

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Скрыпников А.В., Чистяков А.Г., Дорохин С.В., Кривошеева А.В.

*ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»  
(394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19), [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)*

---

Параметры транспортного потока, такие как интенсивность движения, скорость и занятость, измеряются с помощью детекторов транспорта, расположенных на дороге или рядом с ней. Эта информация обрабатывается и используется для управления сигналами светофоров и знаками, расположенными вдоль дороги. Таким образом обеспечивается плавность движения транспортного потока, выдается водителям информация о направлениях движения и достигается также вторичный эффект в виде снижения числа дорожно-транспортных происшествий.

Авторами показано, что при управлении дорожным движением простая логика не применима. Существуют два метода определения управляющих параметров для светофорной сигнализации - выбор программ управления: выбирается одна из заранее подготовленных программ (наборов параметров) в соответствии с измеренными или предсказанными параметрами условий движения; генерация программ: оптимальные параметры вычисляются в масштабе времени, близком к реальному согласно измеренным параметрам условий движения.

Авторами предпринята попытка проанализировать технические средства и программное обеспечение подобной системы. Представленные технические средства и программное обеспечение обладают достаточной общностью и могут использоваться для управления дорожным движением в различных отраслях, связанных с эксплуатацией автомобильно-транспортных средств, и в дорожно-проектных организациях при формировании дорожно-транспортной сети и организации движения по ней.

Ключевые слова: дорожное движение, координирование, управляющие параметры, светофорная сигнализация, подпрограмма, программа.

## INFORMATION SYSTEMS COORDINATED TRAFFIC MANAGEMENT

Skrypnikov A.V., Chistyakov A.G., Dorokhin S.V., Krivosheeva A.V.

*Voronezh State University of Engineering Technology  
(394036, Voronezh, Prospect Revolution, 8), [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)*

---

Traffic flow parameters such as traffic volume, speed and time are measured by traffic detectors located on the road or next to it. This information is processed and used to control traffic signals and signs along the road. Thus ensuring smooth traffic flow, provides the driver information about driving directions and also achieved a secondary effect as a reduction in the number of road accidents. The authors have shown that the traffic management simple logic does not apply. There are two methods of determining the control parameters for the traffic light signaling: management software selection: choose one of the predefined programs (parameter sets) according to the measured parameters or predicted traffic conditions, the generation of programs, optimal parameters are calculated on a time scale close to real measured parameters according to traffic conditions. The authors attempted to analyze the hardware and software of such a system. Submitted hardware and software have sufficient generality and can be used for traffic management in various sectors related to the operation of motor vehicles and in road design organizations in the formation of the road network and traffic on it.

Keywords: traffic, coordination, control parameters, signals alarm, program, program.

**Введение.** Управление дорожным движением в двухмерных сетях принято называть сетевым управлением. В этих случаях простая логика управления, подобная случаям магистрального управления, часто неприменима [1-2].

В общем случае существуют два метода определения управляющих параметров - выбор программ управления: выбирается одна из заранее подготовленных программ (наборов параметров) в соответствии с измеренными или предсказанными параметрами условий движения; генерация программ: оптимальные параметры вычисляются в масштабе времени, близком к

реальному согласно измеренным параметрам условий движения.

При сетевом управлении в сложных дорожных сетях предпочтителен, конечно, метод генерации программ, а при использовании метода выбора программ необходимо подготовить возможно большую их совокупность. Поэтому наиболее часто в качестве центрального контроллера в случае сетевого управления используют ЭВМ. Система управления светофорной сигнализацией состоит из: а) управляющего вычислительного комплекса (УВК); б) линий связи и блоков управления передачей информации; в) местных контроллеров; г) детекторов транспорта; д) мнемосхемы для операторов системы [1; 3; 4]. Рассмотрим их подробно:

а) управляющий вычислительный комплекс (УВК). Функциональные требования к ЭВМ, используемые для управления светофорной сигнализацией, аналогичны требованиям в других системах реального масштаба времени. УВК выполняет обычно в реальном масштабе времени такие операции, как сбор информации о параметрах транспортных потоков, определение стратегии управления и переключение светофорной сигнализации. Вне реального масштаба времени выполняется обработка статистической информации о движении транспорта, оценка стратегий управления методами имитационного моделирования и т. д. [5].

Существуют два типа архитектур УВК, используемых для этих целей: централизованная или параллельная архитектура; иерархическая архитектура.

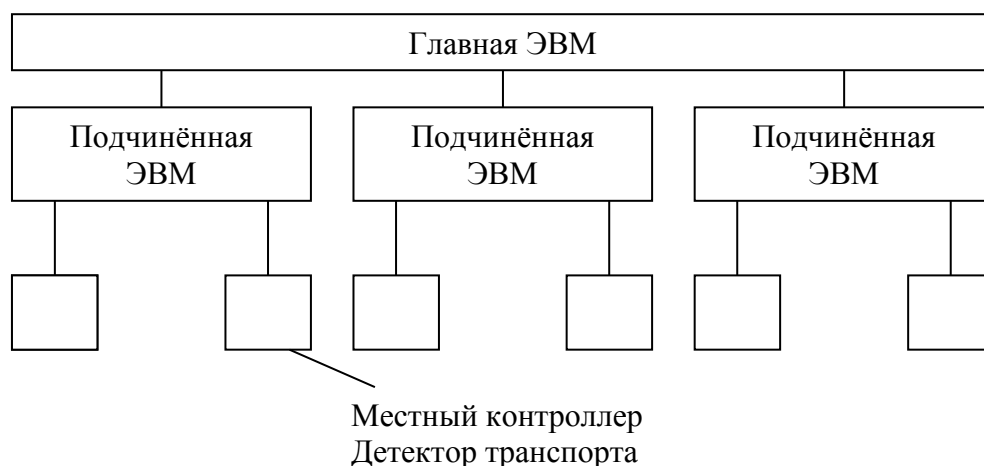


Рисунок 1 - Параллельная структура системы

В первом случае сигналы светофоров управляются одной ЭВМ или множеством ЭВМ, работающих параллельно, как это показано на рисунке 1. В иерархической системе, с другой стороны, одна главная вместе с одной или несколькими подчиненными ей ЭВМ управляет светофорной сигнализацией, как это показано на рисунке 2.

В общем случае операции, выполняемые УВК в процессе управления светофорной сигнализацией, могут быть разделены на две категории. Первая категория содержит те операции, которые требуют сложной обработки информации, такие как определение стратегии управления, в то время как вторая включает совокупность простых операций в реальном масштабе

времени, таких как обработка сигналов на выходах детекторов транспорта и переключения сигналов светофоров [1; 6; 7].

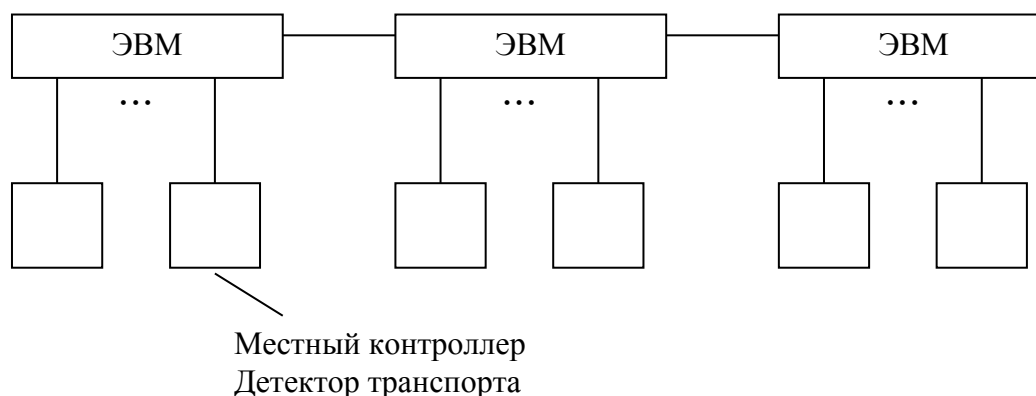


Рисунок 2 – Иерархическая структура системы

В этом случае загрузка УВК распределяется в правильном соответствии с возможностями технических средств управления дорожным движением;

б) линии связи и блоки управления передачей информации. Передача информации от ЭВМ к светофорам и от детекторов транспорта к ЭВМ осуществляется по каналам связи. Хотя в давно созданных системах автоматического координированного управления использовались специально проложенные кабельные линии, обычно в больших системах управления с использованием ЭВМ применяются телефонные линии связи как более удобные в эксплуатации;

в) местные контроллеры. Местные контроллеры, устанавливаемые на каждом перекрестке, принимают импульсы переключения фаз регулирования. Хотя такие контроллеры могут быть реализованы с помощью одних стандартных логических модулей, использование ряда дополнительных устройств дает возможность присоединить существующее оборудование перекрестка к системе управления, включающей ЭВМ;

г) детекторы транспорта. Наиболее широко используемыми детекторами транспорта являются индуктивные и ультразвуковые. Обычно желательно определять с помощью детектора транспорта несколько параметров транспортного потока, таких как интенсивность, плотность, скорость, длина очереди и т.д. Однако детектор, который может быть реализован наиболее экономичным способом, может определять только присутствие автомобиля, причем этот параметр в дальнейшем преобразуется с помощью ЭВМ [8; 9].

Технологические программы выполняют обработку информации, собранной детекторами, выбирают стратегии управления, переключают сигналы светофоров и т.д.

Поскольку достоинством управления с помощью ЭВМ является его универсальность и совместимость, желательно разделение мониторинговых и технологических программ на множество функциональных модулей, которое облегчает смену функций, или добавление новых.

**П1. Подпрограмма считывания информации с выходов детекторов транспорта.** ЭВМ определяет не только число импульсов на выходе детекторов транспорта, но и их длительность, необходимую для подсчета занятости. Определение длительности импульсов выполняется путем периодического сканирования выхода детектора.

Наличие сигнала на выходе означает присутствие автомобиля в зоне действия детектора, а отсутствие сигнала — отсутствие и автомобиля в зоне его действия. Блок-схема подпрограммы сканирования приведена на рисунке 3. Поскольку сама подпрограмма не отсеивает ошибочные изменения состояний, связанные, например, с мгновенными шумами, желательно ввести дополнительную функцию, благодаря которой ненормально короткие интервалы наличия или отсутствия сигнала рассматривались бы как ошибочные. Для этой цели подвергаются изменению длительности интервалов отсутствия сигнала [10].

Количество автомобилей и суммарная ширина импульсов, определяемые данной подпрограммой, преобразуются затем в интенсивность, занятость и другие параметры посредством описанной ниже подпрограммы усреднения.

**П2. Подпрограмма усреднения.** Информация, полученная с помощью подпрограммы считывания, сглаживается и преобразуется в требуемые параметры транспортного потока, такие как интенсивность движения, занятость, скорость, плотность, степень затора и т.д. Техника усреднения не сводится к единственной подпрограмме, а реализуется множеством программ, подготавливаемых заранее в соответствии с видом информации, необходимой для функционирования остальных программ. Частота их вызова распределена между 100 с и несколькими десятками минут.

**П3. Программа нахождения длительности цикла регулирования для основных перекрестков.** Длительность цикла регулирования в районе управления определяется величиной интенсивности движения на наиболее загруженном перекрестке. Так как количество перекрестков, которые могут быть наиболее загружены, ограничено, то вычисление длительности цикла может производиться для заранее заданных перекрестков. Период вызова этой подпрограммы приблизительно равен 5 мин.

**П4. Подпрограмма определения района координации.** Для определения сдвигов желательно разделить сеть перекрестков на некоторое количество подрайонов и для каждого из них найти длительность цикла. Это позволяет использовать тот факт, что в каждом из районов имеются отличия в интенсивности движения. Подобные подрайоны, в случае если имеются их естественные границы (парк, река, железная дорога и т.д.), могут быть фиксированными.

**П5. Подпрограмма выбора метода управления.** Методы и критерии управления определяются в зависимости от условий движения. Метод управления определяется для каждого

подрайона или основного перекрестка, а стратегия управления назначается в соответствии с выбранным методом. Эта программа вызывается каждые 15...60 мин [1; 5].

**Пб. Подпрограмма нахождения распределения периодов в цикле на основном перекрестке.** Эта подпрограмма определяет распределение периодов в цикле регулирования на основном перекрестке и вызывается приблизительно каждые 5 мин.

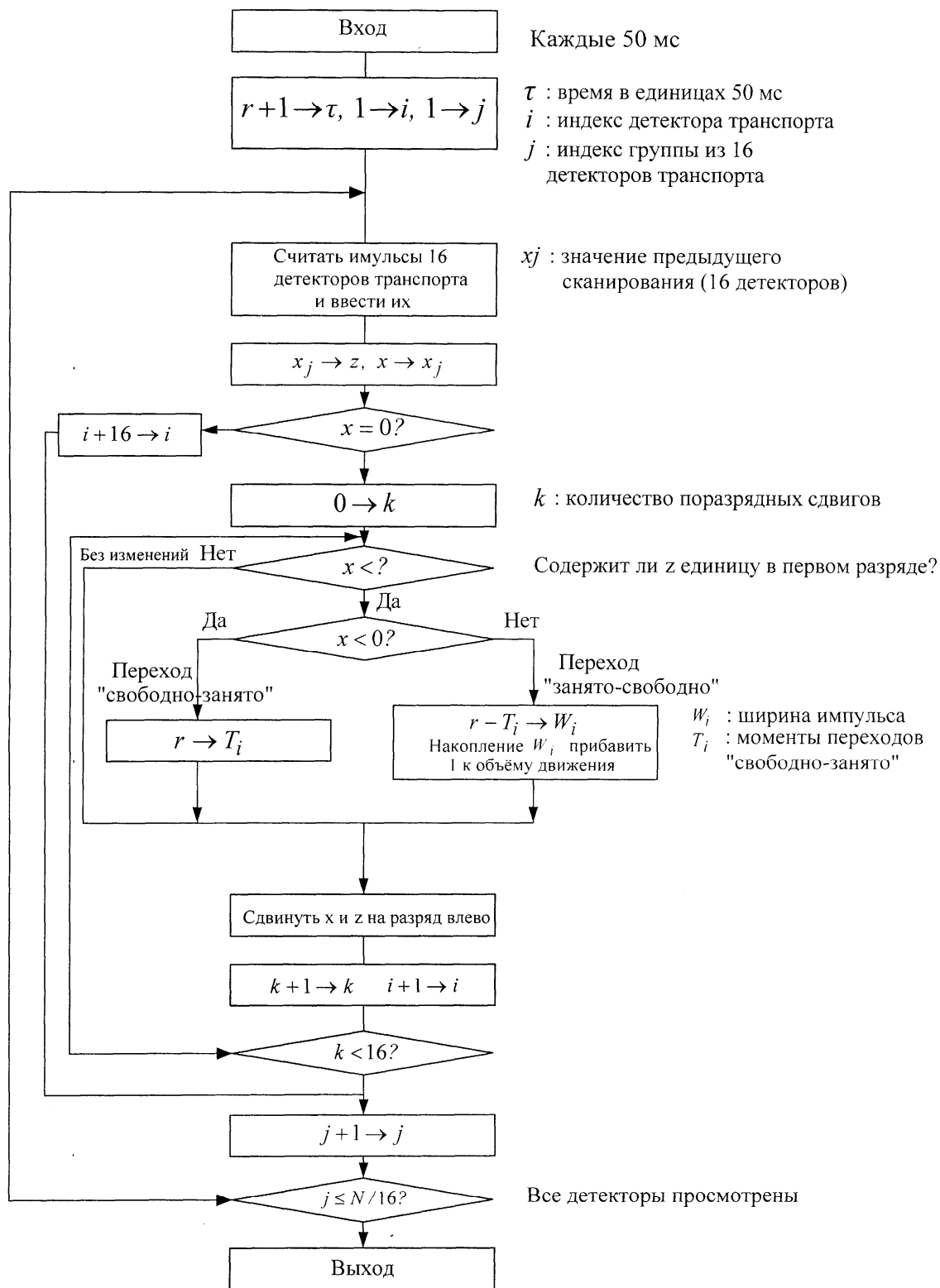


Рисунок 3 – Программа сканирования выходов детекторов транспорта

**П7. Подпрограмма нахождения набора распределений периодов в цикле.** Данная подпрограмма одновременно определяет распределения периодов в цикле регулирования для всех перекрестков, кроме основных, и также вызывается с периодом, приблизительно равным 5 мин. В этом случае набор сдвигов находится с помощью метода выбора программ, основанного на макроскопической модели транспортного потока, поскольку неэкономично устанавливать детекторы транспорта на всех подходах к каждому перекрестку и отсутствует необходимость точного вычисления сдвигов для всех перекрестков, кроме основных [5].

**П8. Подпрограмма формирования дерева.** Эта подпрограмма определяет оптимальное дерево, максимизирующее полную сумму эффективности сдвигов в каждом подрайоне.

Блок-схема подпрограммы показана на рисунке 4.

**П9. Подпрограмма определения сдвигов.** Эта подпрограмма определяет оптимальные сдвиги для каждой дуги, включенной в оптимальное дерево, и вызывается каждые 5 мин.

**П10. Подпрограмма динамического управления сдвигами.** Подпрограмма оптимизирует сдвиги в динамическом режиме. Начиная с набора сдвигов, определенного подпрограммами П8 и П9, она модифицирует сдвиги в направлении, уменьшающем задержки на основе полученной в реальном масштабе времени информации. Интервал вызова составляет 100~500 с.

**П11. Подпрограмма смены сдвигов.** Эта подпрограмма определяет оптимальное направление смещения сдвигов от одного набора к другому. Когда набор сдвигов определен методом выбора программ, может быть выполнена выборочная смена сдвигов.

**П12. Подпрограмма преобразования сдвигов из относительных в абсолютные.** Эта подпрограмма преобразует величины относительных сдвигов, найденные подпрограммами П10 и П11, в набор абсолютных сдвигов.

**П13. Подпрограмма формирования расписания переключений сигналов.** Эта подпрограмма формирует расписание переключений сигналов светофоров, назначений длительностей цикла, распределений периодов в цикле и сдвигов.

**П14. Подпрограмма смены фаз регулирования.** Эта подпрограмма определяет (например, каждую секунду) необходимость передачи импульса смены фаз на перекресток на основе расписания, сформированного подпрограммой П13.

Остаток времени горения наличного сигнала светофора на  $i$ -м перекрестке уменьшается по секундно до тех пор, пока он не станет равным нулю. В этот момент на перекресток передается импульс смены фаз. Если этот импульс обрабатывать отдельно для каждого перекрестка, то резко снижается эффективность канала ввода-вывода ЭВМ. Вместо этого выполняется следующая процедура. Формируется таблица сигналов смены фаз для всех перекрестков, содержащая единицы для перекрестков, на которых необходимо сменить фазу и нули для остальных; все содержимое таблицы генерируется ЭВМ каждую секунду [6; 7].

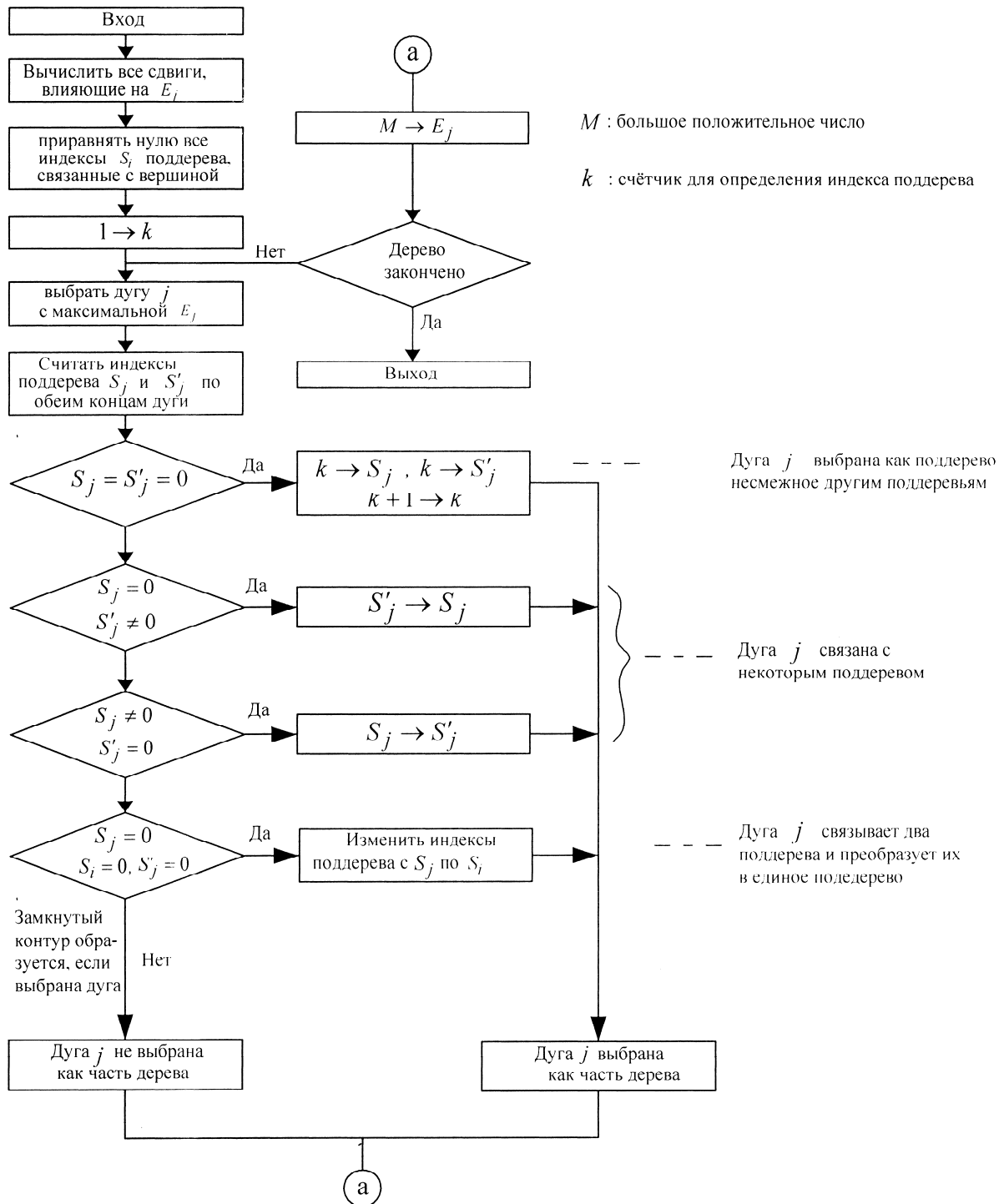


Рисунок 4 – Программа формирования дерева

**П15. Подпрограмма управления с адаптацией к транспортному спросу.** Эта подпрограмма осуществляет управление на всех перекрестках данной сети, переключения светофоров на которых имеют адаптацию к транспортному случаю. Управление осуществляется путем подготовки отдельных расписаний для каждого перекрестка или путем модификации расписаний, подготовленных подпрограммой П14. Длительность действия зеленого сигнала удлиняется в зависимости от наличия прибывающих автомобилей на второстепенном

направлении перекрестка. Оставшееся время действия данной фазы, и  $i$  принимает значения от 1 до 4, представляя фазы или такты светофора. Желтый сигнал игнорируется, и в дальнейшем принято, что факт прохождения автомобиля над детектором определяется другой подпрограммой. Импульсы смены фаз генерируются так же, как и в подпрограмме для светофоров, управляемых по жесткой программе [8].

**Вывод.** Представленные технические средства и программное обеспечение обладают достаточной общностью и могут использоваться для управления дорожным движением в различных отраслях, связанных с эксплуатацией автомобильно-транспортных средств, и в дорожно-проектных организациях при формировании дорожно-транспортной сети и организации движения по ней.

### Список литературы

1. Курьянов В.К. Пропускная способность регулируемого перекрёстка / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвуз. сборник науч. тр. Вып. 2. – Воронеж, 2007. – С. 201-204.
2. Курьянов В.К. Управление, основанное на средних характеристиках транспортного потока / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвуз. сборник науч. тр. Вып. 2. – Воронеж, 2007. – С. 204-209.
3. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации : монография / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, А.И. Вакулин, В.Н. Логачев. – Москва : ФЛИНТА: Наука, 2012. – 310 с.
4. Скворцова Т.В. Критерии качества управления светофорной сигнализацией / Т.В. Скворцова, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. В.С. Петровского. – Воронеж, 2007. – С. 179-181.
5. Скрыпников А.В. Построение процедур выбора управленческих решений на основе оптимизационных моделей // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского [Тамбов]. – 2009. - № 10 (24). - С. 217-221.
6. Скрыпников А.В. Разработка теоретических основ и методов управления лесовозным автотранспортом // Бюллетень транспортной информации. – 2009. - № 9 (171) сентябрь. – С. 25-27.
7. Скрыпников А.В. Теоретические основы и методы организации и управления дорожным



движением // Бюллетень транспортной информации. – 2010. - № 1 (175). – С. 10-15.

8. Трофимов Ю.И. Макроскопические модели управления светофорной сигнализацией / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова, Ю.В. Лобанов, Д.Ю. Сухов // Деп. в ВИНТИ, № 30-В2007, 11.01.07 г. – 42 с.

9. Трофимов Ю.И. Микроскопические модели движения / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвуз. сб. науч. трудов. Вып. 1. - Воронеж, 2006. - С. 177-182.

10. Трофимов Ю.И. Макроскопические модели движения / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвуз. сб. науч. трудов. Вып. 1. - Воронеж, 2006. - С. 167-177.

**Рецензенты:**

Яковлев К.А., д.т.н., доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», г. Воронеж.

Кондрашова Е.В., д.т.н., профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.