

УДК 681.5.01

**Автоматизация процессов управления городским пассажирским
транспортом в современных условиях
(часть 3)**

(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

1.7 Алгоритмы оперативной идентификации параметров транспортных сетей

Во второй главе рассмотрены модели прогнозирования и выбора оптимальных параметров, используемых в контуре системы оперативного управления сетевыми транспортными объектами. Настройка моделей в начальный момент, осуществляется на основе оперативной информации о состоянии объекта управления. Кроме этого, в процессе функционирования СТО имеют место аварийные ситуации, которые приводят к отклонениям параметров от расчетных значений [124, 125]. Эти отклонения влияют на характеристики потоков подвижных объектов, которые необходимо постоянно контролировать.

В данной главе, согласно процедуре системного решения задач автоматизации оперативного управления СТО, рассматривается комплекс аппаратных средств и математических моделей для оперативной идентификации параметров транспортных сетей.

1.7.1 Метод определения входных и выходных потоков по данным наполнения транспортных объектов

Наиболее простым из методов оперативного формирования информации (по которой можно судить о состоянии транспортной сети), является метод, основанный на получении данных непосредственно в транспортных объектах. Несмотря на ясность этого метода [14], он не нашел должного распространения в связи с отсутствием надежных аппаратных средств получения упомянутой информации, каналов передачи данных и соответствующего математического обеспечения.

1.7.1.1 Алгоритмы функционирования аппаратных средств обработки параметров транспортных объектов

Приемники 23, последовательно принимают эти сигналы и по линии связи передают их в полосовой фильтр 6. Этот фильтр выделяет сигнал с частотой модуляции, усиливает его и передает в детектор 7. Сигнал после детектора (в виде прямоугольного импульса) поступает на входы блоков 8. Этот сигнал проходит через тот входной ключ схемы (рис.18), который соответствует работающему в данный момент излучателю и ставит входной триггер в положение «ноль». При смене кода на счетчике 4, происходит выбор нового излучателя дешифратором 5 и нового ключа блоков 8. Следующий триггер (28, 29) устанавливается в исходное состояние. Такая же операция происходит со всеми остальными триггерами в блоках 8 [82]. Опрос излучателей 24 и входных ключей блоков 8, создает эффект двух лучей на канал загрузки подвижных объектов, порядок пересечения которых дает возможность определить их направление движения.

The diagram illustrates a multi-stage processing architecture. It begins with three inputs: two 5-bit OT signals and one 7-bit OT signal. These inputs feed into a sequence of blocks: 26 and 27 (receiving the 5-bit OTs), followed by 28 and 29 (receiving the 5-bit OTs and the 7-bit OT). The outputs of 28 and 29 then feed into blocks 30, 31, 32, and 33. The outputs of these four blocks feed into a larger dashed box containing blocks 34, 35, 36, 37, 38, and 39. The final outputs are K 10 and K 11.

При загрузке, подвижный объект вначале пересекает первую линию между приемником и излучателем. При этом сигнал от соответствующего блока 8 поступает через элемент ИЛИ 10 на первый счетчик (13) загруженных подвижных объектов. Одновременно срабатывают элементы И-НЕ 32, 33 и элемент И 35. Происходит запираение элементов И 30 и 31 посредством триггера 38 (который в этом случае переходит в состояние «ноль»). После запираения входов соответствующего блока 8 сигнал на его выходах отсутствует. При дальнейшем осуществлении процедуры загрузки подвижного объекта, на выходе триггеров 28 и 29 появляются сигналы: «единица – единица», «ноль – единица» и «ноль – ноль». При

выгрузке подвижного объекта, сигналы повторяются в обратной последовательности. В этом случае сигнал от блока 8 (за счет работы дешифратора 40 [71]) проходит через второй элемент ИЛИ 11 и увеличивает значение счетчика 14 выгруженных подвижных объектов. После состояния «ноль – ноль», устройство вновь готово к регистрации подвижных объектов. После того как транспортный объект покидает накопитель, сигнал с выхода коммутатора 15 отключает напряжение питания. Собранная информация передается в блок памяти 22 (содержащий схему управления памятью 17, запоминающие элементы 20 и регистр сопряжения 19) сигналом от ключа 21. При этом регистрирующие счетчики обнуляются, и гасится индикатор 9. По сигналу от ключа 21 в блок памяти, также записывается код реального времени, полученный от таймера (18). Описанное устройство является составным элементом аппаратных средств системы оперативного управления СТО. Посредством регистра 19, оно подключается к соответствующим блокам передачи информации (описанных в четвертой главе) устройств транспортных объектов [82, 128], которые образуют канал передачи данных в управляющий вычислительный комплекс.

1.7.1.2 Алгоритмы идентификации параметров транспортной сети по наполнению транспортных объектов

Комплекс вышеописанных аппаратных средств позволяет системе управления обладать следующей информацией:

$$A^- = \{\alpha_{lij}(t)\}; B^- = \{\beta_{lij}(t)\} \quad (3.1)$$

где $\alpha_{lij}(t), \beta_{lij}(t)$ – дискретные функции соответственно числа загруженных и выгруженных подвижных объектов в зависимости от времени, $l = \overline{1,0}$ – номер сетевого транспортного объекта, $i = \overline{1,n}$ – номер накопителя в СТО (или, в соответствующих случаях, в сети), $j = \overline{1,m}$ – номер транспортного объекта в СТО. При измерении в течении времени функционирования сетевого транспортного объекта ΔT , согласно [14] имеем:

$$A_{\varepsilon li} = \sum_{t=t_{\varepsilon}}^{t_{\varepsilon}+\Delta t} \sum_{j=1}^m \alpha_{lij}(t) \quad (3.2)$$

$$B_{\varepsilon li} = \sum_{t=t_{\varepsilon}}^{t_{\varepsilon}+\Delta t} \sum_{j=1}^m \beta_{lij}(t) \quad (3.3)$$

где $A_{\varepsilon li}, B_{\varepsilon li}$ – соответственно число загруженных и выгруженных подвижных объектов в i – ом накопителе СТО в интервале времени $\varepsilon = \overline{1,\eta}$; $\eta = [\Delta T / \Delta t]$; $\Delta t = \text{const}$. Тогда:

$$\bar{Q}_{\varepsilon lj} = \sum_{t=t_{\varepsilon}}^{t_{\varepsilon}+\Delta t} \sum_{i=1}^n \beta_{lij}(t) \quad (3.4)$$

является числом обслуженных ПО транспортным объектом с номером j (входящих в СТО с номером l) за интервал ε ;

$$Q_{\varepsilon l} = \sum_{j=1}^m \bar{Q}_{\varepsilon lj} \quad (3.5)$$

является числом обслуженных ПО сетевым транспортным объектом с номером l за интервал ε ;

$$\bar{Q}_\varepsilon = \sum_{l=1}^{\theta} \bar{Q}_{\varepsilon l} \quad (3.6)$$

является числом обслуженных ПО всей транспортной сетью за ε – интервал времени;

$$\bar{Q} = \sum_{\varepsilon=1}^{\bar{n}} \bar{Q}_\varepsilon \quad (3.7)$$

является числом обслуженных ПО управляемой транспортной сетью за время ее функционирования. Кроме того, из множеств (3.1) можно получить следующую информацию:

$$\bar{H}_{lj(i,i+1)}(t) = h_{lj(i-1,t)} + \alpha_{lij}(t) - \beta_{lij}(t), (i=1, \bar{n} - 1) \quad (3.8)$$

являющейся величиной загрузки транспортного объекта (j), входящего в СТО (l) на участке от i -го до $(i+1)$ -го накопителя в зависимости от времени. Здесь:

$$h_{lj(i,i+1)} = H_{lj(i,i+1)}(t) \quad (3.9)$$

при наличии у системы управления информации о том, что транспортный объект с номером j , покинул $(i+1)$ -ый накопитель.

$$\bar{H}_l(i,i+1)(t) = \sum_{j=1}^m H_{lj(i,i+1)}(t) \quad (3.10)$$

является величиной загруженности участка СТО между i -ым и $(i+1)$ -ым накопителями в зависимости от времени (при этом некоторые транспортные объекты могут и не быть на этом участке). Далее можно определить среднюю величину загруженности участка СТО за ε – интервал времени

$$\bar{H}_{\varepsilon l(i,i+1)}^c = \sum_{t=t_\varepsilon}^{t_\varepsilon + \Delta t} (\bar{H}_l(i,i+1)(t) / \Delta t) \quad (3.11)$$

и затраты времени на обслуживание подвижных объектов на этом участке

$$T_{\varepsilon l(i,i+1)}^c = H_{\varepsilon l(i,i+1)}^c \Delta t \quad (3.12)$$

Аналогично эти параметры можно рассчитать и для сети в целом. Средняя величина загруженности участка транспортной сети за ε – интервал времени равна

$$\bar{H}_{\varepsilon(i,i+1)}^T = \sum_{t=t_{\varepsilon}}^{t_{\varepsilon}+\Delta t} \sum_{l=1}^{\theta} \sum_{j=1}^m H_{lj(i,i+1)}(t) \quad (3.13)$$

здесь $(i=1, \bar{n} - 1)$ принадлежит уже к нумерации накопителей в транспортной сети; затраты времени на обслуживание подвижных объектов на участке транспортной сети равны

$$T_{\varepsilon(i,i+1)}^T = \bar{H}_{\varepsilon(i,i+1)}^T \Delta t \quad (3.14)$$

Из исходных данных (3.1) можно получить среднюю величину загруженности сетевого транспортного объекта и транспортной сети за ε – интервал времени и соответствующие затраты времени по СТО и сети:

$$\bar{H}_{\varepsilon l}^c = \sum_{i=1}^{n-1} H_{\varepsilon l(i,i+1)}^c; \quad (3.15)$$

$$\bar{H}_{\varepsilon}^T = \sum_{i=1}^{n-1} H_{\varepsilon(i,i+1)}^T; \quad (3.16)$$

$$T_{\varepsilon l}^c = \sum_{i=1}^{n-1} T_{\varepsilon(i,i+1)}^c \quad (3.17)$$

$$T_{\varepsilon}^T = \sum_{i=1}^{n-1} T_{\varepsilon(i,i+1)}^T \quad (3.18)$$

Кроме того, приведенных параметров достаточно для расчета средней величины загруженности СТО за время функционирования

$$\bar{H}_l^c = \sum_{\varepsilon=1}^{\eta} \bar{H}_{\varepsilon l}^c / \eta. \quad (3.19)$$

Аналогично рассчитываются (с использованием значений (3.16) – (3.18)) средняя величина загруженности транспортной сети и временные затраты для СТО и сети за ε – интервал.

Статистические параметры приведенных величин (при многократных измерениях) могут определяться по методикам, изложенным в [53, 112]. Величины, найденные по формулам (3.11), (3.13), (3.15), (3.16) можно использовать для контроля за отклонением параметров функционирования транспортной сети и ее элементов, от заранее рассчитанных значений.

Величина и знак отклонения дают информацию для применения процедуры прогнозирования дальнейшего состояния транспортной сети [82, 87]. Значения параметров найденных по формулам (3.2), (3.3) позволяют контролировать результаты прогноза потоков подвижных объектов и производить корректировку самой модели (в необходимых случаях) и принятых решений. Величины, найденные по формулам (3.6), (3.7) и (3.17), (3.18) служат для оценки эффективности функционирования СТО и транспортной сети. При увеличении числа обслуженных объектов за определенный интервал времени, увеличиваются и соответствующие затраты времени. Путем введения новых (например, гиперсвязных СТО) эти затраты можно уменьшить.

1.7.2 Метод определения входных и выходных потоков сетевых транспортных объектов по данным наполнения накопителей

При оперативном управлении сетевыми транспортными объектами, необходимо обладать информацией не только о том, какова загруженность участков транспортной сети и ее элементов, но и данными которые бы показывали динамическую картину складывающейся ситуации в сети на любой момент времени [129]. Система, описанная выше, не может дать информации об очередях в накопителях и во многих случаях фиксирует рассогласование с настроечными параметрами как факт, который уже нельзя устранить. Для системы оперативного управления необходимы данные, позволяющие определять характеристики рассогласования на более ранней стадии, для принятия управляющих решений упреждающих последствия сбоев в функционирующей транспортной сети.

1.7.2.1 Алгоритмы функционирования аппаратных средств обработки параметров накопителей

Центральное место в описываемой здесь системе занимает устройство определения числа загруженных и выгруженных подвижных объектов в накопителях СТО [84]. Рассмотрим подробно алгоритм его функционирования.

После подачи напряжения питания начинает работать генератор 5 (рис.19), который посылает сигналы на двигатель 3 и формирователь 6.

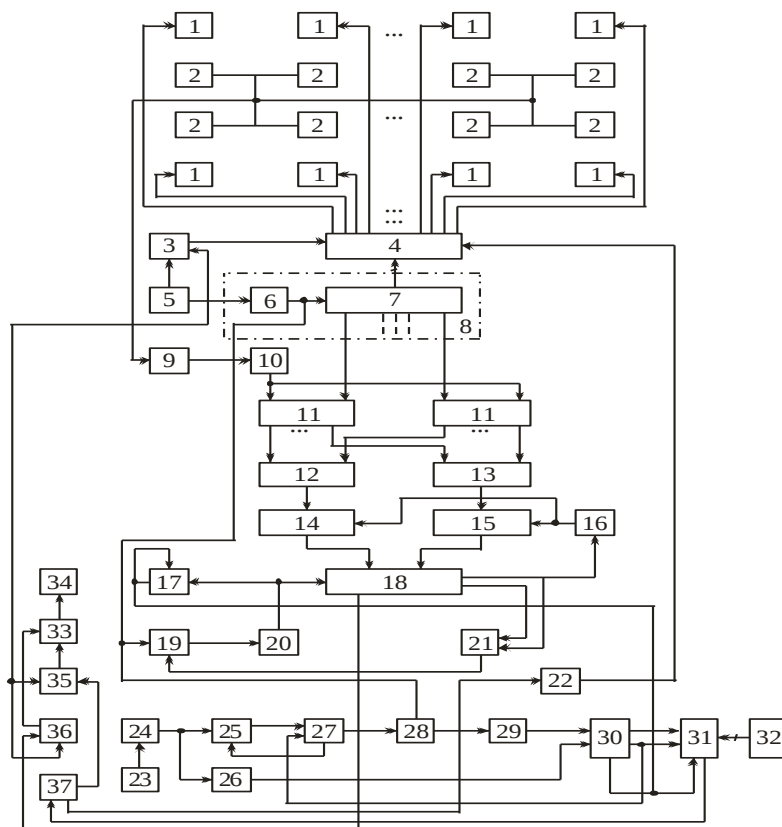


Рис. 19. Структурная схема аппаратных средств контроля входных и выходных потоков СТО в накопителях (ч.1)

Сигналы от делителя поступают на распределитель импульсов 7, который последовательно посылает их на первые разрешающие входы ключей 4. На инверсном выходе формирователя 22 присутствует сигнал «единица», который разрешает работу излучателей 1. Излучатели, последовательно выдают кванты несущей частоты, промодулированной сигналом делителя 3. Каждый излучатель 1 устанавливается напротив приемника 2 в канале загрузки подвижных объектов в накопитель (излучатели и приемники аналогичны описанным в предыдущем параграфе). Это позволяет создать эффект двух лучей в канале, без влияния одного излучателя на приемник другого. Сигналы опроса распределителя 7 поступают также и на разрешающие входы блоков анализа загрузки или выгрузки 11 (рис.18). На информационные входы этих же блоков поступают сигналы от приемников через фильтр 9 и детектор 10. При этом соответствующий блок 11 принимает сигнал от своего излучателя. В случае, если канал загрузки-выгрузки в накопитель свободен, то на входах блоков 11 присутствует сигнал «ноль». В случае, если осуществляется процесс загрузки или выгрузки, то подвижный объект создает на первом или втором выходе соответствующего блока 11 сигнал «единица». Этот сигнал проходит через элемент ИЛИ 12, либо через элемент ИЛИ 13 и увеличивает значение счетчика загруженных (14) или (в соответствующих случаях) выгруженных (15) подвижных объектов в накопитель. Описанная процедура циклически повторяется со всеми излучателями всех контролируемых каналов. При подаче напряжения питания, также начинает функционировать генератор 38 (рис.20).

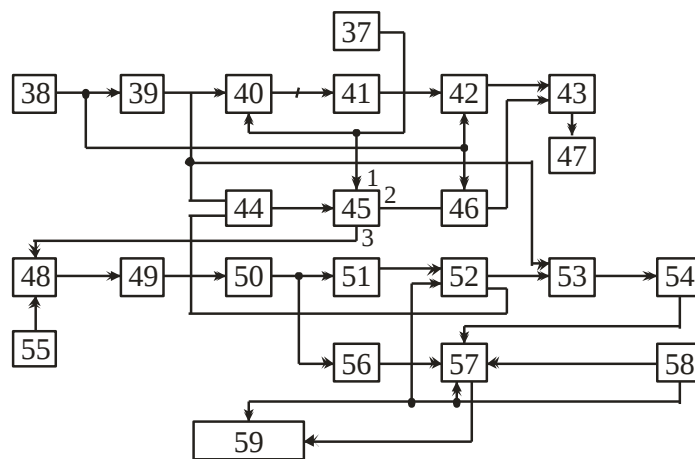


Рис. 20. Структурная схема аппаратных средств контроля входных и выходных потоков СТО в накопителях (ч.2)

Сигнал с выхода этого генератора поступает на формирователь 39 и оттуда на первый вход ключа 44. Поскольку триггер 52 находится в инверсном состоянии, то импульсы поступают на вход распределителя 45, который генерирует сигнал «единица» на своем втором выходе. Этот сигнал открывает ключ 46, разрешая прохождение сигнала модуляции от генератора 36 на передатчик 47. После истечения интервала времени, равного длительности стартовой посылки, распределитель 54 вырабатывает сигнал «единица» на первом выходе. Этот

сигнал разрешает работу распределителя 40 и увеличивает на единицу значение счетчика 37. Распределитель 40 посылает сигналы на разрешающие входы коммутатора 41, который преобразует параллельный код в последовательный. Этот код с выхода коммутатора 41 поступает на вход ключа 42, разрешая прохождение сигнала модуляции от генератора 38 на вход передатчика 47 (через элемент ИЛИ 43). Таким образом, за служебной посылкой формируется код номера опрашиваемого накопителя. Этот код передается в блок, устанавливаемый в накопителе. После передачи упомянутого кода, распределитель 45 на третьем выходе генерирует сигнал «единица», разрешая прием информации от приемника 44 (через ключ 48). Передаваемый передатчиком 47 сигнал, поступает на приемник 23, откуда на фильтр 24 (где выделяется модулирующая составляющая). Сигнал от фильтра поступает на детектор 25, который выделяет стартовую посылку. После окончания этой посылки, детектор разрешает прохождение импульсов от формирователя 6 на тактирующий вход регистра 30 (через ключ 28 и делитель 29). Следом за стартовой посылкой поступает код номера накопителя. Поскольку детектор 25 заблокирован триггером 27, то функционирует только детектор 26. Сигнал с выхода этого детектора поступает на информационный вход регистра 30. После приема информации, сигнал с выхода регистра запрещает прохождение импульсов на свой тактирующий вход (посредством триггера 27). В случае равенства поступившего кода, коду, записанному в блоке 32, на прямом выходе компаратора 31 появляется сигнал «единица». В противном случае, такой же сигнал появляется на инверсном выходе этого компаратора, производящий обнуление регистра 30. Далее блок 4, установленный в накопителе продолжает функционировать, как было описано выше. Если же коды равны, то сигнал с выхода формирователя 37 разрешает прохождение сигнала от генератора 5 через ключ 35, элемент ИЛИ 34, передатчик 33. Тем самым формируется стартовая посылка передаваемой информации. Сигнал с выхода формирователя 22 поступает на первый вход триггера 21, переводя его в состояние «единица». С инверсного выхода формирователя 22, сигнал «ноль» запрещает функционирование излучателей 1. При этом происходит запись информации из счетчиков 14, 15 в регистр 18 (и затем через элемент задержки 16 обнуление этих счетчиков). После перехода триггера 21 в состояние «единица», ключ 19 открыт и импульсы от формирователя 6 поступают через делитель 20 на вход регистра 18 и счетчика 17. Записанная информация в регистре, последовательно поступает на вход ключа 36, разрешая прохождение сигнала модуляции от генератора 5 на вход передатчика 33. Таким образом, информация, собранная в блоке, устанавливаемом в накопителе (рис.19) поступает в блок, находящийся в центре управления (рис.20). После окончания передачи информации, сигнал с выхода счетчика 17 переводит блок, устанавливаемый в накопителе в начальное состояние. Далее этот блок продолжает функционировать, как было описано выше. Приемник 55 принимает сигнал от передатчика 33 и передает его в фильтр 49, 50, где выделяется модулирующая составляющая сигнала. Далее детектор 51 выделяет стартовую посылку. После окончания стартовой посылки, детектор генерирует сигнал, который запрещает (посредством триггера 52) функционирование распределителя 45. Если сигнал с выхода триггера 52 не придет через время, необходимое для прихода обратной информации от блока,

устанавливаемого в накопителе, то распределитель 45 вновь начнет свой цикл работы. Сигнал от генератора 38 через ключ 53 и делитель 54 поступает на тактирующий вход регистра 57, где фиксируется принимаемая информация от накопителя. После появления сигнала на служебном выходе регистра 57, блок, устанавливаемый в центре управления, переходит в начальное состояние (посредством триггера 52 и элемента задержки 58), а информация из регистра 57 записывается в блок памяти 59. Таким образом, в блоке памяти накапливается информация о величинах очередей в накопителях контролируемой транспортной сети. При запросе со стороны управляющего вычислительного комплекса, блок памяти 59 передает собранную информацию. В рассмотренном устройстве используется радиоканал передачи данных. Как отмечается в [130], выбор несущей частоты для этих целей, представляет собой самостоятельную проблему. Для устранения этого недостатка, необходимо использовать проводной канал связи [82], к которому подключены передатчики и приемники описанных блоков (на рис.21 1 – блок, устанавливаемый в центре управления, 2 – блоки, устанавливаемые в накопителях). Протокол организации связи между блоками остается прежним.

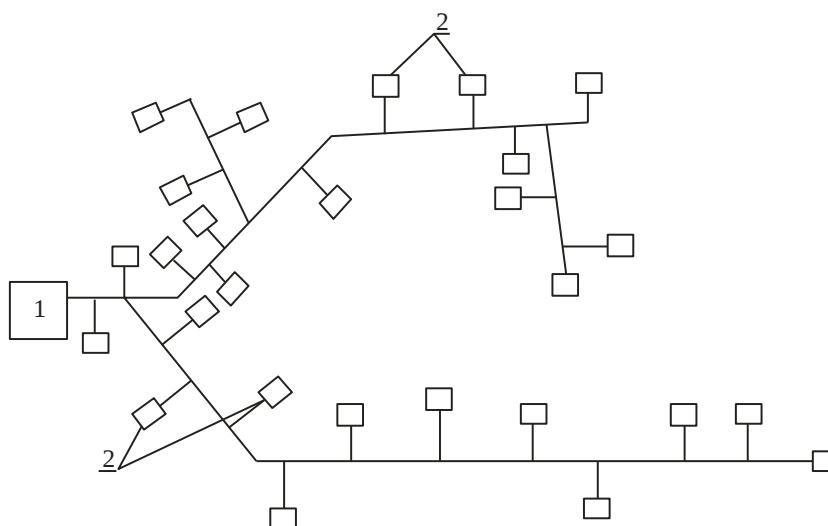


Рис. 21. Структурная схема аппаратных средств контроля входных и выходных потоков СТО в накопителях

1.7.2.2 Алгоритмы идентификации параметров транспортной сети по наполнению накопителей

Комплекс вышеописанных аппаратных средств позволяет системе управления обладать следующей информацией

$$A^1 = \{\alpha_{ik}(\epsilon)\}, \quad B^1 = \{\beta_{ik}(\epsilon)\} \quad (3.20)$$

где $\alpha_{ik}(\epsilon)$, $\beta_{ik}(\epsilon)$ – дискретные функции, соответственно загруженных и выгруженных подвижных объектов в накопителе с i -ым номером ($i = \overline{1, n}$) в зависимости от интервала

времени ε , в результате k -го измерения ($k = \overline{1, \chi}$). На конец ε – интервала величина загрузки накопителя подвижными объектами равна

$$\tilde{H}_{ik}(\varepsilon) = \tilde{H}_{ik}(\varepsilon - 1) + \alpha_{ik}(\varepsilon) - \beta_{ik}(\varepsilon), \tilde{H}_{ik}(0) = 0 \quad (3.21)$$

На рис.22, 23 показаны примеры зависимостей $\tilde{H}_{ik}$ от времени от номера ε – интервала для различных накопителей [131]. Математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение этих величин (в случае многократного измерения) можно выразить формулами

$$\tilde{H}_i^0(\varepsilon) = \frac{1}{\chi} \sum_{k=1}^{\chi} \tilde{H}_{ik}(\varepsilon) \quad (3.22)$$

$$\tilde{H}_i^\delta(\varepsilon) = \sqrt{\sum_{k=1}^{\chi} \left(\frac{\tilde{H}_{ik}^0(\varepsilon) - \tilde{H}_{ik}(\varepsilon)}{\chi} \right)^2} \quad (3.23)$$

Аналогичным образом эти величины могут быть рассчитаны и для других параметров. Временные затраты подвижных объектов на пребывание в i -ом накопителе равны :

$$T_i^H(\varepsilon) = \tilde{H}_{ik}(\varepsilon) \cdot \Delta t \quad (3.24)$$

Величину загрузки накопителей управляемой транспортной сети можно определить из следующего выражения

$$\tilde{H}_k(\varepsilon) = \sum_{i=1}^n \tilde{H}_{ik}(\varepsilon) \quad (3.25)$$

Временные затраты подвижных объектов на пребывание в накопителях транспортной сети за время ее функционирования равны:

$$T^H = \sum_{\varepsilon=1}^{\bar{\eta}} \sum_{i=1}^n T_i^H(\varepsilon) \quad (3.26)$$

Используя выражение (3.18) можно оценить суммарные временные затраты подвижных объектов на пребывание в накопителях и перемещение в сети за ε – интервал:

$$T^S(\varepsilon) = T_i^H(\varepsilon) + T_\varepsilon^T \quad (3.27)$$

и за все время функционирования

$$T^S = \sum_{\varepsilon=1}^{\bar{\eta}} T^S(\varepsilon) \quad (3.28)$$

При умножении величин получаемых по формулам (3.24), (3.26), (3.27), (3.28) на стоимость единицы временных потерь (для подвижных объектов) получаем соответствующие затраты в стоимостном выражении. Для осуществления контроля отклонений от заранее

рассчитанных параметров могут быть использованы величины, найденные по формулам (3.21) – (3.23), (3.25). Для оценки эффективности функционирования транспортной сети могут использоваться характеристики определяемые выражениями (3.24), (3.26) – (3.28). При этом необходимо стремиться к минимизации их значений. Кроме этого, выражение (3.21) позволяет получать значения максимальных очередей в накопителях. Превышение их длины некоторого заданного значения, служит сигналом для применения процедуры прогнозирования дальнейшего состояния транспортной сети.

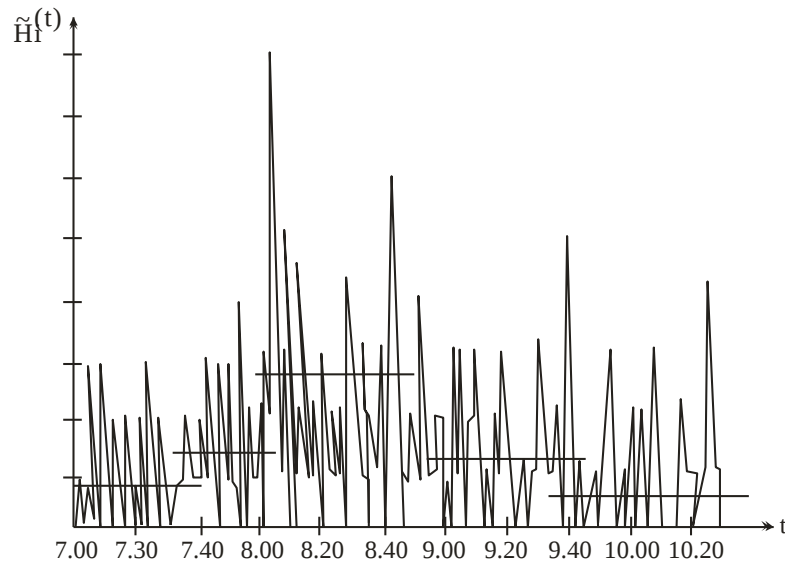


Рис. 22. Пример зависимости входного потока подвижных объектов от времени [54]

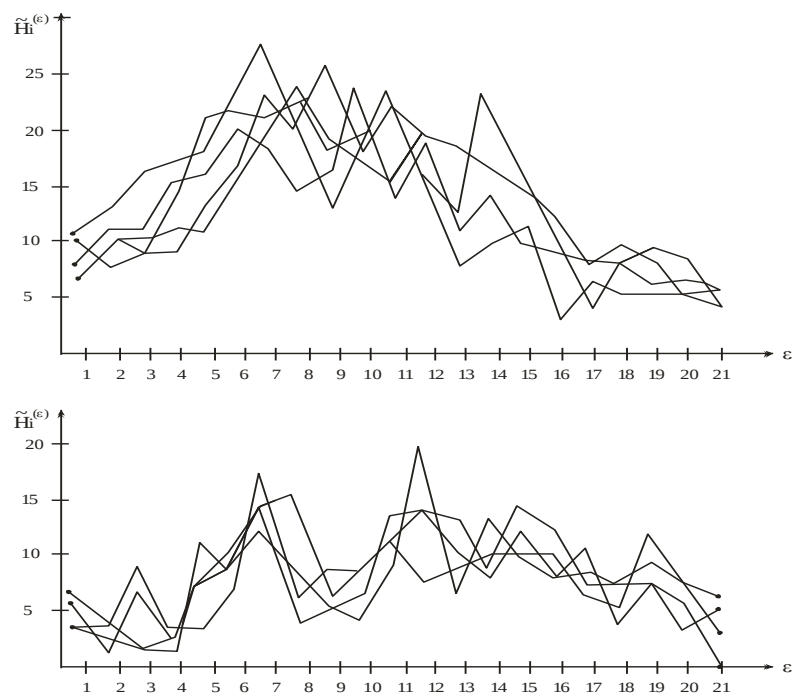


Рис. 23. Пример зависимости входного потока подвижных объектов от номера интервала времени в двух накопителях [54]

Если параметры нового состояния сети выходят за рамки ее нормального режима, то следует применять адаптационные процедуры, упреждающих последствия возможной аварийной ситуации [82].

3.7.3 Метод оперативного контроля структуры и интенсивности потоков подвижных объектов

Описанные выше системы получают информацию, по которой можно лишь косвенно судить о структуре потоков подвижных объектов. Они не позволяют определять траектории этих объектов, знание которых дает всю информацию по вышеописанным параметрам упомянутых систем [76]. Точность прогнозирования состояния транспортной сети во многом зависит от точности идентификации ее модели в начальный момент времени. Это обуславливает необходимость разработки комплекса аппаратных средств и соответствующего математического обеспечения для решения указанной задачи.

3.7.3.1 Алгоритмы функционирования аппаратных средств контроля параметров траекторий подвижных объектов

Центральное место в описываемой здесь системе, занимает устройство определения параметров траекторий подвижных объектов [76], которое состоит из двух блоков. Первый блок устанавливается в контрольных точках транспортной сети (рис.24), а второй в центре управления (рис.25).

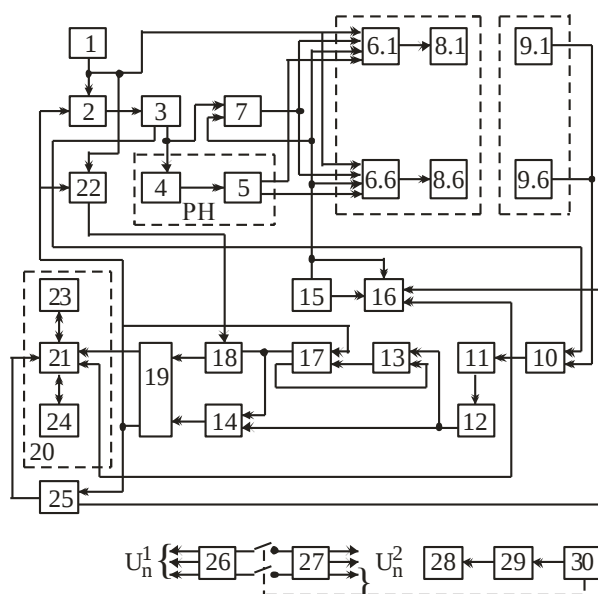


Рис. 24. Структурная схема аппаратных средств контроля параметров траекторий подвижных объектов ч.1

Кроме этого, первый блок может установлен также и в транспортном объекте. В этом случае, запуск устройства осуществляется автоматически (элементом 30) [76]. В противном случае, включение осуществляет оператор (при этом с помощью дешифратора 29 и индикатора 28 он информируется о точках контроля). Генератор 1 посылает сигналы на первые входы блока ключей 6, на первый вход делителя 2 и 22. При появлении сигнала на выходе делителя 2, формирователь 3 вырабатывает импульс, который поступает на вход распределителя (счетчик 4 и дешифратор 5) импульсов (РИ). Сигнал опроса с выхода распределителя поступает на вход соответствующего ключа блока 6.

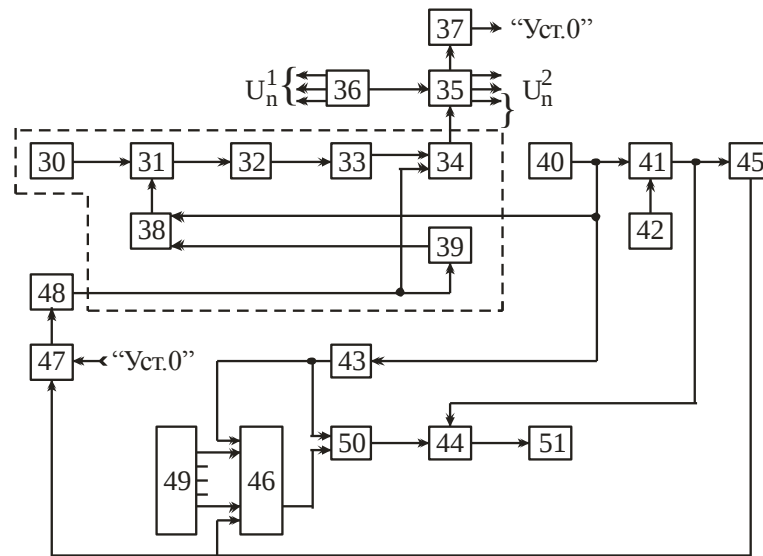


Рис. 25. Структурная схема аппаратных средств контроля параметров траекторий подвижных объектов ч.2

Сигнал «единица» от выхода формирователя 3 поступает на вход элемента ИЛИ 7 и с его выхода на вторые входы блока ключей 6. Ключ (например 6.1) открыт и поэтому происходит излучение промодулированного радиоимпульса излучателем (например 8.1). Формирователь 3 переходит в состояние «ноль» на прямом выходе и в состояние «единица» на инверсном. При этом открывается ключ 10. Если подвижного объекта нет в зоне действия сигнала излучателя (например 8.1), то делитель 2 вновь посылает сигнал на вход формирователя 3 и описанная процедура повторится вновь, только с другим излучателем (например 8.2). Таким образом, опрашиваются все пункты приема контрольной точки. Допустим в зоне действия одного излучателя (например 8.1) находится подвижный объект. После излучения радиоимпульса излучателем 8.1, приемник 30 (находящийся на подвижном объекте, рис.25), принимает этот сигнал. Триггер 38 находится в состоянии «ноль», поэтому на инверсном выходе состояние «единица» и ключ 31 открыт. Сигнал от приемника 30 проходит через фильтр 32 (где происходит выделение сигнала с частотой модуляции) на вход детектора 38. Сигнал, преобразованный в посылку постоянного тока, переводит делитель 34 в состояние «единица». Сигнал с выхода этого делителя поступает на вход коммутатора 35, с выхода которого напряжение питания поступает на компоненты

второго блока. Элементы этого блока устанавливаются в исходное состояние. Сигнал с выхода генератора 40 переводит триггер 38 в состояние «единица» (ключ 31 заперт). Этот же сигнал поступает на формирователь 43, который вырабатывает импульс малой длительности. По переднему фронту этого импульса происходит запись кода, находящегося в блоке памяти 49. Этот же импульс, попав на первый вход элемента 50, вырабатывает сигнал «единица» на его выходе. Ключ 44 на время действия импульса открыт. Сигнал с выхода генератора 40 поступает также на первый вход ключа 41, разрешая прохождение сигнала от генератора 42. Сигнал с выхода ключа поступает на делитель 45 и на первый вход ключа 44. Поскольку последний открыт, то происходит излучение радиоимпульса (промодулированного частотой) излучателем 51. Этот радиоимпульс принимается одним из приемников (например 9.1). Через открытый ключ 10 и фильтр 11 сигнал от приемника поступает на детектор 12. Сигнал с его выхода проходит на первый вход формирователя 13 и на второй вход ключа 14. Импульс с выхода формирователя 13 поступает на вход формирователя 15. Последний вырабатывает импульс заданной длительности, который открывает ключ (например 6.1). В результате этой процедуры происходит излучение радиоимпульса. Импульс с выхода формирователя 15 поступает на вход таймера 16. Код времени заносится в блок памяти 20. Тем самым фиксируется время взаимодействия подвижного объекта с блоком контрольной точки. Если в зоне действия сигнала от излучателя (например 8.1) находится несколько подвижных объектов, то первым захватит канал связи тот блок (находящийся на подвижном объекте), который раньше ответит [76]. Тем самым исключается одновременная передача информации вторыми блоками. Если генератор 40 не выдал сигнал «единица», то триггер 38 находится в состоянии «ноль» и ключ 31 открыт. Радиоимпульс от первого блока переводит делитель 34 в состояние «ноль». Этот сигнал посредством коммутатора 35 отключает напряжение питания от элементов второго блока, и они переходят в исходное состояние. Второй блок срабатывает вновь (по протоколу который был описан выше) по приходу следующего радиоимпульса опроса со стороны первого блока. У того второго блока, который захватил канал связи, с выхода делителя 45 поступают сигналы на тактирующий вход регистра 46 и на информационный вход счетчика 47. Код, записанный в регистре 46, последовательно начинает поступать через элемент ИЛИ 50 и ключ 44 на вход передатчика 51. Этот сигнал принимается приемником (например 9.1) и проходит на вход формирователя 13. Импульс от второго выхода формирователя переводит триггер 17 в состояние «единица». Этот триггер запирает формирователь 13 и открывает ключи 18 и 14. Информационные сигналы с выхода детектора 12 через ключ 14 поступают в регистр, на тактирующий вход которого поступают импульсы от делителя 22. Происходит перезапись кода из регистра 46 в регистр 19. После приема информации, на управляющем выходе регистра 19 появляется сигнал, который перезаписывает данные из регистра 19 в блок памяти 20 (через элемент ИЛИ 25). Элементы второго блока устанавливаются в исходное состояние. Распределитель генерирует очередной сигнал опроса на третий вход соответствующего ключа (например 6.2) и описанный выше цикл работы блока повторяется вновь. В это же время на выходе дешифратора 48 появляется сигнал «единица», который переводит элементы второго блока

в исходное состояние. Сигнал от дешифратора 48 поступает также на вход элемента задержки 39. По истечении времени большего времени выхода подвижного объекта на зоны действия сигнала от излучателей контрольной точки, но меньше времени следующего взаимодействия с подобным излучателем, элемент 39 генерирует сигнал «единица», который переводит триггер 38 в состояние «ноль», тем самым открывая ключ 31. Второй блок готов к следующей отметке. Блок памяти 20 имеет схему управления (21), оперативное запоминающее устройство (24) и регистр сопряжения (23) [76] с каналом передачи данных. Объединение первых блоков в единое целое осуществляется средствами системы описанной в предыдущем параграфе [84]. Протокол связи здесь также остается прежним. Если первый блок устанавливается на транспортном объекте, то он входит как периферийный элемент аппаратных средств, описанных в следующей главе. По командам со стороны блоков устанавливаемых в ТО (например [132]), через регистр сопряжения, схема управления перезаписывает накопленную информацию в управляющий вычислительный комплекс [82, 133]. Рассмотренная система может также осуществлять контроль параметров траекторий транспортных объектов.

1.7.3.2 Алгоритмы идентификации транспортной сети по параметрам траекторий подвижных объектов

Комплекс вышеописанных аппаратных средств позволяет системе управления для всех $I, S, H, \hat{E}$ – объектов T – сети иметь следующий набор матриц:

$$\begin{aligned} I_I^X &= \begin{bmatrix} m_1, t_1^m \\ \dots \\ m_k, t_k^m \end{bmatrix}; \quad I_j^3 = \begin{bmatrix} m_1, t_1^m \\ \dots \\ m_r, t_r^m \end{bmatrix} \\ I_l^H &= \begin{bmatrix} m_1, t_1^m \\ \dots \\ m_\alpha, t_\alpha^m \end{bmatrix}; \quad I_g^E = \begin{bmatrix} m_1, t_1^m \\ \dots \\ m, t^m \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3.29)$$

где $(i = \overline{1..n})$ – количество истоков, $(j = \overline{1..m})$ – количество стоков, $(l = \overline{1..Q})$ – количество накопителей, $(g = \overline{1..R})$ – количество транспортных объектов в контролируемой сети. Упорядоченное по t^m – множество элементов матриц (3.29) для определенного m – объекта

$$P_m = \{(I_i^I), (I_l^H), (I_g^E), \dots (I_j^3)\} \quad (3.30)$$

представляет собой его траекторию в транспортной сети. Множеству (3.34) соответствует множество

$$T_m = \{t_1^m, t_2^m, t_3^m, \dots, t_r^m\} \quad (3.31)$$

представляющее здесь набор моментов времени фиксации m – объекта в элементах сети. Тогда время нахождения m – объекта между истоком и стоком равно

$$\begin{aligned} \Delta t_r^m &= t_r^m - t_1^m \\ (t_r^m, t_1^m, \in T_m) \end{aligned} \quad (3.36)$$

Из множества (3.30) можно определить множества

$$\rho_m^{IS} = \{ [(I_i^I), (I_j^S)] \} \quad (3.37)$$

и соответствующие им множества

$$T_m^{IS} = \{ [t_i^m, t_j^m] \} \quad (3.38)$$

такие, что

$$\begin{aligned} I_i^I \in \rho_m^{IS} : [(I_i^I) \notin \rho_m^{IS} \Lambda(t_i^m) = \min t_k^m, \\ k = 1, \text{Card} \{T_m\}; (t_k^m \in T_m)] \end{aligned} \quad (3.39)$$

$$I_j^S \in \rho_m^{IS} : [(I_j^S) \notin \rho_m^{IS} \Lambda(t_j^m) \min (t_i^m + \Delta t_r^m)] \quad (3.40)$$

Для всех ρ_m^{IS} ($m = \overline{1, R}$ – код m – объекта) в ε – интервал времени, можно построить множество $\rho_{m\varepsilon}^{IS}$, такое что

$$\begin{aligned} [(I_i^I), (I_j^S)] \in \rho_{m\varepsilon}^{IS} : [t_i^m \geq (t_j^m - \Delta t_r^m) \Lambda \\ (\varepsilon - 1) \cdot \Delta t < t_i \leq (\varepsilon) \Delta t; t_i^m, t_j^m \in T_m] \end{aligned} \quad (3.41)$$

Тогда матрица корреспонденций подвижных объектов между истоками и стоками транспортной сети имеет вид:

$$M_\varepsilon^{IS} = \|X_{ij}\| \quad (3.42)$$

где $X_{ij} = \text{Card} \{ \rho_d^{IS} \}$, в свою очередь

$$\begin{aligned} [(I_i^I), (I_j^S)] \in \rho_d^{IS} : [[(I_i^I), (I_j^S)] \in \rho_{m\varepsilon}^{IS} \Lambda \\ i, j, d = \text{const}, \forall m] \end{aligned} \quad (3.43)$$

Из матрицы (3.42) легко определяются элементы множества (2.17). Элементы множества (2.18) определяются из множества (3.30) [82]. Тем самым идентифицируются параметры характеризующие поступление подвижных объектов в модель, а также состояние истоков и стоков в выбранный момент времени. Тогда

$$M_{\varepsilon\lambda}^{IS} = \|X_{ij} / \Delta t\| \quad (3.44)$$

является матрицей интенсивностей поступления подвижных объектов из i -го истока в j -ый сток транспортной сети в ε – интервал времени. Матрице (3.44) соответствует матрица средних временных затрат на перемещение между истоками и стоками:

$$M_{\varepsilon\lambda\in}^{IS} = \left\| \left[\sum_{m=1}^{x_{ij}} \left((t_j^m - t_i^m) / X_{ij} \right) \right] \right\| \quad (3.45)$$

Из множества (3.30) можно также получить множества

$$\rho_m^H = \{ [(I_i^H), (I_j^H)] \} \quad (3.46)$$

и соответствующие (3.46) множества

$$T_m^H = \{ [t_i^m, t_j^m] \} \quad (3.47)$$

такие, что

$$\begin{aligned} I_i^H \in \rho_m^H (I_i^H \in P_m) : [(I_i^H \in \rho_m^H) \wedge \\ t_i^m = \min t_r^m; r = 1, \text{Card} \{T_m\}; [t_r^m \in T_m] \\ I_j^H \in \rho_m^H (I_j^H \in P_m) : [(I_j^H \notin \rho_m^H) \wedge \\ \Delta t_{ij}^m = \min (t(I_j^H) - t(I_i^H)); \\ t(I_i^H), t(I_j^H) \in T_m] \end{aligned} \quad (3.48)$$

$$(3.49)$$

где $t(I_i^H)$, $t(I_j^H)$ – время фиксации m -объекта в i -ом и j -ом накопителях соответственно. Выделим из множества (2.25) те его элементы, для которых есть соответствующие накопители ($C_r \subseteq \hat{C}_r \text{МК}$). Тогда можно построить множество

$$\rho_m^{HC} = \rho_m^H \cap C_r (\forall r, 1) \quad (3.50)$$

Из множества (3.50) в ε – интервал времени образуем множество

$$\rho_{m\varepsilon}^{HC} = \{ [(I_i^H), (I_j^H)] \} \quad (3.51)$$

такое, что

$$[(I_i^H), (I_j^H)] \in \rho_{m\varepsilon}^{HC} : t(I_i^H) \geq (t(I_j^H) - \Delta t_{ij}^m) \wedge ((\varepsilon - 1) \Delta t < t(I_i^H) \leq (\varepsilon) \Delta t) \quad (3.52)$$

Тогда матрица корреспонденций подвижных объектов между накопителями сетевого транспортного объекта имеет вид

$$M_{\varepsilon}^{HC} = \|X_{ij}\| \quad (3.53)$$

где $X_{ij} = \text{Cord} \{P_d^H\}$, в свою очередь

$$[(I_i^H), (I_j^H)] \in \rho_d^H : [(I_i^H), (I_j^H)] \in \rho_{m\varepsilon}^{HC} \wedge i, j, d = \text{const}, \forall_m \quad (3.54)$$

Аналогично (3.44) получаем матрицу интенсивностей поступления m -объектов в накопители

$$M_{\varepsilon\lambda}^{HC} = \|\bar{X}_{ij} / \Delta t\| \quad (3.55)$$

и матрицу средних временных затрат на перемещение между накопителями сетевого транспортного объекта:

$$M_{\varepsilon\lambda t}^{HC} = \left\| \left[\sum_{m=1}^{X_{ij}} ((t_j^m - t_i^m) / \bar{X}_{ij}) \right] \right\| \quad (3.56)$$

Поскольку множество (3.46) не включает параметров транспортных объектов, то следовательно, объединение матриц (3.53) для всех СТО (при абсолютной нумерации накопителей), с исключением повторяющихся элементов с одинаковыми индексами, образуют матрицу корреспонденций подвижных объектов между накопителями

$$M_{\varepsilon}^H = \|\bar{X}_{ij}\| \quad (3.57)$$

Для этого случая, аналогично (3.55), (3.56) могут определены соответствующие матрицы. В случае применения вышеописанных аппаратных средств для контроля параметров траекторий транспортных объектов (по накопителям), матрицы (3.29) дополняются матрицами

$$I_k^{EH} = \begin{bmatrix} E_1, t_1^E \\ \dots \dots \dots \\ E_h, t_h^E \end{bmatrix} \quad (3.58)$$

где $(h = \overline{1..N})$ – количество $\hat{E}$ – агрегатов в контролируемой сети. Упорядоченное по t^E множество элементов (3.58), для определенного $\hat{E}$ – агрегата

$$P_E = \{ (I_i^{EN}), \dots, (I_d^{EN}) \} \quad (3.59)$$

где $\tilde{X}_{kl} = \text{Card} \{P_d^c\}$, в свою очередь

$$[(I_k^{EN}), (I_l^{EN})] \in \rho_d^c : [(I_k^{EN}), (I_l^{EN})] \in \rho_{E\varepsilon}^H \wedge k, l, d = \text{const}, \forall_m \quad (3.70)$$

На основе матриц (3.69) и (3.57) можно определить параметры, описанные в предыдущих параграфах.

Так, например, величина (3.5) равна

$$\tilde{Q}_{\varepsilon c} = \sum_{k,l=1}^n \tilde{X}_{kl}; \tilde{X}_{kl} \in M_{\varepsilon}^c, \quad (3.71)$$

в величину (3.25) можно определить из выражения

$$\tilde{H}_i(\varepsilon) = \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ij}; \bar{X}_{ij} \in M_{\varepsilon}^H, \quad (3.72)$$

Для определения параметров состояния истоков, стоков, накопителей и транспортных объектов в выбранный момент времени, необходимо воспользоваться соответствующими матрицами (3.29) и применить общую для них процедуру определения тех m – объектов, которые зафиксированы в соответствующих элементах транспортной сети только один раз [82].

1.8 Модифицированный алгоритм восстановления матриц корреспонденций подвижных объектов

В настоящее время не все элементы реальных транспортных сетей могут быть снабжены аппаратными средствами вышеописанной системы (особенно это относится к транспортным сетям ГПТ). Отсюда вытекает задача восстановления структуры и интенсивности потоков подвижных объектов по известной информации получаемой посредством проведения выборочных измерений. С помощью системы описанной в п.3.1, можно выявить множество накопителей

$$X^0 = \{H_1, \dots, H_k\} \quad (3.73)$$

обладающих устойчивым порождающим (для СТО) потоком подвижных объектов [82]. Используя метод предложенный в [75] или путем выборочного применения метода изложенного в п.3.3. Определяются значения элементов (X_{ij}^K) матрицы (3.69) для накопителей входящих в множество (3.73). Поставим задачу восстановления неопределенных элементов $(\tilde{X}_{ij})$ матрицы (3.69). Для этого вначале воспользуемся методом предложенным в [134], который позволяет дать приблизительную оценку структуры потока по данным загрузки и выгрузки транспортных объектов. Элементы восстанавливаемой матрицы этим методом обозначим X_{ij}^A (расчет ведется в ε – интервале времени, поэтому соответствующий индекс опущен). Тогда эти элементы представляются функцией вида

$$X_{ij}^A = K_{ij} \cdot A_{li} \cdot B_{li} \quad (3.74)$$

при следующих краевых условиях

$$X_{12}^A = B_{11}; X_{n-1}^A, \mathbf{n} = A_{l(n-1)}; X_{11}^A = \mathbf{0}; X_{nn}^A = \mathbf{0} \quad (3.75)$$

Расчетные формулы при этом принимают вид

$$X_{ij}^A = \begin{cases} \frac{\prod_{r=i+1}^{j-1} (\bar{H}_{lr}^c - B_{lr})}{\prod_{r=i+1}^j \bar{H}_{lr}^c} \cdot A_{lr} \cdot B_{lr}, & \text{если } j > i + 1 \\ \frac{1}{\bar{H}_{lr}^c} \cdot A_{lr} \cdot B_{lr}, & \text{если } j = i + 1 \\ 0, & \text{если } j = 1 \end{cases} \quad (3.76)$$

В общем случае $X_{ij}^A \neq X_{ij}^k$. Поэтому необходима увязка этих элементов в рамках матрицы (3.69). На данном этапе воспользуемся методом определения матриц корреспонденций подвижных объектов, который использует аппарат множителей Лагранжа [135]. Запишем функционал [2]

$$F(\tilde{X}_{ij}) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n C_{ij} (\tilde{X}_{ij} - X_{ij}^A)^2 \quad (3.77)$$

при известных ограничениях. Если накопитель входит в множество (3.73), то $\tilde{X}_{ij} = X_{ij}^k$. Теперь задача сводится к нахождению таких $\tilde{X}_{ij}$, которые минимизируют функционал (3.77). Согласно [135] заменяем критерий (3.77) критерием

$$F_1(\tilde{X}_{ij}) = F(\tilde{X}_{ij}) + \sum_{i=1}^n M_i (\sum_{j=i+1}^n \tilde{X}_{ij} - A_{ij}) + \sum_{j=1}^n M_{j+(n-1)} (\sum_{i=1}^j \tilde{X}_{ij} - B_{ij}) \quad (3.78)$$

Находим частные производные

$$\frac{\partial F_1}{\partial X_{ij}} = 2C_{ij}\tilde{X}_{ij} - 2C_{ij}X_{ij}^A + M_i + M_{j+n} \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{i+1, n}) \quad (3.79)$$

Таким образом, минимум (3.78) достигается для $\tilde{X}_{ij}$ удовлетворяющих системе уравнений

$$\tilde{X}_{ij} = X_{ij}^A - \frac{M_i}{2C_{ij}} - \frac{M_{j+n}}{2C_{ij}}. \quad (3.80)$$

После преобразования получаем систему алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} \Delta \alpha_i &= \frac{M_i}{2} \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_{ij}} + \sum_{j=1}^n \frac{M_{j+n}}{2C_{ij}}, \quad i = \overline{1, n}; \\ \Delta \beta_j &= \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{2C_{ij}} + \frac{M_{i+n}}{2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_{ij}}, \quad j = \overline{1, n} \end{aligned} \quad (3.81)$$

где $\Delta\alpha_i$ и $\Delta\beta_i$ невязки по параметрам загрузки и выгрузки транспортных объектов. Определяя множители Лагранжа путем решения системы уравнений (3.81) и подставляя их в уравнение (3.80) определяются элементы матрицы (3.69) дающей информацию о структуре и интенсивности потоков подвижных объектов в СТО. Модификация известных алгоритмов здесь заключается в том, что путем объединения методов [71], [75], [134], [135], а также введения новых процедур, получаются данные более точные, чем рассчитанные по методам [71], [134], [135] и полученные с меньшими затратами нежели методом [75] или методом описанном в предыдущем параграфе.

$$\{H_1, H_2, \dots, H_l\} \subset \{1, 2, \dots, k\} \quad (4.1)$$

таких, что при обслуживании исходного СТО транспортными объектами в количестве $N - N^*$ и одновременно при обслуживании N^* транспортными объектами нового СТО с накопителями из $\{H_1, H_2, \dots, H_l\}$, суммарные затраты t° времени на обслуживание подвижных объектов таким комбинированным СТО, будут меньше, чем суммарные затраты времени на исходном СТО T°

$$t^\circ < T^\circ \quad (4.2)$$

и кроме того,

$$t^\circ = \min T_{ij} \quad (4.3)$$

где минимум берется по всем комбинированным СТО и по всем комбинациям

$$\gamma = \{N - N^*\} \quad (4.4)$$

которыми распределяются ТО между основным СТО и дополнительным, так что

$$T_{ij} < T^\circ \quad (4.5)$$

Как видно из формулировки задачи, здесь не выделяются начальные и конечные накопители СТО как особые. Таким образом, задача организации скоростных, комбинированных и маятниковых СТО [153], ставится как одна и та же задача. В том случае, когда начальный и конечный накопитель СТО принадлежит выделенному подмножеству $\{H_1, H_2, \dots, H_l, \dots, H_l\}$, например, если $H_1 = H_1^i$, $H_l = H_k^i$ получаются экспрессные СТО, если же $H_1 \neq H_1^i$, либо $H_l \neq H_k^i$, то получаемый таким образом СТО носит название укороченного (накопители с индексом i принадлежат исходному СТО).

Будем формировать подобные сетевые транспортные объекты по принципу гиперсвязности [7], т.е. исходя из тех соображений, что эти СТО в первую очередь должны связывать накопители корреспонденции, между которыми велики (например, выше

среднего значения). Организованные по этому принципу СТО будем называть одним и тем же термином – гиперсвязные сетевые транспортные объекты (ГСТО). Будем рассматривать движение транспортных объектов от начального до конечного накопителя в одном направлении.

Пусть

$$X = (X_{ij}); ij = \overline{1, \dots, k} \quad (4.6)$$

матрица корреспонденций подвижных объектов исходного СТО [82, 136] в некотором ε – интервале, определенная например, как матрица (3.69) или как результат процедуры моделирования транспортной сети. Обозначим через X_0 среднее значение корреспонденций по исходному СТО, получаемое как среднее арифметическое d_0 элементов матрицы (4.6)

$$d_0 = k(k - 1)/2 \quad (4.7)$$

расположенных над ее диагональю. Множество Γ накопителей СТО разобьем на два подмножества Γ_1 и Γ_2 следующим образом: Γ_1 – это множество накопителей с такими номерами l , что для некоторого j , либо $X_{lj} > X_0$, либо $X_{jl} < X_0$, а Γ_2 – дополнение к множеству

$$\Gamma_2 = \Gamma / \Gamma_1. \quad (4.8)$$

Накопители из Γ_1 будем называть гиперсвязными, а накопители гиперсвязных СТО будем выбирать как подмножество $\Gamma_1 \subset \Gamma$. Общий объем потока подвижных объектов в исходном СТО может найден по формуле

$$V_c = \sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k X_{ij} \quad (4.9)$$

При переводе транспортного объекта из исходного СТО в гиперсвязный будем исходить из необходимости сохранения естественных пропорций между количеством, переведенных ТО и соответствующим объемом потока, а именно, если из каких-то соображений N^* транспортных объектов переводят в гиперсвязный СТО из исходного, то должно выполняться соотношение

$$\frac{N^*}{N} < \frac{V_c^*}{V_c} \quad (4.10)$$

Объем потока V_c^* находится по формуле (4.9) в которой элементы матрицы (4.6) заменены на элементы новой матрицы X^1 . Эта матрица получается из матрицы (4.6) следующим образом: ненулевые элементы матрицы (4.6) совпадают с соответствующими элементами матрицы (4.6)

$$X_{ij}^1 = X_{ij} \quad (4.11)$$

и отвечают индексам i, j , которые принадлежат множеству номеров накопителей гиперсвязного СТО, остальные элементы – нулевые.

При выделении определенного количества транспортных объектов для искомого СТО условие (4.10) играет роль необходимого условия, т.к. его нарушение ведет с одной стороны к увеличению нагрузки на оставшиеся в исходном СТО транспортные объекты, а с другой может приводить к недогрузке транспортных объектов в искомом СТО на перегонах значительной длины [137]. Это накладывает ограничение на γ , что в свою очередь снижает число комбинаций (4.4). Суммарные затраты времени на перемещение и перераспределение потоков подвижных объектов, рассчитываются с помощью имитационной модели [82] (программно или аппаратно реализованной) или по формулам (1.2) [7, 138], дающих приближенный результат.

Сформулируем алгоритм поиска гиперсвязных сетевых транспортных объектов.

1⁰. Определяется среднее арифметическое X_0 , по $d_0 = (k(k-1)/2)$ элементам матрицы X , расположенных над ее диагональю.

2⁰. Накопители ранжируются по количеству корреспонденций между ними. Выделяются те накопители, корреспонденции между которыми имеют максимальное значение. Будем называть их накопителями первого ранга. Затем образуется группа накопителей второго ранга с меньшим следующим по значению количеством корреспонденций подвижных объектов и т.д. до среднего значения X_0 .

3⁰. По группе накопителей первого ранга образующих СТО, строится матрица X'_1 .

4⁰. Вычисляется объем потока подвижных объектов V_{c1}^* в исходном СТО по матрице X'_1 .

5⁰. По объему V_{c1}^* находится максимальное число N_1^* единиц транспортных объектов, которое может быть выделено в дополнительный СТО по формуле

$$N_1^* = \left\lfloor \frac{V_{c1}^*}{V_c} N \right\rfloor \quad (4.12)$$

где квадратные скобки означают, взятие целой части.

6⁰. С помощью имитационной модели СТО вычисляются суммарные затраты времени на обслуживание подвижных объектов в гиперсвязном сетевом транспортном объекте (эта же операция может выполнена по формулам (1.2), но со значительно меньшей точностью).

7⁰. По объединенной группе накопителей первого и второго рангов образуется новый СТО, для которого проделываются все вычисления пунктов 3⁰ - 6⁰ и находится число транспортных объектов N_2^* , суммарные затраты времени

$$T_k^{2l} = (T_0)^{2l} + (T_r)^{2l}, l = \overline{1, N_2^*} \quad (4.13)$$

на исходном (T_0') и дополнительном (T_r) СТО.

8⁰. По объединенной группе накопителей 1-го, 2-го и 3-го рангов проводятся все вычисления в пунктах 3⁰ - 6⁰ и т.д., до среднего значения корреспонденций подвижных объектов X_0 .

9⁰. Если заранее задано максимальное время обслуживания $\bar{t}$ в накопителях СТО, то по формулам

$$N_{max}^* = N - N_{min}^0; N_{min}^0 = t_{об} / \bar{t} \quad (4.14)$$

Определяется максимальное количество транспортных объектов N_{max}^* , которые могут переведены в дополнительный СТО (здесь $t_{об}$ – время оборота ТО в СТО).

10⁰. При вычислении на k -ом шаге суммарных затрат времени T_k , переменное число ТО N_k^* , участвует до тех номеров k , для которых $N_k^* < N_{max}^*$.

Начиная с номера l , такого что $N_l^* \geq N_{max}^*$, вместо переменного N_k^* подставляется максимальное значение N_{max}^* (которое в условиях данного режима не может быть превышено).

11⁰. В полученном множестве $\{T^0, T^{1h}, T^{2l}, T^{kg}\} (k = 1; \dots; N_{max}^*)$ выбирается минимальный элемент. Соответствующий набор накопителей образует гиперсвязный СТО, а соответствующее число транспортных объектов следует принять за N^* .

12⁰. Если полученный ГСТО экспрессный, то все вышеописанные вычисления необходимо проделать для обратного направления.

13⁰. Если ГСТО укороченный, то проделывая вычисления для обратного направления, необходимо сравнить полученные СТО по расположению накопителей.

14⁰. В диалоговом режиме провести корректировку и проверить эффективность функционирования полученного гиперсвязного СТО на основе имитационной модели [82], осуществляющей здесь функции экспертной системы.

Рассмотренный алгоритм может непосредственно встроен в контур управления для автоматического принятия решений (для простых транспортных сетей [139]), либо (для сложных сетей) использоваться для определения опорных топологических параметров управления с последующим их анализом оператором в интерактивном режиме с применением языка интерпретации транспортных сетей (описанного выше). В следующей главе приводятся результаты исследования рассмотренного алгоритма.

Вышеприведенный алгоритм позволяет модифицировать уже известный набор СТО входящих в транспортную сеть, без образования сетевых транспортных объектов, которые бы объединяли накопители нескольких СТО.

Тем не менее, матрицы корреспонденций транспортной сети, полученные путем объединения матриц типа (3.53) можно считать (в некоторых пределах) независимыми, а матрицы типа (3.44) абсолютно независимыми от набора СТО. Отсюда вытекает возможность адаптации транспортной сети к новым потокам подвижных объектов путем введения СТО, объединяющих ряд накопителей, принадлежащих различным сетевым транспортным объектам. Для этого случая здесь предлагается алгоритм, который в обобщенном виде, формулируется следующим образом.

1⁰. Определяется множество $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ накопителей транспортной сети, наиболее связанных между собой (в вышеприведенном смысле) за некоторый интервал времени. На n могут быть наложены ограничения как снизу, так и сверху, либо его величина ограничивается заданной длиной траектории транспортного объекта в СТО.

2⁰. В результате применения алгоритма Грешнера [30], находятся траектории подвижных объектов в каждой из определенной по п.1⁰ совокупности накопителей (образующих соответствующий СТО). В результате определения длины (в единицах времени или расстояния) траектории, в соответствующих случаях делается корректировка набора накопителей по п. 1⁰.

3⁰. Отыскивается необходимое количество транспортных объектов для этих СТО, применяя алгоритм одномерного поиска [82].

4⁰. Путем использования вышеописанного алгоритма поиска гиперсвязных сетевых транспортных объектов, определяются режимы функционирования найденных СТО и количество транспортных объектов в них.

5⁰. Вышеописанные расчеты делаются для следующего интервала времени (или в случае повторного обращения к алгоритму).

6⁰. Производится расчет временных параметров функционирования найденных СТО.

7⁰. На комплексной модели транспортной сети проверяется непротиворечивость найденных режимов и делается оценка эффективности ее функционирования.

С помощью ЯИТС, производится учет трудно формализуемых факторов влияющих на эффективность сети.

Таким образом, здесь, алгоритм (получивший название объединенного) производит адаптацию транспортной сети к новым потокам подвижных объектов не в результате корректировки параметров СТО ее составляющих, а путем нового определения сетевых транспортных объектов. Эти СТО либо дополняют прежнюю транспортную сеть, либо образуют ее заново. Для транспортных сетей, количество параметров которых, позволяет производить моделирование на современных ЭВМ в приемлемое время, предлагаемый алгоритм дает хорошие результаты [120]. На базе этого алгоритма, в настоящее время могут быть образованы процедуры эволюционного топологического проектирования исследуемых сетей. Минимизация траектории ТО по п. 2⁰ алгоритма дает подход к рациональному размещению истоков, стоков и накопителей (например, в транспортных сетях ГАП).

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.