

УДК 681.5.01

**Автоматизация процессов управления городским пассажирским
транспортом в современных условиях
(часть 1)**

(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.

1.9.2 Алгоритмы определения временных параметров функционирования сетевых транспортных объектов

Исходной информацией для нахождения параметров временных режимов транспортных объектов (входящих в СТО), является зависимость числа ТО от номера выбранного интервала времени

$$N^E = N_{\varepsilon}^E = F(\varepsilon) \quad (4.15)$$

и множество накопителей определяющих этот СТО. Если время оборота транспортного объекта в СТО $t_{об}$ кратно числу N_{ε}^E , то временные интервалы прибытия транспортных объектов в заданный накопитель равны и определяются из соотношения

$$\Delta t^0 = t_{об}/N_{\varepsilon}^E \quad (4.16)$$

В противном случае, упомянутые интервалы будут различны. Примем без доказательства [140] следующие леммы.

Лемма 1. Если $t_{об}$ не кратно N_{ε}^E , то интервалы прибытия транспортных объектов в заданный накопитель СТО (в режиме обычного движения) различны на шаг равный единице выбранной временной шкалы.

Из леммы 1 следует, что для $N_{1\varepsilon}^E$ транспортных объектов выделенных в СТО, интервалы прибытия в заданный накопитель будут равны $\Delta t_1^0 = \Delta t^0 + 1$, а для $N_{2\varepsilon}^E$ транспортных объектов $\Delta t_2^0 = \Delta t^0$ ($N_{\varepsilon}^E = N_{1\varepsilon}^E + N_{2\varepsilon}^E$). В этом случае от значения (4.16) берется целая часть. Отсюда можно определить неизвестные $N_{1\varepsilon}^E$ и $N_{2\varepsilon}^E$. Очевидно, что для расположения на временном отрезке равном $t_{об}$ транспортных объектов числом N_{ε}^E без перекрытия моментов времени прибытия, необходимо выполнить условие

$$t_{об} = N_{1\varepsilon}^E \cdot \Delta t_1^0 + N_{2\varepsilon}^E \cdot \Delta t_2^0 \quad (4.17)$$

или

$$t_{об} = N_{1\varepsilon}^E(\Delta t^0 + 1) + (N_{\varepsilon}^E - N_{1\varepsilon}^E) \Delta t^0 \quad (4.18)$$

Разрешая полученное соотношение относительно $N_{1\varepsilon}^E$ будем иметь

$$N_{1\varepsilon}^E = t_{об} - (N_{\varepsilon}^E - \Delta t^0) \quad (4.19)$$

Тогда

$$N_{2\varepsilon}^E = (N_{\varepsilon}^E \cdot \Delta t^0) - t_{об} \quad (4.20)$$

функция (4.15) для выбранного ε – интервала, равного Δt (определяемого по формулам приведенным в п.п. 3.1.2), является постоянной.

Лемма 2. Множество (2.27) определено при условии $\Delta t \geq t_{об}$.

Из леммы 2 следует, что временной интервал функционирования СТО ΔT можно разделить на множество отрезков $\{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k\}$ для которых выполнимо условие

$$\Delta t = \tau_{i+1} - \tau_i \geq t_{об} \quad (4.21)$$

Процедуру формирования временных режимов удобно представить диаграммой [13, 140], где ось абсцисс является временной шкалой. Дискретные значения оси ординат отображают накопители (в порядке их расположения в СТО). Наклонными линиями отражены временные траектории транспортных объектов между накопителями. Прямыми отрезками на линиях накопителей отображены режимы обслуживания накопителей

транспортными объектами (рис.26). Отрезки t_1 здесь определены линиями параллельными оси ординат.

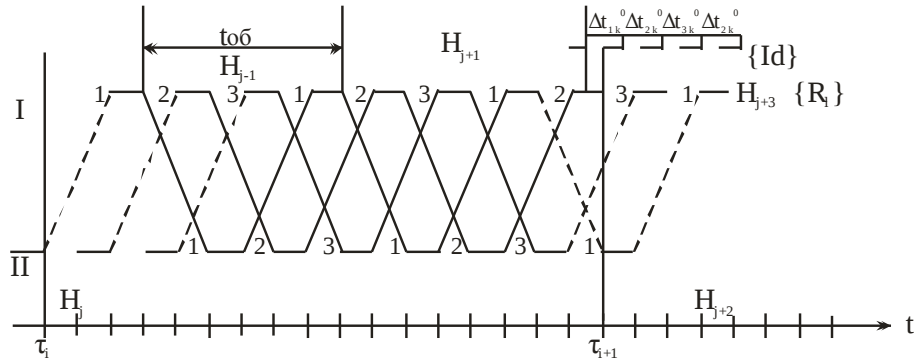


Рис. 26. Диаграмма перемещения ТО

Лемма 3. При выполнении условия $N^E(\tau_i + 1) < N^E(\tau_i)$, всегда $\Delta t_1^{0(j+3)} > \Delta t_1^{0(j)}$ и $\Delta t_2^{0(j+3)} > \Delta t_2^{0(j)}$, где j и $(j + 3)$ состояние транспортных объектов (рис.26) в СТО.

Доказательство. Из леммы 1 для выбранного накопителя имеем $\Delta t_1^{0(j)} = \Delta t^{0(j)} + 1$; $\Delta t_2^{0(j)} = \Delta t^{0(j)}$, где $\Delta t^{0(j)} = [t_{06}/N^E(\tau_0)]$.

Для другого накопителя (рис.26) имеем $\Delta t_1^{0(j+3)} = \Delta t^{0(j+3)} + 1$; $\Delta t_2^{0(j+3)} = \Delta t^{0(j+3)}$, где $\Delta t^{0(j+i)} = [t_{06}/N^E(\tau_{i+1})]$. При $N^E(\tau_{i+1}) < N^E(\tau_i)$ следует $\Delta t_1^{0(j+3)} > \Delta t_1^{0(j)}$; $\Delta t_2^{0(j+3)} > \Delta t_2^{0(j)}$.

Из леммы 3 следует, что в накопителе с состоянием ТО $(j+3)$ может дополнительно войти несколько ТО с состоянием (j) . При $N^E(\tau_{i+1}) > N^E(\tau)$ для $\Delta t_1^{0(j)}$, $\Delta t_2^{0(j)}$ выполняются обратные условия.

Выделим наиболее общие режимы составляющие множество (2.27). Это Р1 – начальное технологическое обслуживание транспортных объектов, Р2 – вход ТО в сетевой транспортный объект, Р3 – размещение ТО на временном отрезке, относящегося к определенному накопителю; Р4 – перемещение ТО в СТО от i -го к $(i+1)$ -му накопителю; Р5 – технологический отстой ТО; Р6 – технологическое обслуживание транспортных объектов в процессе функционирования; Р7 – выход транспортных объектов из СТО. В большинстве случаев применения алгоритма, перечисленная последовательность режимов функционирования ТО, является достаточной для описания их состояний в сетевых транспортных объектах [2, 14, 140].

Под идеальным размещением транспортных объектов на временном отрезке относящегося к определенному накопителю на диаграмме рис.26, будем понимать такое множество интервалов прибытия ТО (Id), которое не зависит от множества реальных интервалов времени их прибытия (R_l) и определяется согласно лемме 1. При этом $Id = R_l$, если

$$N^E(\tau_{i+1}) = N^E(\tau_i) \quad (4.22)$$

В других случаях, необходим дополнительный ввод транспортных объектов в СТО, если

$$N^E(\tau_{i+1}) > N^E(\tau_i) \quad (4.23)$$

или их вывод, если

$$N^E(\tau_{i+1}) < N^E(\tau_i) \quad (4.24)$$

Здесь требуется выполнение процедур совмещения элементов множеств Id и R_l .

Для выполнения P_6 необходимо, с одной стороны обеспечить (4.15), а с другой реализовать этот режим в заданных границах времени

$$\Delta t^{min} < t_p \leq \Delta t^{max} \quad (4.25)$$

Лемма 4. При выполнении условия (4.25) в режиме P_6 , за каждый цикл перемещения между конечными накопителями необходимо выводить из СТО число ТО равное

$$N_\beta \geq [N^E(\tau_i)/t_p] \quad (4.26)$$

Лемма 5. При выполнении условия (4.25) и обеспечении (4.15) в процессе P_6 , число вводимых ТО в СТО (N_d) связанных с проведением P_6 не превышает N_β

$$N_d \leq N_\beta \quad (4.27)$$

Доказательство этих лемм достаточно простое и здесь опускается [140].

Сформулируем алгоритм формирования временных режимов функционирования СТО в обобщенном виде.

- 1⁰. Выбирается очередной τ_i . Если $\tau_i = \tau_k$, алгоритм завершает работу.
- 2⁰. Организуется P_3 для каждого ТО из сетевого транспортного объекта.
- 3⁰. Для всех транспортных объектов организуется P_1 .
- 4⁰. Организуется перемещение транспортных объектов от i -го накопителя до j -го (рис.26, 27).
- 5⁰. Если время прибытия в j -ий накопитель больше τ_i , то делается проверка равенства τ_i и τ_k .
- 6⁰. Если $\tau_i = \tau_k$ организуется P_7 и алгоритм завершает работу. Иначе осуществляется переход к τ_{i+1} и делается проверка равенства $N^E(\tau_i)$ и $N^E(\tau_{i+1})$.
- 7⁰. Если $N^E(\tau_i) < N^E(\tau_{i+1})$, то осуществляется расчет $\Delta t_1^{0(j+3)}$, $\Delta t_2^{0(j+3)}$ и формируется множество $\{Id\}$ рис.28.
- 8⁰. Все транспортные объекты (по диаграмме) выводятся на линию $(j+3)$ и формируется множество R_l (рис. 27, 28).

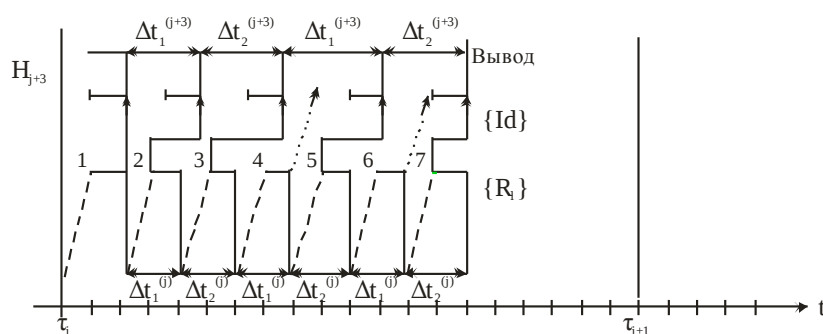


Рис. 27. Диаграмма перемещения ТО в случае $N^E(\tau_i) > N^E(\tau_{i+1})$

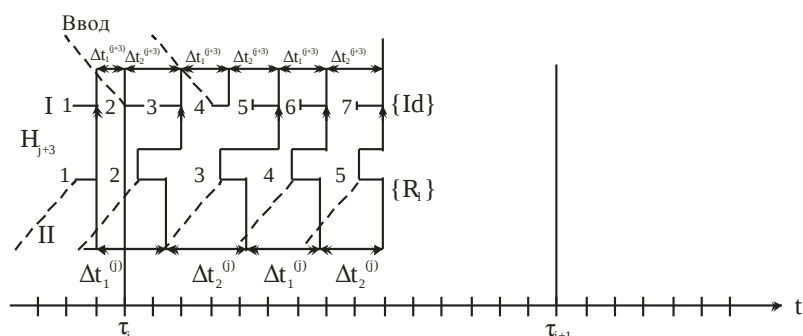


Рис. 28. Диаграмма перемещения ТО в случае $N^E(\tau_i) < N^E(\tau_{i+1})$

9⁰. Осуществляется формирование множества вводимых транспортных объектов и производится совмещение I_d и R_l .

10⁰. Если $N^E(\tau_i) > N^E(\tau_{i+1})$, то выполняются п.п. 8⁰ - 9⁰, но в этом случае определяются множества выводимых транспортных объектов (рис.28).

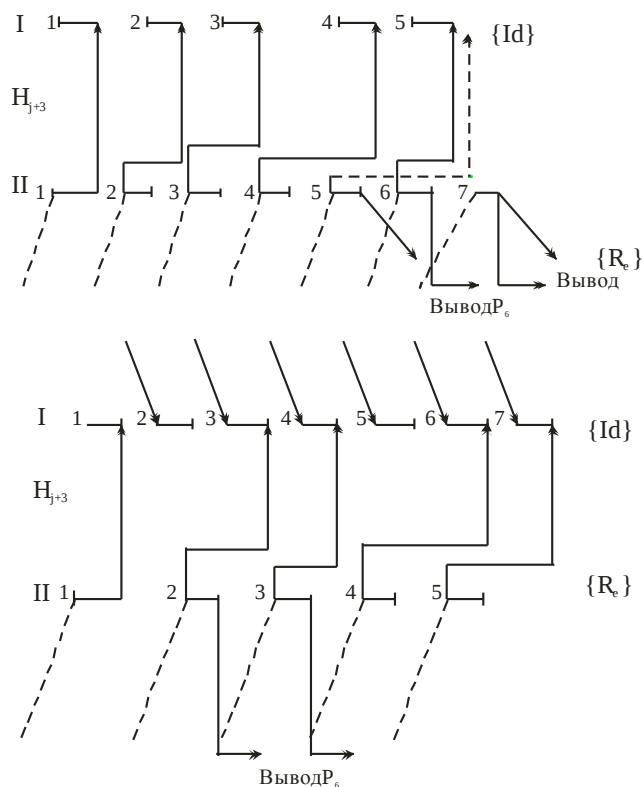
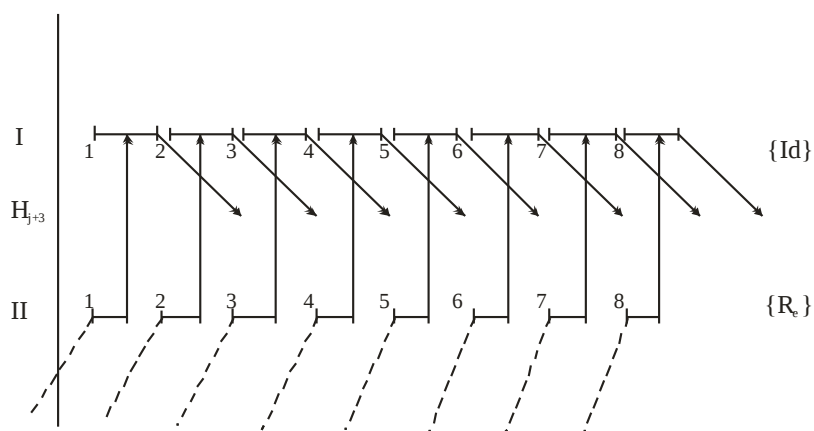
11⁰. Выполняются вышеописанные процедуры (п.п. 4⁰ - 10⁰) до начала режима Р6.

12⁰. Если время Р6 превышено, то формируются множества по леммам 4 и 5 и организуется процедура совмещения R_l и I_d в этом случае (рис.29).

13⁰. Выполняются вышеприведенные процедуры (п.п. 4⁰ - 12⁰) до начала режима Р5.

14⁰. Если, время Р5 превышено, то на линии (j+3) диаграммы (рис.30) организуется технологическая задержка.

15⁰. Выполняются вышеописанные процедуры по п.п. 4⁰ - 14⁰.

Рис. 29. Диаграмма перемещения ТО при реализации P_6 Рис. 30. Диаграмма перемещения ТО при P_7

Характеристики описанного алгоритма приведены в пятой главе. При оперативном управлении транспортной сетью или в режиме долговременного планирования, требуется производить корректировку параметров множества (2.27) или формировать их заново. Для этого необходим аппарат, позволяющий лицу, принимающему решения взаимодействовать с элементами упомянутого множества в диалоговом режиме. Здесь возможно реализовать, по крайней мере, три подхода. Первый подход заключается в разработке специализированного входного языка, второй подход состоит в использовании графических свойств диаграммы отображающей множество (2.27) и средств автоматизированной корректировки графических изображений [141] и третий подход

состоит в реляционном представлении параметров временных режимов и их корректировки непосредственно в таблицах с помощью средств реляционных систем, управления базами данных (СУБД) [142]. Как нетрудно заметить, эти подходы дополняют друг друга. Основу их может составить входной язык корректировки графиков движения (ЯКГД) транспортных объектов СТО [82]. Синтаксические конструкции этого языка описываются следующей системой продукций, представленных в нормальной форме Бэкуса-Наура:

1. <программа>:: = <список операторов>
2. <список операторов>:: = <оператор> | <список операторов>
3. <оператор>:: = <оператор корректировки> | <служебный оператор> | <начальный оператор>
4. <служебный оператор>:: = <оператор входа> | <оператор выхода> | <оператор вызова таблиц> | <оператор управления>
5. <оператор входа>:: = VG <терм>
6. <оператор выхода>:: = VYG <терм>
7. <оператор вызова таблиц>:: = TAB<терм>
8. <оператор управления>:: = BRV <терм> ... <терм>GDO<терм> ... <терм>GDN<терм> ... <терм> | AVTG<терм> | SHAG<терм> | PH<терм> | TBO<терм> ... <терм>
9. <начальный оператор>:: = <оператор разметки шкалы> | <оператор ввода линий> | <оператор ввода транспортных объектов>
10. <оператор разметки шкалы>:: = VTV<терм> ...<терм>
11. <оператор ввода линий>:: = VNK<терм> ... <терм>| VDL<терм> ... <терм> | VDR<терм> .. <терм>
12. <оператор ввода транспортных объектов>:: = VL<терм> ...<терм> | VLO<терм> .. <терм>
13. <оператор корректировки>:: = <оператор технологической задержки> | <оператор положительного перемещения> | <оператор отрицательного перемещения> | <оператор присвоения режима> | <оператор копирования>
14. <оператор технологической задержки>:: = SL<терм> ...<терм>
15. <оператор положительного перемещения>:: = PLP<терм> ... <терм> | PLPO<терм> ... <терм>
16. <оператор отрицательного перемещения>:: = PLM<терм> ... <терм> | PLMO<терм> ... <терм>
17. <оператор присвоения режима>:: = PR<терм> ... <терм>
18. <оператор копирования>:: = CPL<терм> ... <терм> | CPLO<терм> ... <терм>
19. <терм>:: = <набор цифр и/или литер>
20. <набор цифр>:: = <0 | 1 | 2 | ... | 9>
21. <набор литер>:: = <A | B | C | ... | x | y | z | > .

Значения зарезервированных ключевых слов ЯКГД представлены в приложении 6. Набор функциональных клавиш, аппаратно реализующий этот язык, приведен в [82]. Диалоговые средства позволяют оператору реализовать адаптивные процедуры

корректировки временных параметров управляемой транспортной сети, учитывать трудно формализуемые факторы и осуществлять проверку принимаемых компромиссных решений.

1.9.3 Алгоритмы функционирования элементов контура управления транспортной сетью

В третьей главе производилось описание аппаратных средств идентификации параметров управляемых транспортных сетей. В предыдущих параграфах рассматривались алгоритмы топологического и временного управления. Для объединения этих и других функций необходим комплекс аппаратных средств, дающий возможность поддерживать информационную связь между элементами контура управления, производить автоматический контроль за ее параметрами. Описываемый комплекс состоит [80, 82, 128] из блоков маяков (БМ), устанавливаемых в определенных точках транспортной сети, блоков транспортных объектов (БТО – рис.31) и блоков центра управления (БЦУ – рис.32).

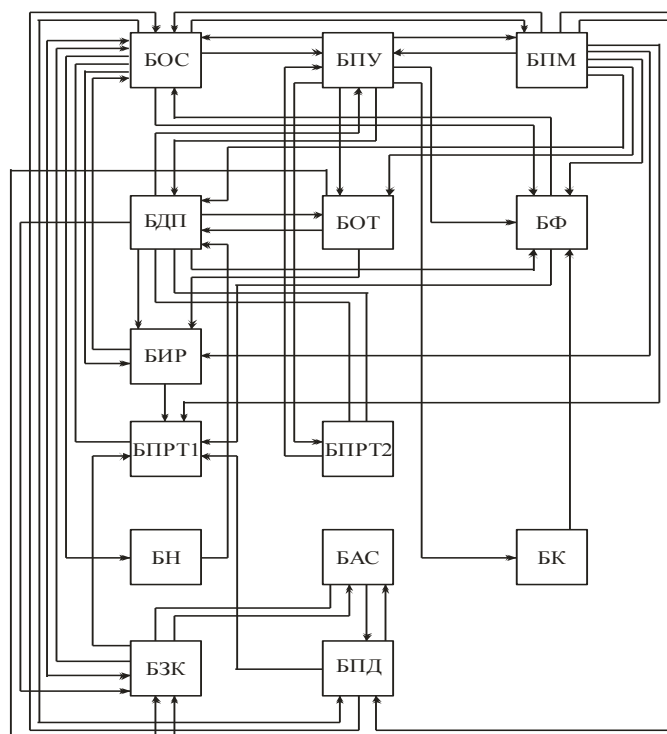


Рис. 31. Структурная схема аппаратных средств системы оперативного управления транспортной сети (ч.1)

Протокол организации связи между ними изображён на рис.33. БМ, через определенные интервалы времени, передает код своей зоны и затем вновь переходит в пассивный режим. Переход (1-2-1) на рис.33, независимо осуществляют все блоки маяков транспортной сети. Зоны действия их либо не перекрываются, либо синхронизированы таким образом, что их активные режимы разнесены во времени (в последнем случае существенно усложняется анализ получаемой информации).

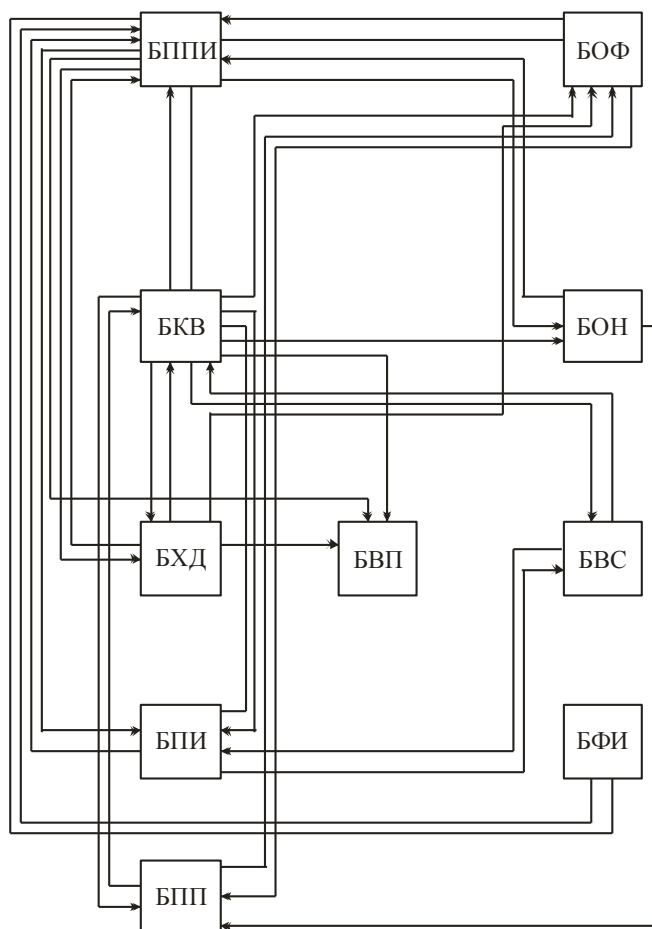


Рис. 32. Структурная схема аппаратных средств системы оперативного управления транспортной сети (ч.2)

Когда транспортный объект попадает в зону действия БМ, блок приема данных от маяка (БПМ) БТО, находящийся в режиме ожидания сигнала, принимает код этой зоны. Если в коде нет команды на передачу информации в БЦУ, то БПМ вновь переходит в режим ожидания передачи кода зоны. В противном случае, посредством блока приоритетов первого (БПРТ1) и блока организации связи (БОС) осуществляется процедура захвата канала связи БТО. При этом для устранения взаимного влияния блоков транспортных объектов осуществляется следующий алгоритм их взаимодействия с БЦУ. БОС организует прослушивание канала связи. Если канал занят, то предыдущая процедура повторяется вновь. Если канал свободен, то БОС посылает сигнал вызова БЦУ на связь. Этот сигнал принимает блок приема-передачи информации (БППИ) БЦУ, который находился в режиме ожидания сигнала от оператора системы или от БТО. БППИ передает синхронизирующий сигнал для всех запрашиваемых связь БТО. БОС получив сигнал синхронизации, осуществляет процедуру выдержки интервала времени, задаваемого генератором случайных чисел. Причем здесь временные интервалы (в определенных границах) могут быть определены приоритетом транспортного объекта. Далее блок организации связи осуществляет возврат на предыдущую процедуру прослушивания (позиция 5, рис.33).

Если канал свободен, то БОС посылает сигнал запроса на разрешение передачи информации. Если сигнал разрешения не поступил, то вновь осуществляется попытка выхода на связь. В противном случае, осуществляется передача данных на различных периферийных блоках БТО, например, блока записи координат (БЗК) положения транспортного объекта в выбранные интервалы времени, блоков передачи данных (БПД), осуществляющих связь с аппаратными средствами сбора информации о потоках подвижных объектов в СТО. Кроме этого передается код транспортного объекта, и код зоны, где он находится. БППИ (рис.32) осуществляет прием информации от БТО. БЦУ

далее обрабатывает принятые данные. Эта процедура заключается в том, что блок хранения данных (БХД) находит в памяти системы информацию по транспортному объекту, вышедшему на связь (номер накопителей следования, время прохождения контрольных точек, скорость движения в этих точках, углы направления движения, координаты положений и т.д.). Если кода транспортного объекта нет в БХД, то об этом сообщается оператору и посылается сигнал аварии в БТО. После его приема БОС организует новый выход на связь и в соответствующих случаях отключает БТО. Если сигнал аварии не поступил, то БОС переходит в режим приема информации от БЦУ. Перед информационной частью пакета данных находится команда вызова БТО. После осуществления описанных процедур БТО и БЦУ переходят в режим ожидания сигналов. Если поступил запрос со стороны оператора, то блок передачи информации (БПИ) БЦУ осуществляет прослушивание канала связи. Если канал занят, то БПИ повторяет эту процедуру еще раз. Если же канал освободился (здесь имеется в виду не физический, а информационный канал БЦУ), то БПИ осуществляет передачу команды вызова на связь БТО и передачу необходимой управляющей информации.

Процедура подготовки передаваемой информации в БЦУ осуществляется следующим образом. Блок организации фрагментов данных (БОФ), по области допустимых перемещений, подготавливает информацию о параметрах СТО. Если транспортный объект подал команду на корректировку угла направления движения [82], то БОФ формирует код угла корректировки. Далее БПИИ блоков центра управления передает эти данные в блок приема управляющей информации (БПУ) БТО. Этот блок, через второй блок приоритетов (БПРТ2) запрашивает разрешение на передачу принятой информации в блок контроля (БК). Здесь фиксируются параметры плановой траектории перемещения транспортного объекта и вырабатываются величины рассогласования их с реальной траекторией. Блок обработки данных таймера (БОТ) формирует метку планового положения подвижного объекта на его траектории в области допустимых перемещений. Блок обработки информации от датчика перемещения (БДП) с помощью блока направления перемещения (БН) формирует метку реального положения ТО. Система управления стремится устранить рассогласование между этими метками с учетом тех ограничений, которые накладываются средой перемещения и режимами СТО. В случае, если метка реального положения пересекла границу фрагмента области допустимых перемещений (в БК), то блок пересечения фрагмента (БФ), через БПРТ1 и БОС, осуществляет передачу запроса на информацию о новом фрагменте области допустимых перемещений (поописанному выше протоколу). В результате этой процедуры блоки центра управления (БПИИ, БХД, БОФ) подготавливают и передают в БК (через БПУ) требуемую информацию. Если транспортный объект нарушил параметры своего режима функционирования (метка реального положения вышла за метку планового положения), то начинает функционировать блок нарушений режимов (БНР). Этот блок с этого момента периодически делает запрос на организацию связи (согласно протоколу) и передает в БЦУ координаты реального положения ТО с признаком нарушения режима (или отсутствием нарушения, когда эта информация передаётся в последний раз). Блок отображения транспортных объектов нарушивших режим функционирования (БОН)

отображает переданную из БТО информацию. Система управления транспортным объектом [82] пытается войти в заданный режим. С другой стороны оператор, с помощью имеющихся средств оперативного управления, принимает вариант управляющих воздействий. Для этого он с помощью блока клавишного ввода (БКВ) информации, набирает на пульте код СТО и транспортного объекта, нарушившего заданный режим. Далее начинает функционировать БХД, который на экране пульта оператора отображает траекторию контролируемого транспортного объекта с параметрами области допустимых перемещений. БОН формирует на упомянутом экране метки реального положения, а блок отображения планового положения (БПП) соответствующую метку на этом же экране. Оператор обладает полной информацией для принятия обоснованного решения по управлению транспортной сетью. С помощью блока введения символов (БВС), оператор имеет возможность набрать управляющие команды ЯИТС или ЯКГД, использовать требуемые алгоритмы и модели. После принятия решения и ввода его в систему [82], оператор через БПИ выходит на связь с контролируемым транспортным объектом. Принимаемые управляющие решения фиксируются в блоке ведения протоколов сообщений между БТО и БЦУ. В случае сбоя в БТО, блок аварийной ситуации (БАС) передает диагностическую информацию в БЦУ. Передаваемые в БЦУ параметры контроля от БЗК, БЦД записываются в блок фиксирования информации, который отправляет ее в управляющий вычислительный комплекс для дальнейшей обработки. Аппаратные средства системы оперативного управления, позволяют производить постоянный контроль за параметрами управляемой сети. Оператор системы, обладает полной диагностической информацией о состоянии объекта управления и имеет возможность доводить управляющие воздействия до любого транспортного объекта. Аппаратные средства системы, являются связующим звеном между всеми объектами транспортной сети, системой моделирования и принятия решений.

1.9.4 Модель элементов комплекса аппаратных средств управления

Для обеспечения автоматизированного проектирования аппаратных средств системы оперативного управления сетевыми транспортными объектами разработан алгоритм моделирования ее электронных компонентов [114]. Этот алгоритм позволяет на этапе предпроектных решений проверить работоспособность устройств и оценить его параметры. Для проведения моделирования некоторой схемы необходимо ее представить набором логических элементов И-НЕ (ИЛИ-НЕ). При этом можно воспользоваться библиотекой ранее составленных модулей. Далее необходимо выполнить следующие операции.

- 1⁰. Повести нумерацию элементов принципиальной схемы сверху вниз, слева направо.
- 2⁰. Провести нумерацию проводников схемы, присваивая проводнику номер элемента, к выходу которого он подключен.
- 3⁰. Провести описание соединений логических элементов друг с другом. Если это логический элемент И-НЕ, то запись делается в виде

$$i \text{ BVARIABLE } LS1*LS2* \dots LSN \quad (4.28)$$

Если это логический элемент ИЛИ-НЕ, то в виде

$$i \text{ BVARIABLE } LR1+LR2+ \dots +LRN. \quad (4.29)$$

где 1,N нумерация входов i-го элемента, совпадающая с номерами элементов, к выходам которых они подключены. Для каждого i-го элемента схемы записать группу операторов входного языка описания логических схем в терминах аппарата моделирования дискретных систем [112]

$$\begin{aligned} \text{MET } i \text{ ASSTGN } 1, i \\ \text{TRANSFER } \text{SBR}, \text{SBR}, 2 \\ \text{SPLIT } 1, \text{MET } j \\ \text{MET } 1 \dots \dots \dots \\ \text{METk } \dots \dots \dots \\ \text{TRANSFERP} \end{aligned} \quad (4.30)$$

В (4.30) i является номером элемента схемы; j, l, k – номера элементов, входы которых подключены к выходу i-го элемента. Оператор SPLIT задает связь между выходом i-го элемента и входом j-го элемента. Если делается описание некоторого элемента, связанного с элементом, описанным ниже, то оператор TRANSFER опускается. Разработанный алгоритм точно воспроизводит этапы распространения сигналов по логическим элементам схемы. Он отличается от известных [143, 144] по подходу к интерпретации элементов системы управления и событий, протекающих в модулируемом устройстве, обладает большим быстродействием [114] и более развитыми возможностями к увеличению сложности моделируемых схем.

Сигнал поступает на один или несколько входов моделируемого устройства. Импульс проходит в логический ключ и в зависимости от состояния сигналов на других его выходах (состояния выходов других логических элементов) переключает или оставляет элемент в прежнем состоянии. Если элемент остался в прежнем состоянии, то распространение сигналов от этого элемента не происходит. Если же произошло переключение, то от выхода переключаются элементы по цепям, связывающих его выход с входами других элементов, начнет распространяться сигнал, который также может вызвать переключение других логических элементов (или оставить их в прежнем состоянии). Если произошло переключение этих элементов, они в свою очередь, начинают со своего выхода распространять сигнал по цепям, связывающих их выходы со входами других логических элементов (может быть и со входом того элемента, который вызвал первоначальное переключение). При этом распространение сигнала в каждом элементе задерживается на индивидуальную (или общую) постоянную времени. Постоянная времени может иметь вероятностное значение (эта величина может выражаться одним из законов вероятностного

распределения [115]). В момент распространения сигналов (и соответствующих этому, момент переключения логического элемента) могут поступить и другие управляющие импульсы, которые также влияют на входной сигнал рассматриваемого элемента. Начальный этап алгоритма предназначен для имитации подключения напряжения питания к моделируемой схеме. При этом она должна перейти в устойчивое состояние (если его нет, то в режим генерации импульсов). Для этого в каждый из логических элементов схемы посылается сигнал, активизирующий этот элемент. Алгоритм моделирования состоит из трех сегментов. Первый, из которых предназначен для начальной установки моделируемой схемы.

- 1⁰. Начало.
- 2⁰. Подача транзактов в каждый из элементов в первый момент модельного времени.
- 3⁰. Задержка распространения сигнала на длительность постоянной времени элемента.
- 4⁰. Проверка. Должен ли быть элемент включен? Да, перейти к 5⁰. Нет, перейти к 13⁰.
- 5⁰. Проверка. В момент прихода транзакта на выход элемента он включен? Да, перейти к 6⁰. Нет, перейти к 7⁰.
- 6⁰. Транзакт покидает модель.
- 7⁰. Выключить элемент.
- 8⁰. Получить второй транзакт и поместить его в конец текущих событий.
- 9⁰. Направить первый транзакт на входы элементов, с которыми связан элемент входа транзакта – инициатора [53]. Перейти к 3⁰.
- 10⁰. Проверка. Произошли все события относящиеся к данному моменту времени? Да, перейти к 12⁰. Нет, перейти к 3⁰.
- 11⁰. Продвинуть транзакты [53], перейти к 3⁰.
- 12⁰. Продвинуть транзакт печати.
- 13⁰. Проверка. В момент прихода транзакта на выход, элемент включен? Да, перейти к 6⁰. Нет, перейти к 7⁰.

Второй сегмент предназначен собственно для моделирования исследуемой схемы.

- 1⁰. Начало.
- 2⁰. С заданной частотой подавать транзакты на вход моделируемой схемы.
- 3⁰. Инвертировать значение входного сигнала на входном элементе.
- 4⁰. Фиксировать модельное время события.
- 5⁰. Фиксировать состояние элементов в этот момент.
- 6⁰. Направить транзакт с выхода входного элемента по входам элементов, с которыми он связан.
- 7⁰. Перейти к 3⁰ первого сегмента.

Третий сегмент алгоритма предназначен для задания интервала моделирования.

- 1⁰. Начало.
- 2⁰. Через заданное модельное время сгенерировать транзакт.
- 3⁰. Вывести транзакт из модели.
- 4⁰. Конец третьего сегмента и алгоритма моделирования.

Согласно концепции аппарата моделирования дискретных систем [112], три сегмента алгоритма работают параллельно в модельном времени.

После небольших изменений в приведенном алгоритме его можно использовать для поиска кратчайших путей в исследуемой транспортной сети [82]. Результаты исследования разработанного алгоритма приведены в [114].

Выводы

1. Реализация предложенного принципа гиперсвязности позволяет осуществлять направленный поиск вариантов комбинированных режимов функционирования и формировать различные типы сетевых транспортных объектов в рамках адаптивного алгоритма применительно к возможным вариациям интенсивностей структур потоков подвижных объектов в реальном масштабе времени.

2. Введение в процедуру топологического управления необходимого условия, связывающего число транспортных объектов гиперсвязанного СТО с величиной объема потока подвижных объектов, накладывает ограничение на число альтернативных вариантов комбинированных режимов функционирования сетевых транспортных объектов, что в свою очередь ведет к повышению быстродействия алгоритма поиска таких СТО.

3. Алгоритм определения оптимальных значений временных параметров транспортных сетей, может представлен совокупностью алгоритмов решения локальных задач в рамках сетевого транспортного объекта с последующим анализом решений в диалоговом режиме.

4. Распределение функций контроля в контуре управления, развитый интерфейс с моделирующей системой и вычислительными устройствами обеспечивает взаимосвязь между аппаратными средствами, объектами СТО и системой управления, а также дает возможность более эффективно реализовывать управляющие воздействия по адаптации транспортной сети к возмущающим факторам.

5. Предложенная модель элементов аппаратных средств системы оперативного управления позволяет контролировать работоспособность блоков системы моделирования, принятия решений и их реализации как на этапе обоснования пред- проектных решений, так и на этапе внедрения.

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 Самовоспроизводящая 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.