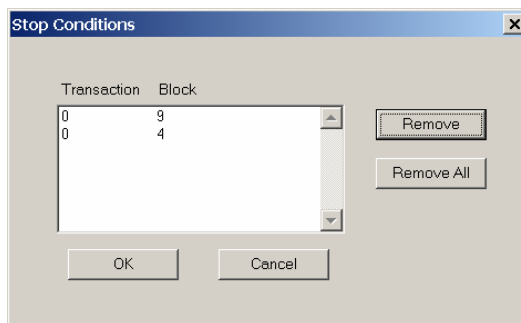


Рис. 2.3. Окно снимка **Stop Conditions**

Окно снимка **Stop Conditions** дает снимок набора всех активных условий остановки требования. Условие остановки определено номерами требования и блочного элемента. 0 означает любое требование. Остановки добавляются к списку с помощью команды **Place** на инструментальной панели отладки. Можно удалить выбранную остановку или все, используя соответственно кнопки **Remove** или **Remove All** (Удалить все) в окне снимка **Stop Conditions**. Или можно использовать кнопку **Remove** на инструментальной панели отладки.

### Инициализация элементов

Команда **INITIAL** (Инициализировать) предназначена для инициализации элементов матрицы **MX<имя>**, логического переключателя **LS<имя>** и сохраняемой величины **X<имя>**. Команда **INITIAL** записывается в таком виде:

**INITIAL A,B**

Поле операнда **A** содержит инициализируемый объект, а поле операнда **B** – значение, которое будет присвоено указанному объекту. Это значение может быть следующим: пустое, число, строка, имя или **UNSPECIFIED** (Неопределенное).

Если операнд **B** не используется, то присваивается значение 1. Если операнд **B** имеет ключевое слово **UNSPECIFIED**, тогда сохраняемая величина (**Savevalue**), матрица (**Matrix**) или матричный элемент помещаются в состояние неопределенности, чтобы указать отсутствие данных в матрице результатов.

Если операнд **A** определяет логический переключатель (**Logicswitch**), то могут быть присвоены только два значения: 0 или 1.

Если операнд **B** явно определен как 0, присваивается значение 0, в противном случае – 1. Опция **UNSPECIFIED** не может использоваться с **LS**-классом **SNA**, так как логический переключатель не имеет неопределенного состояния.

Если операнд **A** определяет имя матрицы, то все элементы в матрице помещаются в состояние, обозначенное операндом **B**. Ниже даны примеры использования команды **INITIAL**.

**INITIAL X\$How\_you,"How are you."**

В этом примере команда **INITIAL** присваивает сохраняемой величине под именем **How\_you** строковую константу "How are you. ".

**INITIAL MX\$Zapas (Month\_6, Day\_21), 56**

В этом примере команда **INITIAL** присваивает значение 56 элементу матрицы под именем **Zapas** с номером строки **Month\_6** и номером столбца **Day\_21**. Именам **Month\_6** и **Day\_21** должны быть предварительно присвоены соответствующие целые числа с помощью команды **EQU**.

**INITIAL Matrix\_1,UNSPECIFIED**

Эта команда готовит предварительно определенный матричный объект по имени **Matrix\_1** к использованию в эксперименте, в котором могут отсутствовать данные.

### Определение матрицы

Команда **MATRIX** определяет матрицу. Она записывается в таком виде:

**<имя> MATRIX A,B,C,D,E,F,G**

В поле метки указывается имя матрицы, и далее:

- в поле операнда **A** - неиспользованное поле (для совместимости с ранними версиями GPSS);
- в поле операнда **B** - максимальный индекс элементов в первой размерности;
- в поле операнда **C** - максимальный индекс элементов во второй размерности;
- в поле операнда **D** (необязательно) - максимальный индекс элементов в третьей размерности и т.д.

Например:

**Matr1 MATRIX ,10,5**

В этом примере мы определяем матрицу по имени **Matr1**. Поле операнда **A** не используется. В операнде **B** указано число строк, а в операнде **C** - число столбцов в матрице. Матрица в системе GPSSW может быть шестиразмерной. Однако только к первым двум размерностям можно обращаться в блоке

**MSAVEVALUE.** С помощью процедур языка программирования PLUS можно обращаться ко всем элементам любой матрицы.

Матрица никогда не удаляется из моделирования, однако она может быть переопределена другой командой **MATRIX.** С начала создания матрицы или при использовании команды **CLEAR ON** всем элементам матрицы присваивается 0. Однако можно использовать команду **INITIAL,** чтобы присвоить элементам состояние **UNSPECIFIED.**

Для обращения к элементу матрицы используется следующий стандартный числовой атрибут:

**MX<имя> (m, n)**

где m - номер строки; n - номер столбца матрицы.

Матрицу можно просматривать в интерактивном окне **Matrix Window.** Это окно показывает двумерный раздел любой матрицы.

### ***Моделирование в интерактивном режиме***

Рассмотрим теперь одну из наиболее интересных диалоговых особенностей системы GPSSW - возможность включения в модель любого оператора в интерактивном режиме в процессе моделирования, кроме оператора **GENERATE,** который является единственным исключением.

Для моделирования в интерактивном режиме, прежде всего, мы должны иметь активное требование, которое можно получить несколькими способами:

- использовать команду **STOP** для прерывания процесса моделирования;
- использовать функциональную клавишу, обеспечивающую вызов команды **STOP;**
- подождать до тех пор, пока процесс моделирования не прекратится.

Воспользуемся командой **STOP.** Эта команда регистрирует состояние моделируемой системы, когда любое требование пытается войти в любой блок.

Рассмотрим использование интерактивного режима моделирования на конкретном примере.

#### **Постановка задачи**

Допустим, что нам надо исследовать работу некоей мастерской. В мастерскую поступают для ремонта те или иные изделия с интервалом  $29 \pm 3$  единицы времени с равномерным законом распределения, то есть в интервале [26-32] единицы времени. Известно время ремонта поступающих в систему изделий. Оно колеблется в пределах  $27 \pm 6$  единиц времени с равномерным законом распределения, то есть в интервале [21-33] единицы времени. Требуется определить параметры функционирования системы.

#### **Создание имитационной модели**

Допустим, что имитационная модель выглядит так, как показано на рис. 2.4.

Первые четыре строки модели представляют собой комментарии к нашей задаче. Вид этой части модели зависит от вкуса разработчика. Однако желательно представить здесь информацию о том, с помощью какой системы проводится моделирование, в каком файле будет храниться модель и что она выполняет.

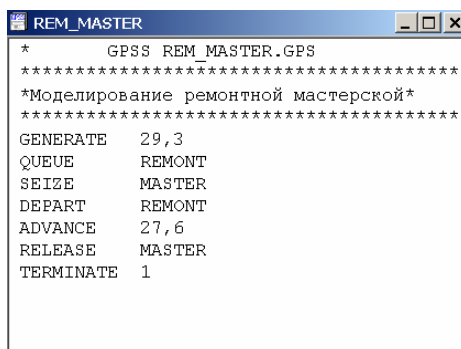


Рис. 2.4. Имитационная модель ремонтной мастерской REM\_MASTER

#### **Транслирование модели**

Для транслирования модели выполните следующие действия:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Create Simulation** (Создать выполняемую модель) выпадающего меню.

Появится окно **JOURNAL** с сообщениями о результатах трансляции. Сообщения будут выглядеть, например, так, как показано на рис. 2.5.

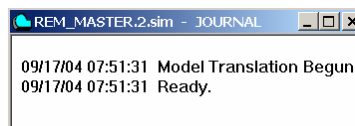


Рис. 2.5. Окно JOURNAL для имитационной модели REM MASTER

Поскольку на данный момент активным становится окно **JOURNAL**, то оно перекрывает окно модели.

### Открытие диалогового окна BLOCK ENTITIES

Для открытия диалогового окна **BLOCK ENTITIES** выполните следующие действия:

- щелкните по пункту **Window** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Simulation Window** (Окно моделирования) выпадающего меню. Появится всплывающее меню;
- щелкните по пункту **Blocks Window** (Окно блоков) всплывающего меню. Появится диалоговое окно **BLOCK ENTITIES** (Блочные элементы), показанное на рис. 2,6;

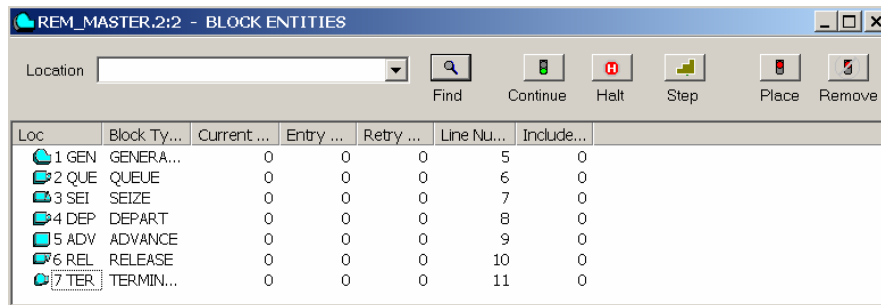


Рис. 2.6. Диалоговое окно BLOCK ENTITIES

- щелкните дважды по первому блоку – **GENERATE**;
- щелкните по кнопке **Place** (Разместить) на панели инструментов в верхней части диалогового окна **BLOCK ENTITIES**.

### Моделирование системы

Для моделирования системы выполните следующие действия:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **START**. Появится диалоговое окно **Start Command**, показанное на рис. 2.7;

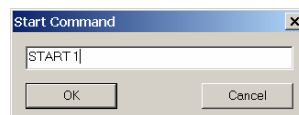


Рис. 2.7. Диалоговое окно Start Command

- вместо 1 введите 1000 - это число изделий, которые предполагается отремонтировать в мастерской;

- щелкните по кнопке **OK**.

### Просмотр сообщений

Чтобы просмотреть сообщения в окне **JOURNAL**, выполните следующие действия:

- щелкните по пункту **Window** главного меню. Появится выпадающее меню.

В нижней части выпадающего меню сообщается, что на данный момент в системе GPSSW открыты три окна:

- **1 REM\_MASTER** - окно модели под именем REM\_MASTER;
- **REM\_MASTER.1.sim - JOURNAL** для моде ли под именем REM\_MASTER. Следует обратить внимание, что сообщения, появляющиеся в окне **JOURNAL**, имеют расширение .sim;
- **REM\_MASTER.1:2 - BLOCK ENTITIES** для модели REM\_MASTER.

Перед названием последнего окна стоит галочка. Значит, в данный момент оно является активным. Щелчком левой кнопки мыши можно активизировать любое открытое окно;

- щелкните по названию второго окна - **REM\_MASTER.1.sim - JOURNAL**. Появится окно с сообщением об останове, показанное на рис. 2.9.

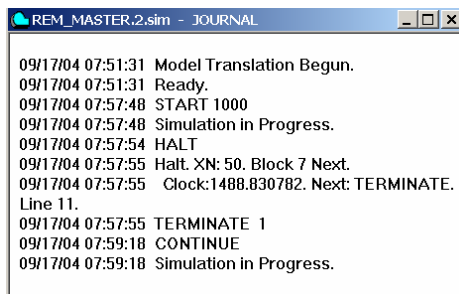


Рис. 2.9. Окно JOURNAL с сообщением об останове в модели REM\_MASTER

Вернемся к диалоговому окну **BLOCK ENTITIES**, щелкнув по нему на видимой его части. Оно выйдет на передний план. Затем для создания активного требования:

- щелкните по первому блоку - **GENERATE** (Генерировать);
- щелкните по кнопке **Remove** (Удалить) на панели инструментов в верхней части диалогового окна.

Таким образом, мы создали активное требование. Теперь можно присвоить ему имя и значение. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Custom** (Заказать) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Simulation Command**,

в котором введите оператор **ASSIGN** (Присвоить), например, в виде, представленном на рис. 2.10;

- щелкните по кнопке **OK**.

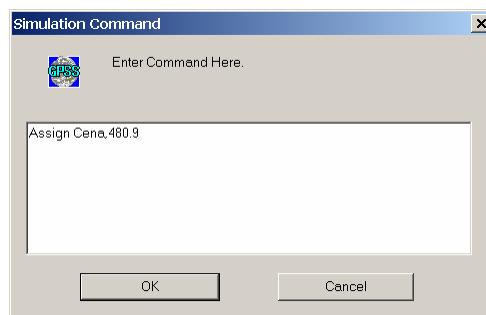


Рис. 2.10. Диалоговое окно Simulation Command

Активное требование теперь имеет параметр требования по имени Cena, содержащий заданное значение.

Для просмотра всех параметров этого требования, в том числе и вновь введенного параметра под именем Cena, выполните следующие действия:

- щелкните по пункту **Window** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Simulation Snapshot** (Снимок моделирования) выпадающего меню. Появится всплывающее меню;

• щелкните по пункту **CEC Snapshot**. Появится окно **CURRENT EVENTS CHAIN SNAPSHOT** (Снимок цепи текущих событий);

• щелкните в нем по пиктограммам, расположенным слева, - по всем пиктограммам со знаком +. Тогда окно может выглядеть так, как показано на рис. 2.11.

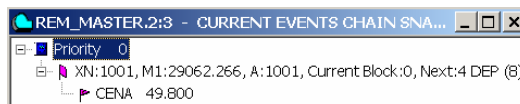


Рис. 2.11. Снимок цепи текущих событий в модели REM\_MASTER

Теперь закройте окно снимка CEC в модели REM\_MASTER, щелкнув мышью по кнопке закрытия (с крестиком), расположенной в верхнем правом углу окна.

Можно также просмотреть значение параметра активного требования с помощью команды **SHOW** (Показать). Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **SHOW**. Появится диалоговое окно **Show Command** (Показать команду), в

котором введите имя активного требования - P\$Cena. Это будет выглядеть так, как изображено на рис. 2.12;

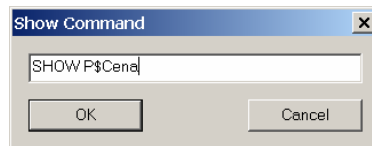


Рис. 2.12. Диалоговое окно *Show Command*

- щелкните по кнопке **OK**. Значение параметра P\$Cena появится в окне **JOURNAL** и в строке состояния в нижней части главного окна системы GPSSW;
- активизируйте окно **JOURNAL** с помощью выпадающего меню пункта **Window** главного меню - об этом говорилось выше. Появится окно с фиксацией введенного значения нового параметра требования, показанное на рис. 2.13.

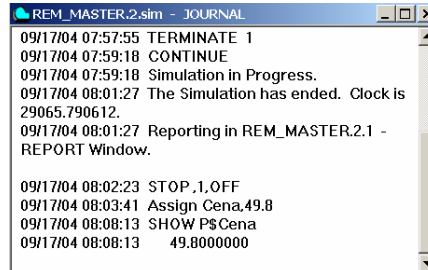


Рис. 2.13. Окно *JOURNAL* для модели *REM\_MASTER*

Теперь попробуем использовать оператор **TRACE** (Трассировать). Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Custom** выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Simulation Command**, в котором введите оператор **TRACE**;
- щелкните по кнопке **OK**. Появится дополнительное сообщение в окне **JOURNAL** (Журнал) с фиксацией времени и номера требования.

Это действие имеет тот же самый эффект, как если бы активное требование пропустили через блок **TRACE**. Индикатор следа для активного требования теперь включен. Чтобы продолжить моделирование:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Continue** (Продолжить) выпадающего меню. Процесс моделирования продолжится. Появится измененное окно **JOURNAL**, показанное на рис. 2.14.

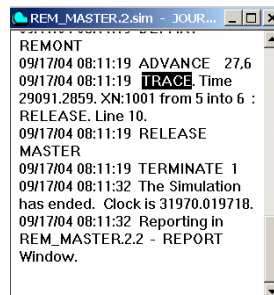


Рис. 2.14. Измененное окно *JOURNAL* для модели *REM\_MASTER*

Заметьте, что в окне **JOURNAL** каждый вход в блок **TRACE** кончается следом, потому что индикатор следа требования включен.

Система GPSSW может также вызывать командные файлы, состоящие из инструкций **INITIAL** (Инициализировать) или других команд. Это можно делать или в интерактивном режиме, вводя команду **INCLUDE** (Включить) в диалоговом окне **Custom Command** (Заказные команды), или помещая инструкции в модель.

Допустим, наша программа под названием REM\_TEL2.GPS будет выглядеть так, как изображено на рис. 2.15.

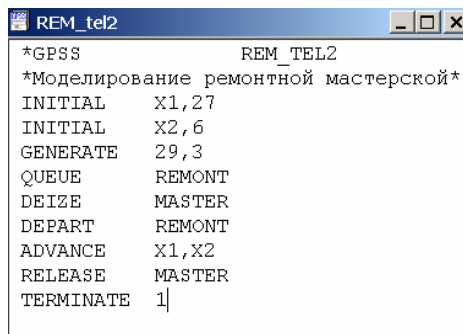


Рис. 2.15. Программа моделирования *Rem\_tel2*

Но мы хотим изменить значения двух сохраняемых величин: X1 и X2. Для этого мы должны создать текстовый файл, в котором будут находиться их новые значения:

- щелкните по кнопке **New** (Создать) - первой кнопке на стандартной панели инструментов с изображением чистого листа. Появится диалоговое окно **Новый документ**, показанное на рис. 2.16;
- щелкните по опции **Text File** (Текстовый файл), а затем - по кнопке **ОК**. Появится текстовое окно под названием **Untitled Text File 1** (Неименованный текстовый файл 1);
- введите в текстовом окне необходимые начальные значения так, как показано на рис. 2.17;

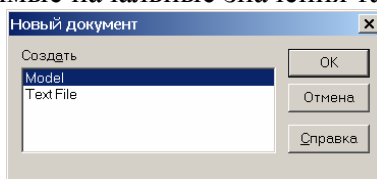


Рис. 2.16. Диалоговое окно **Новый документ**

- щелкните по кнопке **Save** (Сохранить) - третьей кнопке с изображением дискеты на стандартной панели инструментов. Появится диалоговое окно **Сохранить как**;
- введите в текстовом поле **Имя файла:** имя файла, например *Rem\_tel2*; выберите в раскрывающемся списке **Тип файла:** - **Text File (\*.txt)**; щелкните по кнопке **Сохранить**.

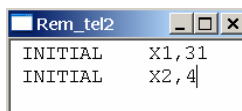


Рис. 2.17 Текстовое окно **Unfitted Text File 1**

Теперь можно переходить к использованию текстового файла. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Create Simulation** (Создать выполняемую модель) выпадающего меню. Появится окно **JOURNAL** с сообщениями о результатах трансляции;
- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Custom** выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Simulation Command**, показанное на рис. 2.19;
- щелкните по кнопке **ОК**. Появится окно **JOURNAL** с сообщением о результатах включения текстового файла. Сообщение будет выглядеть так;

INCLUDE "Rem\_tel2.txt"

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Retranslate** (Перетранслировать).

После этого можно переходить к моделированию процесса с уже новыми начальными значениями исходных величин. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **START** выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Start Command**;



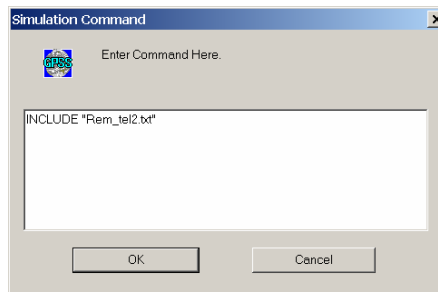


Рис. 2.19. Диалоговое окно *Simulation Command*

• введите нужное число заказчиков - пользователей мастерской, - например 100, и щелкните по кнопке **ОК**. Появятся результаты моделирования с новыми начальными данными.

Можно текстовый файл ввести непосредственно в исходную модель. Это будет выглядеть так, как показано на рис. 2.20.

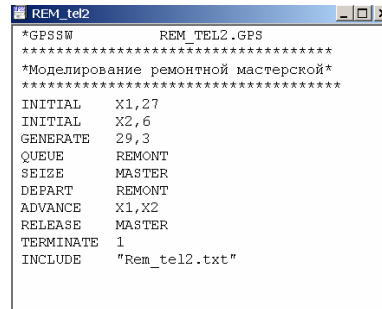


Рис. 2.20. Имитационная модель *Rem\_tel2* с новыми начальными значениями

### Отладка модели

Рассмотрим на конкретном примере отладку модели под названием REMTEL1.GPS. Для этого:

- щелкните по пункту **File** главного меню системы. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **New** выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Новый документ**;
- выделите пункт **Model** и щелкните по кнопке **ОК**. Появится окно модели, в котором введите программу, показанную на рис. 2.21.

Во введенной программе в самом начале добавлен оператор **QTABLE**, например, с меткой Time\_ojid (Время ожидания) для сбора информации и построения соответствующей гистограммы функционирования очереди под именем, скажем, Remont.

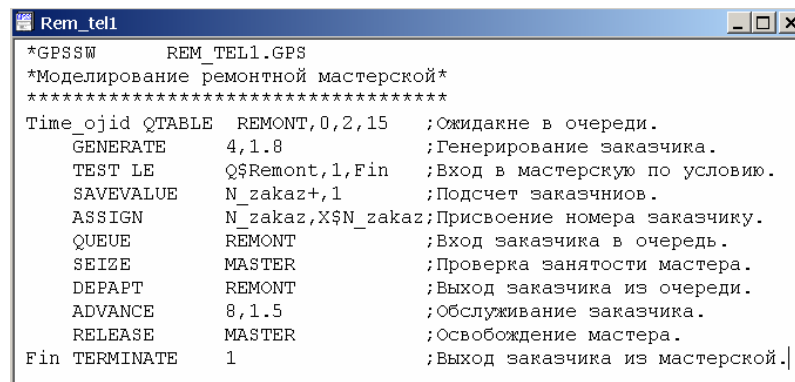


Рис. 2.21. Окно имитационной модели ремонтной мастерской *Rem\_tel1*

Чтобы вызвать окно для представления имитационной модели в системе GPSSW, можно также нажать комбинацию клавиш **Ctrl+Alt+S**.

Предварительно назначим чаще всего используемым командам соответствующие функциональные клавиши для данной модели. Для этого:

- щелкните по пункту **Edit** (Правка) главного меню системы. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Settings** (Установки) выпадающего меню. Появится соответствующее диалоговое окно для данной программы;
- щелкните по вкладке **Function Keys** (Функциональные клавиши), а затем – по кнопке **ОК**. Появится соответствующая вкладка;
- введите в текстовые поля **F8** и **F9** соответственно команды **SHOW P\$N\_zakaz** и **SHOW X\$N\_zakaz**. Это будет выглядеть так, как показано на рис. 2.22;
- щелкните по кнопке **ОК**.



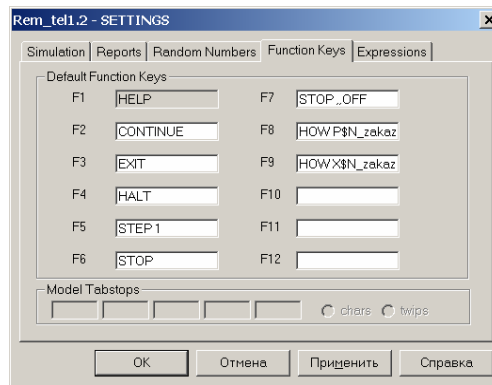


Рис. 2.22. Окно **SETTINGS** для модели ремонтной мастерской *Rem\_tel1*

Эти действия обеспечили возможность вызова двух команд - **SHOW P\$N\_zakaz** и **SHOW X\$N\_zakaz** - с помощью соответственно клавиш **F8** и **F9**. Это поможет сэкономить много времени при моделировании и использовании различных исходных данных.

Теперь перейдем к этапу трансляции модели. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню системы или нажмите комбинацию клавиш **Alt+C**. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Create Simulation** (Создать выполняемую модель) выпадающего меню. Затем откроем окно **BLOCK ENTITIES** (Блочные элементы). Для этого:
- щелкните по пункту **Window** главного меню системы. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Simulation Window** выпадающего меню. Появится всплывающее меню;
- щелкните по пункту **Blocks Window** во всплывающем меню. Появится диалоговое окно **BLOCK ENTITIES**. В нашей задаче оно выглядит так, как показано на рис. 2.23.

| Loc   | Block Type | Curr... | Entry ... | Retry ... | Line Nu... | Include... |
|-------|------------|---------|-----------|-----------|------------|------------|
| 1 GEN | GENERATE   | 0       | 0         | 0         | 5          | 0          |
| 2 TES | TEST       | 0       | 0         | 0         | 6          | 0          |
| 3 SAV | SAVEVALUE  | 0       | 0         | 0         | 7          | 0          |
| 4 ASN | ASSIGN     | 0       | 0         | 0         | 8          | 0          |
| 5 QUE | QUEUE      | 0       | 0         | 0         | 9          | 0          |
| 6 SEI | SEIZE      | 0       | 0         | 0         | 10         | 0          |
| 7 DEP | DEPART     | 0       | 0         | 0         | 11         | 0          |
| 8 ADV | ADVANCE    | 0       | 0         | 0         | 12         | 0          |
| 9 REL | RELEASE    | 0       | 0         | 0         | 13         | 0          |
| FIN   | TERMINATE  | 0       | 0         | 0         | 14         | 0          |

Рис. 2.23. Диалоговое окно **BLOCK ENTITIES** для модели *Rem\_tel1*

Теперь давайте поместим условие остановки требования (заказчика) на блоке 5. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню системы. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Custom** (Заказать) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Simulation Command**;
- введите в текстовом поле **STOP 5** (Остановить на блоке 5). Это будет выглядеть так, как изображено на рис. 2.24;
- щелкните по кнопке **OK**. Появится окно **JOURNAL**.

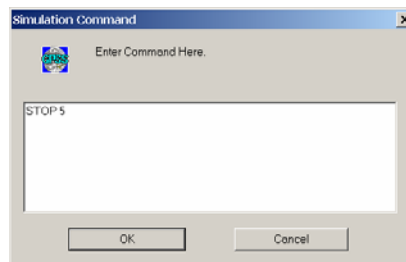


Рис. 2.24. Диалоговое окно *Simulation Command*

Расположите окна **JOURNAL** и **BLOCK ENTITIES** так, чтобы можно было видеть каждое из них, а остальные пока скройте, то есть щелкните по кнопке со знаком подчеркивания (Свернуть) - первой в верхнем правом углу окна.

Для перемещения окна наведите курсор мыши на заголовок окна - верхнее синее поле, - нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее нажатой, переместите окно в нужное место, затем отпустите кнопку. Для уменьшения или увеличения размеров окна подведите курсор к любой его границе.

Указатель мыши преобразуется в двустороннюю стрелку; нажав левую кнопку, перемещайте курсор, а вместе с ним и границу в нужном направлении.

Для показа окон:

- щелкните по пункту **Window** главного меню системы. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Tile** (Мозаика) выпадающего меню. Окона разместятся друг под другом так, как показано на рис. 2.25.

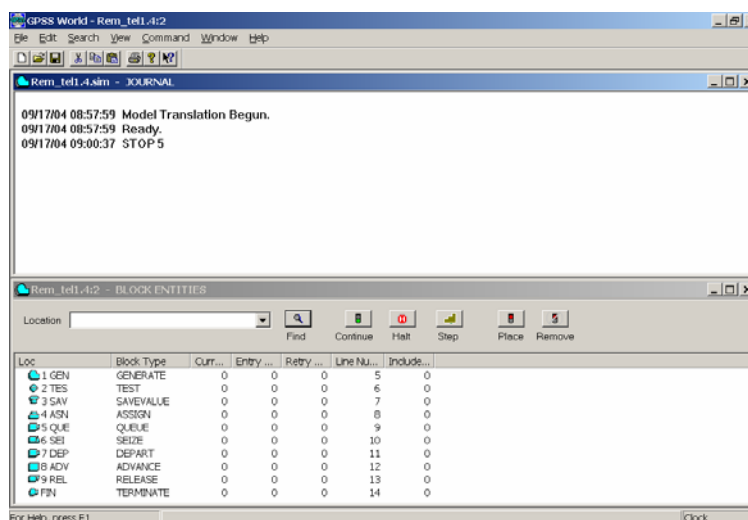


Рис. 2.25. Главное окно системы с двумя окнами - **JOURNAL** и **BLOCK ENTITIES** до начала моделирования для модели *Rem\_tel1*

Теперь перейдем к моделированию системы:

- щелкните по пункту **Command** главного меню системы или нажмите комбинацию клавиш **Alt+C**. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **START** выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Start Command**, в котором укажите число прогонов модели, например 100, и щелкните по кнопке **OK**. В ранее открытые окна добавится информация, и эти окна будут выглядеть так, как изображено на рис. 2.26.

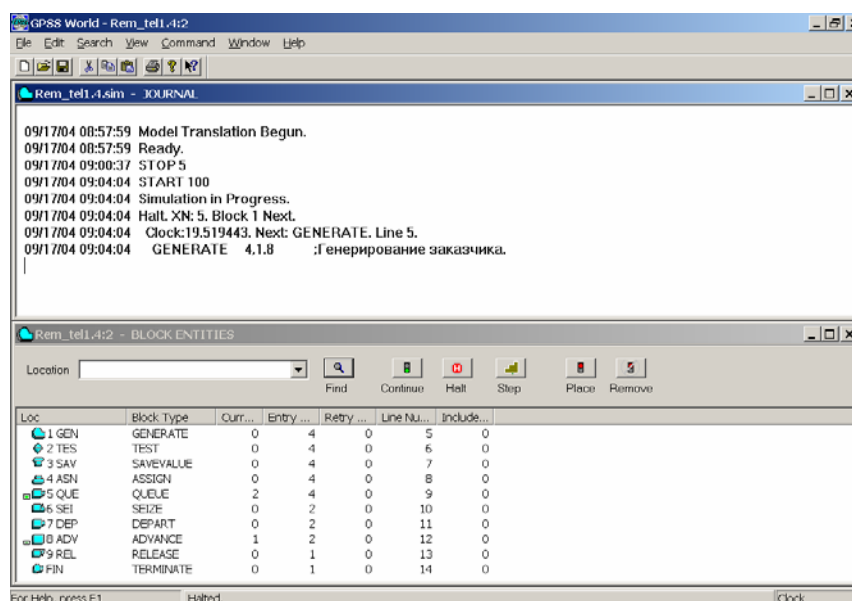


Рис. 2.26. Главное окно системы с двумя окнами - **JOURNAL** и **BLOCK ENTITIES** -после начала моделирования для модели *Rem\_tel1*

В окне **JOURNAL** вы видите сообщение о том, что требование остановилось на блоке 5. В окне **BLOCK ENTITIES** перед блоком 5 (5 QUE QUEUE ...) остановилось требование (транзакт) в виде маленького прямоугольника.

Теперь мы сделаем один шаг в моделировании с использованием функциональной клавиши F5, которая по умолчанию соответствует команде **STEP 1** (см. рис. 2.22). В окна **JOURNAL** и **BLOCK ENTITIES** снова добавится информация.

Поскольку мы назначили функциональные клавиши F8 и F9 соответственно командам **SHOW P\$N\_zakaz** и **SHOW X\$N\_zakaz**, то в любой момент, нажав на эти клавиши, можем в окне **JOURNAL** получить численные значения стандартных числовых атрибутов **P\$N\_zakaz** и **X\$N\_zakaz**.

Теперь, когда мы умеем управлять активным требованием (заказчиком), давайте снимем условие остановки. Для этого:

- щелкните по пункту **Window** главного меню системы. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Simulation Snapshot** (Снимок моделирования) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Stop Conditions** (Условия остановки). Оно будет выглядеть так, как показано на рис. 2.27;

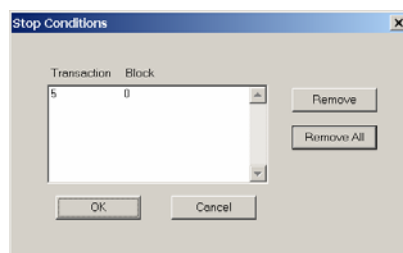


Рис. 2.27. Диалоговое окно *Stop Conditions*

- щелкните по числу 5 для выделения строки;
- щелкните по кнопке **Remove** - выделенная строка исчезнет;
- щелкните по кнопке **OK**. Условие остановки в примере будет снято. Об этом появится следующее сообщение в окне **JOURNAL**:

STOP 5,0,OFF

Можно посмотреть некоторые другие показатели работы моделируемой системы, например текущее содержание очереди, которое выводится с помощью соответствующего стандартного числового атрибута Q\$Remont. Для этого:

- щелкните по пункту **Command** главного меню системы или нажмите комбинацию клавиш **Alt+C**. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **SHOW** (Показать) выпадающего меню. Появится диалоговое окно **Show Command**, в котором укажите искомый показатель – Q\$Remont. Это будет выглядеть так, как представлено на рис. 2.28;

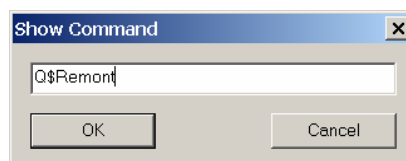


Рис. 2.28. Диалоговое окно *Show Command*

- щелкните по кнопке **OK**. Искомый показатель появится в окне **JOURNAL** и в строке состояния в нижней части главного окна системы GPSSW.

Нажимая на функциональную клавишу **F5**, мы на каждом шаге можем просмотреть, что же происходит во время работы системы.

Можно просмотреть требования и в другом окне - **TABLE WINDOW**. Для этого:

- щелкните по пункту **Window** главного меню системы. Появится выпадающее меню;
- щелкните по пункту **Simulation Window** выпадающего меню. Появится всплывающее меню;
- щелкните по пункту **Table Window** (Окно гистограммы) во всплывающем меню. Появится диалоговое окно **Open Table Window** (Открыть окно гистограммы). Для нашей задачи оно выглядит так, как показано на рис. 2.29;

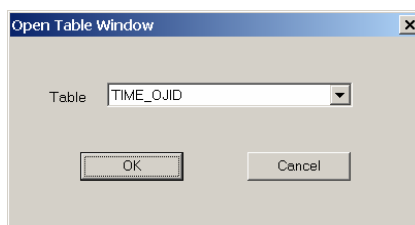


Рис. 2.29. Диалоговое окно *Open Table Window*

- щелкните по кнопке **OK**. Появится окно **TABLE WINDOW** с соответствующей гистограммой - оно показано на рис. 2.30.

На этой гистограмме можно увидеть распределение времени ожидания заказчиков ремонта. Среднее время ожидания составляет 13,070 мин, стандартное отклонение - 2,912 мин.

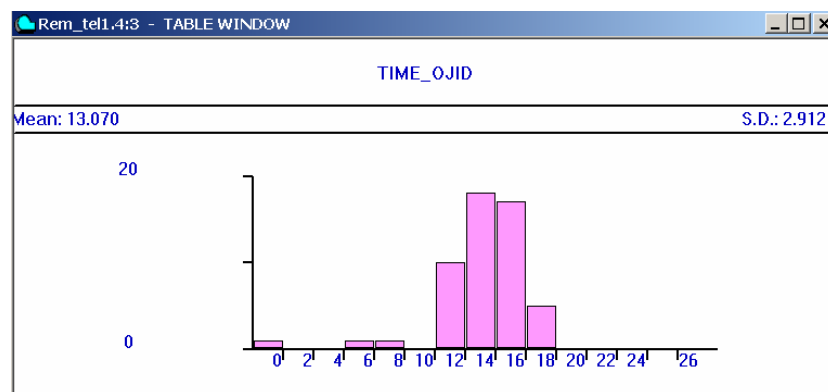


Рис. 2.30. Диалоговое окно **TABLE WINDOW** для модели *Rem\_tel1*