

УДК 681.5.01

**Автоматизация процессов управления городским пассажирским
транспортом в современных условиях
(часть 2)**

(Automation of urban passenger transport management processes in modern conditions).

В.А. Кущенко к.т.н., ректор.

(V.A. Kushchenko Ph.D., Rector.)

E-mail: mveo@yandex.ru

Новый международный университет Виртуальных компьютерных систем

(International University of Virtual Computer Systems)

<https://vks-ai.ru/>

Аннотация

Работа представляет собой набор статей, описывающий устройства, алгоритмы и программные комплексы управления городским пассажирским транспортом, транспортными и людскими потоками. Материал излагался в качестве лекций по предмету: управление социальными объектами, в Новом Христианском университете Виртуального Космического Сознания.

Ключевые слова: городская транспортная сеть, пассажирский транспорт, автоматизация управления транспортными потоками.

Annotation

The work is a set of articles describing devices, algorithms and software systems for managing urban passenger transport, transport and human flows. The material was presented as lectures on the subject: management of social objects, at the New Christian University of Virtual Cosmic Consciousness.
Keywords: urban transport network, passenger transport, automation of traffic flow management.

1.6.4 Аппаратные средства в системе моделирования транспортных сетей

При решении задач оперативного управления транспортными сетями, важным является обеспечение процедуры принятия решений в реальном масштабе времени. Применение для этих целей высокопроизводительных ЭВМ (в настоящее время) является нецелесообразным [110, 111]. В этой связи возникает задача разработки специализированных устройств моделирования транспортных сетей и их элементов, необходимых для повышения быстродействия программных средств моделирования.

1.6.4.1 Аппаратная реализация моделей сетевых транспортных объектов

Многие задачи по управлению транспортной сетью можно разделить на локальные и принимать решения относительно изолированных СТО или некоторой их группы. Это,

например, задача определения оптимального числа транспортных объектов в СТО, скорости их движения, величин образующихся очередей подвижных объектов в накопителях[53, 58] и т.д. На рис. 4-7 приведена укрупненная блок-схема алгоритма моделирования изолированного сетевого транспортного объекта, а на рис.8 структурная схема специализированного устройства моделирования, реализующего этот алгоритм. Моделирующий алгоритм имитирует поведение подвижных и транспортных объектов в накопителях СТО. По приходу подвижного объекта в накопитель он становится последним в очередь (если она есть) и ожидает транспортный объект.

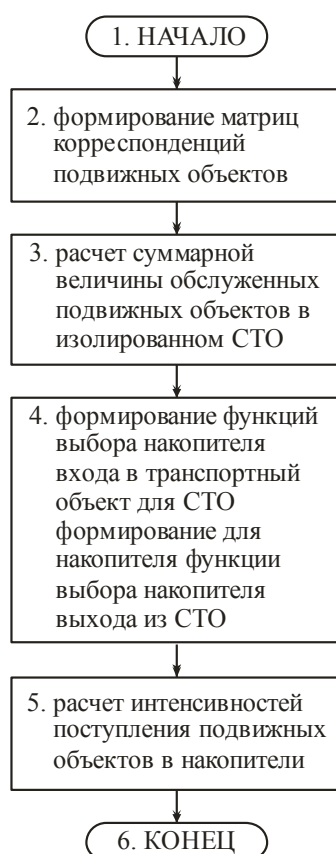


Рис. 4. Блок-схема первого сегмента моделирующего алгоритма изолированного сетевого транспортного объекта

По приходу ТО, подвижные объекты (стоящие в очереди) начинают загружаться в транспортный объект по принципу: первый пришел в накопитель, первый вошел в транспортный объект. При посадке очередного ПО проверяется условие наличия свободных мест в транспортном объекте. Находясь в ТО, подвижный объект перемещается до того накопителя, номер которого ему определен заранее, по прибытию в этот накопитель, подвижный объект покидает СТО. На загрузку и выгрузку ПО в накопителях отведено заданное время.



Рис. 5. Блок-схема второго сегмента

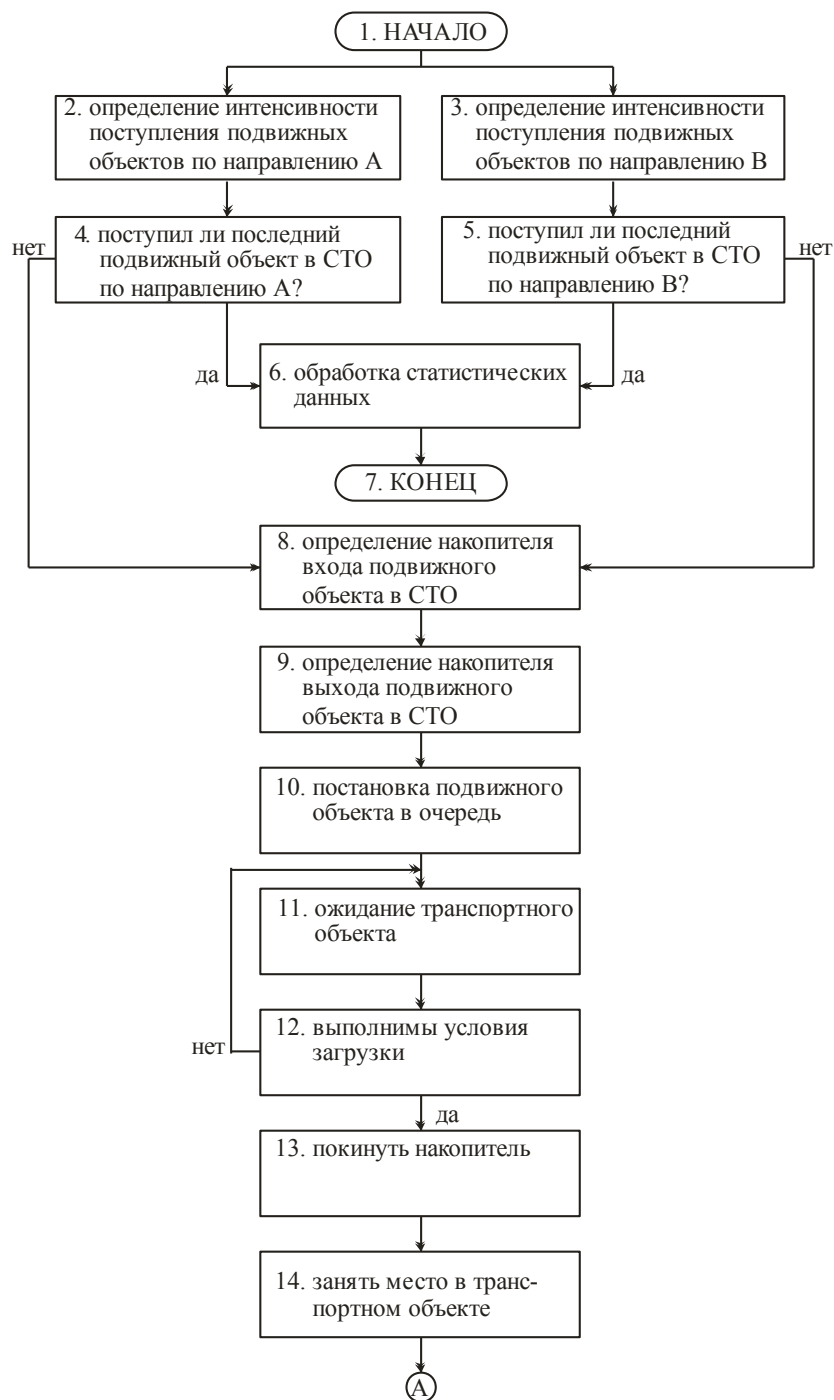


Рис. 6. Блок-схема третьего сегмента

Транспортные объекты к началу моделирования распределены равномерно по всему СТО. Условием отправления ТО из накопителя, является либо полная его загрузка, либо отсутствие подвижных объектов в накопителе. Входные переменные описывающие состояние модели и выходные параметры, получаемые в результате моделирования приведены в приложении 3. В [82] приводится реализация этого же алгоритма в терминах языка моделирования дискретных систем [53, 12]. В аппаратной реализации модель изолированного СТО состоит (рис.8) из блока накопления статистических данных (БС), блока потоков подвижных объектов (БП), блока движения транспортных объектов (БД),

блока наполнения ТО подвижными объектами (БН), блока взаимодействия транспортных с подвижными объектами (БВ). Принципиальные схемы реализации блоков приводятся в [82]. К регистру сопряжения с управляющей вычислительной машиной [113], может быть подключено несколько специализированных устройств моделирования ИСТО.

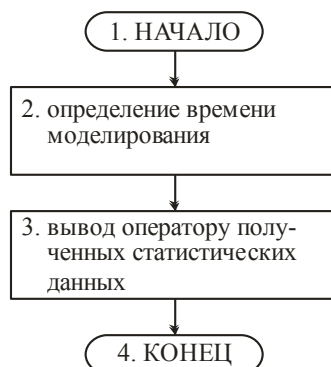


Рис. 7. Блок-схема четвертого сегмента

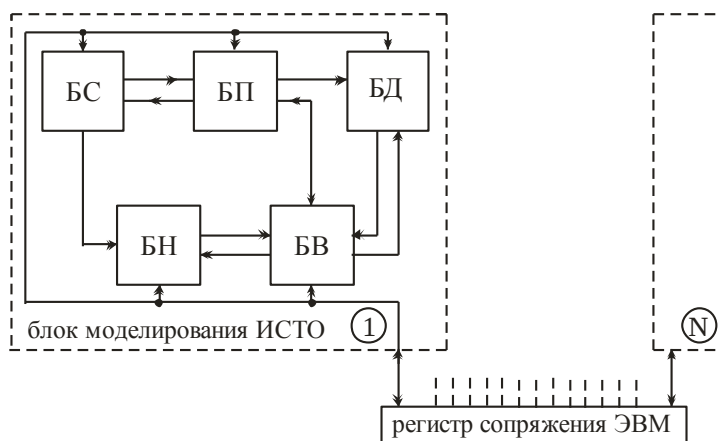
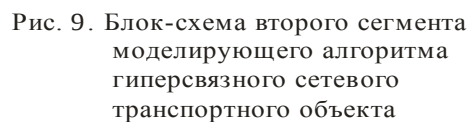


Рис. 8. Структурная схема специализированных аппаратных средств моделирования изолированного сетевого транспортного объекта

Расширением этой модели является модель гиперсвязных сетевых транспортных объектов (ГСТО). Блок схема алгоритма моделирования приведена на рис.9-11 (в терминах языка моделирования дискретных систем [112]). Рассмотрим второй сегмент модели (описание первого сегмента, аналогично первому сегменту модели ИСТО, служащего для подготовки данных моделирования, приведено в [82]). Блоки GEN (здесь и далее названия блоков сокращены [82, 112]) порождают транзакты инициаторы (и-транзакты) для обеих направлений движения транспортных объектов в модели ГСТО. Блоки ASS и ADV (рис.9) параметрам и-транзактов присваивают признак направления и задерживают их на время равное интервалу поступления подвижных объектов в ГСТО. SPL – блоки расщепляют и-транзакты на два. Один транзакт остается и-транзактом, а второй имитирует функционирование подвижного объекта (п-транзакт). И-транзакт попадает в TEST блок, который делает проверку: не последний ли п-транзакт пришел в модель. Если это



Далее с этим и-транзаком повторяется вышеописанная процедура. И-транзаки (из упомянутых SPL – блоков) поступают в блоки ASS и TEST (рис.9), где получают номера накопителей входа в ГСТО и выхода из него. Далее п-транзаки попадают в QUE – блок, формирующий их очереди. Имитацию функционирования накопителей осуществляет UNLINK – блок (рис.9). Второй сегмент моделирующего алгоритма имеет несколько групп блоков GEN, ASS, ADV, TRANS, задающих набор СТО входящих в гиперсвязный сетевой транспортный объект (на рис.10 эти блоки обведены пунктирной линией).

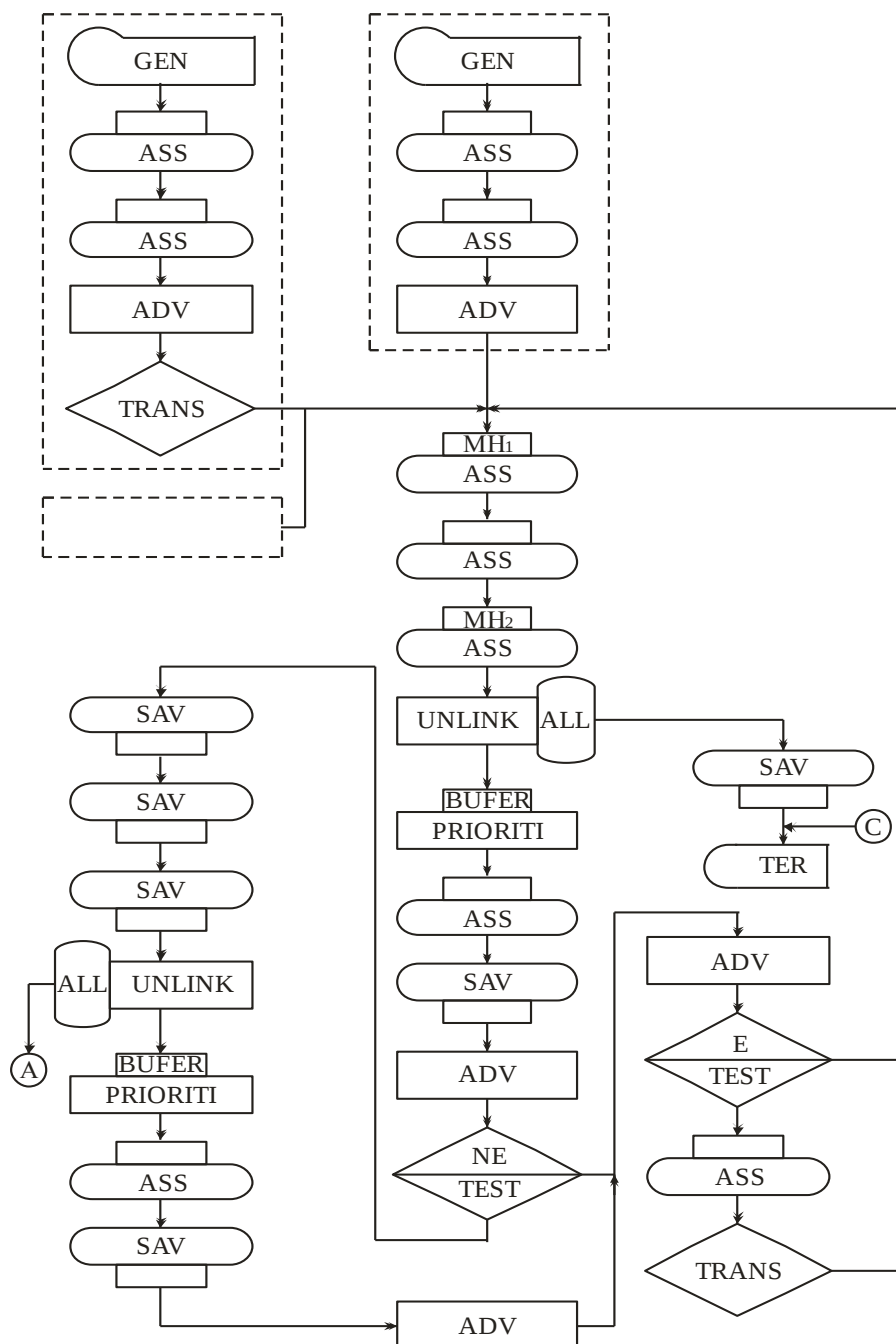


Рис. 10. Блок-схема третьего сегмента

Изменение количества этих групп имитирует ввод и удаление сетевого транспортного объекта. В каждой из таких групп GEN – блок порождает число транзактов (т-транзактов) равное количеству ТО, функционирующих в СТО. Блоки ASS присваивают им идентификаторы соответствующие номеру СТО в ГСТО. Блок TRANS (в соответствующих случаях) посылает т-транзакты в общую последовательность блоков имитирующих движение транспортных объектов. ASS- блок (в этой последовательности) с помощью матрицы MH_1 [82, 112], задает траекторию движения имитируемого ТО.

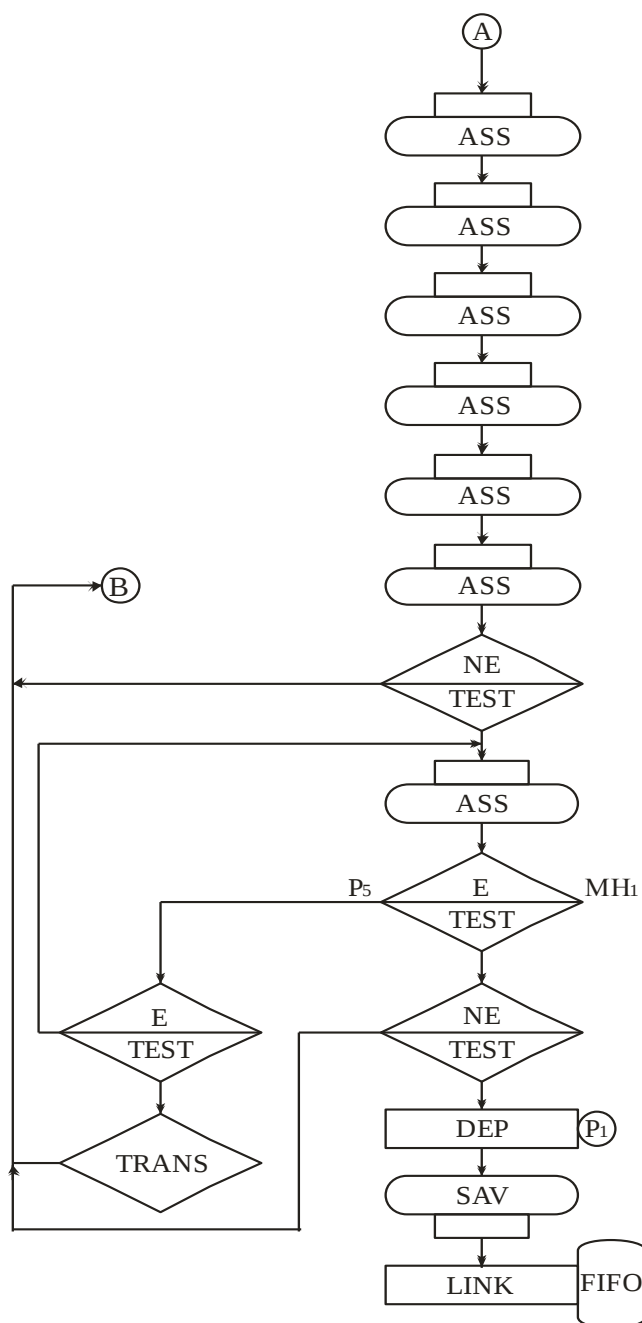


Рис. 11. Блок-схема третьего сегмента (продолжение)

Каждая строка МН1 относится к отдельному СТО. Следующие блоки ASS, посредством матрицы МН2, задают время прибытия ТО в следующий для него накопитель (который имитируется блоком UNLINK). UNLINK – блок удаляет все п-транзакты с номером накопителя, куда прибыл имитируемый ТО. Эта процедура происходит через блок TER. Блоки ASS и SAV здесь производят сбор статистических данных моделирования. Далее блок ADV имитирует задержку ТО в накопителе на время выгрузки подвижных объектов. Если имитируемый ТО полон, то TEST- блок посылает соответствующий т-транзакт в ADV – блок, имитирующий перемещение транспортного объекта до очередного накопителя. Если это конечный накопитель, то следующие блоки TEST и TRANS, назначают начальную последовательность проходимых накопителей. Если это не конечный накопитель, то т-транзакт будет имитировать движение до очередного накопителя (согласно МН1). Если имитируемый ТО незагружен полностью, то SAV – блоки осуществляют расчет статистических характеристик моделирования (приложение 3). Далее UNLINK – блок имитирует процесс выгрузки ПО из накопителей. При этом каждый из п-транзактов находящихся в блоке UNLINK, проходит последовательность блоков проверки (по ссылке А рис.10, 11). При этом ASS – блоки подготавливают проверяемые параметры. Если п-транзакт, находящийся в упомянутом блоке UNLINK относится не к тому накопителю, куда прибыл имитируемый ТО, то TEST – блок отправляет п-транзакт обратно в LINK – блок (рис.9 по ссылке В). В противном случае (для п-транзакта) следующий TEST – блок осуществляет проверку наличия для прибывшего ТО номера накопителя, который является последним накопителем для имитируемого подвижного объекта. Если просмотрены все элементы соответствующей строки МН1, то TEST – блок и блок TRANS пересылают п-транзакты обратно в блок LINK (по ссылке В рис.9). Если же имитируемый ПО может достичь на прибывшем транспортном объекте конечный для него накопитель, то блок DEP организует имитацию уменьшения очереди в накопителе и процесс загрузки ПО в транспортный объект. Стоящий перед DEP – блоком, блок TEST, осуществляет проверку загруженности имитируемого ТО. Если транспортный объект загружен полностью, то п-транзакт (по ссылке В) вновь попадает в блок LINK (рис.9). П-транзакты, которые прошли совокупность проверочных блоков, переходят в блок LINK (рис.11). Этот блок имитирует транспортные объекты с точки зрения их заполнения. После того, как из блока UNLINK (рис.10) пройдут все п-транзакты, т-транзакт проходит последовательность блоков осуществляющих сбор статистических характеристик моделирования и попадает в блок ADV. Этот блок имитирует задержку транспортного объекта в накопителе на время загрузки подвижных объектов. Далее т-транзакт проходит в следующий для него блок ADV, который имитирует перемещение ТО до следующего для него накопителя (эта процедура была описана выше). Время моделирования процесса задается четвертым сегментом моделирующего алгоритма, аналогичного четвертому сегменту модели ИСТО [82]. В специализированное устройство моделирования изолированного сетевого транспортного объекта (рис.8) вносятся изменения [87] согласно приведенному алгоритму. Оценку параметров функционирования специализированных устройств, целесообразно

осуществлять, с помощью модели дискретных электронных компонентов аппаратных средств [114].

3.6.4.2 Аппаратная реализация модели транспортной сети

Последовательный принцип работы современных ЭВМ не позволяет использовать модульный подход к созданию моделей транспортных сетей. Этот подход предполагает расширение модели путем подключения требуемого количества блоков имитирующих элементы транспортной сети. В этом параграфе описывается алгоритм функционирования и структура специализированного устройства, обеспечивающих выполнение условия параллельного моделирования. Рассмотрим подробно моделирующий алгоритм. Интенсивности поступления подвижных объектов из истоков транспортной сети, определены множеством (2.17), которое может представлено одноименной матрицей следующего вида

$$\begin{vmatrix} 0 & \lambda_{12} & \lambda_{13} & \dots & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & 0 & \lambda_{23} & \dots & \dots & \lambda_{2n} \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \lambda_{m3} & \dots & \dots & \lambda_{mn} \end{vmatrix} \quad (2.35)$$

где n , m – количество стоков и истоков в транспортной сети соответственно. Путем преобразования (2.35) получим следующие матрицы:

$$\bar{\lambda}_{(i=1, \dots, m)}^t = [(\gamma \cdot (\sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}) / (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \lambda_{ij})) i] = [\lambda_i^1] \quad (2.36)$$

$$\bar{\lambda}_{(j=1, \dots, n)}^t = [(\gamma \cdot (\sum_{j=1}^j \sum_{i=1}^m \lambda_{ij}) / (\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \lambda_{ij})) j] = [\lambda_j^2] \quad (2.37)$$

Здесь $\gamma = \text{const}$. Тогда алгоритм определения истока и стока для поступившего в систему моделирования p -транзакта выглядит следующим образом.

1⁰. Используя генератор случайных чисел, распределенных по равномерному закону [115] (ГСЧР) от нуля до γ , получаем число X_0 .

2⁰. В матрице (2.36) находим такие элементы, что выполнимо следующее условие

$$\lambda_{i-1}^1 < X_0 \leq \lambda_i^1 \quad (\lambda_0^1 = 0) \quad (2.38)$$

3⁰. Исток с номером i назначается для поступившего p -транзакта.

4⁰. Используя ГСЧР, аналогичным образом получаем число Y_0 .

5⁰. В матрице (2.37) находим такие элементы, что выполнимо следующее условие

$$\lambda_{j-1}^2 < X_0 \leq \lambda_j^2 \quad (\lambda_0^2 = 0) \quad (2.39)$$

6⁰. Сток с номером j назначается для поступившего p -транзакта.

Если дисциплина поступления п-транзактов в модель задана множеством (2.18), то вышеописанный алгоритм назначения истоков и стоков не используется, поскольку они заданы явным образом. На рис. 12 – 15 изображены укрупненные схемы сегментов моделирующего алгоритма транспортной сети. Первый сегмент (рис.12) организует процедуру поступления п-транзактов в модель и перемещение их от истока до накопителя

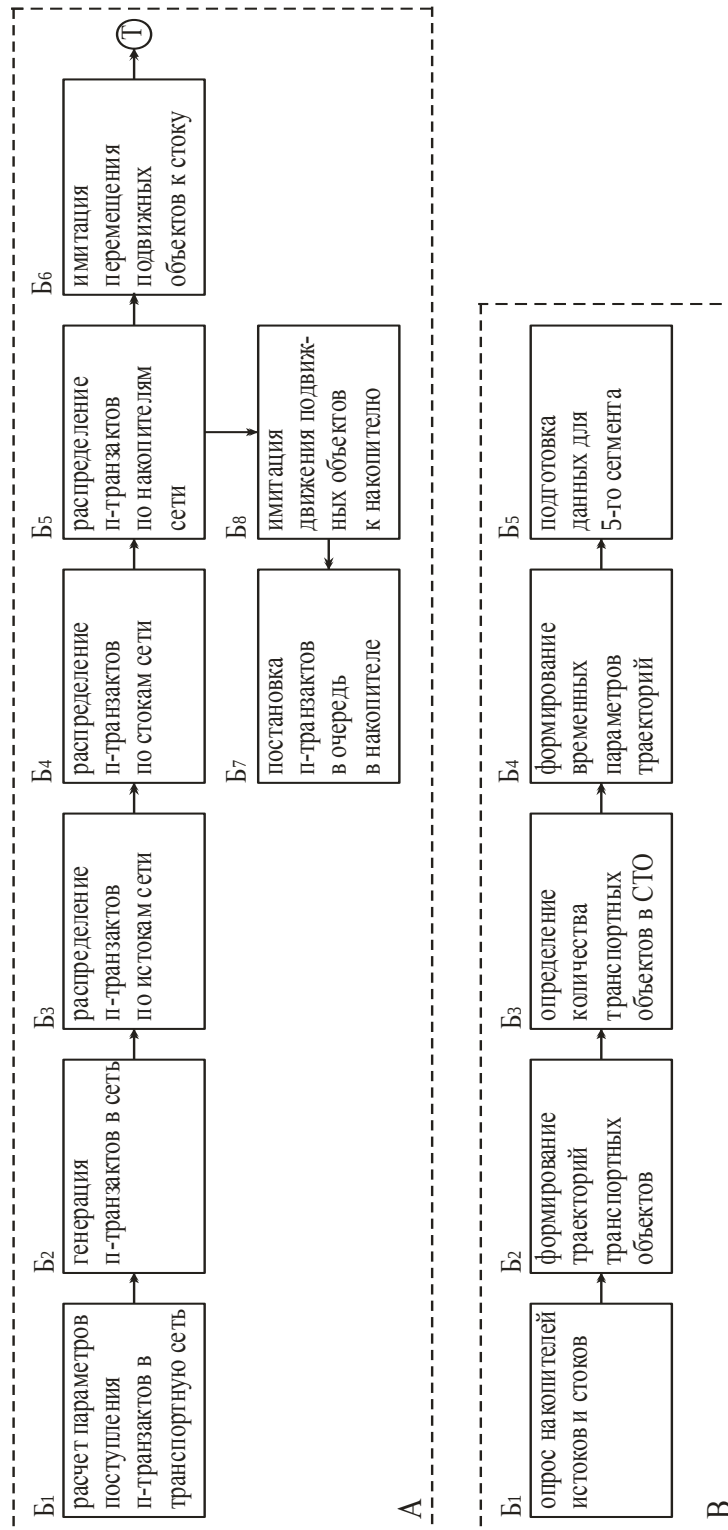


Рис. 12. Блок-схема первого (А) и второго (В) сегментов моделирующего алгоритма транспортной сети

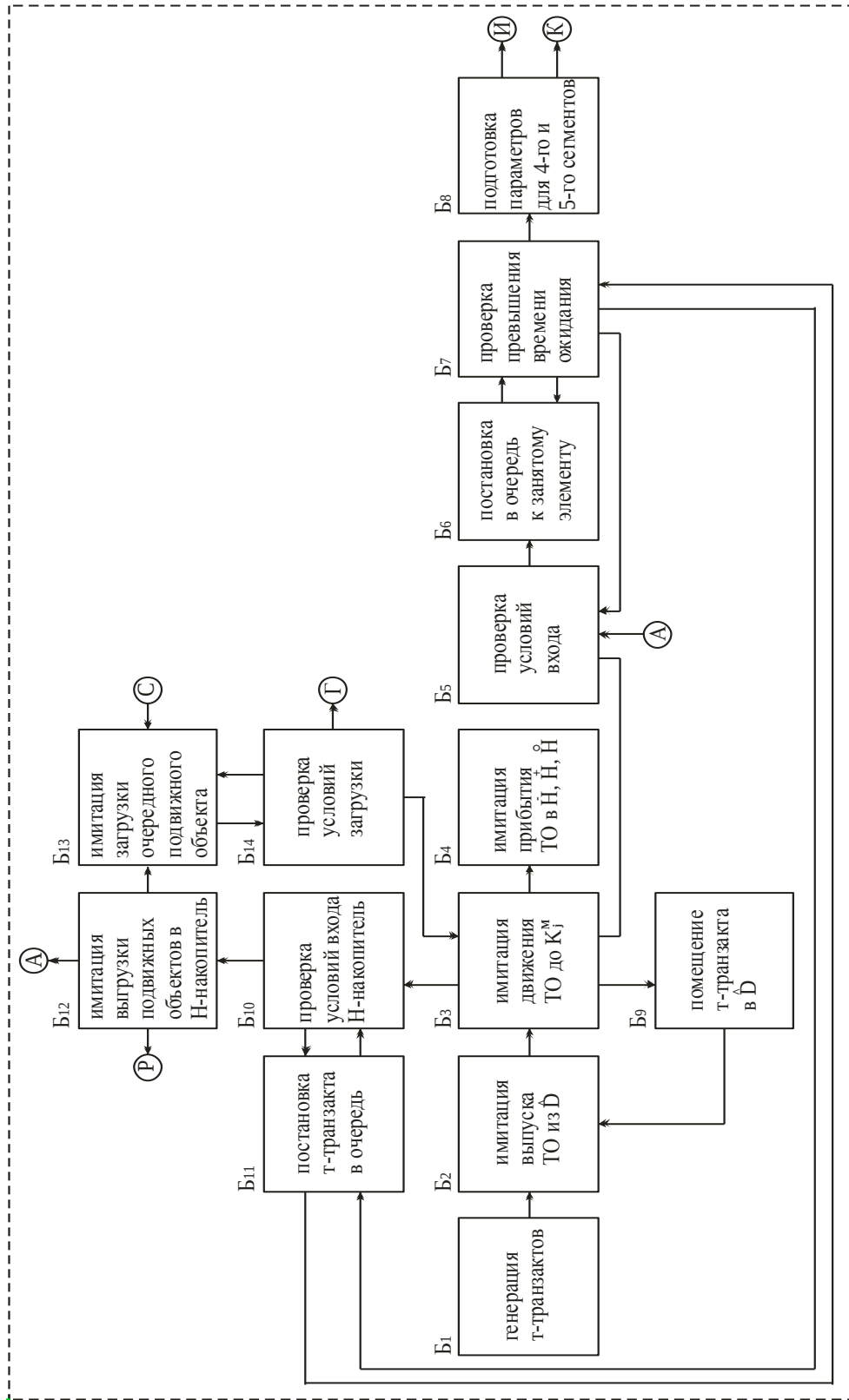


Рис. 13. Блок-схема третьего сегмента моделирующего алгоритма транспортной сети

или от истока до стока, в зависимости от параметров множества (2.19). При этом движение п-транзактов имитируется временной задержкой определяемой соответствующим элементом вспомогательной сети. В зависимости от параметров моделирования (задаваемых ЯИТС), генерация п-транзактов происходит согласно множеству (2.17) или (2.18). В случае, если п-транзакт перемещается до стока транспортной сети, то он переходит в четвертый сегмент алгоритма (рис.14). Второй сегмент алгоритма моделирования (рис.12) воспроизводит процедуру управления транспортными объектами в сети. При этом (в соответствующих случаях) происходит опрос моделируемых истоков (стоков), накопителей транспортной сети на наличие заявок со стороны п-транзактов. Конечным результатом функционирования этого сегмента является траектория т-транзактов в рамках сетевого транспортного объекта (определяемых множествами (2.25) – (2.27)).

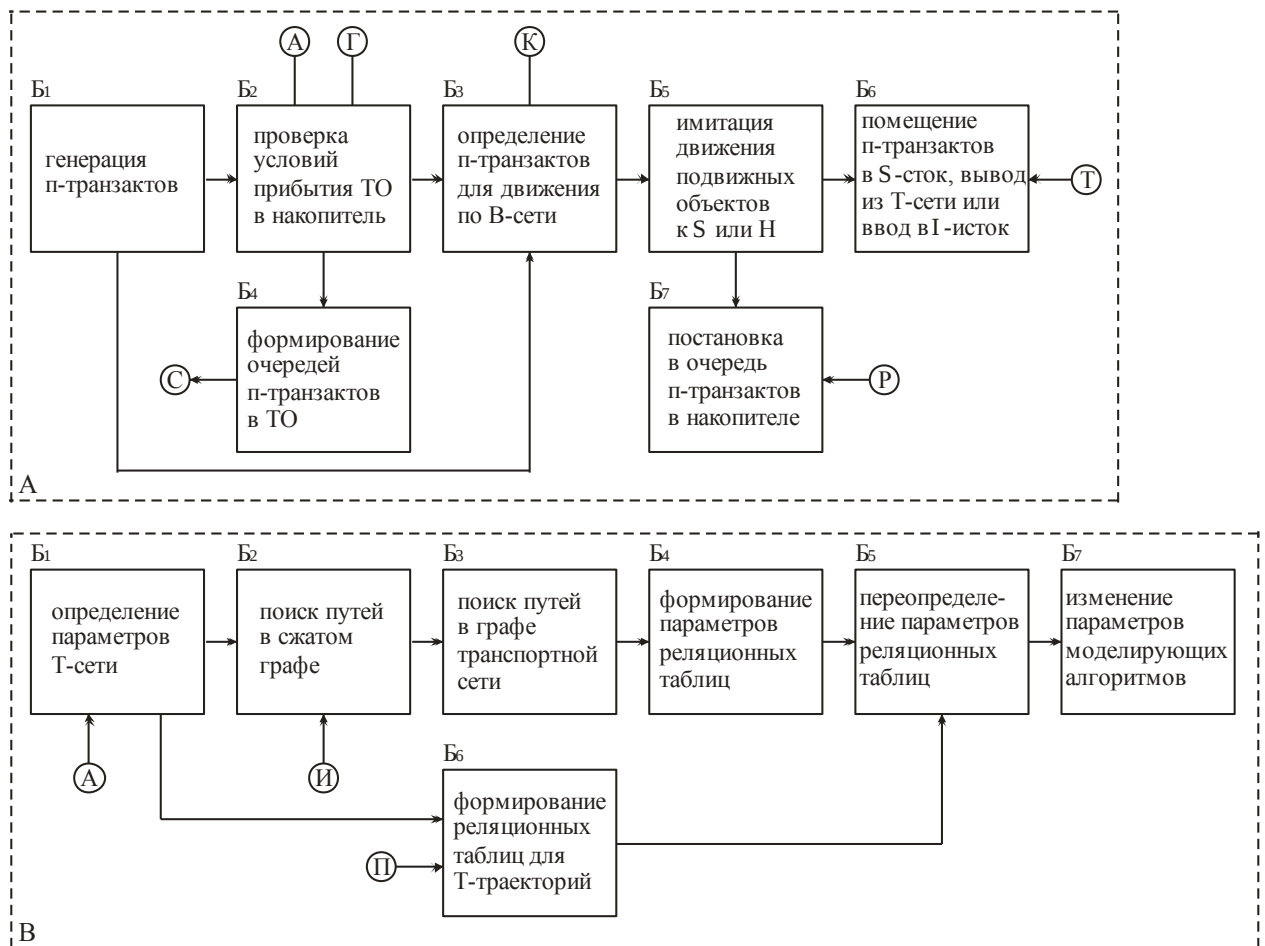


Рис. 14. Блок-схема четвертого (А) и пятого (В) сегментов моделирующего алгоритма транспортной сети

В простейшем случае траектории т-транзактов определены заранее и детерминированы [75]. В других случаях, эти траектории рассчитываются специальными алгоритмами [28-30, 82, 116], некоторые из которых изложены в четвертой главе. Третий сегмент алгоритма (рис.13) имитирует движение транспортного объекта в сети и взаимодействие его с ПО в

накопителях. Первый блок этого сегмента генерирует т-транзакты в соответствии с множеством, задающим логику поведения ТО в основных и промежуточных накопителях [82]. Второй блок присваивает им идентификаторы соответствующих сетевых транспортных объектов, входящих в моделируемую сеть. Третий блок организует перемещение т-транзактов в соответствии с множествами (2.22) и (2.25). При этом элемент множества (2.25) K_j^M может соответствовать одному из элементов определенных кортежами (2.2) и (2.3). В соответствии с этим, третий блок имитирует перемещение т-транзакта к ($\hat{H}$ или $\hat{D}$) – накопителю. Если т-транзакт попадает в имитируемый $\hat{D}$ – накопитель, то он там задерживается на величину определяемую параметрами множества (2.27) и затем переходит вновь во второй блок. Если т-транзакт попадает в имитируемые (H^- , H^+ , H^0) – накопители, то после обработки входных параметров этого транзакта четвертым блоком сегмента, он проходит в пятый блок. Здесь делается проверка условий разрешения входа т-транзакта в перечисленные выше накопители. Если разрешение существует, то т-транзакт задерживается на величину равную продолжительности режимов функционирования этих накопителей (определяемых соответствующими множествами) и вновь проходит в третий объект сегмента для дальнейшего движения. Если же условия входа не выполнены, то т-транзакт проходит в шестой блок, где становится в очередь. Седьмой блок, в каждую единицу модельного времени проверяет состояние очереди т-транзактов в шестом блоке. Если пятый блок дает разрешение на вход, то первый из очереди т-транзакт помещается в пятый блок и далее в третий блок для дальнейшего движения. Если время нахождения т-транзакта в очереди шестого блока превысило заданный интервал, то этот транзакт активизирует и-транзакт, который проходит в восьмой блок. Этот блок осуществляет пересылку п-транзактов (находящихся в упомянутом т-транзакте) в четвертый сегмент (рис.14, по ссылке К) на движение по вспомогательной сети (в соответствующих случаях). Далее и-транзакт проходит в пятый сегмент (рис.14, по ссылке И) для активизации процедур изменения параметров модели транспортной сети. Путем изменения значений переменных пятого блока, могут имитироваться сбойные ситуации в моделируемой сети (с помощью шестого сегмента, рис.15).

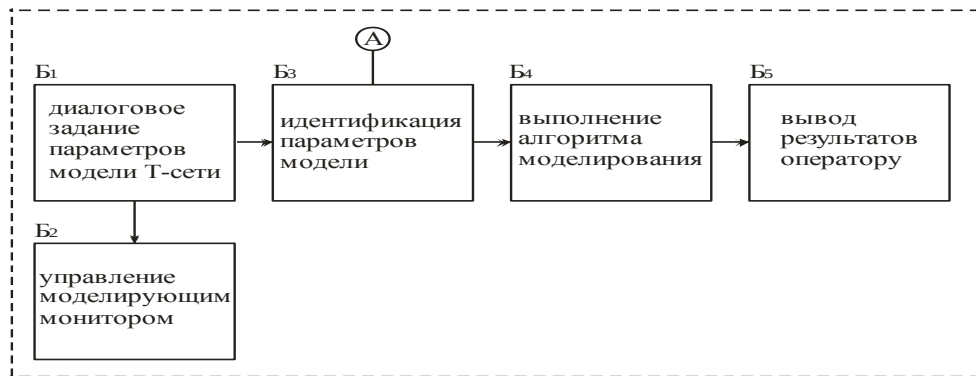


Рис. 15. Блок-схема шестого сегмента моделирующего алгоритма транспортной сети

Если ТО, согласно множеству (2.25) должен переместиться к (Н) – накопителю, то имитирующий его т-транзакт проходит в блок 10 (рис.13). Этот блок осуществляет проверку возможности прохождения через него т-транзакта. Если моделируемый накопитель занят предыдущими т-транзактами, то вошедший в блок т-транзакт проходит в блок 11. Этот блок организует формирование очередей т-транзактов перед накопителем. Седьмой блок осуществляет проверку состояния очереди т-транзактов в блоке 11 сегмента. Если время нахождения т-транзакта в очереди блока 11 превысило заданный интервал, то этот транзакт активизирует и-транзакт, который проходит в восьмой блок, аналогично ситуации нахождения т-транзактов в шестом блоке. Если блок 10 дает разрешение на вход, то первый из очереди т-транзакт проходит в блок 12, где осуществляется переход п-транзактов (относящихся к вошедшему в блок т-транзакту) в четвертый сегмент (рис.14, по ссылке Р). Этот же блок задерживает т-транзакт на время выгрузки имитируемых подвижных объектов. Вошедший в блок 12 транзакт активизирует и-транзакт, который по ссылке А, также проходит в четвертый сегмент и активизирует блок проверки прибытия т-транзакта в имитируемый накопитель. Далее т-транзакт проходит в блок 13, который осуществляет выбор п-транзактов из очереди моделируемого накопителя (по ссылке С из четвертого сегмента). При этом т-транзакт переходит из блока 13 в блок 14, осуществляя проверку условий выпуска очередного п-транзакта. Если очередь не пуста и имитируемый ТО не загружен полностью, то осуществляется имитация загрузки следующего подвижного объекта. Далее этот блок задерживает т-транзакт на время осуществления загрузки имитируемых подвижных объектов. Если время загрузки не равно нулю, то т-транзакт вновь приходит в блок 13, где осуществляется впуск п-транзактов, попавших в очередь за время задержки т-транзакта в накопителе. Если время задержки равно нулю или превысило заданную величину, то т-транзакт проходит в третий блок для дальнейшего движения. Кроме того, этот транзакт делает неактивным соответствующий блок четвертого сегмента и-транзактом по ссылке Г. Четвертый сегмент моделирующего алгоритма (рис.14) организует перемещение п-транзактов по участкам вспомогательной сети между (Н) – накопителями (если задан соответствующий технологический режим функционирования для моделируемой транспортной сети) и формирования очередей в этих накопителях. Первый блок сегмента (в соответствии с заданным модельным временем) гарантирует и-транзакты, которые активизируют второй и третий блоки сегмента. Второй блок осуществляет проверку прибытия т-транзактов в имитируемый накопитель. Если второй блок принял и-транзакт по ссылке А (соответствующий т-транзакт прибыл), то этот и-транзакт активизирует четвертый блок, который в соответствии с множеством (2.23) осуществляет формирование очередей п-транзактов, относящихся к прибывшему в моделируемый накопитель т-транзакту. П-транзакты из сформированной очереди (по ссылке С) поступают в соответствующий блок третьего сегмента, имитируя загрузку транспортного объекта. После прибытия и-транзакта по ссылке Г, второй блок делает пассивным четвертый блок. Третий блок рассматриваемого сегмента, в соответствии с множеством (2.23) (отражающего различные варианты алгоритма поведения имитируемого ПО в накопителях [117+119]), определяет те п-транзакты (стоящие в очередях

накопителей), которые могут перемещаться по вспомогательной сети без имитируемых транспортных объектов. Кроме упомянутых п-транзактов, этот блок обрабатывает п-транзакты, поступившие по ссылке К из соответствующего блока третьего сегмента. Сформировав группу п-транзактов, третий блок перемещает их в пятый блок, который задерживает п-транзакты на величину равную соответствующему параметру вспомогательной сети (тем самым имитируется перемещение подвижных объектов). В соответствии со значениями элементов множества (2.23), п-транзакты, проходят либо в шестой блок имитирующий сток транспортной сети или в седьмой блок. В последнем блоке происходит формирование очередей прибывших п-транзактов в новых имитируемых накопителях. Шестой блок осуществляет прием п-транзактов (по ссылке Т) из первого сегмента, а седьмой блок (по ссылке Р) из соответствующего блока третьего сегмента. Если моделируемая транспортная сеть разомкнута, то п-транзакт выводится из модели. Если же сеть замкнута, то в соответствии с множеством (2.20), п-транзакт переходит в новый источник. Пятый сегмент моделирующего алгоритма (рис.14) предназначен для автоматического перераспределения п-транзактов (находящихся в накопителях и вне их), т-транзактов в случае аварийной ситуации [11, 89] и в случае изменения режима функционирования моделируемой транспортной сети. Первый блок упомянутого сегмента, переопределяет [82] входные параметры заданные шестым сегментом (по ссылке Л). Далее второй блок организует поиск траекторий п-транзактов в сжатом, а третий блок в обычном графе транспортной сети (согласно алгоритму описанному выше). После этого четвертый блок производит формирование параметров этих траекторий, а пятый блок переопределение соответствующих элементов реляционных таблиц, составляющих информационную базу модели [82]. Первый блок сегмента также активизирует и шестой блок, который формирует параметры траекторий для т-транзактов, найденных во втором сегменте алгоритма и переданных в шестой блок по ссылке П. Далее эти параметры поступают также в пятый блок для корректировки элементов соответствующих реляционных таблиц [87]. Седьмой блок, на основе измененных данных, производит корректировку переменных моделирующих алгоритмов. Второй блок сегмента (в автоматическом режиме) может быть активизирован и-транзактом из третьего сегмента. Шестой сегмент (рис.15), по существу, представляет собой набор сервисных функций, позволяющих производить машинные эксперименты с имитационной моделью. Его первый блок, с помощью операторов языка интерпретации транспортных сетей (конструкции которого были описаны выше) задает параметры транспортной сети. Режимы ее функционирования и набор алгоритмов, который будет использован в процессе моделирования, (с помощью первого блока) определяется вторым блоком. Этот блок и осуществляет управление моделирующим монитором. Третий блок, на основе параметров первого блока, формирует набор параметров, конкретизирующий класс моделируемой транспортной сети и типы используемых в них СТО [82]. Кроме этого здесь определяется начальное положение имитируемых транспортных объектов, параметры загрузки, величины очередей в накопителях. Этот блок, при функционировании в контуре оперативного управления [74, 80], связан с процедурами оперативной идентификации объекта управления [71, 83, 84, 120] (часть которых описана в

следующей главе). Рассчитанные параметры (по ссылке Л), настраивают блоки соответствующих сегментов модели. Третий блок, выполняет функции диагностики структуры составленной модели и обеспечения ее выполнения. При определенных исходных данных, модель транспортной сети позволяет прогнозировать перераспределение потоков подвижных объектов в СТО. Тем самым определяются новые матрицы подвижных объектов, которые получились в результате изменения параметров объекта управления. Получение прогнозируемых матриц корреспонденций, изолированных СТО (аналогичных матрице (2.35)), позволяет отказаться во многих случаях от классификации аварийных ситуаций [11]. Путем применения соответствующих алгоритмов к параметрам ИСТО, можно адаптировать их к новым значениям элементов упомянутых матриц. Для этой цели используется, например, алгоритмы поиска гиперсвязных сетевых транспортных объектов (изложенный в четвертой главе). Другими словами, шестой сегмент, на основе организации интерактивного режима, позволяет использовать модель транспортной сети в качестве экспертной системы.

Вышеописанные алгоритмы моделирования транспортной сети определяют и структуру специализированных аппаратных средств, служащих для этих же целей (рис.16).

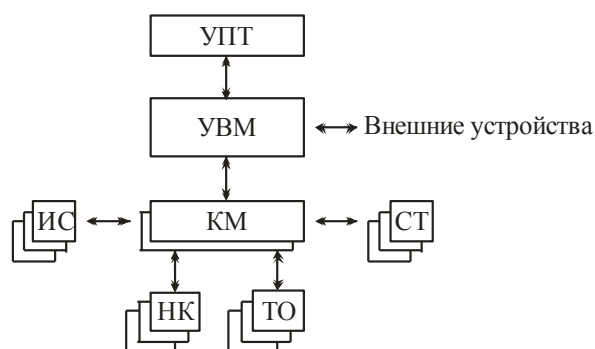


Рис. 16. Структурная схема аппаратной реализации модели транспортной сети

Аппаратные средства моделирования состоят из блоков имитирующих истоки (ИС), стоки (СТ), накопители (НК), транспортные объекты (ТО). Связь между перечисленными блоками (работающими параллельно) осуществляется с помощью управляемой шины (коммутатора – КМ), которая также подключена к управляющей вычислительной машине. Эта машина соединена со специализированным устройством поиска траекторий в графе транспортной сети (УПТ) [87]. Блоки аппаратных средств моделирования транспортных сетей, выполняются специализированными устройствами [82] или путем использования микропроцессорных средств [121+123], функционирующих в соответствии с описанными алгоритмами.

Выводы.

1. Транспортная сеть, в теоретико-множественном плане, может быть представлена множествами специального вида, элементы которых определены таким образом, что структура алгоритмов моделирования не зависит от параметров сети и ее класса.

2. Поведение подвижных и транспортных объектов, можно промоделировать многоальтернативной логикой выбора сетевого транспортного объекта в накопителях транспортной сети в условиях ее корректировки в процессе моделирования.

3. Процедуры прогнозирования структуры и интенсивности потоков подвижных объектов сводят процесс оперативного управления транспортной сетью к принятию топологических и временных управляющих воздействий, адаптирующих транспортную сеть к новым потокам этих объектов.

4. Процедуру адаптации транспортной сети можно свести по существу, к локальной адаптации сетевых транспортных объектов, путем изменения параметров и введения гиперсвязных СТО.

5. Сочетание диалоговых и аппаратных средств моделирования и управления позволяют реализовать процедуру принятия решений в реальном масштабе времени.

Литература

- 1 Патент РФ № 2399093 Цифровой процессор Кущенко В.А.-как информационная основа управляемого мира. 2010 г.
- 2.Патент РФ № 2399093 Процессор образов Кущенко В.А.– электронный мозг, 2012 г.
- 3 Патент РФ № 103805 Самовоспроизводящаяся клеточная структура Кущенко В.А.(ВК-формула жизни).2014 г.
- 4 Патент РФ № 106743. Модель управляемой посредством гравитационного взаимодействия планетной системы. Кущенко В.А. 2010 г.
- 5 В.А. Кущенко Устройства и комплексы обработки информации в неживых, живых и мыслящих системах принятия решений (управляемый мир). Книга 1-3, 750 стр., ISBN978-5-907426-68-9 г. Санкт-Петербург, 2017г.