



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

**Кафедра «Организация автомобильных перевозок
и дорожного движения»**

АСУ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

*Методические указания
по выполнению курсовой работы*

**Минск
БНТУ
2014**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Организация автомобильных перевозок
и дорожного движения»

АСУ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Методические указания
по выполнению курсовой работы
для студентов специальности 1-44 01 02
«Организация дорожного движения»

Минск
БНТУ
2014

УДК 656.11:658.512.22–027.432:004.9(075.8)

ББК 39.3я7

А91

Составители:

Д. В. Канский, Е. Н. Ком

Рецензенты:

начальник отдела технических средств и систем УГАИ ГУВД
Мингорисполкома, подполковник милиции *Д. В. Навой*;
ведущий инженер КСУП «Дирекция по созданию и эксплуатации
интеллектуальной транспортной системы» *Н. В. Пашко*

Методические указания содержат программу одноименной дисциплины, а также задания по курсовой работе и методику ее выполнения.

© Белорусский национальный
технический университет, 2014

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Предметом изучения курса «АСУ ДД» являются технологии и технические средства управления дорожным движением и автоматизации управления дорожным движением. Дисциплина является одной из завершающих при подготовке специалистов по управлению дорожным движением.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний, умений и навыков в области информационных технологий и автоматизации процессов управления дорожным движением.

Преподавание дисциплины основано на знаниях, полученных при изучении других дисциплин: «Общий курс транспорта», «Информатика», «Электронная автоматика и техника», «Математические модели в транспортных системах», «Технические средства организации дорожного движения», «Организация дорожного движения» и др.

1.1. Перечень тем лекционных занятий

Тема 1. Введение

Цели и задачи дисциплины. Основы управления транспортом и дорожным движением. Принципы и методы управления, основные определения. Критерии качества. Необходимость автоматизации управления. История и проблемы реализации АСУ дорожным движением. Развитие и интеграция автоматизированных систем управления.

Охрана труда при эксплуатации АСУ дорожным движением.

Тема 2. Основы теории систем и теории управления

Базовые положения системотехники. Основные методы системного анализа. Принципы построения систем. Принципы управления. Контуры и связи в управлении. Моделирование систем управления. Цели и критерии управления. Принципы автоматизации управления.

Тема 3. Основные понятия об АСУ, их классификация и структура

Научно-технический прогресс и развитие систем управления. Внедрение экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники в сферу управления. Определение АСУ и их классификация. Принципы создания АСУ.

Автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУ ДД), типовая структура АСУ, основные элементы и характеристики. Обеспечивающие и функциональные подсистемы.

Критерии классификации современных АСУ ДД. Выбор типов систем для различных объектов управления.

Тема 4. Программно-алгоритмическое обеспечение АСУ дорожным движением

Технология работы АСУ ДД, структура программно-алгоритмического обеспечения, его функции и общие принципы разработки.

Общее программно-алгоритмическое обеспечение: операционные системы, средства автоматизации программирования, системы управления базами данных, прикладное программное обеспечение (офисное ПО, графические редакторы, экспертные системы). Специализированное программно-алгоритмическое обеспечение АСУ дорожным движением.

Алгоритмы функционирования АСУ ДД (классификация алгоритмов, основные технологические алгоритмы, специальные технологические алгоритмы, служебные алгоритмы, сервисные алгоритмы).

Тема 5. Основные технологические алгоритмы АСУ дорожным движением

Основы жесткого программного регулирования на изолированном перекрестке. Локальные жесткие алгоритмы управления (локальное жесткое управление длительностью цикла и длительностями фаз, жесткое управление структурой промежуточных тактов). Задержки транспортных средств на изолированных перекрестках.

Адаптивное регулирование. Локальные адаптивные алгоритмы регулирования (локальное адаптивное управление длительностью

цикла и длительностями фаз (методы поиска разрыва и его модификации, методы разъезда очереди, методы расчетного определения длительностей цикла и фаз, метод прогноза прибытий), локальное адаптивное управление последовательностью фаз (методы управления вызывной (вызывными) фазой, метод вызова альтернативных фаз), локальное адаптивное управление промежуточным тактом (непосредственное детектирование конфликтных точек, адаптивное определение времен разгрузки пар конфликтных направлений, определение структуры промежуточного такта с учетом переменной последовательности фаз, адаптивный выбор расчетного метода определения структуры промежуточного такта, метод вызывного удлинения разрешающего сигнала в промежуточном такте). Методы пропуска фаз, методы приоритетного пропуска МПТ и т. д.

Координированное регулирование: основные принципы координации. Координация при одностороннем движении. Координация при двухстороннем движении. Методы расчета программ координации. Многопрограммное координированное регулирование. Местная коррекция программ координации. Координация при одностороннем и двухстороннем движении. Построение планов координации.

Сетевые жесткие алгоритмы управления (жесткая сетевая координация, жесткая магистральная координация). Сочетание локального адаптивного управления с жестким координированным регулированием. Сетевые адаптивные алгоритмы. Координация на сети.

Магистральное координированное управление. Методология. Организация.

Особые технологические алгоритмы работы АСУ («зеленая улица», диспетчерское управление и т. п.).

Тема 6. Комплекс технических средств АСУ дорожным движением

Назначение и структура комплекса технических средств (технического обеспечения) АСУДД.

Основные элементы (по уровням) для периферии и центра.

Технические средства регулирования дорожного движения с изменяемой информацией: дорожные знаки с изменяемой информацией, светофоры, детекторы транспорта, дорожные контроллеры.

Технические средства регулирования на изолированных перекрестках. Технические средства координированного регулирования.

Комплекс технических средств центрального диспетчерского пункта управления (ЦДП) АСУ ДД. Оборудование ЦДП, типы применяемых компьютеров, их характеристика, организация функционирования. Каналы связи между компьютерами, организация локальных и глобальных вычислительных сетей.

Организация диспетчерского управления. Управляющие вычислительные комплексы в АСУ ДД.

Тема 7. Обеспечивающие подсистемы АСУ дорожным движением

Информационное обеспечение АСУ ДД, его структура, принципы получения, хранения и обмена информацией. Принципы разработки информационного обеспечения. Системы классификации и кодирования технико-экономической информации. Базы и банки данных. Документооборот в информационном обеспечении.

Организационное обеспечение АСУ ДД. Институциональное, правовое, экономическое, финансовое и эргономическое обеспечение АСУ.

Тема 8. Управление движением с использованием АСУ ДД, оценка эффективности управления

Системный анализ дорожного движения. Объекты и субъекты управления дорожным движением (УДД). Моделирование процессов дорожного движения. Целевая функция и критерии УДД. Методы управления дорожным движением (регион, транспортные системы, магистрали, объекты ДД).

Характер движения транспортных и пешеходных потоков, необходимость регулирования и управления ими. Классификация методов автоматизированного управления (по пространственному и временному критерию).

Понятие «ленты безостановочного движения». Структура транспортного потока при координированном регулировании.

Оценка эффективности координации. Существующие методы оценки эффективности координированного регулирования. Есте-

ственное и принудительное формирование транспортного потока при координированном управлении. Планировочные и организационные методы адаптации транспортных объектов под координированное управление.

Анализ работы существующих АСУ ДД и перспективы их развития.

Тема 9. Автоматизация проектирования

Принципы систем автоматизированного проектирования (САПР). Обеспечение САПР. Задачи САПР в организации дорожного движения. Разработка проектных решений ОДД, оформление проектной документации. Системы проектирования и привязки АСУДД: TRANSIT, MOVA, УТОPIA, SCOOT и иные САПР. Анализ существующих САПР и АРМ, перспективы их развития.

Тема 10. Проектирование, внедрение и эксплуатация АСУ

Структура проектного цикла. Аспекты проектного анализа (технический, социальный, экологический, институциональный, финансовый и экономический). Показатели эффективности проекта. Расчет, представление и контроль проекта.

Предпроектная стадия. Разработка технического задания. Организация обследования и анализа объекта управления на предпроектной стадии. Программа, методика и анализ результатов обследования. Содержание технического задания на проектирование АСУ. Технический и рабочий проекты АСУ: состав, содержание и порядок разработки. Структура проектных материалов. Порядок оформления и утверждения документации. Внедрение АСУ. Типизация, стандартизация и унификация проектных решений. Методическое обеспечение разработки АСУ. Финансирование работ. Основные нормативные материалы. Комплексная установка и наладка систем. Организация служб эксплуатации. Определение эффективности систем. Задачи и обязанности обслуживающего персонала при эксплуатации и развитии системы.

Тема 11. Интеллектуальные транспортные системы

Информационные связи в сфере транспорта и дорожного движения. Анализ существующих систем сбора, хранения и обработки информации о дорожном движении. Системы автоматизации учета. Автоматизация технико-экономического планирования и анализа. Обучающие, экзаменующие и тестирующие, экспертные системы.

АСУ городским транспортом, АСУ перевозками, АСУ техническим обслуживанием и ремонтом, АСУ на скоростных магистралях, АСУ при автоматическом вождении. АСУ управления стоянками, навигацией, оплатой проезда.

Проблемы и перспективы реализации АСУ на транспорте. Интеграция и глобализация автоматизированных систем управления. Повышение эффективности АСУ: технический, организационный и социальный аспекты.

Интеллектуальные транспортные системы.

1.2. Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Исследование импульса интенсивности движения транспортных средств и их взаимодействия с сигналами светофора.
2. Исследование сдвигов между существующими объектами.
3. Исследование задержек при координированном регулировании на городской магистрали.
4. Исследование процесса убытия внепачковых автомобилей.
5. Исследование существующего плана координации.

1.3. Примерный перечень тем практических занятий

1. Характеристики различных объектов управления, применяемых в АСУ ДД.
2. Определение набора параметров для построения плана координации на городской магистрали.
3. Построение плана координированного регулирования.
4. Выбор плана координации светофорного регулирования.
5. Коррекция графика координированного регулирования.
6. Изучение схем адаптивного управления дорожным движением.
7. Оценка качества регулирования на перекрестке городских улиц.

8. Изучение схем координированного управления дорожным движением.

9. Ознакомление с периферийным оборудованием АСУ ДД.

10. Привязка и настройка дорожных контроллеров для работы в АСУ ДД уровня 2 и выше.

11. Организация взаимодействия между ЦДП АСУ ДД и дорожными контроллерами.

12. Применения детекторов транспорта.

13. Изучение специальных технологических алгоритмов АСУ ДД («зеленая улица», диспетчерское управление, приоритетный пропуск транспортных средств, оснащенных специальным оборудованием).

14. Изучение работы АСУ стоянками.

15. САПР ОДД.

16. Обеспечение магистрального движения.

2. КУРСОВАЯ РАБОТА

2.1. Общие указания

Целью курсовой работы является закрепление и развитие теоретических знаний, полученных студентами при изучении дисциплины АСУ ДД, а также приобретение навыков самостоятельного решения задач по организации и управлению дорожным движением с применением средств АСУ. В процессе выполнения курсовой работы студенты рассматривают общие и частные вопросы организации дорожного движения, прорабатывают учебную и знакомятся со специальной литературой, усваивают требования грамотного и правильного оформления научно-технической документации. Выполнение расчетных работ по обеспечению координированного регулирования транспортных потоков позволяет студентам лучше понять внутренние взаимосвязи в дорожном движении и принципы управления им.

Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием и методическими указаниями. Она включает расчетно-пояснительную записку объемом 25–30 страниц формата А4 и графическую часть (1–2 листа формата А1, на которых размещаются планы исследуемых объектов (М 1 : 500) с дислокацией ТСО ДД, данные по скорости, интенсивности и составу движения транспортных потоков и пр., а также график координированного регулирования). Расчетно-пояснительная записка включает обложку, титульный лист, задание по курсовому проектированию, содержание, введение, основную расчетно-пояснительную часть, заключение и список использованных источников и должна быть выполнена в соответствии со стандартом БНТУ (СТП БНТУ 3.01–2003).

2.2. Задание на проектирование

2.2.1. Задание на курсовую работу, подписанное руководителем и утвержденное заведующим кафедрой, выдается индивидуально каждому студенту на бланке установленного образца.

2.2.2. При получении задания студент расписывается в нем и указывает дату получения.

2.2.3. В задании приводится перечень исходных данных, определяющий объект исследования, и разделы курсовой работы, подлежащие разработке. Задание оговаривает объемы и сроки выполнения работы в целом и, при необходимости, отдельных ее этапов.

2.2.4. Исходные данные для выполнения курсовой работы, собираемые студентом самостоятельно, сгруппированы в разделы:

геометрические параметры перекрестков (ширина полос движения, расстояние от стоп-линий до конфликтных точек, радиусы закругления кромок проезжих частей, продольные уклоны и т. д.);

транспортно-пешеходная нагрузка (интенсивность и скорость движения, состав транспортного потока);

режимы работы светофорных объектов (длительность светофорного цикла, диаграмма регулирования, схема пофазного движения, набор сдвигов);

условия движения транспортных потоков (видимость конфликтной точки в направлении движения, боковая видимость, угол взаимодействия конфликтующих транспортных потоков, величина коэффициента сцепления и др.).

2.2.5. Результатом выполнения курсовой работы является *схема организации дорожного движения на участке исследования*, включающая:

– результаты исследования характеристик транспортных и пешеходных потоков;

– схемы пофазного движения на каждом регулируемом участке (перекрестке или пешеходном переходе) (существующие и, при необходимости, скорректированные);

– диаграммы светофорного регулирования на всех регулируемых участках, переработанные с учетом новых длительностей светофорных циклов, обеспечивающих возможность координированного регулирования;

– планы координированного регулирования (не менее 3) для обоих направлений исследуемой магистрали;

– параметры эффективности каждого из разработанных планов координации и график переключения планов по времени суток и дням недели;

– перечень технических средств, обеспечивающих функционирование разработанной системы координированного регулирования в центровом и бесцентровом вариантах;

– таблицы привязок технических средств (значения временных уставок и мест подключения) для модулей дорожных контроллеров, обеспечивающих работу всех вариантов системы координированного регулирования.

2.3. Методические указания к выполнению курсовой работы

2.3.1. Теоретические основы

Принцип координированного регулирования представлен на рисунке 1.

Автомобиль, который покидает стоп–линию перекрестка A в момент времени t_1 и движется с определенной скоростью V , проходит магистраль без остановки в направлении $A-G$. Также безостановочно движется с постоянной скоростью V автомобиль, покидающий стоп-линию в момент времени t_2 . Временной интервал, заключенный в границах между t_1 и t_2 , образует «ленту безостановочного движения» (ЛБД), т. е. «зеленую» полосу времени, двигаясь «внутри» которой вся группа автомобилей, собранная перед перекрестком A у стоп-линии, будет проезжать координируемую магистраль *безостановочно*.

Условиями реализации координированного регулирования являются:

– равенство циклов светофорного регулирования на всех регулируемых участках (перекрестках и пешеходных переходах), расположенных на магистрали (на отдельных светофорных объектах может применяться цикл регулирования, кратный общему циклу на магистрали);

– величина сдвигов фаз на соседних светофорных объектах, согласованная со временем проезда транспортных средств между ними.

Величина сдвига фаз будет всегда меньше или равна циклу светофорного регулирования. Совокупность сдвигов фаз, длительностей фаз и цикла светофорного регулирования для всех светофорных объектов (СФО), входящих в систему координированного регулирования, образует программу координации (ПРК), графическим отображением которой является план координации (ПК).

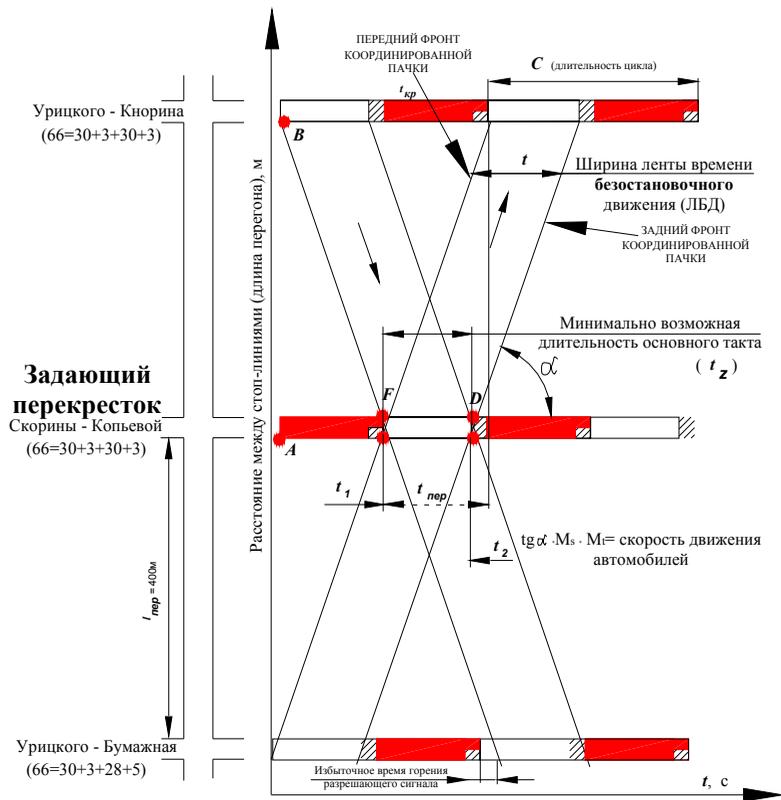


Рисунок 1 – Построение графика координированного регулирования

При разработке АСУ ДД ведется подготовка нескольких программ координации, наиболее полно отражающих заданные условия движения в данный период времени. Характеристики транспортных потоков могут быть получены экспериментально с использованием детекторов транспорта или счетчиков-наблюдателей либо определены путем прогнозирования с использованием статистических методов.

Формирование программы и плана координации – достаточно сложный и трудоемкий процесс. Как правило, он выполняется с использованием графо-аналитического метода и включает в себя следующие этапы:

- подготовку исходных данных;

- разработку (корректировку) схем организации дорожного движения на регулируемых участках магистрали;
- пересчет длительности цикла регулирования и определение основных параметров программы координации;
- построение плана (графика) координации.

Использование компьютерной техники позволяет ускорить формирование ПРК и построение ПК, а также объединять в единую координированную систему не только небольшие группы СФО, но и сети пересекающихся улиц, составляющие районы координации. В этом случае требуется алгоритм автоматизированного нахождения важнейших маршрутов координации и задающих СФО, составляющих границы сетевого района. Как уже отмечалось, при расстояниях между соседними перекрестками свыше 800 м координированная «пачка» автомобилей практически распадается, поэтому такие перегоны определяют естественные границы района координации в случаях, когда для поддержания параметров группы ТС не используются предсигналы, которые сохраняют ее структуру и динамические свойства.

Выбор ПРК в зависимости от параметров транспортных потоков и условий движения основан на выборе модели, адекватной «образу», т. е. имеющейся реальной транспортной ситуации на координируемой магистрали. В качестве образов используются наборы исходной информации, для которых рассчитаны все программы координации, хранящиеся в электронной базе данных. Близость к образу оценивается каким-либо критерием. В качестве простейшего критерия может быть принят минимум суммы среднеквадратических отклонений от заданного значения.

Минусом такого управления с выбором программ координации из базы данных является запаздывание системы – в определенный период выбранная программа координации базируется на данных предыдущего периода, в котором условия движения, естественно, отличаются. Как правило, для устранения такого расхождения данные, полученные в конце периода измерения, используются для прогнозирования условий движения на следующий период, и на этой основе осуществляется выбор программы координации. При этом также может формироваться база данных оперативных схем ОДД на дорожной сети, реализуемых с помощью многопозиционных управляемых дорожных знаков.

Более гибкой является система, в которой расчет программ координации выполняется непосредственно по результатам измерения параметров и условий движения в реальном масштабе времени. В этом случае на систему накладывается жесткое условие обеспечения высокого быстродействия.

Местная коррекция программ координации выполняется на основании данных от детекторов транспорта, установленных на подходах к перекрестку. С помощью детекторов регистрируется появление разрыва в транспортном потоке в зоне действия каждого перекрестка. Для обеспечения координации транспортным потокам, движущимся в основном направлении, гарантируется определенная минимальная ширина ЛБД. Существуют методы, позволяющие, например, по величине задержек корректировать длительность фаз при длительности светофорного цикла, жестко заданной ПРК.

Период перехода от одной ПРК к другой связан с некоторыми неизбежными издержками, поскольку сами по себе ПРК могут отличаться длительностями светофорного цикла и составляющих его фаз, а также величиной сдвигов фаз. Для реализации переходного процесса используется *специальный алгоритм*, который заключается в увеличении длительности фазы, действующей в направлении координации в предыдущей программе, до момента включения одноименной фазы в новой программе координации. Обычно этот момент в системе «известен» заранее, и до его наступления возможен пропуск через перекрестки потоков конфликтующих направлений без особых потерь – как правило, соответствующие фазы «укладываются» в отведенный отрезок времени. Такой переход занимает более короткий период времени.

2.3.2. Оценка существующей координации

Наиболее простой является оценка по *коэффициенту безостановочной проходимости*:

$$\beta = \frac{q - q_0}{q},$$

где q – интенсивность движения всего потока в данном направлении, авт./с;

q_0 – интенсивность движения остановленного потока, авт./с.

Считается, что координированное регулирование является эффективным, если $\beta \geq 0,8$.

Более детальная оценка качества существующей координации на исследуемой магистрали может выполняться путем измерения импульса интенсивности на входе в перекресток. Осуществляется подсчет числа остановленных автомобилей, а затем рассчитывается коэффициент безостановочной проходимости:

$$K_6 = 1 - \frac{n_k + n^*}{n} \geq 0,$$

где n_k – транспортные средства, прибывшие на запрещающий сигнал светофора, авт.;

n^* – транспортные средства, прибывшие на разрешающий сигнал светофора, но остановленные очередью, авт.;

n – общее число автомобилей, прибывших к перекрестку, авт.

Оценка координации может выполняться, помимо этого, по ширине ленты времени безостановочного движения. Ширина ЛВД, как правило, должна быть не менее 0,3 от длительности светофорного цикла.

Скорость сообщения и градиент скорости характеризуют экономию времени и таким образом условия движения на координированном направлении. Эти показатели при координированном и локальном регулировании различны, их сравнение позволяет оценить эффективность системы и сопоставить различные варианты планов координации.

Эффективность также может оцениваться гарантией безостановочного проезда. Под гарантией понимается потенциальная возможность безостановочного проезда последующего светофорного объекта, если водитель проехал предыдущий объект на зеленый сигнал и выполнил требования заданной скорости движения. Гарантия безостановочного прохождения последующего СФО определяется по формуле

$$G_{12} = \frac{t_{z1} - \sum t_{изб12}}{t_{z1}},$$

где t_{z1} – длительность зеленого сигнала на предыдущем объекте, с;

$t_{изб12}$ – избыточная (с обеих сторон ЛВД), по отношению к последующему объекту, длительность зеленого сигнала на предыдущем объекте, с.

Гарантия безостановочного движения на координируемом участке определяется как произведение гарантий на отдельных СФО:

$$G_{1n} = G_{12} \cdot G_{23} \cdot \dots \cdot G_{(n-1)n}.$$

2.3.3. Исходные данные для построения новых планов координированного регулирования:

1. План магистрали и перекрестков в масштабе 1 : 500 (или 1 : 1000), на котором указываются:

- характеристики проезжей части вдоль магистрали и на поперечных направлениях;
- расстояния между стоп-линиями в координируемых направлениях;
- места размещения остановочных пунктов маршрутных транспортных средств;
- данные по транспортно-пешеходной нагрузке с изменениями по времени суток;
- данные о скорости движения (или времени проезда) транспортных потоков на каждом из перегонов магистрали.

2. Схемы существующей ОДД на всех регулируемых участках магистрали в масштабе 1 : 500. На них указываются места установки светофоров и дорожных знаков, определяющих использование полос движения.

3. Схемы пофазного движения и диаграммы регулирования для всех СФО магистрали.

После сбора исходных данных определяются сдвиги фаз в координируемых направлениях – интервалы времени между моментами включения зеленых сигналов в координируемых направлениях на смежных СФО.

Необходимо отметить, что наилучшие результаты при введении координированного регулирования обеспечиваются при двухфазных схемах организации движения на перекрестках, поскольку двухфазный светофорный цикл обладает максимальной пропускной способностью. Поэтому при исследовании существующих многофазных схем пофазного движения следует проверить возможность

их упрощения за счет выделения отдельных полос для ожидания поворотных транспортных средств, организации отнесенных левых поворотов и т. п.

В зависимости от расстояния между стоп-линиями соседних СФО определяется целесообразная длительность светофорного цикла:

$$C_{\min} = \frac{2S}{V_{\max} n}, \text{ с}; \quad C_{\max} = \frac{2S}{V_{\min} n}, \text{ с}$$

где S – длина перегона (расстояние между стоп-линиями одного направления на соседних СФО включая предыдущий перекресток), м;

V – скорость движения, м/с;

n – целое натуральное число: 1, 2, 3. Начинать следует с $n = 1$.

Для этого цикла проверяют выполнение ограничений по пешеходному движению и коэффициенту загрузки полосы движением для существующей или скорректированной схемы пофазного движения.

Данные о скорости движения получают путем измерения мгновенной скорости на перегонах, скорости сообщения по магистрали, а также среднего времени проезда перегонов между СФО. Для расчетной скорости на перегоне в дальнейшем используется величина, равная скорости 85%-й обеспеченности. Скорость сообщения определяется по суммарному времени прохождения исследуемого участка дороги. Для измерения может использоваться метод «плавающего» автомобиля. При проведении нескольких замеров и получении стабильных показателей скорости сообщения в качестве расчётной скорости рекомендуется принимать значение на 5–10 км/ч больше полученного при замерах.

Величина задержек в движении определяется как разница во времени при реальных условиях движения и при движении с расчетной скоростью без остановок.

2.3.4. Построение плана координированного регулирования и его коррекция

В курсовой работе предусмотрено построение графиков координированного регулирования графо-аналитическим методом для

3–4 СФО вручную, а для всей координированной магистрали – с применением специальной компьютерной программы.

Построение плана координации выполняется следующим образом. На листе миллиметровой бумаги наносится план магистрали и параллельно ему проводится ось ординат графика координации – на ней откладываются расстояния между стоп-линиями СФО в метрах в соответствии с принятым масштабом (см. рисунок 1). Через стоп-линии координируемых направлений каждого перекрестка проводятся горизонтальные прямые, пересекающие под прямым углом ось ординат. Расстояние между прямыми будет соответствовать в масштабе ширине перекрестка (или расстоянию между стоп-линиями в зоне пешеходного перехода вне перекрестка), расстояние между ближайшими прямыми соседних светофорных объектов – длине перегона. В горизонтальном направлении по построенным прямым откладывается время в секундах.

Полосы, получившиеся между прямыми, разбиваются на две части – верхнюю и нижнюю. В нижней части откладываются длительности сигналов светофора для прямого направления, в верхней части – для обратного направления. При этом желтые и красно-желтые сигналы могут присоединяться к красному и не выделяться отдельно.

Расстояние между соответствующими стоп-линиями в любом из двух противоположных направлений (например, «юг–север» или «север–юг») представляет собой длину перегона между двумя соседними СФО. Первая стоп-линия в направлении «юг–север» («туда») задающего перекрестка условно принимается за ось абсцисс. Через начало и конец зеленого сигнала проведем линии скорости движения по перегону в направлении «туда» («юг–север»). Тангенс наклона этих линий $\operatorname{tg}\alpha$ представляет собой отношение длины перегона $l_{\text{пер}}$ ко времени проезда автомобилей по нему $t_{\text{пер}}$. Левая (первая) линия показывает скорость движения переднего фронта координированной пачки автомобилей, стартовавших от стоп-линии в момент времени t_1 , а дальняя (правая, вторая) линия скорости – задний фронт пачки, т. е. автомобили, которые преодолели стоп-линию в момент времени t_2 , соответствующий последнему моменту горения разрешающего сигнала светофора для данного направления. Необходимо отметить, что наклон линий времени по скорости определяется как

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{VM_{\Gamma}}{3,6M_{\text{в}}},$$

где M_{Γ} – масштаб горизонтальный, с/мм;

$M_{\text{в}}$ – масштаб вертикальный, м/мм;

V – скорость движения, км/ч.

Саму ширину ленты безостановочного движения (ЛБД) можно определить, исходя из условия допустимой нагрузки:

$$t = \frac{2K_{\text{ин}} qC}{X_{\text{lim}} i}, \text{ с,}$$

где q – интенсивность транзитного (прямого) направления на данном перегоне, авт./с;

i – число полос движения, шт;

X_{lim} – предельное значение коэффициент загрузки полосы движением. Значения X_{lim} должны находиться в пределах 0,7–0,85.

Мы упростим вариант рассмотрения – пусть скорость движения вдоль магистрали постоянная и одинакова для всех направлений и перегонов. Тогда, продолжив эти две линии скорости в пределах графика, построим границы ленты времени, при которых возможно безостановочное движение данной пачки автомобилей, успевших проехать через стоп-линию на задающем светофоре.

Для подбора структуры светофорного цикла для каждого светофорного объекта готовятся полосы прозрачной бумаги, ширина которых равна расстоянию между стоп-линиями (ширине перекрестка) в масштабе оси ординат. На каждой полоске откладываются 2–3 светофорных цикла в масштабе оси абсцисс. Внутри каждого цикла время распределяется между разрешающим и запрещающим сигналами.

Затем эти полосы накладываются между стоп-линиями каждого перекрестка так, чтобы полученная лента времени проходила внутри основного такта на каждом светофорном объекте магистрали (т. е. обеспечивалась одинаковая длительность зеленого сигнала вдоль магистрали). «Избыток» времени основного такта можно распределять равномерно в начале и конце ЛБД либо по любой из ее сторон, в зависимости от специфики движения через СФО. Напри-

мер, оставив «избыток» вначале, можно выпустить с перекрестка транспортные средства, выехавшие на магистраль на перегоне и скопившиеся у стоп-линии, до приезда переднего фронта координированной пачки.

Требуемое опережение включения зеленого сигнала светофоров на последующих перекрестках для пропуска внепачковых автомобилей

$$t_{\text{оп}} \approx 3 K_{\text{пн}} n, \text{ с,}$$

где n – число внепачковых автомобилей на полосе:

$$n = \frac{q_{\text{вн}} C}{i}, \text{ шт.,}$$

где $q_{\text{вн}}$ – интенсивность движения внепачковых автомобилей на перегоне, авт./с;

i – число полос движения перед стоп-линией.

Затем полосы фиксируются, и таким образом получается ЛБД по магистрали в направлении «туда» («юг–север»). Аналогично можно построить ЛБД на этом же графике для встречного направления («север–юг»).

2.3.5. Коррекция плана координации

В идеальной ситуации ЛБД обоих направлений попадают на зеленый сигнал на всех СФО. В реальной ситуации высока вероятность того, что ЛБД в обратном направлении на некоторых светофорных объектах попадает только частично внутрь заданного основного такта. На таких светофорных объектах при наличии избыточного зеленого сигнала следует подвинуть влево или вправо полосу бумаги с нанесенными сигналами светофора. Если это не приносит успеха, то возможно использование следующих приемов:

1. Увеличение длительности цикла (при этом длительности основных тактов могут изменяться пропорционально или в разном соотношении).

2. Некоторое изменение (ускорить или замедлить) скорость движения координированной пачки автомобилей (при этом изменится наклон ЛБД). Корректировка скорости движения достигается при-

менением управляемых знаков предписываемой или рекомендуемой скорости, которые могут изменять значения с дискретностью ± 10 км/ч, указателей скорости.

Могут использоваться варианты, когда скорость переднего фронта координированной группы остается неизменной, а скорость заднего фронта увеличивается, т. е. происходит постепенное «сжатие» координированной группы автомобилей в пределах перегона. При необходимости может использоваться и обратный прием – «растяжение» группы («пачки»). При изменении скорости движения по перегону ЛБД получается «ломаной».

Для корректировки графика координированного регулирования может применяться ряд методов:

1. Уменьшение ширины ЛБД до значения $t_{\text{ЛБД}} = 2n + 1$, где n – число автомобилей в «пачке».

2. Учет поворотного движения (расположение места поворота на перекрестке, до или после него, с обособленных поворотных полос, при движении на дополнительную секцию светофора и т. д.). При умеренной интенсивности допускается организовывать левоповоротное движение методом просачивания.

3. Учет движения внепачковых автомобилей, выехавших со второстепенных улиц и проездов. Такие автомобили в первом цикле не попадают на зеленый сигнал светофора, поэтому можно корректировать их движение указателями скорости или предсигналами с организацией стоп-линий вне перекрестков, используя избыточную длительность зеленого сигнала.

Таким образом, для каждого СФО уточняются длительности тактов и сдвиги фаз в основном (координируемом) направлении. На этом процесс подготовки графика координации закончен.

Полученные значения заносят в базу данных, которая содержит исходные данные для подготовки технических средств АСУ ДД к работе.

2.3.6. Реализация плана координированного регулирования

После разработки и отладки плана координации студенту необходимо рассчитать параметры, которые заносятся в блоки дорожных контроллеров (ДК) для обеспечения согласованной работы СФО.

В современных ДК производства Республики Беларусь (БДК, ДУМКА) запись временных уставок, обеспечивающих координиро-

ванное регулирование, производится путем программирования их микропроцессоров с использованием специального программного обеспечения.

В курсовой работе студент должен рассмотреть два варианта технической реализации разработанного плана координации с использованием контроллеров БДК или ДУМКА:

1) бесцентровая система с использованием модулей зонального центра (МЗЦ) или контроллеров зонального центра (КЗЦ);

2) центровая система, в которой согласованная работа ДК реализуется по командам телеуправления из ЦУП (ЦДП) АСУ ДД.

В бесцентровой системы на базе контроллеров ДУМКА в один из контроллеров должен быть установлен блок модуля зонального центра (МЗЦ), который может обеспечить согласованную работу до 16 контроллеров (включая тот ДК, в который установлен МЗЦ).

Контроллер с блоком МЗЦ должен быть соединен каналами связи (проводным или GSM-связи) с контроллерами всех светофорных объектов, включенных в систему. В память блока МЗЦ заносится информация о сдвигах фаз для всех подключенных контроллеров.

При использовании центровой системы ДК переключает сигналы светофоров по командам из ЦДП АСУ ДД, где работа СФО координируется. При использовании проводных каналов связи прием и передачу информации из ЦУП осуществляет блок, обрабатывающий протокол передачи данных АСС УД. Из ЦДП в ДК передаются сигналы телеуправления. ДК передает в ЦДП данные телесигнализации о разрешении режима, состоянии контроллера и его исправности, а также информацию телеизмерения от детекторов транспорта (при их наличии). Вызов от ТВП реализуется так же, как и в режиме программного управления, однако снятие запроса координированного регулирования осуществляется из ЦУП (ЦДП).

2.4. Местная коррекция

Для ее реализации применяются элементы режима местного гибкого регулирования.

При прохождении автомобилей над индуктивными рамками в ДК формируются запросы с соответствующих направлений. При нахождении разрыва в транспортном потоке при окончании максимальной длительности текущей фазы выдается сигнал вызова фазы,

в которой участвует запрашиваемое направление. При запросах с нескольких направлений вызывается ближайшая по циклу фаза.

По результатам выполнения раздела 2.3.4 студент должен заполнить:

- таблицу расписания планов координации (карту времени, таблица 1);
- таблицу привязки планов координации (таблица 2).

Таблица 1 заполняется по результатам экспериментальных исследований характеристик потоков и оценки параметров эффективности планов координации.

Таблица 4 – Карта времени

День недели		Номер сектора		Номер карты	
Номер плана координации	Время включения плана координации				
	Час смены			Минуты смены	
1					
2					
3					

В таблицу 2 заносятся данные, обеспечивающие включение разрешающих сигналов светофоров в координируемых направлениях в нужный момент времени.

Таблица 2 – Параметры программы (плана) координации

Скорость, км/ч		Цикл, с		Номер сектора		Номер плана							
Номер ДК	Цикл, с	Номер варианта фазы, время включения (с), интервал МГР (с)										Номер позиции УЗН	
		N_{ϕ}	$t_{\text{вкл}}$	t	N_{ϕ}	$t_{\text{вкл}}$	t	N_{ϕ}	$t_{\text{вкл}}$	t	N_{ϕ}		$t_{\text{вкл}}$

Для заполнения таблиц 1, 2 выполняются следующие работы:

1. Вначале по плану координации определяется сдвиг между моментом включения необходимого зеленого сигнала и условной нулевой (базовой) линией отсчета сдвигов. Положение нулевой линии является произвольным, однако для удобства ее рекомендуется проводить через начало зеленого сигнала (через начало основного такта на диаграмме светофорного регулирования) в координируемом направлении на одном из СФО магистрали.

2. Для вызова фазы, обеспечивающей включение зеленого сигнала в координируемом направлении, запрос на ее включение дол-

жен быть заранее для того, чтобы ДК успел обработать промежуточный такт светофорного цикла $T_{\text{пром}}$ перед основным тактом $T_{\text{осн}}$ вызываемой фазы (рисунок 2). Поэтому величина сдвига, заносимого в таблицу 2, должна быть уменьшена на длительность предшествующего $T_{\text{пром}}$.

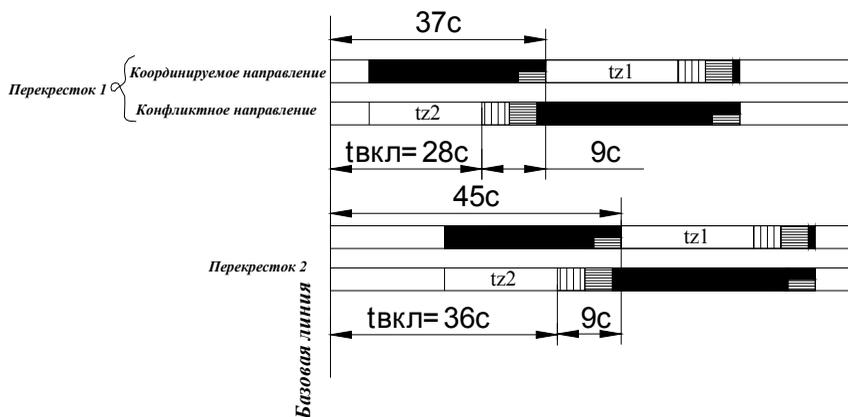


Рисунок 2 – Определение время сдвига включения фазы $t_{\text{вкл}}$

Например, для перекрестка 1 (см. рисунок 2) необходимый сдвиг включения зеленого сигнала по плану координации составляет 37 с. Для включения сигнала в этот момент вызов фазы дорожного контроллера, обеспечивающей его включение, должен быть передан с упреждением на 9 с (длительность предшествующего $T_{\text{пром}}$). Поэтому итоговый сдвиг, который будет занесен в таблицу 2 для 1-й фазы, составит $37 - 9 = 28$ с.

Сдвиг должен быть определен для каждой фазы на всех СФО. Набор сдвигов для всех СФО, объединенных в магистраль, составляет программу координации. Для остальных разработанных программ координации также должны быть заполнены аналогичные таблицы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основная литература

1. Врубель, Ю. А. Координированное управление дорожным движением : монография / Ю. А. Врубель [и др.]. – Минск : БНТУ, 2011. – 230 с.
2. Врубель, Ю. А. Управление дорожным движением : учебно-методическое пособие / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2007.
3. Воробьев, Э. М. АСУ дорожным движением / Э. М. Воробьев, Д. В. Капский. – Минск : УП НИИСА, 2005. – 88 с.
4. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ. – 240 с.
5. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : справочник / пер. с англ. В. У. Рэнкин [и др.]. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
6. Врубель, Ю. А. Организация дорожного движения : в 2 ч. / Ю. А. Врубель. – Минск : Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 634 с.
7. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы (ГОСТ 34.201–89, 34.602–89, 34.601–90, 34.401–90, 34.003–90, РД-50-682–89, 50-680–88, 50-34.698–90, 50-34.119–90). – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 143 с.
8. Порядок проектирования и ввода в действие автоматизированных систем управления дорожным движением в городах. – М. : ВНИИБД МВД СССР, 1983. – 81 с.
9. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю ; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 424 с.
10. Капский, Д. В. Концепция развития автоматизированных систем управления дорожным движением в Республике Беларусь / Д. В. Капский, Е. Н. Кот // Научно-технический журнал «Вестник БНТУ». – 2005. – № 5. – С. 63–66.

Дополнительная литература

1. Методы оценки качества организации дорожного движения / Г. И. Клинковштейн [и др.]. – М. : МАДИ, 1990. – 77 с.

2. Кременец, Ю. А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский. – М. : Транспорт, 1981. – 252 с.
3. Пржибыл, П. Телематика на транспорте / П. Пржибыл, М. Свитек. – М. : МАДИ (ГТУ), 2003 – 540 с.
4. Теленик, С. Ф. Концепция моделирования и управления движением автотранспортных средств / С. Ф. Теленик, В. Н. Томашевский // Автомобильный транспорт : сб. науч. трудов / ХГАДТУ. – Харьков, 1998. – Вып. 1. – С. 98–100.
5. Горлов, Ю. Г. Имитационное моделирование дорожного движения по транспортной сети промышленного центра / Ю. Г. Горлов // Материалы НТС : Современная миссия технических университетов в развитии инновационных территорий. – Варна, 2004. – С. 125–135.
6. Микропроцессоры в управлении транспортными потоками / Е. Б. Хилажев [и др.]. – М. : Транспорт, 1987.
7. Системы и средства автоматизированного управления дорожным движением в городах / Е. Б. Хилажев [и др.]. – М. : Транспорт, 1984.
8. Капский, Д. В. Методика определения экономических потерь при координированном регулировании движения транспортных и пешеходных потоков / Д. В. Капский, Д. В. Навой // Научно-технический журнал «Вестник БНТУ». – 2010. – № 4. – С. 60–70.
9. Капский, Д. В. Методика расчета экологических потерь при координированном регулировании транспортно-пешеходных потоков / Д. В. Капский, Ю. А. Врубель, Д. В. Навой, Д. В. Рожанский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVI международной научно-практической конференции, 16–17 июня 2010 г. – Екатеринбург : АМБ, 2010. – С. 195–201.
10. Капский, Д. В. Ways of Realization of the Coordinated Main Management of Traffic in Minsk / Д. В. Капский, Э.М. Воробьев, Ю. А. Врубель // Transport and Telecommunication. – 2006. – Volume 7, No 3. – P. 479–483.
11. Рожанский, Д. В. Исследование возможности применения указателя рекомендуемой скорости / Д. В. Рожанский, Д. В. Навой // Безопаска дорожнього руху України : сборник наукових трудов ВАК України – Київ : ГНИЦ БДД ДДПСММ МВС України. – 2005. – № 3–4 (21). – С. 70–77.

12. Рожанский, Д. В. Разработка методик применения периферийного оборудования в моделировании АСУ ДД / Д.В. Рожанский, Д. В. Навой // Наука – образованию, производству, экономике : 4-я МНТК. – Минск, 2006. – Том 1.

13. Рожанский, Д. В. Математическое моделирование процесса движения транспортного потока на перегоне магистральной улицы / Д. В. Рожанский, Д. В. Навой // Научно-технический журнал «Вестник БНТУ». – Минск, – 2006. – № 4. – С. 65–68.

14. Рожанский, Д. В. Совершенствование применения периферийных устройств при модернизации АСУ дорожным движением / Д. В. Рожанский, Д. В. Навой // Безопаса дорожнього руху України : сборник научных трудов ВАК Украины – Киев : ГНИЦ БДД ДДПСММ МВС Украины, 2006. – № 1–2.

15. Программно-технический комплекс ЦУП АСУ транспортными и пешеходными потоками в городах. Описание полезной модели : пат. Респ. Беларусь. G 08G 1/00 / Т. Л. Алёшина; ГПК РБ. – 2001.

16. Иносэ, Х. Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Т. Хамада ; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1983. – 248 с.

17. Капитанов, В. Т. Управление транспортными потоками в городах / В. Т. Капитанов, Е. Б. Хилажев. – М. : Транспорт, 1988. – 144 с.

18. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июня 2006 г., № 757 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 5/22459.

19. Исследование и разработка методики оценки эффективности применения технических средств организации дорожного движения (шумовые полосы, искусственные неровности и т. д.) : отчет о НИР (промежуточный). – № х/д 8618/2008.

20. Воробьёв, Э. Пути реализации координированного магистрального управления дорожным движением в городе Минске / Э. Воробьёв, Ю. Врубель, Д. Капский // Proceedings of the 5 International Conference RelStat'05. – Рига, 2006.

21. Клибавичус, А. Методические указания по проектированию систем координированного регулирования движения в уличной сети по программе ОПТПЛА / А. Клибавичус. – Вильнюс, 1985. – 29 с.

22. Руководство по регулированию движения в городах. – М. : Стройиздат, 1974. – 97 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ.....	3
1.1. Перечень тем лекционных занятий.....	3
1.2. Примерный перечень тем лабораторных занятий.....	8
1.3. Примерный перечень тем практических занятий.....	8
2. КУРСОВАЯ РАБОТА.....	10
2.1. Общие указания.....	10
2.2. Задание на проектирование.....	10
2.3. Методические указания к выполнению курсовой работы.....	12
2.3.1. Теоретические основы.....	12
2.3.2. Оценка существующей координации.....	15
2.3.3. Исходные данные для построения новых планов координированного регулирования.....	17
2.3.4. Построение плана координированного регулирования и его коррекция.....	18
2.3.5. Коррекция плана координации.....	21
2.3.6. Реализация плана координированного регулирования...	22
2.4. Местная коррекция.....	23
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	26
Основная литература.....	26
Дополнительная литература.....	26

Учебное издание

АСУ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Методические указания
по выполнению курсовой работы
для студентов специальности 1-44 01 02
«Организация дорожного движения»

Составители:

КАПСКИЙ Денис Васильевич

КОТ Евгений Николаевич

Редактор *Т. А. Зезюльчик*

Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 02.12.2014. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,74. Уч.-изд. л. 1,36. Тираж 100. Заказ 1374.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.