

## Лабораторная работа №4

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Данная работа по курсу “Моделирование информационных систем и процессов” является заключительной и предназначена для практического усвоения основных разделов данной дисциплины на примере разработки и исследования имитационной модели некоторой конкретной технической системы.

## 1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К РАЗРАБОТКЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

### 1.1. Необходимые этапы имитационного моделирования систем

Как уже неоднократно отмечалось в курсе лекций сущность имитационного моделирования некоторой системы **S** состоит в проведении эксперимента с моделью этой системы, реализованной в виде *машинной программы* (или комплекса программ), описывающего поведение элементов системы **S** в процессе ее функционирования во внешней среде **E**.

Таким образом *истинные характеристики* системы **S** определяются на основе работы программы или *машинной модели* **M<sub>м</sub>**, построенной на основе имеющейся исходной (априорной, т.е. “до опытной”) информации об объекте моделирования.

В основу методики машинного моделирования должны быть положены некоторые общие принципы, которые могут быть сформулированы даже в том случае, когда конкретные способы моделирования отличаются друг от друга и имеются различные модификации моделей, например, в области выбора математических схем и языков моделирования. Такую методику представляют в виде совокупности этапов моделирования<sup>1</sup>.

В рамках *данной работы* к основным этапам имитационного моделирования относятся:

1. изучение описания системы в соответствии с полученным заданием и разработка блок-схемы процесса ее функционирования;
2. проведение «ручного» моделирования в объеме порядка 10% от требуемого в задании объема моделирования одного прогона;
3. нахождение аналитических соотношений для оценки требуемых операционных характеристик системы;
4. уточнение задания (совместно с преподавателем) и согласование результатов «ручного» моделирования – циклограммы и предварительных оценок операционных характеристик;

---

<sup>1</sup> Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М., 1985.

5. разработка алгоритма моделирования системы в виде функциональной схемы;
6. разработка подробной блок-схемы программы модели;
7. разработка и отладка программы моделирования;
8. тестирование программы;
9. решение вопросов тактического планирования (начальные условия, оценка требуемой длительности эксперимента);
10. получение и интерпретация результатов моделирования системы;
11. оформление отчета.

## **1.2. Пример моделирования вычислительного центра**

Содержание вышеперечисленных этапов вкратце иллюстрируется следующим примером.

### **Пример.**

*В вычислительный центр (ВЦ) приходят пользователи через интервалы времени  $10 \pm 2$  мин. Если все три имеющиеся перфоратора заняты, пользователю отказывают в обслуживании. Перфораторы имеют разную производительность и могут обеспечить обслуживание программы пользователя за  $20 \pm 5$ ,  $40 \pm 10$  и  $40 \pm 20$  мин. Пользователи стремятся занять свободный перфоратор с максимальной производительностью. Полученные программы сдаются в приемный накопитель, откуда выбираются для обработки на 1-ю ЭВМ – программы с 1-го и 2-го перфораторов, на 2-ю ЭВМ – программы с 3-го перфоратора. Времена обработки программ на 1-й и 2-й ЭВМ равны 15 и 30 мин соответственно.*

*Смоделировать процесс обработки 300 заданий. Определить вероятность отказа в обслуживании пользователей ВЦ.*

На основании задания и последующего изучения концептуальной модели, построим структурную схему (рис. 1) процесса функционирования ВЦ.

Анализ работы ВЦ показывает, что в процессе взаимодействия пользователей с ВЦ возможны следующие ситуации: 1) режим нормального обслуживания, когда пользователь выбирает один из свободных перфораторов, отдавая предпочтение, у которого производительность больше; 2) режим отказа в обслуживании, когда пользователь уходит из ВЦ, т.к. все перфораторы заняты.

Запишем переменные и уравнения имитационной модели в следующем виде:

- эндогенные переменные:

$t_{ni}$  – время обработки задания на  $i$ -м перфораторе,  $i=1,2,3$ ;

$t_{pj}$  – время решения задачи на  $j$ -й ЭВМ,  $j=1,2$ ;

- экзогенные переменные:

$N_0$  – число обслуженных пользователей;

$N_1$  – число пользователей, получивших отказ;

- уравнение модели:

$$P_{\text{отк}} = N_1 / (N_0 + N_1),$$

где  $P_{\text{отк}}$  – вероятность отказа пользователю в обслуживании.

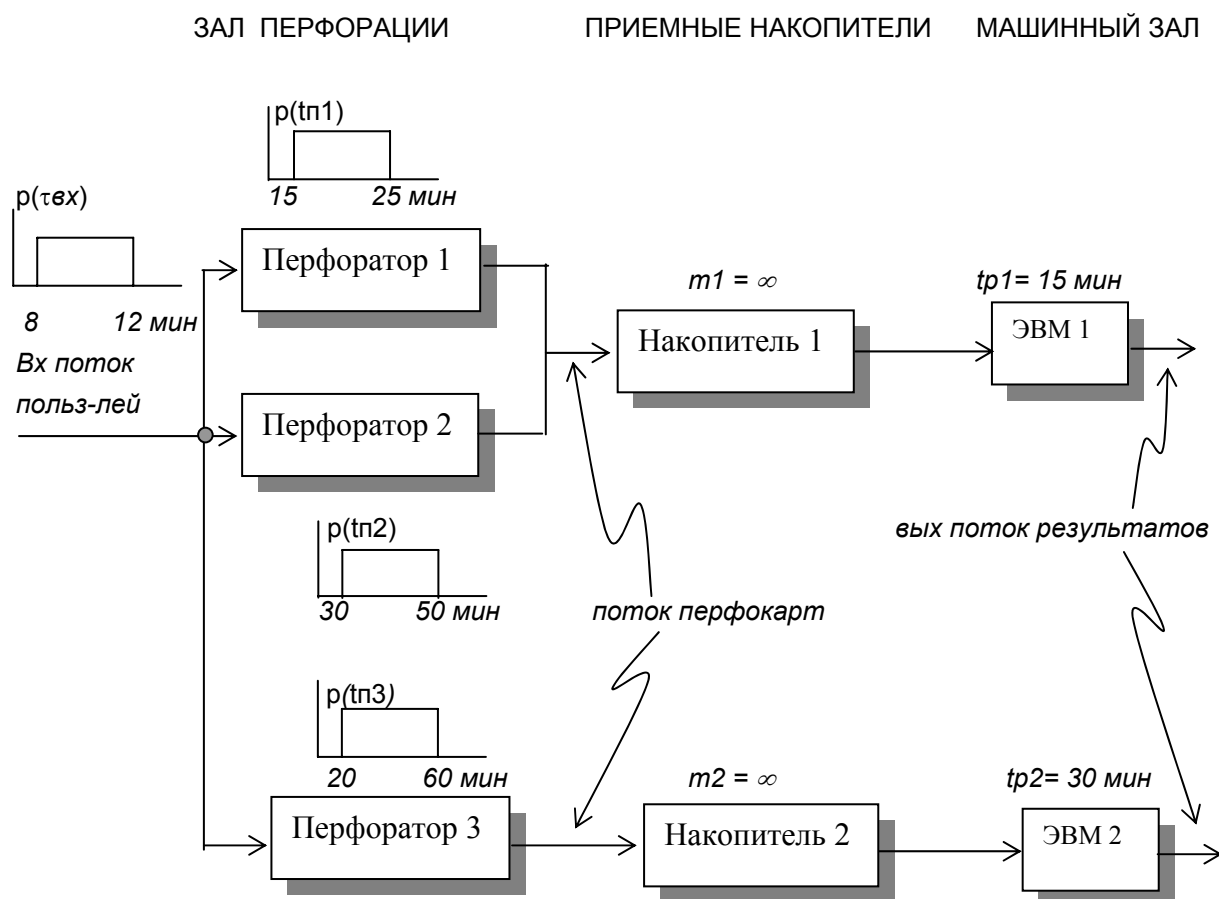


Рис. 1. Структурная схема процесса функционирования ВЦ

**Замечание.** Естественно, что конкретное оформление структурной схемы модели может быть различным, но для любых вариантов оформления нужно строго соблюдать правило: схема должна быть максимально информативна т.е. обозначены все связи, блоки, виды плотностей распределений и т.д. Чтобы проверить степень «информативности» проверьте, например, что все основные параметры текста задания в той или иной форме присутствуют на блок-схеме.

Обобщенная (укрупненная) схема алгоритма задает общий порядок действий без каких-либо уточняющих деталей, а точнее - без формального определения идентификаторов, а значит и без задания математических операций. Обобщенная схема оперирует словесным описанием операций и (или) процедур, например «обращение к генератору базовых случайных чисел».

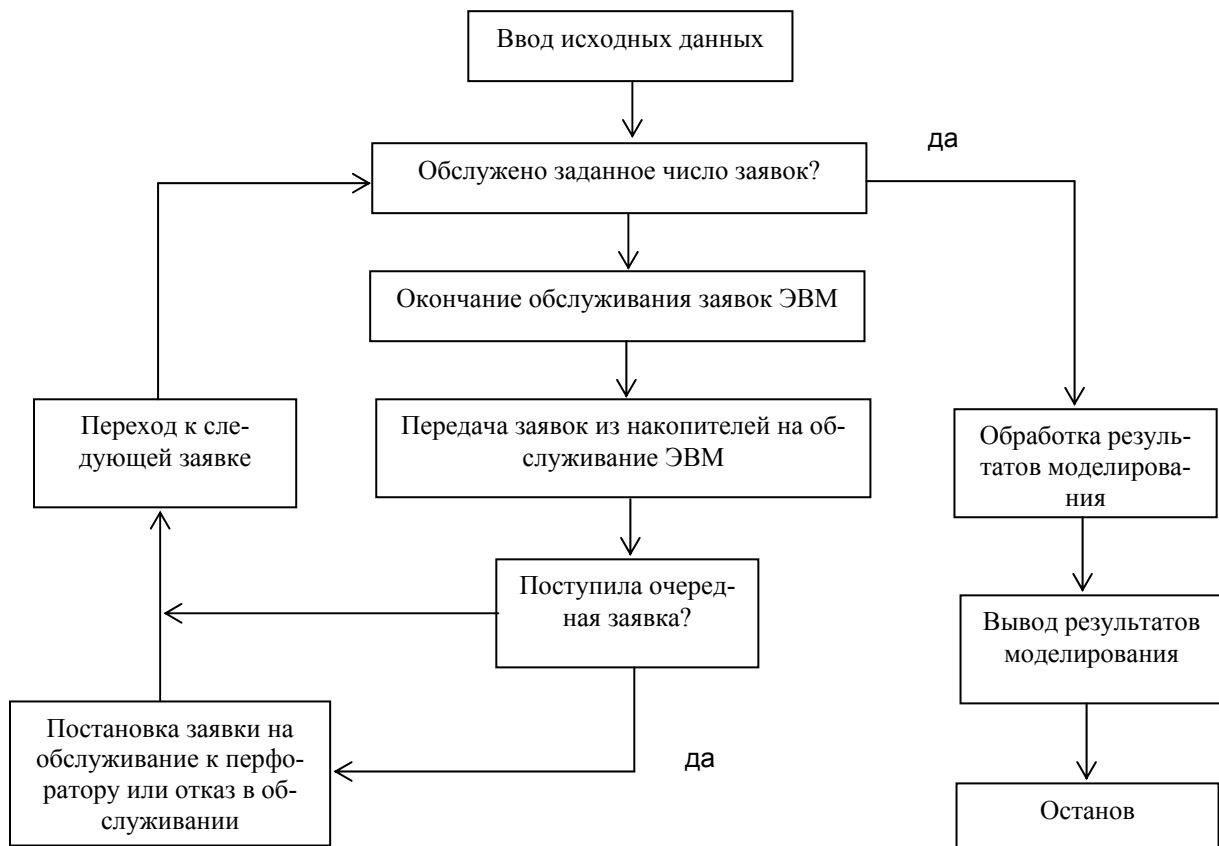


Рис. 2. Обобщенная схема моделирующего алгоритма

Далее мы представим один из возможных вариантов детальной схемы моделирующего алгоритма и листинг программы, написанной на языке программирования высокого уровня ПЛ/1.

Прежде чем приступать к разработке собственной машинной модели по данной работе целесообразно самым подробным образом изучить как обобщенную, так и детальную схемы алгоритмов, которые представлены здесь. Также необходимо проанализировать все операции соответствующей программы.

Детальная схема модели содержит уточнения обобщенного алгоритма формально-го свойства. Эта схема показывает не только, что следует выполнить на очередном шаге, но и как это выполнить. Пример такой схемы показан на рис.3.

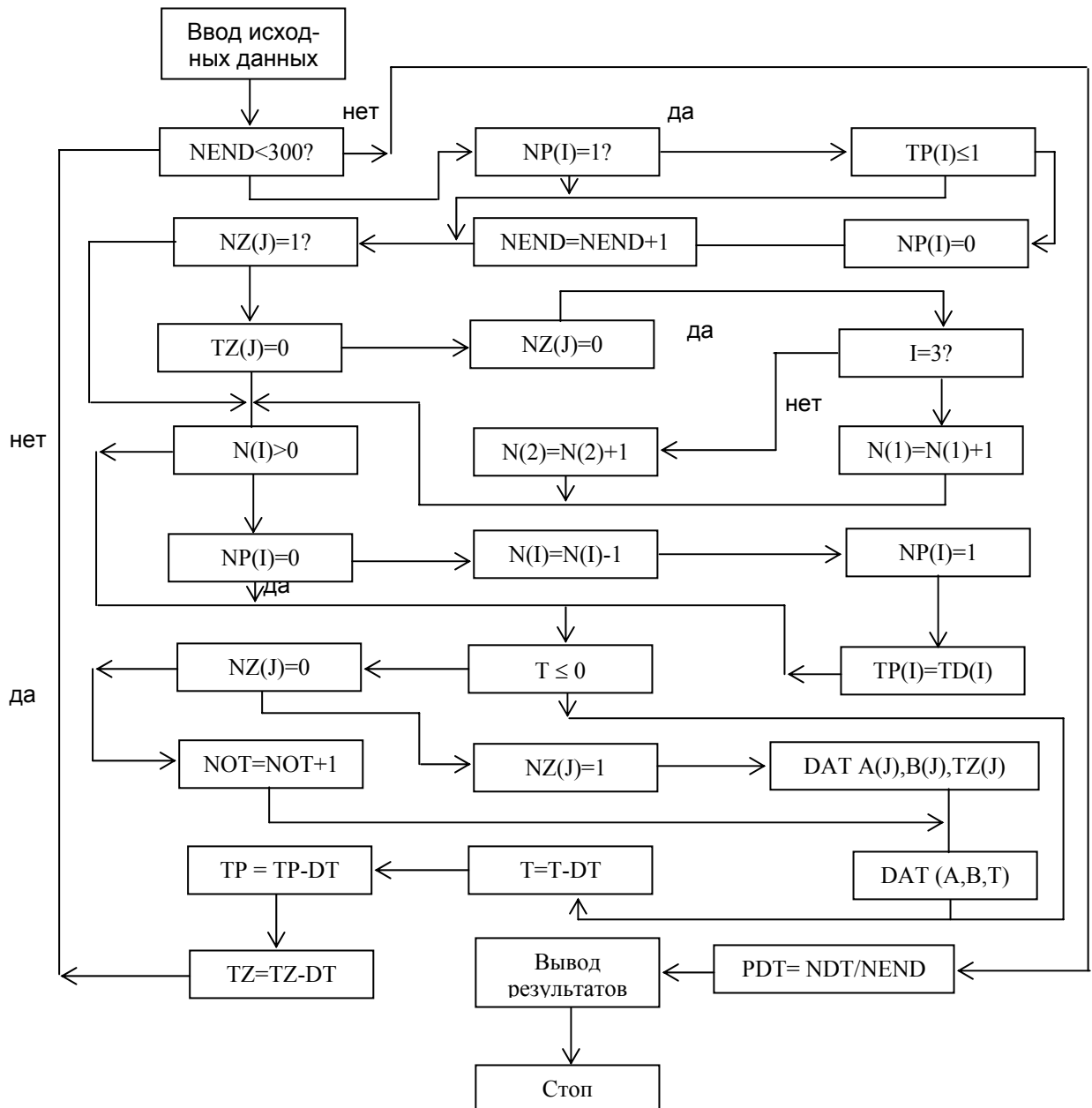


Рис. 3. Детальная схема алгоритма моделирования

На рис.3 использованы следующие обозначения:

- NZ(3) – массив состояния перфораторов;
- TZ(3) – время занятия перфоратора;
- NP(2) – массив состояний ЭВМ;
- TP(2) - время занятия перфоратора;
- N(2) – массив состояния накопителей;
- NOT – число отказов;
- NEND – число обслуженных заявок;
- DT – интервал дискретизации времени моделирования  $\Delta t$ ;
- A(3), B(3) – массивы задания параметров времени обслуживания (на перфораторах);
- TO(2) – массив задания параметров времени обслуживания на ЭВМ;
- POT – вероятность отказа в обслуживании  $P_{отк}$ .

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- 2.1. Изучите задание, разработайте структурную схему процесса функционирования моделируемой системы.

*Для этого нарисуйте все блоки, входящие в систему и связи между ними. Укажите числовые характеристики потоков событий и операций. **Согласуйте результаты этого этапа с преподавателем.***

- 2.2. На основе структурной схемы разработайте обобщенную блок-схему алгоритма имитации.

*При выполнении данного пп. 2.1 в функциональных блоках системы нужно, как отмечалось выше, вписать словами необходимые действия, которые должен выполнить блок. Т.е. содержание блоков рассматривается согласно принципу «что сделать», а не «как сделать».*

- 2.3. Разработайте подробную блок-схему моделирующей программы с комментариями и перечнем всех используемых идентификаторов.

*Это наиболее сложный и ответственный этап работы, который определяет все дальнейшие усилия. Поэтому, может быть, целесообразно вначале выполнить пп. 2.5, чтобы понять все тонкости «поведения» исследуемой системы, а затем переходить к разработке машинной программы. Как правило, разработчик выполняет пп.2.4 и 2.5 параллельно, постепенно уточняя обе схемы.*

- 2.4. На основе блок-схемы программы проведите ручное моделирование функционирования исследуемой системы в объеме равном, как минимум, 10% от требуемого в задании объема моделирования.

***Согласуйте результаты этого этапа с преподавателем.***

- 2.5. Составьте и отладьте *интерактивную* программу имитации системы **на любом удобном для Вас языке программирования (кроме языка пакета Mathcad)**. Представьте в отчете листинг отлаженной программы.

*Листинг программы должен содержать подробные комментарии. Меню программы должно быть ясным и понятным для пользователя без дополнительных инструкций. Основные результаты моделирования должны выводиться на экран.*

- 2.6. Проведите тестирование программы модели и представьте результаты этого тестирования.

*Этот подпункт является одним из определяющих в работе и требует значительных творческих усилий, поскольку не существует отработанной методики проверки случайного поведения систем «на все случаи жизни».*

*Однако в данной работе первым и необходимым этапом тестирования должно быть машинное моделирование системы с теми же данными, при которых было проведено ручное моделирование в пп. 2.5. Совпадение циклограмм и результатов оценок параметров ручного и машинного моделирования будет служить первым достаточно надежным подтверждением правильности работы программы.*

*На втором этапе тестирования можно проимитировать определенные упрощенные режимы работы системы, при которых результат имитации можно вычислить или предсказать до опыта. Сравнение запланированных результатов с результатами машинного моделирования и дает необходимую информацию об адекватности модели.*

- 2.7. Проведите машинный эксперимент и в соответствии с заданием определите необходимые статистические характеристики с доверительной вероятностью равной вначале 0.90, а затем равной 0.95. Величину точности нахождения оценок выберите самостоятельно и также предварительно согласуйте с преподавателем.