

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Кафедра організації та безпеки дорожнього руху

Решетніков Є.Б., Семченко Н.О.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни "Організація та безпека дорожнього руху"
за напрямом підготовки «Транспортні технології»
(на українській і російській (для іноземних студентів) мовах)

Харків 2013

УКРАЇНА



СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 108505

Твір науково-практичного характеру «Конспект лекцій з дисципліни «Організація та безпека дорожнього руху» за напрямом підготовки «Транспортні технології» (на українській і російській (для іноземних студентів) мовах)»

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Решетніков Євген Борисович, Семченко Наталія Олександрівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Решетніков Євген Борисович,
м. Харків, Семченко Наталія Олександрівна,
м. Харків, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків,
61002

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 7 жовтня 2021 р.

Т.в.о. Генерального директора
Державного підприємства
«Український інститут
інтелектуальної власності»

Петро ІВАНЕНКО



Зміст

Лекція 1. Проблеми організації дорожнього руху (ОДР).....	3
Лекція 2. Діяльність організацій в галузі ОДР.....	10
Лекція 3. Дорожньо-транспортні події, їх облік і аналіз.....	16
Лекція 4. Водій та безпека руху.....	24
Лекція 5. Транспортні засоби та безпека руху.....	32
Лекція 6. Дорожні умови та безпека руху.....	47
Лекція 7. Основні параметри дорожнього руху.	51
Лекція 8. Пропускна здатність і затримки на елементах транспортної мережі.....	60
Лекція 9. Оцінка небезпечності елементів транспортної мережі.....	72
Лекція 10. Параметри світлофорного регулювання і їх розрахунок.....	84
Лекція 11. Методи вдосконалення світлофорного регулювання.....	100
Лекція 12. Оцінка організації світлофорного регулювання.....	109
Лекція 13. Методи вдосконалення ОДР на нерегульованих перетинаннях.....	114
Лекція 14. Організація дорожнього руху на ділянках мережі.....	129
Лекція 15. Організація дорожнього руху в специфічних умовах.....	141
Лекція 16. Вантажний і пасажирський рух в містах. Автомобільні стоянки.....	151
Література	159

Лекція 1. Проблеми організації дорожнього руху (ОДР).

Основні питання:

1. Основні проблеми автомобілізації.
2. Стан безпеки руху, об'єктивні та суб'єктивні причини зростання аварійності.
3. Вимоги до організації дорожнього руху.
4. Дорожній рух як система «водій-автомобіль-дорога- навколишнє середовище» (ВАДС).
5. Основні фактори, що впливають на безпеку і ефективність дорожнього руху.

Автомобіль міцно увійшов в життя сучасного суспільства. Ми не уявляємо її без автомобіля. Промисловість, сільське господарство, будівництво, торгівля, військове відомство і т. ін. не можуть функціонувати без автомобільного транспорту. Обсяг перевезень автомобільним транспортом перевищує обсяги перевезень всіх інших видів транспорту разом узятих.

Крім того, транспорт є засобом підвищення мобільності громадян, забезпечує відповідний спосіб життя людини, підвищує його культурний рівень.

Автомобіль вже давно перестав бути розкішшю і засобом пересування. Темпи автомобілізації знижуватися не будуть.

Однак автомобіль породив одну з найгостріших соціально-економічних проблем - проблему безпеки дорожнього руху.

Основне завдання курсу полягає в формуванні знань, необхідних для розуміння закономірностей дорожнього руху і методів його дослідження і вміння використовувати ці знання при вирішенні інженерних питань організації дорожнього руху.

Основні проблеми автомобілізації

Ми вже відзначили, що найбільш нагальною проблемою автомобілізації є безпека дорожнього руху.

Перша дорожньо-транспортна подія (наїзд на пішохода) відбулася в 1896 році.

Перша ДТП, що спричинила смертельний результат - в 1899 р. і після цього кількість загиблих в ДТП людей постійно зростає. Щорічно в світі в результаті ДТП гине понад 1,2 млн. чоловік. Від 20 до 50 млн. отримують травми.

За 2011 рік в ДТП на дорогах України загинуло 5000 осіб, кожен третій загиблий - молода людина віком до 29 років. (Середній вік загиблих - 30 років) За кількістю жертв ДТП Україна займає п'яте місце в Європі після Росії, Італії, Франції та Німеччини. Постраждали в 26000 ДТП близько 40000 чоловік. Всього за роки незалежності на дорогах України загинули близько 140 тис. людей, 900 тис. - отримали тяжкі тілесні ушкодження, і половина з них стали інвалідами. Кожен день в Україні відбувається 270 ДТП, в результаті чого гине 11 людей і 90 отримують важкі травми. 80% ДТП відбувається через порушення

ПДР. Втрати української економіки від дорожньо-транспортних подій щорічно сягають 5 млрд. доларів. (В США річний збиток становить приблизно 110 млрд. доларів). Навіть Президент України заявив, що ситуація на автошляхах України стала сьогодні однією з головних загроз національній безпеці.

У серпні 2012 р. була прийнята концепція Державної цільової програми підвищення безпеки дорожнього руху в Україні на 2012-2016 роки.

Ось її обґрунтування:

«Протягом останніх чотирьох років в Україні спостерігалось зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод, у тому числі кількості ДТП з постраждалими (у 2008 році сталося 51 279 ДТП з постраждалими, у 2009 році – 37 080, у 2010 році – 31 768, у 2011 році – 30 769), а також зменшення кількості загиблих з 7718 у 2008 році до 4831 у 2011 році, тобто на 37,4%, та відповідно зменшення поранених із 63 254 до 37 774, тобто на 40,3%. Незважаючи на це, в Україні показник кількості загиблих у ДТП на 100 тис. населення становить 10,6, тоді як в Євросоюзі в середньому 6-8 загиблих на 100 тис. населення, у провідних країнах 3-5 загиблих на 100 тис. населення.

У 2011 році спостерігалось вповільнення темпів зниження показників аварійності, тоді як, за підсумком першого кварталу 2012 року, намітилась тенденція до їх зростання. Порівняно з першим кварталом 2011 року кількість ДТП з постраждалими зростає на 14,6%, кількість загиблих у них – на 15,6 %, травмованих – на 14,8%.

Адміністративні важелі впливу на забезпечення безпеки дорожнього руху, зокрема, підвищення штрафів за порушення правил дорожнього руху, поступово втрачають свою ефективність. Як свідчить досвід передових країн Європейського Союзу, подальше зниження показників аварійності потребує комплексних заходів з підвищення безпеки дорожнього руху, основою яких є аналіз факторів, що зумовили виникнення дорожньо-транспортних пригод, та відхід від позицій першочергового звинувачення водія чи пішохода.

За статистичними даними 2011 року, найбільш поширеними видами ДТП з постраждалими є наїзд на пішохода (36,3% загальної кількості ДТП з постраждалими), зіткнення (34,1%), наїзд на перешкоду (11,4%). При цьому частка загиблих у випадках наїзду на пішохода становить 38,0% загальної кількості загиблих у ДТП, тоді як відповідний середній показник країн Євросоюзу складає близько 15%. Основними причинами ДТП з постраждалими є перевищення безпечної швидкості руху (23,6 % загальної кількості ДТП з постраждалими), порушення правил маневрування (19,6%) та правил проїзду перехресть (8%). Порівняно з даними 2010 року значно, а саме на 44,6%, зросла частка ДТП, що сталися через керування в нетверезому стані, яка за підсумками 2011 року становить 6% загальної кількості ДТП з постраждалими.

За місцем скоєння ДТП ситуація наступна. 70% загальної кількості ДТП з постраждалими в Україні сталися в населених пунктах, при цьому кількість загиблих у таких ДТП становить 43,8 % загальної кількості загиблих, що вище відповідного показника більшості країн ЄС, який у середньому становить близько 33%.

Розв'язати проблему дорожньо-транспортного травматизму можливо шляхом об'єднання зусиль органів державної влади, органів місцевого самоврядування та всього суспільства.»

Причини зростання аварійності

Існують як об'єктивні, так і суб'єктивні причини зростання аварійності на автомобільному транспорті. До об'єктивних належать:

1. Безперервне зростання світового автомобільного парку.

Таблиця 1.1 – Обсяги світового автомобільного парку

	Парк, млн. одиниць						
	1920 р.	1940 р.	1960 р.	1980 р.	2000 р.	2010	2035
Загальний	9	45	120	390	520	1015	3000
Легковий	6	36	90	270	400	≈760	

Індекс середнього відношення кількості автомобілів до числа людей, що проживають на землі, становить в даний час 1:6,75 (148 автомобілів на 1000 жителів). Найбільше автовласників в США: 1:1,3 (770 авт./ 1000 жителів), тобто автомобіль є майже у кожного. Слідом за ними йдуть Італія: 1:1,45 (690 авт./ 1000 жителів), Великобританія, Франція і Японія: приблизно 1:1,7 в кожній країні (588 авт./ 1000 жителів). А ось у чемпіона по зростанню авторинку, Китаю, через населення в 1,3 млрд. людей цей індекс становить 1:17,2 (58 авт./ 1000 жителів). В Індії індекс становить 1:56,3 (17,8 авт./ 1000 жителів).

В СНД – 1:5,5 (180 автомобілів на 1000 жителів). У Харкові - приблизно 1:3,8 (260 автомобілів на 1000 жителів).

2. Неухильне зростання населення міст і зменшення кількості сільських жителів. Саме в місцях концентрації населення спостерігається і велика концентрація автомобілів, а значить і дорожньо-транспортних пригод. За даними УДАІ МВС України розподіл ДТП за місцем їх вчинення за останні 5 років наступне:

- 33% - в обласних центрах;
- 23% - в інших містах;
- 22% - на місцевих дорогах;
- 15% - в інших населених пунктах;
- 9% - на магістральних автошляхах.

3 обґрунтування концепції Державної цільової програми: «За місцем скоєння ДТП ситуація наступна. 70% загальної кількості ДТП з постраждалими в Україні сталися в населених пунктах, при цьому кількість загиблих у таких ДТП становить 43,8 % загальної кількості загиблих, що вище відповідного показника більшості країн ЄС, який у середньому становить близько 33%.»

3. Недостатня мережа автомобільних доріг і низькі темпи її розвитку в

порівнянні з ростом автомобілів.

В першу чергу це відноситься до міст. В теперішній час існує досить об'єктивний норматив для великих міст (> 1 млн. чол.) – 2 км міських магістралей на 1 км² міста. В даний час тільки у Франції цей норматив в деяких містах витриманий. У США цей показник становить 0,5 км /км²; в Японії - 1,35 км /км²; в Чехії - 0,65 км /км²; в СНД - 0,04 км /км²;

З обґрунтування концепції Державної цільової програми: «через значне збільшення кількості автомобілів протягом останнього десятиріччя майже повністю вичерпано пропускні можливості вулично-дорожньої мережі, що, у свою чергу, ускладнює умови руху та потребує підвищення експлуатаційних характеристик існуючої мережі та її розбудови з урахуванням вимог, прийнятих у країнах Європейського Союзу».

4. Зростання потужностей автомобільних двигунів і динамічних характеристик автомобілів.

5. Недостатня ізоляція транспортних потоків від інших учасників дорожнього руху.

6. Недооцінка проблем безпеки руху на всіх рівнях.

До **суб'єктивних причин** зростання аварійності в першу чергу відносяться:

1. Відсутність у людини боязні небезпеки автомобіля.

2. Незнання і порушення Правил дорожнього руху як водіями, так і пішоходами.

3. Незмога співставлення людиною своїх можливостей з можливостями автомобіля.

Це загальні причини зростання кількості ДТП в усьому світі. У концепції Державної цільової програми БДР в Україні наводяться більш конкретизовані, характерні для нашої країни:

«Основними причинами низького рівня безпеки дорожнього руху в Україні порівняно з відповідним рівнем країн Європейського Союзу є:

- низький рівень дорожньої дисципліни учасників руху та усвідомлення небезпеки наслідків її порушення, зокрема, недотримання встановленої швидкості руху та правил маневрування, ігнорування використання ременів безпеки, порушення режимів праці та відпочинку професійними водіями;

- відсутність практичного забезпечення невідворотності покарання за порушення правил дорожнього руху та усвідомлення цього учасниками дорожнього руху;

- недостатність координації діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади щодо вирішення питань безпеки дорожнього руху;

- недостатність фінансування заходів, спрямованих на зниження аварійності на дорогах та відсутність системних підходів до аналізу ефективності фінансування таких заходів;

- низький рівень використання сучасних методів підготовки та

підвищення кваліфікації водіїв, навчання правил дорожнього руху громадян;

- недостатня ефективність системи організаційно-планувальних та інженерних заходів, спрямованих на вдосконалення організації руху транспорту та пішоходів, створення безпечних умов руху;
- низький рівень використання автоматизованих засобів контролю та регулювання дорожнього руху;
- неефективність системи контролю за безпечністю транспортних засобів під час експлуатації, а стосовно некомерційних транспортних засобів її відсутність;
- недосконалість системи оповіщення про дорожньо-транспортні пригоди та надання допомоги потерпілим.»

Другою проблемою автомобілізації є екологічна проблема.

При допустимій в даний час нормі вмісту окису азоту в повітрі міст – 3 мг/м³ на магістралях з безперервним напруженим рухом окису азоту в десятки разів більше. Отруюючи атмосферу двигуни автомобілів споживають величезну кількість кисню.

Шум від руху транспортних засобів по цих магістралях перевищує 100 дБ, при допустимих нормах – 50 дБ.

Третя проблема - зниження швидкості сполучення.

Автомобіль спочатку призначений для забезпечення високих швидкостей сполучення між пунктами. У той же час на деяких міських дорогах швидкість руху знижується в години «пік» до 8 – 10 км/год., Що робить безглуздим використання індивідуальних автомобілів і різко знижує економічну ефективність при перевезеннях вантажів.

Вимоги до організації дорожнього руху.

Виходячи з розглянутих проблем, можна сформулювати основні вимоги до організації дорожнього руху:

1. Безпека
2. Ефективність.
3. Комфортабельність.

Під безпекою дорожнього руху розуміється створення комплексу умов і вимог, споруд, технічних і інформаційних засобів, що забезпечують мінімальну ймовірність дорожньо-транспортних пригод.

Під ефективністю розуміють створення таких умов дорожнього руху, які забезпечують високу швидкість, малий час сполучення і мінімальні затримки транспортних засобів.

Якщо говорити про комфортабельності, то виконання перших двох вимог (безпеки і мінімальних затримок) значною мірою визначають і комфортабельність. Крім того, для забезпечення комфортабельності необхідно передбачати зручне розміщення АЗС, СТО, пунктів харчування, відпочинку.

Але це вже в меншому ступені проблеми організації дорожнього руху. Тому в подальшому, говорячи про вимоги до організації дорожнього руху, ми будемо мати на увазі забезпечення безпеки руху і мінімальних затримок.

Вирішенням цих питань і займається Організація дорожнього руху як наука – вона вивчає характеристики, закономірності дорожнього руху і розробляє на їх основі методи планування, регулювання і проектування дорожнього руху.

Дорожній рух як система.

Забезпечити безпеку руху та зниження затримок неможливо, розглядаючи, наприклад, тільки автомобіль. На автомобільних дорогах функціонує дуже складна соціально-технічна система, що представляє собою сукупність технічних засобів, людей, інфраструктури, що беруть участь у дорожньому русі. Ми можемо виділити три основні підсистеми: автомобіль, водій, дорога. І, звичайно, ця система ВАД діє і взаємодіє в навколишньому середовищі.

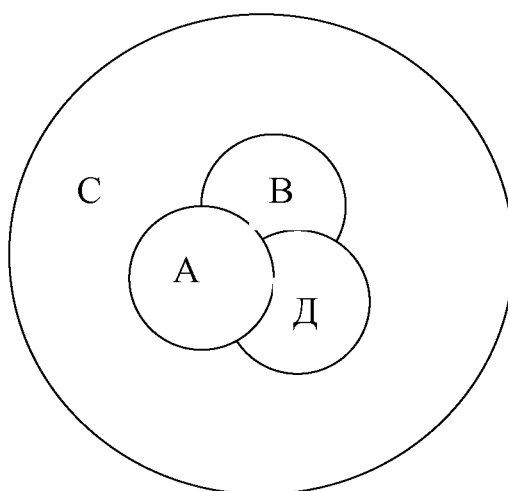


Рисунок 1.1 – Система ВАДС

Оптимальне функціонування системи визначається як самостійними характеристиками її елементів – автомобіля (транспортного засобу), дороги, водія, так і параметрами взаємодії – механічної – автомобіль-дорога, біомеханічної – водій-автомобіль і водій-дорога. Розглянемо основні параметри кожної підсистеми, властивості, які забезпечують безпеку дорожнього руху.

Автомобіль.

Тут ми можемо виділити 4 основні підсистеми, що забезпечують безпеку:

1. Активна безпека, що включає:

- тягово-швидкісні якості;
- гальмівні якості;
- стійкість;

- керованість;
- інформативність;
- вагові та габаритні параметри;
- елементи комфортності:
 - ергономічні параметри;
 - мікроклімат (загазованість, температура, шум).

2. Пасивна безпека, що включає:

- Внутрішні травмобезпечні елементи;
 - ремені безпеки;
 - травмобезпечна рульова колонка;
 - травмобезпечні скла;
 - підголівники;
 - подушки і т. ін.
- Зовнішні травмобезпечні елементи:
 - форма кузова;
 - оптимальна жорсткість елементів кузова;
 - енергопоглинаючі бампери і т. ін.

3. Післяаварійна безпека:

- протипожежна;
- евакуаційна;

4. Екологічна безпека: заходи, що знижують

- споживання енергоресурсів;
- рівень загазованості;
- рівень шуму і вібрацій;
- рівень електромагнітних випромінювань.

Водій.

Говорячи про водія, зазвичай виділяють три основні елементи:

- психофізіологічні якості (темперамент, емоційна збудливість, - сангвінік, холерик і т. ін., - зорові відчуття, слухові відчуття і т. ін.)
- професійні якості (боксер з прекрасною реакцією може бути дуже поганим водієм);
- стан (стомлення, хвороба, сп'яніння).

Дорога.

- вулично-дорожня мережа (планування);
- параметри автомобільних доріг (ширина, кількість смуг руху, наявність тротуарів і узбіч, покриття, криві в плані і профілі);
- інфраструктура (рухомі та нерухомі об'єкти – будівлі біля дороги, зелені насадження, мости, переїзди, СТО, АЗС тощо);
- інженерне обладнання засобами ОДР.

Система ВАД функціонує в навколишньому середовищі, звідки отримує інформацію, і яка впливає на параметри функціонування системи. Говорячи про середовище, ми маємо на увазі:

- освітленість, опади, температура, запиленість, шум, вібрації, пішоходів, співробітників ДАІ, інші транспортні засоби і т. ін.

Тому середовище зазвичай також включають в систему і кажуть про систему «Водій - автомобіль-дорога-середовище» – ВАДС.

Безпека дорожнього руху залежить від надійності системи і входять до неї елементів. Для забезпечення безпеки функціонування системи ведуться роботи за всіма напрямками. Постійно йде вдосконалення транспортних засобів, доріг, обладнання для ОДР.

Але найменш надійним елементом системи є водій. Тут теж йде робота по поліпшенню їх підготовки (тренажери, наприклад), але масова автомобілізація залучає в сферу цієї діяльності все більшу кількість людей. З іншого боку, зростання тягово-швидкісних якостей автомобілів вже входить в протиріччя з можливостями людини. Єдиним шляхом вирішення цієї проблеми є автоматизація і навіть кібернетизація процесу керування транспортними засобами.

Підведемо підсумки.

Підвищення безпеки руху та ефективності автотранспортної системи може бути досягнуто тільки при взаємопов'язаному функціонуванні всіх елементів системи ВАДС. Але навіть при ідеальному її функціонуванні ймовірність ДТП і затримок зберігається.

Основні фактори, що впливають на безпеку руху і ефективності:

1. Рівень автомобілізації;
2. Конструктивні параметри транспортних засобів;
3. Ступінь і рівень розвитку вулично-дорожньої мережі;
4. Підготовка та дисциплінованість водіїв і пішоходів;
5. Погодно-кліматичні умови;
6. Насиченість і досконалість методів і технічних засобів регулювання дорожнім рухом.

Останній напрям і є предметом нашого курсу.

Лекція 2. Діяльність організацій в галузі ОДР.

Основні питання:

1. Міжнародні нормативні документи з організації дорожнього руху.
2. Державні нормативні документи з організації дорожнього руху.
3. Закони України «Про транспорт» і «Про дорожній рух».
4. Державна автомобільна інспекція і служби безпеки дорожнього руху.
5. Відомчі організації і служби безпеки дорожнього руху.

Як ми вже відзначали, дорожній рух є складною динамічною системою ВАДС.

Основними показниками ефективності дорожнього руху є безпека і швидкість. Щоб забезпечити ефективність дорожнього руху, необхідна спільна

діяльність фахівців різного профілю. Проблеми безпеки дорожнього руху (БДР) – проблема світового значення, тому її рішенням займаються не тільки окремі держави, але ці держави у вирішенні проблеми БДР об'єднують свої зусилля і багато питань вирішуються на рівні комісій ООН і інших міждержавних комісій.

При зародженні дорожнього руху, коли не було технічних засобів регулювання, єдиним елементом організації руху були правила, що регламентують поведінку учасників дорожнього руху на дорогах.

Такі правила почали з'являтися багато століть назад. У Росії, наприклад, перші царські укази з'явилися в XVII столітті і встановлювали порядок руху вершників і гужових возів.

Поява автомобілів зажадала пильної уваги до проблем руху на дорогах.

Перші в історії Правила автомобільного руху з'явилися в 1896 р. в Англії. Потім з'явилися в інших країнах. Причому основні регламентації стосувалися саме транспортних засобів. Так, в перших англійських правилах заборонялося рух автомобілів зі швидкістю понад 12 міль на годину (приблизно 20 км/год.)

У Правилах руху, встановлених Московською міською думою у 1912 р., заборонялося рух зі швидкістю понад 12 верст на годину (приблизно 12,8 км/год.) для автомобілів масою понад 350 пудів (5740 кг) і 20 верст на годину (20,9 км/год.) для інших.

Міжнародні нормативні документи з ОДР

Розвиток міжнародного дорожнього руху вже на початку минулого століття висунуло необхідність уніфікації правил дорожнього руху.

Перша міжнародна угода про порядок автомобільного руху була прийнята в 1909 р. Були уніфіковані 4 знаки (круті повороти, нерівна дорога, залізничний переїзд і перетин доріг).

У 1926 р. у Парижі була укладена Міжнародна конвенція про дорожній транспорт і Міжнародна конвенція про автомобільний транспорт. У 1931 р. Прийнята конвенція про введення одноманітності в сигналізації на дорогах.

Після закінчення другої світової війни ООН було проведено підготовчу роботу і в 1949 р. в Женеві були прийняті угоди:

- Конвенція про дорожній рух;
- Протокол про дорожні знаки і сигнали.

У порівнянні з попередніми Конвенціями це були значно більш розгорнуті документи.

Метою цієї Конвенції було сприяння міжнародному дорожньому руху. До неї приєдналася більшість країн світу, що забезпечило широку уніфікацію національних правил дорожнього руху. СРСР приєднався до цієї Конвенції в 1959 р.

Але до цього часу автомобілізація досягла настільки широких масштабів, що Женевська Конвенція вже не задовольняла вимогам. Велася дуже велика робота по всіх елементах ВАДС і в 1968 р. на конференції ООН по дорожньому руху у Відні були остаточно узгоджені і прийняті:

- Конвенція про дорожній рух;
 - Конвенція про дорожні знаки і сигнали
- Конвенція про дорожній рух затвердила:
- термінологію;
 - загальні положення;
 - вимоги до транспортних засобів;
 - вимоги до водійських документів і порядок їх видачі;
 - вимоги до водіїв.

Конвенція про дорожні знаки і сигнали затвердила загальні вимоги до дорожніх знаків, дорожньої розмітки, вказівників і сигналів.

Робота міжнародних комісій постійна, окремі положення розвиваються, уточнюються, вводяться нові вимоги.

В даний час міжнародні нормативні документи розробляються наступними організаціями:

- Комітетом з внутрішнього транспорту Європейської Економічної комісії ООН (ЄЕК ООН). Вона, наприклад, розробляє нормативи конструктивної безпеки автомобілів (їх зараз близько 50).

- Міжнародною організацією товариств автомобільних інженерів і техніків (FIS STA).

- Міжнародною організацією стандартизації (ISO).

Стандарти нашої країни, як загальнодержавні, так і галузеві, в цілому відповідають розробленим цією комісією вимогам.

Державні нормативні документи по ОДР

Якщо говорити про державний рівень діяльності з ОДР, починати потрібно з СРСР.

Якщо не брати до уваги перших примітивних обмежень швидкостей в царській Росії, перші правила руху були оголошені декретом Ради Народних Комісарів «Про авторух по м. Москві і її околицях (правила)», які були введені в дію 10 червня 1920 р.

Спочатку не існувало єдиних правил дорожнього руху. Вони розроблялися і затверджувалися на місцевому рівні виконкомом Рад депутатів трудівників.

У 1940 р. були затверджені перші «Типові правила руху по вулицях міст і дорогах СРСР», що служили основою для розробки Правил на місцях.

І тільки в 1961 р., з 1 січня, були введені в дію перші єдині «Правила руху вулицями і дорогами СРСР». У 1965 р. вони були доопрацьовані.

Після Віденської конференції ООН в 1968 р., присвяченій питанням безпеки руху та прийняття там двох конвенцій, в СРСР були перероблені Правила з урахуванням вимог Конвенцій. Але все відразу врахувати було неможливо, тому вони в наступні роки допрацьовувалися і останні в СРСР, доповнені й перероблені, були введені в дію з 1 червня 1980 р.

Після утворення самостійної Української держави 30 червня 1993 р. Був прийнятий закон «Про дорожній рух».

На підставі цього Закону 1 травня 1994 р. були введені на Україні нові Правила. В даний час всі учасники дорожнього руху керуються Правилами, введені в дію з 1 січня 2002 р.

Отже, у нас на Україні діють і Правила дорожнього руху і Закон про дорожній рух. Правила дорожнього руху встановлюють чіткий порядок здійснення руху транспортних засобів і пішоходів. Навіщо потрібен Закон? Чим обумовлено його поява?

Закон України про дорожній рух

Проблеми організації руху можна вирішити тільки на основі розгляду системи ВАДС, вони не можуть зводитися тільки до правильного здійснення руху.

Закон України про Дорожній рух (ДР) регулює суспільні відносини в сфері організації ДР, його безпеки. Він визначає права, обов'язки і відповідальність суб'єктів - учасників ДР. Усі законодавчі акти повинні видаватися відповідно до Закону України про ДР.

Прокоментуємо деякі розділи цього Закону.

Розділ 2 розглядає компетенції Кабінету Міністрів України, обласних, міських і районних рад, Міністерств

Розділ 3 обумовлює права та обов'язки учасників ДР. Учасниками ДР є особи, які використовують автодороги, вулиці, залізничні переїзди та інші місця, призначені для пересування людей та перевезення вантажів за допомогою транспортних засобів.

Учасники ДР мають право на безпечний рух, відшкодування шкоди, заподіяної внаслідок невідповідності доріг вимогам БДР, отримання від ДАІ інформації про умови руху на дорогах. На оскарження дій працівників ДАІ в разі порушення ними законодавства і т. ін.

Учасники дорожнього руху зобов'язані знати і дотримуватися вимог Закону про ДР, Правил ДР та інших нормативних актів про ДР; створювати безпечні умови для дорожнього руху, не завдавати своїми діями або бездіяльністю шкоди підприємствам, установам і громадянам; виконувати розпорядження органів Держнагляду по дотриманню законодавства ОДР.

Розділ 4 називається «Автомобільні дороги (вулиці)». Тут розглядаються: автомобільні дороги, їх розподіл і правила користування ними; основні вимоги до проектування доріг; основні вимоги до будівництва, реконструкції та ремонту доріг, вулиць, залізничних переїздів; питання обмеження або припинення ДР при виконанні ремонтних робіт на автошляхах; організації ДР на автодорогах; діяльність спеціалізованих служб ОДР.

Розділ 5 присвячений транспортним засобам. Тут обумовлюються вимоги до допуску транспортних засобів до участі в ДР; визначаються основні вимоги до виробництва транспортних засобів; вимоги до ввезення на територію України транспортних засобів; вимоги до переобладнання транспортних засобів (ТЗ); порядок реєстрації та обліку ТЗ; проведення технічного огляду ТЗ; основні

вимоги до технічного обслуговування ТЗ; обумовлюються підстави для заборони експлуатації ТЗ

Розділ 6 називається «Стандартизація і нормування ОДР».

Тут обумовлені стандарти дорожнього руху, нормативи дорожнього руху, Правила дорожнього руху.

Розділ 7 «Планування і фінансування підприємств по забезпеченню БДР».

Тут дані загальні положення єдиної системи обліку показників ДР і його безпеки; обговорений порядок планування і фінансування заходів щодо забезпечення БДР.

Розділ 8 «Медичне забезпечення ДР»

Основні питання: медичний огляд і переогляд кандидатів у водії та водіїв транспортних засобів; обов'язки підприємств і установ з охорони здоров'я і контролю за умовами праці водіїв транспортних засобів; організація надання допомоги потерпілим при ДТП; медична підготовка водіїв і посадових осіб органів МВС.

Розділ 9 «Охорона навколишнього середовища».

Розділ 10 «Контроль у сфері ДР»

Розділ 11 «Відповідальність за порушення законодавства про ДР»

Розділ 12 «Міжнародні відносини»

Закон України "Про дорожній рух" та Правила дорожнього руху далеко не єдині нормативно-правові акти у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху. Так, 10 листопада 1994 р. прийнято Закон України «Про транспорт», 5 січня 2001 р. прийнято Закон «Про автомобільний транспорт», 6 квітня 2000 р. – закон «Про перевезення небезпечне вантажів" і т. ін.

Всього на сьогоднішній день є 56 нормативно-правових документів у сфері забезпечення безпеки руху. Це і Закони України і Правила, і Постанови, і Положення, і Державні стандарти, і Технічні правила і т. ін.

Кримінальна відповідальність за порушення Правил безпеки дорожнього руху передбачена ст. 286, 287, 289 і 291 КК України.

Державна автомобільна інспекція і служби безпеки дорожнього руху

У 1935 р. в системі Центрального Управління шосейних і ґрунтових доріг та автомобільного транспорту при Раді Народних Комісарів СРСР була створена автомобільна інспекція СРСР як орган Державного нагляду за експлуатацією автомобільного транспорту.

У 1936 р., 3 березня Державтоінспекція була включена до складу Головного управління Робітничо-селянської міліції НКВС СРСР.

У липні 1936 р. затверджено Положення про Державтоінспекцію. Тут були визначені її завдання:

- боротьба з аваріями;
- боротьба з незаконним використанням автотранспорту;
- розробка технічних норм і вимірників експлуатації автотранспорту;
- спостереження за підготовкою та вихованням водійських кадрів;

- кількісний і якісний облік автомобільного парку.

Зі збільшенням парку все більшого значення набувала робота щодо попередження ДТП і регулювання руху. У великих містах (Москві, Ленінграді, Києві) створюються відділи з регулювання вуличного руху - ОРУД, на автомагістралях – підрозділи дорожньої міліції. У 1969 р. ці відділи були введені на всіх рівнях (Державному, республіканському, обласному, районному).

Завдання:

- вивчення дорожнього руху;
- розробка заходів щодо поліпшення організації руху;
- узгодження проектної документації так чи інакше стосуються ДР;
- видача дозволів на перевезення негабаритних і великовагових вантажів;
- брати участь в роботі комісій та технічних рад з питань ОДР;
- здійснювати контроль за виконанням положень по ОДР.

У 1972 р. в системі органів МВС були створені спеціалізовані монтажньо-експлуатаційні підрозділи дорожнього руху. Їх функції:

- нагляд за технічним станом автотранспортних засобів, трамваями, тролейбусами;
- облік ДТП, аналіз їх причин і умов виникнення, розробка рекомендацій щодо усунення цих причин та підвищенню рівня БР;
- розгляд і узгодження маршрутів громадського транспорту, транспорту, що перевозить великовагові та негабаритні вантажі;
- прийом іспитів на управління ТЗ;
- впровадження та експлуатація технічних засобів регулювання і контролю дорожнього руху.

Поряд з підрозділами ДАІ є і інші служби у відомствах і міністерствах, які слід віднести до служб дорожнього руху. Основні з них:

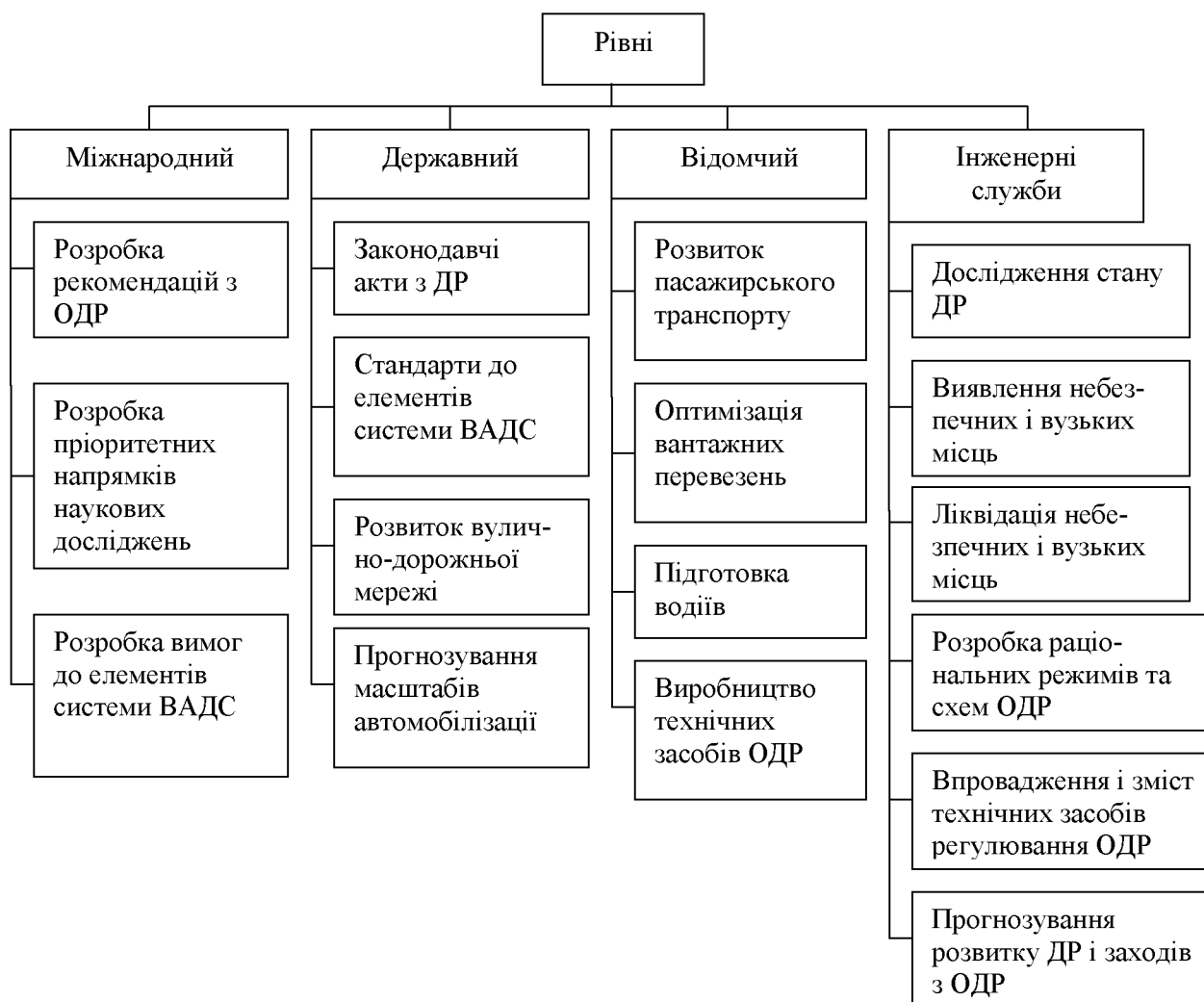
1. Служба організації руху в дорожньо-експлуатаційних підприємствах. Вперше така служба була організована в 1968 р. Міністерством автомобільного транспорту і шосейних доріг в складі Управління автомобільної дороги Москва-Харків. Потім ця служба отримала подальший розвиток і працює до цих пір. Вони здійснюють:

- постійний контроль за станом доріг з точки зору безпеки руху: умовами видимості, шорсткістю покриття і т. ін.;
- вивчають умови та режими руху транспортних засобів, виявляють «вузькі місця»;
- розробляють і здійснюють заходи щодо ліквідації «вузьких» місць;
- забезпечують інформацією водіїв на дорогах;
- впроваджують сучасні технічні засоби ОДР;
- аналізують причини і умови виникнення ДТП, вживають заходів щодо їх усунення;
- прогнозують розвиток інтенсивності дорожнього руху і розробляють заходи щодо збільшення пропускної здатності.

2. Служба безпеки руху автотранспортних підприємств і організацій. Інженери служби безпеки займаються вирішенням наступних основних питань:

- підвищенням кваліфікації водіїв;
- обстеженням умов руху на маршрутах;
- розробляють заходи щодо поліпшення організації руху і дорожніх умов;
- беруть участь у нормуванні швидкісних режимів;
- проводять службові розслідування ДТП.

Структурна схема основних напрямків діяльності з ОДР.



Лекція 3. Дорожньо-транспортні події, їх облік і аналіз.

Основні питання:

1. Визначення та класифікація дорожньо-транспортних подій (ДТП).
2. Облік ДТП в ДАІ, АТП.
3. Показники аварійності.
4. Аналіз ДТП:
 - кількісний;
 - якісний;
 - топографічний;

- автотехнічна експертиза.

Визначення і класифікація ДТП.

ДТП - це подія, що відбулася під час руху транспортного засобу, внаслідок якої загинули або поранені люди або завдано матеріальної шкоди. (ПДР).

ДТП класифікуються за різними ознаками - за ступенем тяжкості, за видами, з причин, за місцем виникнення і т. ін.

Класифікація за ступенем тяжкості:

- ДТП з матеріальним збитком;
- ДТП з тілесними ушкодженнями;
- ДТП із загибеллю людей.

Лише остання ступінь тяжкості однозначна. Матеріальний збиток від ДТП може коливатися в великих межах: від декількох гривень до мільйонів – якщо пошкоджений або знищений цінний вантаж. Що стосується тілесних ушкоджень, вони за прийнятою класифікацією в судово-медичній експертизі можуть бути легкими, менш тяжкими (наслідки середньої тяжкості), тяжкі (наслідки важкого ступеня).

Статистика наслідків наїздів на пішоходів, наприклад, показує, що при швидкостях наїзду до 15 км/год. пішоходи отримують в основному легкі тілесні ушкодження; при швидкостях 15-25 км/год. - менш тяжкі, при 25-40 км/год. - тяжкі. Наїзди на пішоходів при швидкості автомобіля понад 40 км/год. найчастіше призводять до смертельного результату.

Класифікація за видами.

У дужках дані за 2005 р. По Україні і Харківській області. Всього ДТП в Харківській області (Х/о) в 2005р. – 3497

1. Наїзди транспортних засобів. (50 - 60% від усіх ДТП)

- на пішоходів (35-50% від усіх ДТП)
(Х/о - 1360 -38,9%)
- на перешкоду (5 - 8%)
(Х/о - 258 -7,4%)
- на транспортний засіб (2,5-3,5%)
(Х/о - 74 - 2,1%)
- на велосипедиста (1 - 5%);
(Х/о -170 - 4,9%)
- на гужовий транспорт; (До 0,6%)
(Х/о - 3 - 0,1%)
- на тварину; (До 0,3%)
(Х/о - 0 - 0,0%)

2. Зіткнення (30-40%);

(Х/о - 1248 - 35,7)

3. Перекидання транспортних засобів (8-10%);

(Х/о - 364 - 10,4)

4. Падіння пасажира (до 2%)

(X/o - 20 - 0,6%)

5. Падіння вантажу (до 0,5%)

(X/o - 0 - 0,0%)

6. Інші (2-2,5%)

Класифікація за причинами виникнення.

- з вини пішохода;

- з вини водія. Коли мова йде про наїзд на пішохода, велосипедиста, часто складно однозначно визначити, з чієї вини сталася ДТП. У 75% випадків наїздів на пішохода небезпечну обстановку створює пішохід. Однак в ПДР є пункт 12.3, відповідно до якого, водій в разі виникнення небезпеки зобов'язаний вжити заходів для зменшення швидкості аж до зупинки або безпечного для інших учасників руху об'їзду перешкоди. Якщо відбувається наїзд і водій при цьому міг йому запобігти, тільки суд може визначити ступінь провини кожного з учасників ДТП.

- через несправність транспортних засобів. За статистикою через несправність транспортних засобів відбувається приблизно 2-5% всіх ДТП. В даний час кількість ДТП з цієї причини в Україні дещо зросла через те, багато автомобілів приватних власників взагалі не проходять передрейсового контролю.

- через погані дорожні умови. Тут теж дуже важко говорити про статистику ДТП з цієї причини. Стан доріг як міських, так і місцевих в даний час дуже погане, що є причиною багатьох ДТП. Але водії дуже рідко звертаються до суду з позовом до дорожніх служб.

- через погану організацію дорожнього руху. З цієї причини ДТП відбуваються, але, як і в попередньому, статистика тут відсутня.

Аналіз статистики звітних даних про ДТП дозволяє виділити основні порушення водіями ПДР, які призводять до виникнення подій:

- перевищення швидкості руху (20-30%)

(X/o - 674 - 19,3% від усіх ДТП)

- порушення правил проїзду залізничних переїздів (до 1%),

(X/o - 4 - 0,11%)

- порушення правил проїзду перехресть (5-10%),

(X/o - 367 - 10,5%)

- виїзд на зустрічну смугу (5-15%),

(X/o - 233 - 6,7%)

- недотримання дистанції (3-6%)

(X/o - 188 - 5,4%)

- недотримання правил обгону (2,5-5,5%)

(X/o - 68 - 1,9%)

- недотримання правил маневрування (20-22%)

(X/o - 744 - 21,3%)

- порушення правил проїзду пішохідних переходів – до 5%

- управління Т.С. в нетверезому стані (10-20%)

(X/o -386 - 11,0%)

- відсутність прав на керування автомобілем - (до 20%)
 - відсутність прав на керування автомобілем відповідної категорії до 1%.
- 11% всіх ДТП в Харківській області відбувається за участю дітей.

До дорожньо-транспортних пригод не належать події, що виникли з тракторами та іншими механізмами, що відбулися під час виконання ними основних виробничих операцій; викликані пожежею, що виникли в результаті умисних дій, під час спортивних змагань, в результаті стихійних лих, на закритих територіях підприємств, організацій і т. ін., внаслідок спроби суїциду.

Облік ДТП

При виникненні ДТП на місце події виїжджає співробітник Державтоінспекції. Іноді до складу оперативної групи, в залежності від виду ДТП, його тяжкості і наслідків входять слідчі, експерти - автотехніки, медичні експерти, криміналісти і інші фахівці. На місці ДТП складається протокол огляду місця ДТП, схема ДТП і довідка про ДТП. Крім того, беруться пояснення учасників ДТП і показання свідків.

На підставі цих первинних документів в Державтоінспекції складається облікова картка дорожньо-транспортної пригоди. Надалі ця облікова картка служить основним вихідним документом для аналізу.

В даний час в ДАІ оформляються картки обліку на ДТП, пов'язані з пораненням або загибеллю людей і матеріальними збитками. В них фіксуються:

- загальні відомості про ДТП;
- вид події;
- дані про транспортні засоби;
- елементи профілю і плану дороги;
- стан проїжджої частини;
- освітлення в момент ДТП;
- дані про водіїв;
- дані про постраждалих.

Далі ці дані обробляються на ЕОМ і передаються до вищих інстанцій.

Аналіз ДТП

Аналіз ДТП проводиться з метою оцінки стану аварійності, визначення тенденцій зміни аварійності, встановлення причин і факторів виникнення ДТП, виділення місць концентрації ДТП.

Відповідно до цих напрямів застосовуються такі методи аналізу ДТП:

- кількісний;
- якісний;
- топографічний;

В окремий вид виносять автотехнічну експертизу.

Кількісний аналіз.

Кількісний аналіз дозволяє оцінити рівень аварійності за видом, місцем і часом скоєння ДТП.

При аналізі застосовують абсолютні та відносні показники.

Абсолютний показник аварійності – загальна кількість ДТП, загальна кількість поранених, загальна кількість загиблих, загальна кількість тих, що зазнали матеріальної шкоди, загальна кількість зіткнень, наїздів і т. ін. - в якомусь транспортному районі, місті, області, країні і т. ін.

Більш об'єктивну оцінку дозволяють отримати відносні показники, які дозволяють порівнювати рівень аварійності різних регіонів, магістралей, ділянок мережі. Це показники аварійності на 100 тис. жителів, на тисячу транспортних засобів, тисячу водіїв, на 1 км дороги, на 1 млн. км пробігу. Наприклад, в Австрії на 100 тис. жителів припадає 485 ДТП, в Росії – 110 ДТП. Але на 10 тис. транспортних засобів в Австрії 2 ДТП, а в Росії - 9. (в Австрії на 100 тис. жителів в 4 рази більше автомобілів, ніж в Росії 481/129).

Кожен з перерахованих показників розраховується і аналізується в залежності від цілей аналізу.

Один з найбільш поширених показників - показник відносної аварійності:

$$K_a = \frac{\sum n_{\text{ДТП}}}{\sum L}, \quad (3.1)$$

де $\sum n_{\text{ДТП}}$ – загальна кількість ДТП за період, що розглядається;

$\sum L$ – сумарний пробіг транспортних засобів за той же період.

Однак цей показник не враховує інтенсивність дорожнього руху (на різних ділянках вона різна – на ділянках з великою інтенсивністю можлива і більша кількість ДТП). З урахуванням середньодобової інтенсивності N руху транспортних засобів протягом року на ділянці магістралі довжиною l показник відносної аварійності на 1 млн. км пробігу дорівнює:

$$K_a = \frac{10^6 \sum n_{\text{ДТП}}}{365 \cdot N \cdot l}. \quad (3.2)$$

Ці показники дозволяють оцінити загальний відносний показник аварійності. З метою врахування тяжкості наслідків ДТП при порівняльній оцінці аварійності використовують коефіцієнт тяжкості ДТП, який визначається як відношення числа загиблих n_3 до числа поранених $n_{\text{п}}$ за певний проміжок часу:

$$K_{\text{T}} = \frac{\sum n_3}{\sum n_{\text{п}}}. \quad (3.3)$$

За даними офіційної статистики показник тяжкості ДТП в різних країнах коливається від 1/5 до 1/40.

Тяжкість наслідків ДТП характеризується, крім того, відношенням числа загиблих n_3 або поранених $n_{\text{п}}$ до загальної кількості ДТП.

$$K_{\text{T}}^* = \frac{\sum n_3}{\sum n_{\text{ДТП}}}, \quad (3.4)$$

$$K_T^{**} = \frac{\Sigma n_{\Pi}}{\Sigma n_{\text{ДТП}}}, \quad (3.5)$$

$$K_T^{***} = \frac{\Sigma n_{\Pi} + \Sigma n_3}{\Sigma n_{\text{ДТП}}}. \quad (3.6)$$

Для оцінки тяжкості окремого виду ДТП (зіткнення, перекидання, наїзд і т. ін.) використовують показник, що є відношенням кількості загиблих або поранених до кількості ДТП даного виду (в попередніх формулах замість $n_{\text{ДТП}}$ підставляють $n_{\text{ДТП}}$ за видами і в чисельнику – відповідно кількість загиблих або поранених в даному виді ДТП).

Щоб визначити втрати від ДТП, розроблені різні методики розрахунку матеріального збитку від ДТП. При цьому втрати умовно ділять на прямі і непрямі.

До прямих відносять:

- пошкодження або знищення матеріальних цінностей;
- транспортування і відновлення транспортних засобів;
- ремонт пошкоджених дорожніх споруд;
- надання допомоги і лікування людей;
- виплата допомог і пенсій постраждалим та їхнім родинам;
- затримки руху.

До непрямих відносять втрати частини національного доходу країни в результаті загибелі, тимчасової або часткової втрати працездатності.

Для інтегральної оцінки небезпеки окремих ділянок вулично-дорожньої мережі з урахуванням тяжкості наслідків використовується показник небезпеки елементів вулично-дорожньої мережі.

$$K_I = \frac{\Sigma P_i \cdot n_i}{365 \cdot l \cdot N} \quad (3.7)$$

або

$$K_I' = \frac{\Sigma P_i \cdot n_i}{365 \cdot N}, \quad (3.8)$$

де P_i – показники тяжкості ДТП. Приймають:

$P_1 = 1$ – з матеріальним збитком;

$P_2 = 1,2$ – з легкими тілесними ушкодженнями;

$P_3 = 28$ – з ушкодженнями, які призвели інвалідність;

$P_4 = 81$ – із загибеллю дорослої людини;

$P_5 = 81$ – із загибеллю дитини;

$n_1 \dots n_5$ – кількість ДТП відповідної групи за рік;

N – добова інтенсивність руху транспортних засобів, авт./добу.

Топографічний аналіз ДТП.

Топографічний аналіз ДТП проводиться з метою виявлення місць концентрації ДТП. Застосовують три види топографічного аналізу:

- карта ДТП;

- лінійні графіки ДТП;
- масштабна схема ДТП (ситуаційний план).

Карта ДТП являє собою карту місцевості (міста, області, району), у відповідних точках якої по мірі реєстрації наносять умовні зображення кожного ДТП. За допомогою умовних зображень інформацію поділяють по тяжкості, за видами.

Карта є важливим джерелом наочної інформації, однак при аналізі значної за масштабами території та великій концентрації пригод на окремих ділянках, вона не дає можливості досить точно зазначити місця ДТП.

Подальшим розвитком карти ДТП є лінійний графік, який складається для окремої магістралі міста або ділянки автомобільної дороги. При цьому через більший масштаб можна виконати більш точну прив'язку. При складанні лінійного графіка для дороги з двостороннім рухом зазвичай розносять позначки ДТП по обидва боки дороги.

Карти і лінійні графіки для найважливіших магістралей міста або області дозволяють після закінчення певного терміну виявляти осередки концентрації ДТП, а, отже, місця, які повинні бути піддані детальному вивченню службами ОДР.

Специфічними місцями концентрації ДТП є перетини магістралей, міські площі, перехрестя і т. ін.

Топографічний аналіз місць концентрації ДТП найзручніше виконувати в вигляді масштабної схеми (ситуаційного плану). На ній зображується ділянка вулиці або дороги, перехрестя, площа і т. ін. На цій схемі умовними позначеннями показуються траєкторії руху учасників ДТП, проставляються розміри. По суті справи, це схема ДТП. Якщо на даній ділянці дороги відбувається кілька ДТП, ці схеми накладаються один на одного.

Топографічний аналіз ДТП є необхідним матеріалом для якісного аналізу ДТП.

Якісний аналіз ДТП

Якісний аналіз ДТП проводиться з метою виявлення причин та оцінки ступеня впливу різних чинників на виникнення ДТП. Саме якісний аналіз дозволив класифікувати ДТП за видами і причинами виникнення.

Ми з вами відзначали, що основними причинами ДТП є:

- недотримання водіями та пішоходами Правил дорожнього руху,
- неправильний вибір водіями режиму руху,
- зниження психофізіологічних якостей водія,
- незадовільний стан транспортних засобів,
- неправильне розміщення та кріплення вантажу,
- незадовільний стан елементів доріг,
- незадовільна організація дорожнього руху.

У той же час дорожньо-транспортна подія зрідка буває викликана однією причиною. Аналіз статистики ДТП показує, що на кожні 100 ДТП припадає приблизно 250 причин і супутніх чинників. Найпростіше причину ДТП віднести

до водія і його діям. Але водій є лише елементом системи В-А-Д-С і знаходиться в тісній функціональній взаємодії з іншими елементами. І дуже часто неправильні дії водія пов'язані з іншими факторами, що відносяться до дороги, автомобілю або навколишньому середовищу.

Але з юридичної точки зору кожна конкретна дорожньо-транспортна подія передбачає індивідуальну відповідальність за неї, виразом якої є адміністративне, матеріальне або кримінальне покарання. Встановлення індивідуальної відповідальності неможливо при статистичних методах дослідження, якими є всі розглянуті методи аналізу ДТП і вимагає детермінованого вивчення причин і наслідків кожної аварії. Для об'єктивної оцінки ситуації і дій всіх учасників ДТП виконується автотехнічна експертиза.

Автотехнічна експертиза.

Експертизою ДТП називають комплексне науково-технічне дослідження всіх аспектів кожної події окремо, проведене особами, які мають спеціальні знання для об'єктивного встановлення всіх причинно-наслідкових зв'язків виникнення і розвитку ДТП і дій учасників ДТП.

Розрізняють експертизи:

- службові, які виконуються службами безпеки дорожнього руху транспортних фірм, якщо в ДТП брав участь рухомий склад і водії фірми. На підставі цих досліджень розробляються і впроваджуються заходи щодо поліпшення умов руху і підготовки водіїв;

- судові експертизи є слідчими діями. Висновок експерта-автотехніка має самостійне доказове значення. Виконується така експертиза відповідно до постанови про призначення експертизи слідчими органами, прокуратурою або судом. Експертизу виконують співробітники лабораторій автотехнічних досліджень експертних установ або залучаються для цих цілей фахівці, що мають спеціальні знання.

У загальному вигляді завдання автотехнічної експертизи можуть бути сформульовані наступним чином:

1. З'ясування, систематизація та критичний аналіз чинників, що супроводжували дорожньо-транспортної пригоди. До них зазвичай відносять:

- технічний стан транспортних засобів;
- швидкість і напрямок руху транспортних засобів і пішоходів;
- параметри проїжджої частини і її стан;
- наявність перешкод для руху та їх характеристики;
- дорожні знаки, світлофори та інші технічні засоби регулювання дорожнього руху.

2. Відбір факторів, які могли сприяти виникненню і протіканню ДТП, їх теоретичне і експериментальне дослідження.

3. Встановлення технічних причин досліджуваної події і можливості її запобігання з боку окремих учасників.

4. Визначення поведінки окремих учасників ДТП і оцінка відповідності їх дій вимогам ПДР та іншим нормативним актам.

Основними питаннями автотехнічної експертизи є:

- реконструкція механізму ДТП - тут реконструюється положення всіх учасників ДТП в часі і просторі на всіх стадіях - від моменту виникнення небезпечної обстановки до самого ДТП.

- оцінка технічної можливості запобігання ДТП.

- оцінка дій кожного учасника ДТП.

Експерт-автотехнік не має права давати оцінку ступеня винності учасників ДТП – це прерогатива суду. Але в своєму рішенні судові органи на 95% спираються на висновки автотехнічної експертизи.

Лекція 4. Водій та безпека руху.

Основні питання:

1. Роль людського фактору у забезпеченні безпеки руху.
2. Надійність роботи водія.
3. Психофізіологічні основи діяльності водія.
4. Вплив дорожніх умов на зорові сприйняття водія.
5. Психофізіологічні характеристики водія.
6. Час реакції водія.
7. Основи стратегії та тактиці управління автомобілем.

Психофізіологічні характеристики водія:

1. Відчуття.
2. Сприйняття
3. Мислення
4. Оперативні якості водія

Відчуття.

Людина сприймає навколишнє середовище за допомогою органів почуттів:

- зору;
- слуху;
- тактильного сприйняття;
- смакових відчуттів;
- нюху.

Коли мова йде про водія, як про оператора складної технічної системи, основними органами, які використовуються в цій роботі, є зорові, слухові і тактильні відчуття.

Зорові відчуття.

Основним джерелом інформації водія про навколишнє оточення є зорове відчуття. Зниження можливості бачити дорожню обстановку тягне за собою збільшення ДТП. Статистика відзначає, що більше 50% всіх ДТП відбувається в сутінках і темний час доби, незважаючи на зниження в цей час інтенсивності руху до 10-15%.

Тому особливості зорового сприйняття повинні обов'язково враховуватися при виборі режиму руху в умовах обмеженої видимості, при виборі методів організації дорожнього руху.

Поле зору називають виміряну в градусах область, видиму нерухомим оком. Здатність ока чітко розрізняти деталі об'єкта характеризується гостротою зору. Найбільша гострота зору характерна для центрального зору в конусі з кутом $\sim 3^\circ$. Хороша гострота – в конусі $5-6^\circ$, задовільна – у конусі $14 - 15^\circ$. Предмети, розташовані за межами $14 - 15^\circ$ видно без деталей (бічний зір) (рис. 4.1).

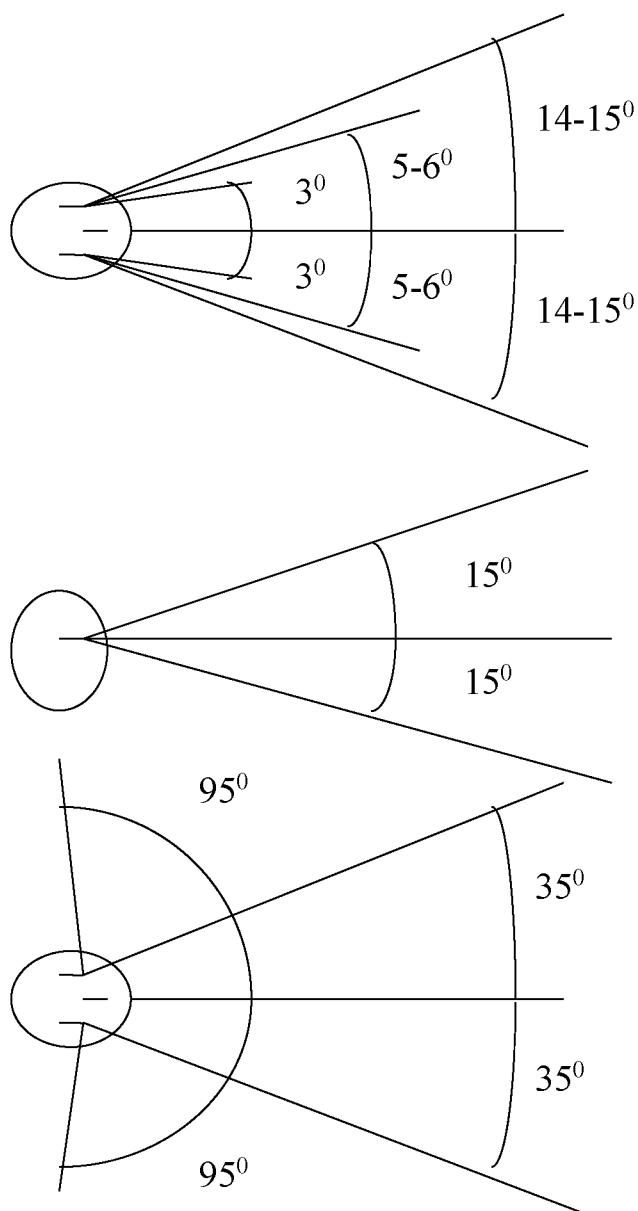


Рисунок 4.1 – Поле зору

Боковим зором ми можемо відчутти, що є якась перешкода, але що за перешкода, сказати не можемо. Причому поле зору кольорових об'єктів менше, чим не кольорових. Для розгляду предмета, що знаходиться в периферійному

полі зору, людина повинна перевести на цей предмет очі так, щоб він потрапив в поле гострого зору. Поворот очей забезпечує нам видимість предметів в конусі 35° (70°). Але такий переклад очей вимагає часу. Так, при проїзді перехрестя водієві потрібно для перекладу погляду з одного боку перетину до іншого 0,5 ... 1,1 с. Залежно від швидкості руху автомобіль за цей час проїжджає від декількох метрів до декількох десятків метрів.

Для оцінки ситуації за межами 35° людина повинна повернути голову, а це вимагає ще більшого часу. Хоча в цьому випадку конус видимості збільшується до 95° .

Крім виявлення предметів навколишнього оточення, водій повинен в більшості випадків ще й оцінювати відстань до цих предметів. Оцінка відстані можлива, коли обидва ока націлені на цей предмет. Це властивість – наведення оптичної вісі на об'єкт – називається конвергенцією і проводиться спільно очними м'язами і кристаликом ока. На це теж йде час. Середній час конвергенції становить 0,165 с.

Крім відстані до предмета водій оцінює його розміри. Сприйняття розмірів засноване на оцінці співвідношення його кутового розміру в поле зору і відстані до цього предмета.

Таким чином, точність функцій зорового аналізатора дуже важлива для впевненого керування автомобілем.

Однією з умов для зорового сприйняття мають умови і рівень освітленості. Предмети можуть розпізнаватися за силуетом – коли яскравість об'єкта нижче яскравості навколишнього фону і по зворотному силуету – коли яскравість об'єкта більше, ніж яскравість навколишнього фону.

При зміні рівня освітленості відбувається пристосування очного аналізатора до нових умов. Цей процес називається адаптацією. Світлова чутливість зорового аналізатора змінюється в дуже широких межах. Але вимагає часу. При переході від темряви до світла око пристосовується швидше, ніж при переході від світла до темряви. Найбільші труднощі у водія виникають при різких змінах освітленості дороги.

Швидка зміна рівня освітленості викликає настільки сильне роздратування сітківки ока, що настає тимчасове осліплення. Так буває при освітленні водія світлом фар зустрічних автомобілів, блиском відбитого світла і навіть світлом неправильно розрахованих і розташованих вуличних світильників. Таке засліплення може тривати від кількох секунд до кількох хвилин, в залежності від суб'єктивних якостей людини і ступеня роздратування сітківки ока.

Дуже велике значення має здатність ока розрізняти кольори. Чутливість ока до кольорових хвиль різної довжини різна. Найкраще око сприймає хвилі, що лежать в діапазоні 500 – 600 нм, що відповідає жовто-зеленому кольору. І за статистикою ДТП, зокрема зіткнення, найрідше відбуваються з автомобілями жовтого кольору.

Деякі люди страждають на дальтонізм – найчастіше вродженим відхиленням в розрізненні кольорів. Але таке порушення може бути спровоковано і хворобою, віком, алкоголем, наркотиками і деякими ліками.

Слухові відчуття

Як засіб отримання інформації слухові відчуття стоять у людини на другому місці. Слухові відчуття залежать від 3 чинників:

- джерела звуку;
- середовища, в якій поширюється звук;
- слухового аналізатора.

Інтервал частот, які сприймаються людиною, коливається в дуже широких межах від 16 до 20000 Гц.

Крім частоти для слухового сприйняття велике значення має рівень шуму, який вимірюється в децибелах.

Людина чує двома вухами. Це дозволяє їй визначати, де знаходиться джерело звуку, характер переміщення цього джерела. При цьому якість слухової системи настільки досконала, що вона сприймає інтервал часу між надходженням сигналу в кожне вухо, рівний 30 мікросекунд.

За допомогою слухового сприйняття водій оцінює якість роботи агрегатів автомобіля, сприймає інформацію, що подається іншими водіями, рух транспортних засобів поза увагою і т. ін.

Постійно діючий шум чинить негативний вплив на слухові відчуття і не тільки. Такий шум знижує зорове сприйняття, погіршує час реакції, координацію рухів.

Відчуття рівноваги, прискорень, вібрації

Рівновага – це здатність органів людини сприймати і реагувати на зміну положення тіла в просторі.

У збереженні рівноваги важливу роль відіграють вестибулярний апарат, зір, м'язові відчуття і тактильне сприйняття.

При прискореннях, уповільненнях людина втрачає рівновагу. Лінійні прискорення виникають при зміні – збільшенні або зменшенні швидкості руху без зміни напрямку руху. Радіальні або доцентрові прискорення – при зміні напрямку руху.

І лінійні і радіальні прискорення в залежності від часу дії діляться на ударні (не більше десятих часток секунди) і тривалі.

У медицині та в побуті дуже часто оперують поняттям «перевантаження» - це не що інше, як інерційні сили, спрямовані в бік, протилежний прискоренню. Перевантаження показують, у скільки разів змінюється динамічна вага тіла в порівнянні зі статичною – при даному прискоренні.

У напрямку вектору перевантаження їх можна розділити на вертикальні (вздовж хребта), поперечні (спина-груди і навпаки) і бічні (пліч-о-пліч).

В реальних умовах руху прискорення, що діють на водія, невеликі. Навіть при екстремому гальмуванні вони не перевищують 0,7 ... 0,8 g при часі дії його не більше 10 с. Ці прискорення не викликають у водія значних фізіологічних розладів. Інша справа, пасажирів, що стоять. Професійна якість водія визначається пасажиром тим, наскільки плавно він виконує розгін, гальмування,

проходить поворот. При розрахунку швидкостей руху автомобіля на повороті слід виходити не з його стійкості, а з умов комфортності пасажирів.

Однак, в результаті тривалого періодичного впливу прискорень (підйом, спуск, серпантини) можливе виникнення хворобливого стану – «морської хвороби».

Вібрація – це коливання тіла навколо положення рівноваги тіла. Характеризуються вібрації амплітудою (величина відхилення від положення рівноваги) і частотою (число коливань в секунду).

Під впливом вібрацій в організмі людини можуть відбуватися різні фізіологічні зміни: в центральній нервовій системі, в мозку. Це може привести до зниження уваги, збільшення часу реакції, зниження точності дій, погіршення зору. Найчастіше впливу вібрацій схильні водії вантажних автомобілів.

Найбільш небезпечними є резонансні коливання, які за частотою відповідають коливанням окремих органів тіла.

На підставі зорових і слухових відчуттів, відчуттів рівноваги, водій в процесі своєї професійної діяльності сприймає обстановку.

Сприйняття

Сприйняття – це більш складний процес, ніж відчуття – тут якість і властивість предметів сприймаються комплексно.

Закономірності сприйняття.

1. Сприйняття залежить від організації інформації.

Організація інформації – явище, характерне для будь-якого процесу сприйняття – природного, штучного.

Людина вкладає в отриману інформацію смисловий зміст. Причому цей смисловий зміст залежить від досвіду, знання мислення і від тієї цілеспрямованої діяльності, якою він займається.

Коли ви йдете по тротуару і бачите на зупинці автобус, ви сприймаєте його як транспортний засіб для перевезення пасажирів. Коли ви за кермом автомобіля об'їжджаєте цей автобус, ви сприймаєте його як об'єкт, через який може вийти пішохід.

2. Знайомство з джерелом інформації.

Знайомство з джерелом інформації збільшує ймовірність правильного і безпомилкового його сприйняття. Саме ця закономірність сприйняття інформації обумовлює однаковість дорожніх знаків, розмітки в усіх країнах. Водій, знайомий з маршрутом руху, швидше і правильніше сприймає інформацію.

3. Не ізольованість інформації.

Процес сприйняття окремих об'єктів не може бути ізольованим. Автомобіль, яким ми керуємо, не може сприйматися ізольовано від інших автомобілів і учасників руху, дороги, навколишнього середовища.

4. Інерційність інформації.

На сприйняття подальшої інформації великий вплив становить попередня інформація. Цей вплив тим більший, чим довша, інтенсивніша і яскравіша

попередня інформація.

На тлі яскравої реклами окремі дорожні покажчики можуть проскочити повз увагу водія.

На замських дорогах постійно і тривало сприймається практично одна і та ж інформація – біжить назустріч дорога. Ця інформація загальмовує психіку людини. Якщо в цій ситуації виникає небезпечна ситуація, є ймовірність, що водій не зможе запобігти ДТП. Навіть при проведенні автотехнічних експертних досліджень в місті час реакції може бути прийнято 0,6 с, а за містом – 1,4 с.

5. Ефект післядії.

При послідовному сприйнятті об'єктів, один з яких має високий ступінь стимуляції, а інший – менший, другий сприймається як менш важливий. Хоча в дійсності може бути навпаки.

З таким ефектом ми часто стикаємося при наявності помилкової інформації (ремонт дороги – обмеження швидкості).

Отримавши якусь інформацію, сприйнявши її, водій повинен її переробити і відповідно відреагувати.

Мислення.

Керування автомобілем вимагає від водія постійного прийняття будь-яких рішень з урахуванням ситуації, що змінюється. Цю складну психічну діяльність виконує мислення. Його роль полягає в упорядкуванні та синтезі інформації, що сприймається, та прийняття рішення.

Для водія дуже важлива швидкість мислення. Одночасно у водія повинна бути розвинена і широта мислення, тобто здатність передбачати наслідки своїх дій і саме з урахуванням цих наслідків приймати рішення.

Оперативні якості водія.

Відчуття, сприйняття визначають оперативні якості водіїв. До них відносять:

- увага;
- емоційний стан;
- пам'ять;
- реакція.

Всі ці якості в реальній дійсності проявляються і окремо, і у взаємодії.

У свою чергу оперативні якості визначають рівень готовності до дій при критичних ситуаціях, що виникають несподівано, здатність приймати правильні рішення і виконувати необхідні дії в умовах дефіциту часу.

Увага.

Увага – характеристика психічної діяльності людини, яка виражається в зосередженості і спрямованості свідомості на певний об'єкт або об'єкти.

У процесі руху і керування автомобілем водієві іноді доводиться концентрувати свою увагу на якомусь одному об'єкті, що представляється, на його думку, потенційно небезпечним. Ця якість уваги називається

концентрацією.

Концентрація – зосередження уваги на одному об'єкті з одночасним відволіканням від всього іншого.

Але оскільки ситуація постійно змінюється, навіть якщо один з об'єктів становить потенційну небезпеку, не можна тільки на ньому концентрувати всю свою увагу. Інші об'єкти можуть виявитися ще більш небезпечними.

В принципі, людина може одночасно охоплювати від 4 до 6 об'єктів, якщо вони не дуже складні. Це якість уваги називається обсягом уваги.

Обсяг уваги характеризує кількість об'єктів, які можуть бути сприйняті одночасно.

У водіїв, що тільки сіли за кермо або є недостатньо досвідченими, увага крім обстановки на дорозі відволікається на органи управління. Зосереджуючись на органах управління, він відволікається від контролю за ситуацією. Молодих водіїв слід направляти на більш прості маршрути.

Якщо дії з управління автомобілем виконуються автоматично, водій сприймає більше об'єктів з навколишнього оточення. Тут важливу роль має така якість уваги, як розподіленість.

Розподілення уваги – це здатність утримувати в свідомості і контролювати одночасно кілька виконуваних операцій.

Важливу роль відіграє здатність переключати увагу з одного об'єкта на інший.

Переключення уваги – здатність переходу від сприйняття об'єктів одного виду діяльності до сприйняття об'єктів іншого виду діяльності.

Швидкість сприйняття і швидкість перемикавання уваги дозволяє охоплювати об'єкти, які сприйняти одночасно він не в змозі.

Емоційний стан.

Значну роль в діяльності водія грає емоційний стан. Він визначає правильність і точність дій водія.

Відомо, що радісні переживання роблять людину бадьорим і впевненим. І навпаки, якщо він чимось засмучений, все валиться з рук. Буває, приходиш на роботу в гарному настрої, готовий гори звернути, все виходить. А через кілька годин начальник викликає на килим, та ще й несправедливо. І вже ніяка робота не в радість, нічого робити не хочеться.

А у водія такі ситуації виникають постійно в процесі самої роботи – то пішохід на дорогу вискочив, то автомобіль підрізав... В результаті, у не дуже емоційно стійких водіїв знижується увага і при черговій небезпечній ситуації він може з нею не впоратися.

Пам'ять.

Існує три види пам'яті:

1. Сенсорна. Це властивість пам'яті зберігати точну картину зовнішнього світу протягом 0,1...0,5 с.

Якщо вам показати якусь картину, фотографію, текст то протягом до 0,5 с у

вашій пам'яті збережеться точна копія цих фрагментів. У деяких людей з вродженими аномаліями сенсорна пам'ять може тривати значно довше.

2. Короткочасна пам'ять – це здатність зберігати загальну картину події від декількох секунд до десятків хвилин.

3. Довгострокова пам'ять – розглядається, як здатність зберігати інтерпретацію подій протягом часу, порівнянного з часом життя. Ємність цієї пам'яті необмежена (велосипед, ковзани і т. ін.).

У процесі навчання і практики в пам'яті закріплюються прийоми і способи роботи в різних ситуаціях. І через якийсь час, якщо ситуація повторюється, людина, як ми говоримо, автоматично виконує потрібні дії.

Реакція.

Реакція – дія, яка є відповіддю на якийсь подразник.

Вся діяльність будь-якої людини, в тому числі і водія, являє собою безперервний ланцюг різних реакцій. Але у водія несвоєчасні або неточні реакції призводять до підвищеної небезпеки для руху.

Реакції можуть бути простими і складними.

Проста реакція – це відповідна реакція на один, задалегідь відомий сигнал. Наприклад, реакція на перемикання світлофора з жовтого на червоний. Середній час реакції на світловий подразник – 0,2 с.

Якщо подразник вимагає вибору з ряду можливих дій, така реакція називається складною (п. 12.3 ПДР). Обстановка на дорозі весь час змінюється і реакцію водія в ній слід віднести до складної.

Час реакції водія залежить від емоційного стану, стажу роботи, часу роботи на лінії, погодних і дорожніх умов.

Час реакції водія на один і той же сигнал може змінюватися в широких межах. Якщо ймовірність появи сигналу мала, то час реакції може досягати декількох секунд. Якщо водій допускає появу сигналу, час реакції складає доли секунди. В експертній практиці час реакції приймається, залежно від ситуації від 0,6 до 1,4 с.

Загальний час реакції можна розбити на 4 складові.

1. Виявлення небезпеки (як правило, за допомогою зорового відчуття).

Цей час залежить від імовірності виникнення небезпеки. Наприклад, вихід пішохода з-за автобусу, що стоїть, досить імовірний. Але ймовірність буде залежати від тривалої пам'яті і навичків. Водій зі стажем має менший час виявлення небезпеки. Крім того, цей час залежить від яскравості об'єкта, уважності водія, емоційного стану, втоми, хвороби, ліків, що приймаються.

2. Оцінка ситуації як небезпечної.

Водій повинен оцінити, наскільки ситуація небезпечна. Для цього він повинен оцінити відстань до об'єкта, його швидкість, свою швидкість, і т. ін.

Тут найважливішими факторами є досвід, поведінка об'єкта, який створив небезпеку.

3. Час з моменту оцінки ситуації до початку рухової реакції.

Водій повинен прийняти рішення, як діяти і дати команду м'язам виконати

ту чи іншу дію.

4. Рухова реакція. Зі збільшенням віку час рухової реакції збільшується.

Коли ми говоримо про вплив умов руху, в першу чергу ми маємо на увазі інтенсивність руху транспортного потоку і швидкість. При збільшенні інтенсивності руху час реакції знижується. В екстремальних ситуаціях людина зосереджується. Якщо інтенсивність невелика – розслабляється.

Зі збільшенням швидкості зростає емоційна напруженість і знижується час реакції до певної межі. Найменший час реакції при швидкості 100 км/год.

Лекція 5. Транспортні засоби та безпека руху.

Основні питання:

1. Автомобіль, як елемент системи «водій-автомобіль-дорога».
2. Види безпеки транспортних засобів: активна, пасивна, післяаварійна та екологічна безпека.
3. Стійкість, керованість, інформативність автомобіля, його компоновочні параметри.
4. Тягова та гальмова динамічність, робоче місце водія.
5. Засоби пасивної, післяаварійної та екологічної безпеки автомобіля.
6. Шляхи зменшення негативних наслідків автомобілізації на навколишнє середовище.

Гальмівні якості автомобіля.

Розглядаючи організацію дорожнього руху як систему ВАДС, ми відзначали, що конструктивна безпека автомобіля включає активну, пасивну, післяаварійну і екологічну безпеку. Якщо глибоко розглядати ці елементи конструктивної безпеки, необхідно читати відповідний курс. Зважаючи на дефіцит часу, ми зупинимось лише на основних елементах активної безпеки.

Процес гальмування автомобіля розглянемо, аналізуючи гальмівну діаграму (рис. 5.1).

За нульовий момент часу приймемо момент виникнення небезпеки. Автомобіль в цей час рухається зі швидкістю V_a . З моменту виникнення небезпеки до моменту, коли нога водія виявиться на педалі гальма проходить час t_1 – час реакції водія. Цей час ми досить детально розглянули, аналізуючи психофізіологічні якості водія. Зрозуміло, в цей час автомобіль не гальмує і швидкість його – V_a – не змінюється.

Наступний етап починається з натискання водієм педалі гальма. Але автомобіль після початку натискання на педаль гальма починає гальмувати не відразу. Спочатку вибирається вільний хід педалі, потім вибираються всі зазори в приводі і, нарешті, щоб колодки стикнулися з барабаном або диском, необхідно вибрати зазор між ними. На все це йде час t_2 , який називається часом запізнювання спрацьовування гальмівного приводу. Закінчується цей час в момент зіткнення гальмівних колодок з барабаном або диском.

Час запізнювання спрацьовування гальмівного приводу залежить від

конструкції гальмівного приводу і гальмівного механізму. У транспортних засобах з механічним або гідравлічним приводом цей час менше, ніж у автомобілів з пневматичним приводом. Повітря стискається і потрібно більше часу, щоб з його допомогою вибрати всі зазори в приводі.

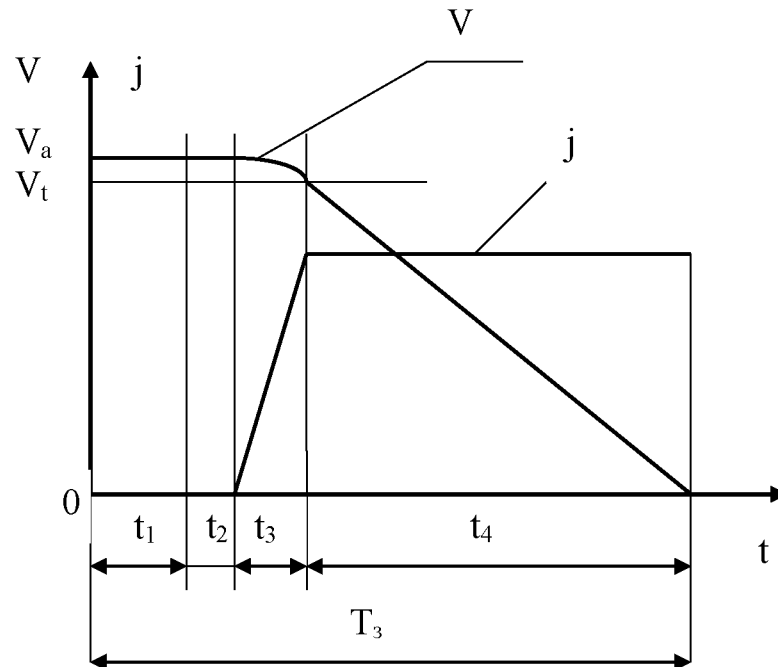


Рисунок 5.1 – Гальмівна діаграма автомобіля

У барабанних гальмівних механізмах доводиться робити значні зазори між колодками і барабаном через їх криволінійну форму. Автоматичні регулятори зазорів в таких механізмах мають досить складну конструкцію, і встановлюються не на всіх автомобілях. Але навіть при наявності автоматичних регуляторів номінальні зазори доводиться робити досить великими через побоювання заклинювання гальма при охолодженні гальмівного барабана. Дискові гальма мають пласку форму контактуючих поверхонь, диск в напрямку, перпендикулярному площині контакту практично не розширюється, конструкція автоматичного регулятора гальмівних сил дуже проста і використовується у всіх конструкціях дискових гальм. Все це дозволяє забезпечувати мінімальні розміри зазорів у фрикційних парах дискових гальм, а, отже, менший час запізнювання спрацювання гальмівного приводу.

Час запізнювання спрацювання гальмівного приводу для автомобілів з механічним і гідравлічним приводом дорівнює $0,2 \dots 0,3$ с (менші значення для легкових автомобілів і невеликих автобусів, великі – для автобусів загальною масою більше 5 т і вантажних автомобілів), для автомобілів з пневматичним приводом гальм цей час дорівнює $0,4$ с.

Оскільки під час запізнювання спрацювання гальмівного приводу фрикційні пари ще не знаходяться в контакті, гальмування відсутнє і автомобіль продовжує рухатися з тією ж швидкістю.

Третій етап починається з моменту зіткнення фрикційних пар в гальмах і

триває до моменту, коли уповільнення досягне максимального значення і називається часом наростання уповільнення t_3 . Безумовно, цей час в першу чергу залежить від темпу натискання на педаль гальма. Але, оскільки ми говоримо про безпеку руху, про запобігання ДТП, ми маємо на увазі екстрене гальмування. А це означає, що темп натискання на гальмівну педаль максимально можливий.

Час наростання уповільнення залежить від конструкції гальмівного приводу і гальмівного механізму. У автомобілів з пневматичним приводом цей час більше, ніж у автомобілів з гідравлічним. Крім того, час наростання уповільнення залежить від завантаження автомобіля – чим менше завантаження, тим менше необхідна гальмівна сила, тим швидше уповільнення досягне максимальної величини. Залежить цей час і від стану дорожнього покриття – на мокрій дорозі максимальне значення уповільнення менше, ніж на сухій, значить, і час наростання уповільнення буде менше.

На сухій дорозі час наростання гальмування становить для автомобілів з гідравлічним приводом 0,4 с, для автомобілів з пневматичним приводом – 0,6 с.

З моменту досягнення максимального значення уповільнення до зупинки автомобіля триває четвертий, останній етап гальмування – гальмування з максимальною інтенсивністю.

Час гальмування з максимальною ефективністю дорівнює

$$t_4 = \frac{V_t}{3,6 \cdot j}, \quad (5.1)$$

де j – сповільнення автомобіля

$$j = \frac{g \cdot \varphi}{K_e}, \quad (5.2)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

φ – коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорогою;

K_e – коефіцієнт ефективності гальмування.

Коефіцієнт зчеплення – одна з основних величин, що характеризують експлуатаційні якості дорожніх покриттів, а також взаємодії колеса з дорогою. Коефіцієнт зчеплення залежить від великої кількості факторів і в першу чергу від типу покриття і його стану, конструкції і матеріалу шин, тиску повітря в них, навантаження на колесо, температурних умов, величин ковзання і буксування коліс. Він знижується зі збільшенням швидкості. Найбільш високими зчіпними якостями, як в сухому, так і в мокрому стані, володіють цементобетонні покриття. Коефіцієнт зчеплення у мало зношених сухих цементобетонних покриттів $\varphi = 0,7 \dots 0,8$, мокрих – $0,4 \dots 0,6$. Зчіпні якості асфальтобетонних покриттів в значно більшому ступені залежать від їх виду, стану, терміну служби, температури і т. ін.

В принципі всі автомобілі можуть мати однакове максимальне уповільнення, рівне $j = g \cdot \varphi$, при повному використанні коефіцієнта зчеплення. Але в реальних умовах гальмування повне використання коефіцієнта зчеплення рідко досягне, тому вводиться поправка у вигляді коефіцієнта K_e – ефективності гальмування, що враховує експлуатаційні умови, в яких відбувається

гальмування. Цей коефіцієнт враховує вплив неоднакового стану гальм кожного колеса, шин, коефіцієнта зчеплення кожного з коліс з дорогою. При гальмуванні з максимальною ефективністю, колеса передньої і задньої вісі, а також правої і лівої сторін автомобіля, блокуються не одночасно, що також враховує коефіцієнт ефективності гальмування. На хорошій дорозі (при $\phi=0,7$) коефіцієнт гальмування повністю завантаженого легкового автомобіля дорівнює 1,32, вантажного – 1,71.

Загальний час гальмування з моменту виникнення небезпеки до зупинки

$$T_3 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (5.3)$$

або

$$T_3 = t_1 + t_2 + t_3 + \frac{V_t}{3,6 \cdot j}. \quad (5.4)$$

Але тут нам невідома швидкість автомобіля на початку гальмування з максимальною ефективністю. Численні експерименти показали, що при екстремому гальмуванні уповільнення в третьому етапі гальмування наростає лінійно. На цій підставі виявилось можливим вести розрахунки виходячи з припущення, що половину часу t_3 автомобіль рухається з постійною швидкістю, а другу половину часу – з максимальним уповільненням. Тоді формула для визначення часу зупинки автомобіля набуває вигляду

$$T_3 = t_1 + t_2 + 0,5t_3 + \frac{V_a}{3,6 \cdot j}. \quad (5.5)$$

Шлях руху автомобіля за час гальмування, тобто шлях, необхідний для зупинки автомобіля, складається з шляху, який автомобіль проходить за час реакції водія S_1 , час запізнювання спрацьовування гальмівного приводу S_2 , час наростання гальмування S_3 , і часу руху при сталому уповільненні S_4

$$S_3 = S_1 + S_2 + S_3 + S_4. \quad (5.6)$$

З огляду на, що під час реакції, запізнювання і половину часу наростання гальмування автомобіль рухається з постійною швидкістю, зупинний шлях автомобіля складає

$$S_3 = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j}. \quad (5.7)$$

Правила №13 ЄЕК ООН обумовлюють вимоги до ефективності гальмівних систем автомобілів – основної, запасної, допоміжної і стояночної.

Керованість автомобіля.

Кінематика повороту автомобіля розробляється виходячи з умови руху всіх коліс навколо загального центру повороту без ковзання. Виходячи з цієї умови, центр повороту повинен лежати на продовженні вісі задніх коліс, а передні, керовані, колеса повинні бути повернені на різний кут. Поворот цих коліс на різні кути забезпечується рульовою трапецією.

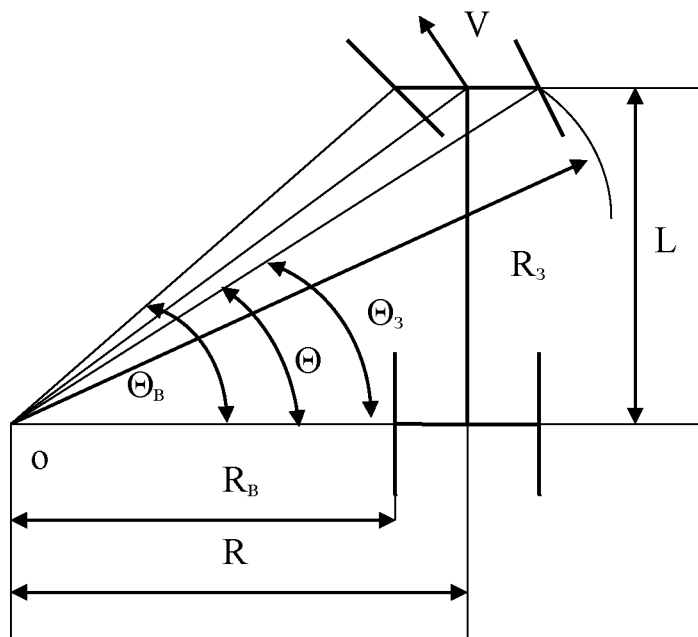


Рисунок 5.2 – Схема повороту автомобіля з жорсткими колесами

Рух автомобіля на повороті характеризується радіусами траєкторій зовнішнього переднього R_3 і внутрішнього заднього R_B коліс. Слід зазначити ще зовнішній габаритний радіус повороту, який характеризує вписування автомобіля при повороті. Але для аналізу зазвичай користуються радіусом повороту, який дорівнює відстані між центром повороту і серединою задньої вісі. Він дорівнює

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg}\Theta} \approx \frac{L}{\Theta}, \quad (5.8)$$

де L – база автомобіля;

Θ – середній кут повороту керованих коліс (для малих кутів, характерних для кутів повороту керованих коліс, особливо на великих швидкостях, коли ймовірність втрати стійкості автомобіля особливо велика, $\operatorname{tg}\Theta \approx \Theta$).

Зазначена кінематика руху автомобіля справедлива, якщо колеса абсолютно жорсткі. Насправді, шини еластичні не тільки в радіальному і окружному, а й в бічному напрямку. А це суттєво позначається на керованості і стійкості автомобіля.

Сила $P_y = Y$, що виникає при повороті, бічному вітрі або поперечному ухилі, прагне зрушити колесо убік. Якщо ця сила не перевищує сили зчеплення колеса з дорогою, колесо не зрушується з поверхні дороги, але зміщується в поперечному напрямку, деформуючи шину. При коченні колеса з таким зсувом за рахунок деформації шини напрямок його руху на дорозі відхиляється від площини обертання колеса, тобто колесо котиться під кутом δ , який називається кутом відведення.

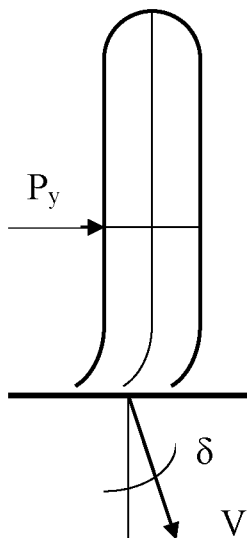


Рисунок 5.3 – Схема кочення колеса з бічним відведенням

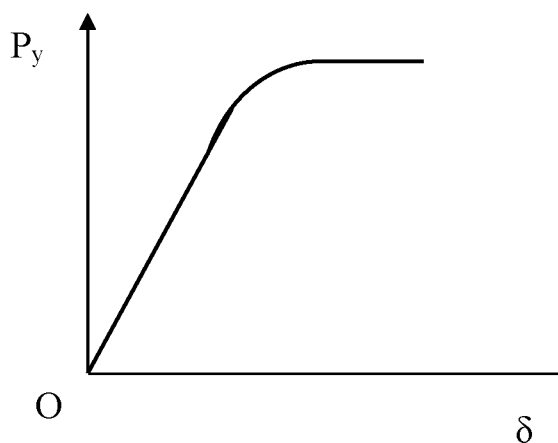


Рисунок 5.4 – Залежність між бічною силою та кутом відведення

У міру збільшення бічної сили кут відведення спочатку зростає майже прямо пропорційно, потім починається часткове прослизання шини, що переходить в повне ковзання, коли бічна сила перевищить силу зчеплення коліс з дорогою.

Кут відведення залежить від тиску в шині, конструкції шини (її жорсткості в поперечному напрямку), навантаження на шину, зносу шин і т. ін.

Наявність бічного відведення докорінно змінює характер руху автомобіля на повороті.

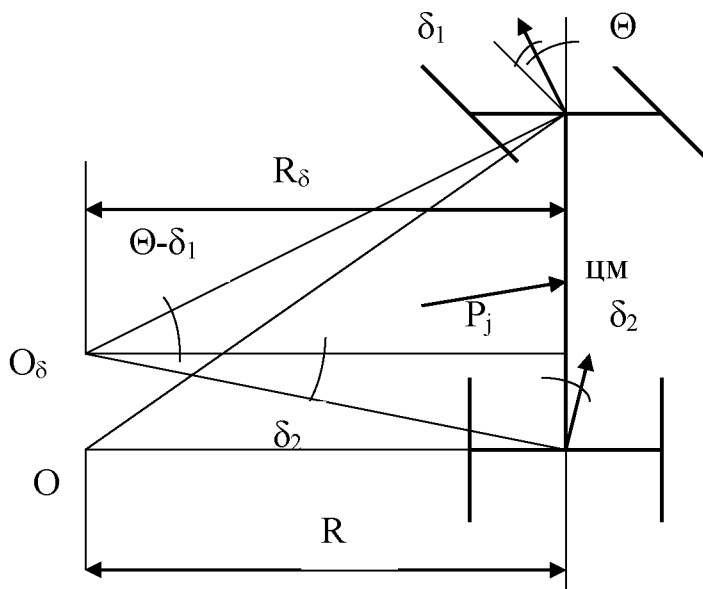


Рисунок 5.5 – Схема руху автомобіля з відведенням шин на повороті

При повороті передніх коліс на кут Θ , через відведення шин вектор швидкості цих коліс буде спрямований під кутом $(\Theta - \delta_1)$, а задні колеса, які

взагалі не повертаються – під кутом δ_2 . Радіус повороту при цьому буде дорівнює

$$R_\delta = \frac{L}{\Theta - \delta_1 + \delta_2}. \quad (5.9)$$

На поздовжній вісі автомобіля можна знайти таку точку, при прикладенні до якої бічної сили кути відведення передніх і задніх коліс будуть однаковими. Така точка називається центром бічного відведення. Якщо центр бічного відведення та центр мас збігаються, то відцентрова сила, що виникає при повороті і прикладена в центрі мас (а, отже, в центрі бічного відведення) викличе однакове відведення передніх і задніх коліс ($\delta_1 = \delta_2$). У цьому випадку радіус повороту автомобіля з еластичними колесами буде таким же, як і з жорсткими: $R = R_\delta$. Автомобіль з такими параметрами розташування центру мас і центру бічного відведення володіє нейтральною обертальністю

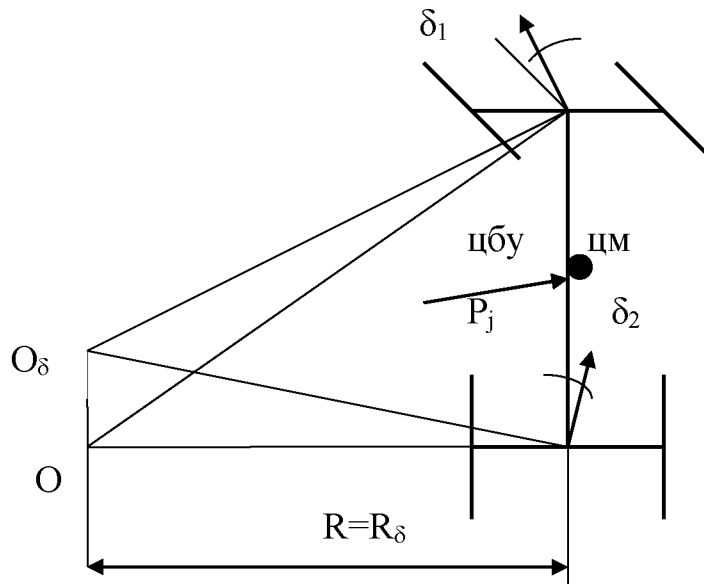


Рисунок 5.6 – Схема руху автомобіля з нейтральною обертальністю на повороті

Якщо центр мас розташований у автомобіля попереду центру бічного відведення, відцентрова сила, що діє при повороті, викличе більше відведення передніх коліс, ніж задніх ($\delta_1 > \delta_2$). В цьому випадку при повороті керованих коліс з еластичними і жорсткими шинами на один і той же кут, автомобіль з еластичними колесами буде рухатися по траєкторії більшого радіуса, ніж автомобіль з жорсткими колесами. (Або, для руху по тому ж самому радіусу колеса необхідно повертати на більший кут, ніж при жорстких шинах). Ця властивість автомобіля називається недостатньою обертальністю (рис. 5.7).

Якщо центр мас розташований у автомобіля ззаду центру бічного відведення, відцентрова сила, що діє при повороті, викличе більше відведення задніх коліс, ніж передніх ($\delta_1 < \delta_2$). В цьому випадку при повороті керованих коліс з еластичними і жорсткими шинами на один і той же кут, автомобіль з еластичними колесами буде рухатися по траєкторії меншого радіуса, ніж автомобіль з жорсткими колесами. (Або, для руху по тому ж самому радіусу

колеса необхідно повертати на менший кут, ніж при жорстких шинах). Це властивість автомобіля називається надлишковою обертальністю.

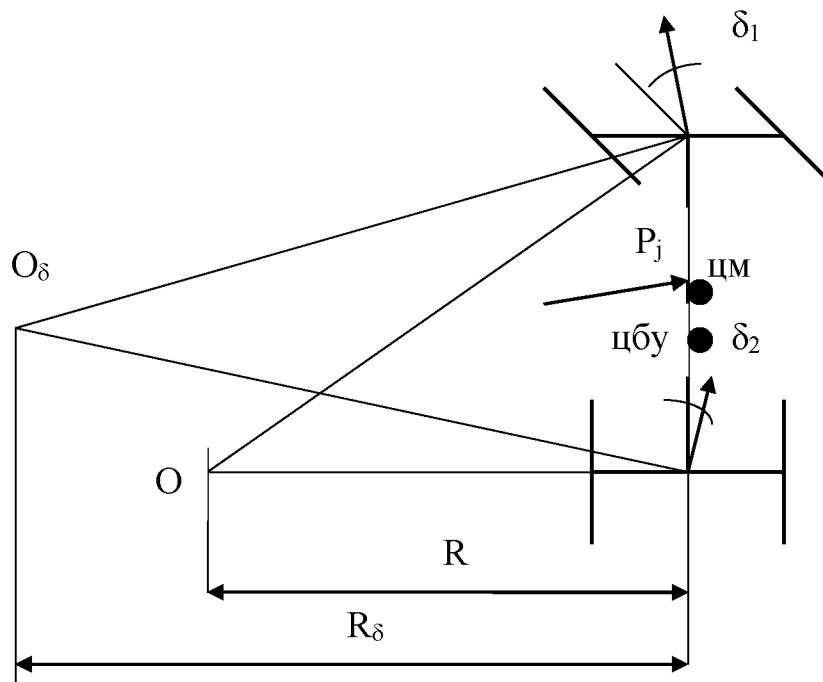


Рисунок 5.7 – Схема руху автомобіля з недостатньою обертальністю на повороті

Відцентрова сила в цьому випадку призводить до збільшення відведення шин задніх коліс, а це призводить у свою чергу до зменшення радіусу і збільшення відцентрової сили. І, якщо водій не поверне колеса в протилежну сторону, автомобіль буде рухатися по кривій радіуса, що безперервно зменшується, що може привести до його заносу (рис. 5.8).

Таким чином, автомобіль, з недостатньою і нейтральною обертальністю краще зберігає напрямок руху, чим автомобіль із зайвою обертальністю. Конструктори прагнуть спроектувати автомобіль так, щоб при номінальному завантаженні він мав нейтральну обертальність. Наприклад, за інструкцією тиск в передніх і задніх колесах автомобіля «Жигулі» різний – пропорційне розвішування. При русі в порожньому стані такий автомобіль буде мати невелику недостатню обертальність.

Однак при експлуатації автомобілів можливі випадки значного зсуву центру мас назад (неправильна установка вантажу в кузові – зі зміщенням назад, перевезення довгомірних вантажів і т. ін.), або зміщення вперед центру бічного відведення (наприклад, замість двоскатної ошиновки задньої вісі - односкатна). В цьому випадку автомобіль набуває зайву обертальність і управління таким автомобілем ускладнено. При русі з великими швидкостями автомобіля із зайвою обертальністю, він може стати взагалі некерованим. Швидкість, при якій він стає некерованим, називається критичною швидкістю. При досягненні цієї швидкості достатньо найменшого зовнішнього бічного впливу (камінчик або ямка на дорозі), щоб автомобіль мимоволі почав повертати.

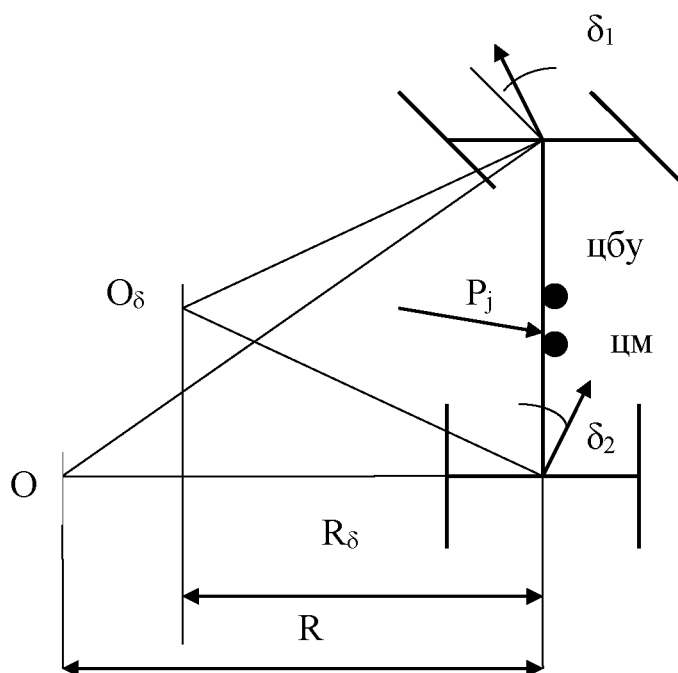


Рисунок 5.8 – Схема руху автомобіля з надлишковою обертальністю на повороті

Стійкість автомобіля.

Втрата стійкості автомобіля може виражатися у вигляді занесення або перекидання. Розглянемо, за яких умов автомобіль заносить.

На рухомий на повороті з постійним радіусом автомобіль діє відцентрова сила (рис. 5.9)

$$P_j = \frac{G \cdot V_a^2}{g \cdot 3,6^2 \cdot R}, \quad (5.10)$$

де G – вага автомобіля;

V_a – швидкість руху автомобіля;

R – радіус повороту автомобіля.

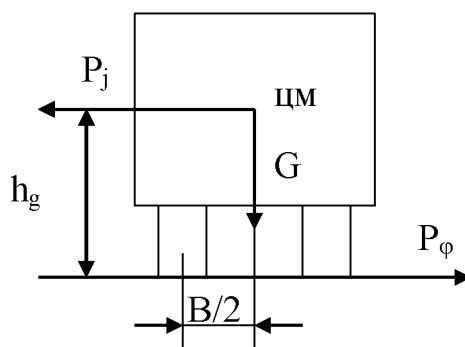


Рисунок 5.9 – Схема сил, що діють на автомобіль при повороті

Під дією відцентрової сили може початися занос автомобіля. Протидіє

заносу сила бокового зчеплення коліс автомобіля

$$P_{\phi} = G \cdot \phi . \quad (5.11)$$

де ϕ – коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорогою.

Занесення може виникнути, коли відцентрова сила P_j досягне за величиною граничну силу зчеплення коліс з дорогою P_{ϕ}

$$\frac{G \cdot V_a^2}{g \cdot 3,6^2 \cdot R} = G \cdot \phi . \quad (5.12)$$

Звідси, швидкість, при якій може наступити занос

$$V_{зан} = 3,6 \sqrt{g \cdot R \cdot \phi} . \quad (5.13)$$

При русі автомобіля на повороті постійного радіуса він може перекинутися під дією перекидаючого моменту

$$M_{пер} = P_j h_g , \quad (5.14)$$

де h_g – висота центра ваги автомобіля;

η_k – коефіцієнт, що враховує поперечний крен підресорених мас автомобіля. Для легкових автомобілів і для вантажних автомобілів з навантаженням $\eta_k = 0,85$, для вантажних автомобілів без навантаження $\eta_k = 0,9$.

Перешкоджає перекиданню відновлювальний момент

$$M_B = G \frac{B}{2} . \quad (5.15)$$

Очевидно, перекидання може статися, якщо перекидаючий момент досягне за величиною відновлювальний. Прирівнюючи обидва моменти

$$\frac{G \cdot V_a^2 \cdot h_g}{g \cdot 3,6^2 \cdot R} = G \cdot \phi , \quad (5.16)$$

можна визначити швидкість, при якій може статися перекидання

$$V_{пер} = 3,6 \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2 \cdot h_g}} . \quad (5.17)$$

Оскільки занос не настільки небезпечний, як перекидання, і в деякій мірі оберігає від нього, при проектуванні автомобілів прагнуть забезпечити вимогу $V_{пер} > V_{зан}$

$$3,6 \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2 \cdot h_g}} > 3,6 \sqrt{g \cdot R \cdot \phi} . \quad (5.18)$$

Ця умова виконується при

$$\phi > \frac{B}{2 \cdot h_g} . \quad (5.19)$$

При номінальному завантаженні автомобіля і при середніх значеннях коефіцієнта зчеплення ця вимога забезпечується з достатнім запасом. Тому порушення стійкості автомобіля найбільш часто виражається у вигляді занесення.

Наприклад, колія автомобіля ЗІЛ-130 складає 1800 мм, висота центру мас навантаженого автомобіля при номінальному завантаженні – ~1200 мм. Відповідно

$$\frac{1800}{2 \cdot 1200} = 0,75$$

Тобто перекидання автомобіля без попереднього занесення можливо при коефіцієнті зчеплення більше 0,75. Однак, завантажують автомобіль далеко не завжди по рівень бортів. Дуже часто перевозять об'ємні вантажі. Якщо, наприклад, в кузов цього автомобіля поставити 5-тонний контейнер, висота центру мас досягне 1600 мм. При такій висоті центру мас перекидання без попереднього занесення можливо при $\varphi > 0,56$, іншими словами, на будь-якій сухій дорозі.

Ще один можливий варіант порушення умови $V_{\text{пер}} > V_{\text{зан}}$ – зміщення центру мас щодо поздовжньої вісі автомобіля убік. Це трапляється, якщо вантаж розміщують близько одного з бортів. Тому правилами перевезення вантажів обумовлюється необхідність розташування вантажу по центру кузова. Ще один випадок зміщення центру мас вбік – рух на повороті не повністю завантаженого автомобіля – цистерни.

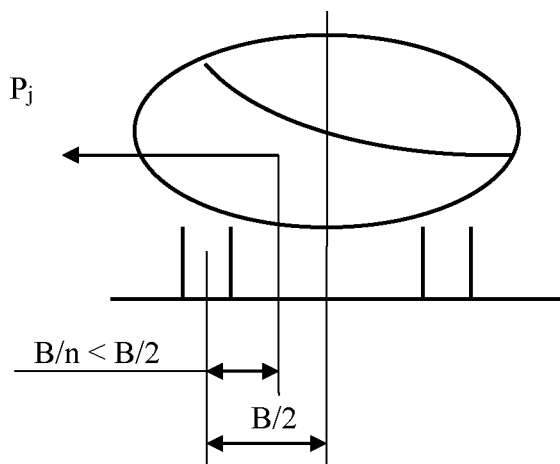


Рисунок 5.10 – Зміщення центру мас вбік при русі на повороті не повністю завантаженого автомобіля – цистерни

На повороті рідина зміщується до центру повороту і відновлювальний момент різко зменшується, що також може привести до перекидання (перевезення живої риби в звичайних цистернах).

Бувають випадки порушення поздовжньої стійкості автомобіля при русі на підйом по твердій поверхні з малою швидкістю, при різкому прискоренні і т. ін. і, як наслідок, поздовжнє перекидання. Це можливо за умови

$$\varphi \leq \frac{L_2}{h_g}, \quad (5.20)$$

де L_2 – відстань від центру мас до задньої вісі автомобіля. У автомобілів зі

звичайним компонуванням ця відстань зазвичай більше 1 і тому зазначена умова виконується з великим запасом, навіть при великих коефіцієнтах зчеплення.

Однак, в разі короткої бази і високого розташування центру мас, характерних для всюдиходів, самоскидів та інших спеціальних автомобілів, також при наявності причепа, небезпека поздовжнього перекидання значно зростає. Слід зазначити також, що автомобілі з передніми ведучими колесами назад не перекидаються, але ці автомобілі можуть долати значно менші підйоми, ніж автомобілі з задніми ведучими.

Розглядаючи поперечну стійкість автомобіля, ми припускали, що при занесенні обидві вісі ковзають в поперечному напрямку одночасно. Разом з тим, одночасний занос всіх коліс автомобіля в загальному випадку дуже рідкісне явище. Набагато частіше починають ковзати колеса однієї вісі – передньої або задньої. Розглянемо умови занесення кожної з осей автомобіля.

Припустимо, під дією будь-якої бічної сили колеса передньої вісі автомобіля, що рухається прямолінійно зі швидкістю V_a почали зміщатися у бік зі швидкістю V_b .

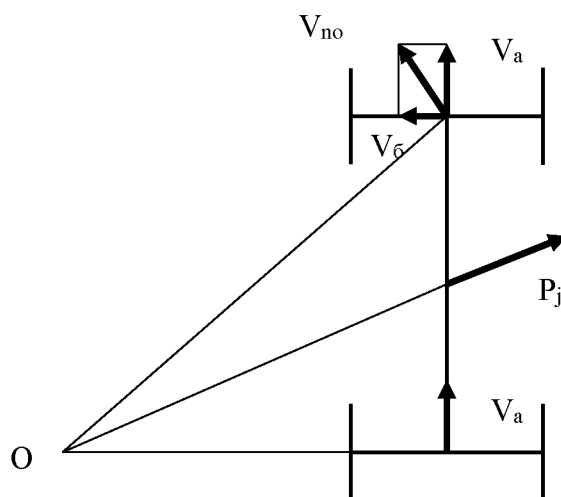


Рисунок 5.11 – Занесення передньої вісі

В результаті геометричного складання швидкостей ця вісь переміщується в напрямку результуючої швидкості V_{no} . Оскільки задня вісь продовжує рух в напрямку V_a , це призводить до руху автомобіля навколо миттєвого центру повороту O і виникнення відцентрової сили P_j , спрямованої в бік, протилежний заносу передньої вісі, що почався. Таким чином, занос передньої вісі погашається автоматично.

Якщо відбувається зміщення задньої вісі, вона починає рухатися в напрямку результуючої швидкості V_{zo} навколо миттєвого центру повороту O . При цьому відцентрова сила P_j , що виникає, спрямована в цьому випадку в бік заносу, і призводить до ще більшого зміщення задньої вісі і, як наслідок, занесення стає прогресуючим. Для того, щоб погасити занос задньої вісі, що почався, необхідно повертати рульове колесо в бік заносу.

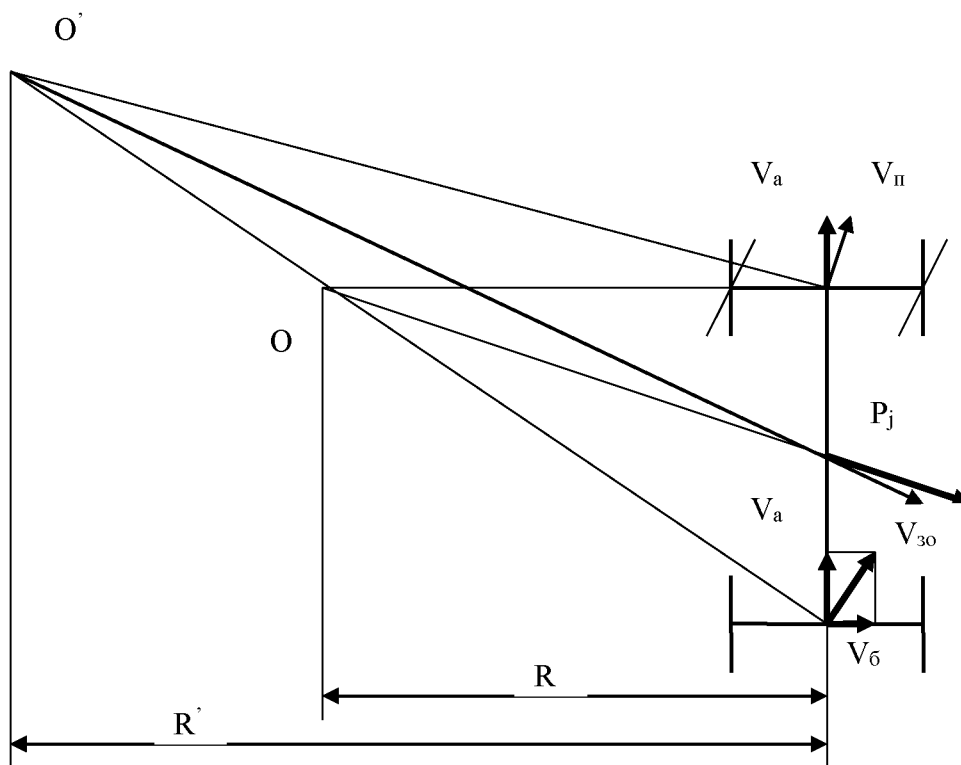


Рисунок 5.12 – Занос задньої вісі

При цьому збільшується радіус повороту і зменшується відцентрова сила. При повороті передніх коліс на кут, при якому вектор швидкості $V_{\text{п}}$ буде паралельний вектору швидкості V_3 , автомобіль перестане повертатися і почне рухатися поступально в напрямку векторів $V_{\text{п}}$ (V_3). При повороті передніх коліс на ще більший кут центр повороту виявиться розташованим з протилежного боку автомобіля, відцентрова сила буде направлена в сторону, протилежну заносу.

Для того, щоб почалося зміщення осі убік, сила, що викликає це зміщення повинна перевищити силу зчеплення коліс цієї вісі з дорогою, тобто мати достатньо велику величину. Разом з тим, навіть невелика за величиною бічна сила призводить до виникнення відведення шин.

Розглянемо, як відображається бічне відведення на стійкість автомобіля.

Бічна сила може виникнути не тільки при повороті автомобіля. Будь-який бічний вплив на автомобіль – нерівність дороги, поперечний ухил і т. ін., що діє на автомобіль та володіє надлишковою обертальністю, призводить до прогресуючого відведення шин задніх коліс, який далі може перейти в занос і перекидання, якщо не буде вжито відповідних заходів з боку водія. Це питання було розглянуто вище.

Дуже небезпечно порушення стійкості автомобіля під дією бічного вітру. Особливо, якщо порив вітру раптовий, а автомобіль рухається з великою швидкістю і водій не має достатнього часу для вжиття відповідних заходів, що запобігають можливій аварії. Рівнодіюча сил тиску повітря прикладена в метацентрі – центрі тяжкості бічної проекції автомобіля.

Якщо метацентр і центр бічного відведення збігаються, то кути відведення передніх і задніх шин будуть однаковими, автомобіль буде мати нейтральну обертальність і під дією бічного вітру автомобіль буде рухатися прямолінійно, але під кутом δ до початкового напрямку. Будь-який водій, якому доводилося рухатися по дорозі, по обидва боки якої росте ліс, а потім закінчується, відчував, як автомобіль «переставляє», якщо дув бічний вітер.

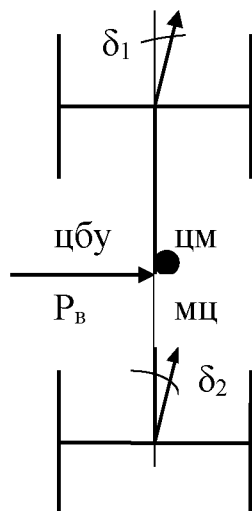


Рисунок 5.13 – Схема руху автомобіля з нейтральною обертальністю під дією бічного вітру.

Конструктори прагнуть при проектуванні автомобіля поєднати метацентр, центр бічного відведення і центр мас. Однак, в процесі експлуатації автомобіля можливі зміщення їх відносно один одного. Можливих варіантів досить багато, розглянемо лише два з них.

Припустимо, вантаж в кузові автомобіля розміщений таким чином, що попереду розташований центр бічного відведення, далі - метацентр, ще далі - центр мас (перший випадок) (рис. 5.14).

При такому розташуванні центру мас, метацентра і центру бічного відведення при дії бічного вітру відведення шин задніх коліс буде більше, ніж передніх і, отже, автомобіль матиме зайву обертальність. Автомобіль починає рухатися по криволінійній траєкторії навколо миттєвого центру O_{δ} . При цьому виникає відцентрова сила P_j , спрямована в ту ж сторону, що і результуюча сил тиску повітря. Оскільки точка прикладання цієї сили також розташована позаду центру бічного відведення, вона буде приводити до збільшення бічного відведення шин задніх коліс, зменшення радіусу повороту, отже, збільшення величини відцентрової сили і т. ін. – відбуватиметься прогресуючий занос, який може перерости в занос задньої вісі.

Але ще більш небезпечним випадком є розташування центрів наступним чином: метацентр – центр бічного відведення – центр мас (другий випадок) (рис. 5.15). В цьому випадку під дією бічного вітру відведення шин передніх коліс буде більше, ніж задніх, що характерно для автомобілів з недостатньою обертальністю.

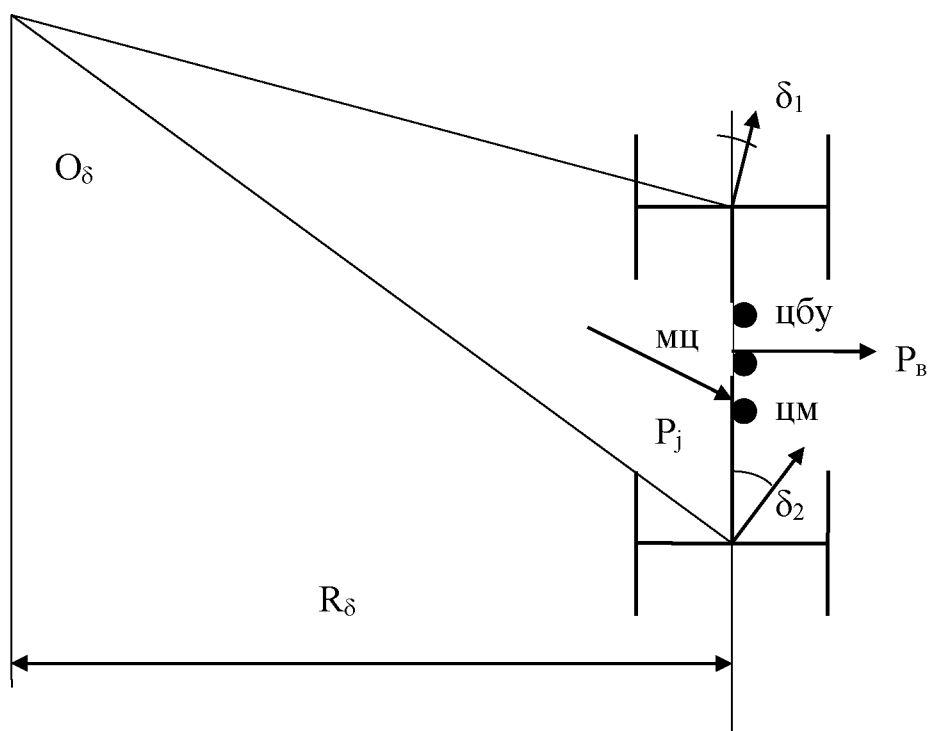


Рисунок 5.14 – Схема руху автомобіля із зайвою обертовістю під дією бічного вітру (перший випадок).

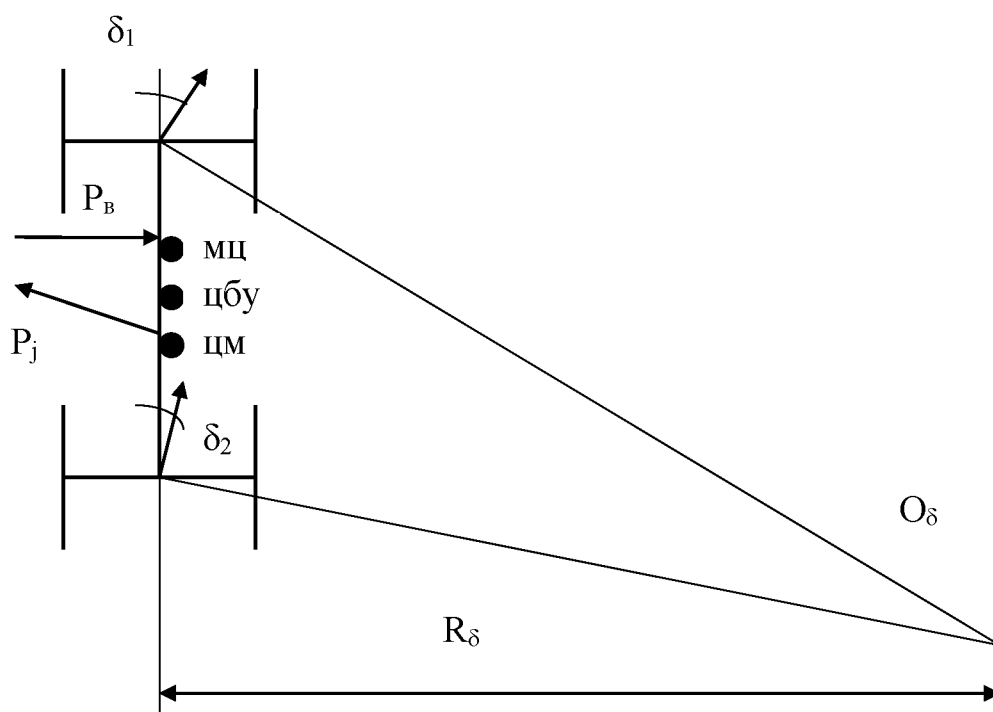


Рисунок 5.15 – Схема руху автомобіля із зайвою обертовістю під дією бічного вітру (другий випадок).

Якби центр мас збігався з метацентром, виникаюча при русі автомобіля по криволінійній траєкторії відцентрова сила, яка в даному випадку діє в сторону,

протилежну результуючої сили тиску повітря, нейтралізувала б розпочате відведення. Але в даному випадку центр мас розташований позаду центру бічного відведення і сили P_v і P_j створюють обертальний момент, спрямований в бік обертання автомобіля навколо миттєвого центру повороту. В результаті можливо настільки швидке порушення стійкості автомобіля, що водій не встигає зреагувати.

Лекція 6. Дорожні умови та безпека руху.

Основні питання:

1. Дорога як система та її елементи.
2. Планувальні характеристики ВДМ.
3. Вплив елементів дороги на безпеку руху.
4. Відстань видимості та оглядовості.

Основними елементами дороги, як системи, є: план траси, поздовжній профіль, поперечний профіль дороги, покриття дороги, протяжність і щільність вулично-дорожньої мережі, схеми вулично-дорожньої мережі

Вплив елементів дороги на безпеку руху.

1. План траси.

План траси – це поєднання прямолінійних і криволінійних ділянок дороги.

Звичайно, план траси визначається, в основному, рельєфом місцевості. У гористій місцевості план траси являє собою суцільне поєднання криволінійних ділянок – серпантинів. Разом з тим навіть в таких складних умовах будівельники доріг прагнуть, де можна, спрямити ділянки дороги, збільшити радіуси поворотів, розширити її на особливо небезпечних ділянках і т.ін.

У рівнинній місцевості, в принципі, можна проектувати і будувати пряму дорогу. Але з точки зору безпеки дорожнього руху – це теж погано. Оптимальна довжина прямолінійних ділянок 4-4,5 км.

2. Поздовжній профіль.

Поздовжній профіль – це поєднання горизонтальних ділянок, підйомів і спусків. Ухили виражають у відсотках або проміле.

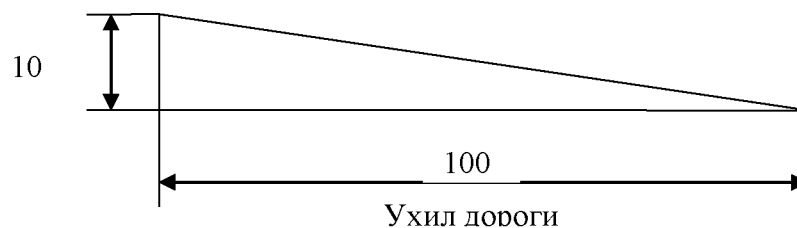


Рисунок 6.1 – Поздовжній профіль

$10/100 = 0,1 = 10\%$ (відсотків) = 100‰ (проміле. **Проміле** – це одна тисячна

частина якоїсь речовини, іншими словами десята частина відсотка).

На дорогах вищої категорії не рекомендується виконувати ухили більше 3% або 30‰.

3. Поперечний профіль дороги.

Поперечний профіль дороги характеризується шириною проїзної частини, поперечним ухилом проїзної частини, наявністю, покриттям і шириною узбіч.

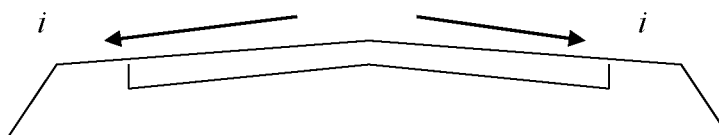


Рисунок 6.2 – Поперечний профіль дороги

Стійкість автомобіля на повороті збільшується за рахунок пристрою віражу, тобто додавання проїжджій частині одностороннього ухилу, спрямованого до центру віражу.

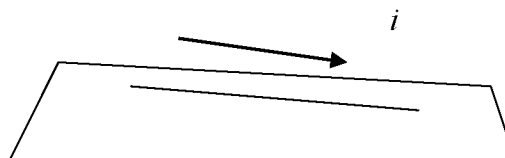


Рисунок 6.3 – Схема віражу

На підставі досліджень, як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників, для проїжджої частини з двома смугами руху (по одній смузі в кожну сторону) достатньою і безпечною визнається ширина проїжджої частини 7,5 м. На криволінійних ділянках дороги автомобіль вимагає більшої ширини проїзної частини. Розширення залежить від радіуса кривої. Величини розширень передбачені і встановлені БНіП.

Узбіччя можуть бути укріпленими і не укріпленими.

Великий вплив на ефективність і безпеку дорожнього руху надає рельєф місцевості, наявність мостів, тунелів та інших штучних споруд.

4. Покриття дороги.

Покриття дороги може бути ґрунтовим, щебеневим, поліпшеним, асфальтобетонним і т. ін.

Покриття дороги впливає на знос деталей автомобіля, в першу чергу шин, шум, вібрацію, опір коченню і, що найбільш важливо з точки зору безпеки руху - коефіцієнт зчеплення. Забезпечення високого значення коефіцієнта зчеплення є одним з основних вимог до покриття. Для основних видів покриттів:

	φ	f
- асфальтобетонні, цементобетонні	0,7...0,8	0,01...0,02
- щебеневі, гравійні	0,6...0,7	0,03...0,05
- ґрунтові поліпшені	0,5...0,6	0,04...0,05

5. Протяжність і щільність вулично-дорожньої мережі.

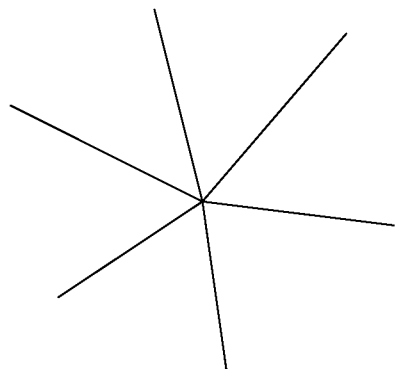
Рівень розвитку вулично-дорожньої мережі характеризується протяжністю L_{Σ} і щільністю $g_{\Sigma} = L_{\Sigma}/F$ (це так звана лінійна питома щільність). Ми вже говорили, що ця щільність враховує не всі дороги, а основні магістралі і вулиці. Оптимальною щільністю з точки зору ефективності, комфортності та безпеки дорожнього руху вважається щільність рівна 2 км/км^2 .

Рівень розвитку дорожньої мережі оцінюють також питомою щільністю: $g_y = F_{\text{дороги}}/F$.

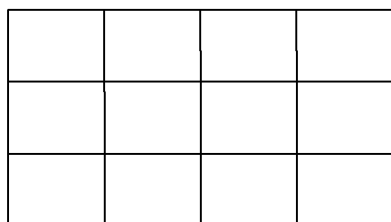
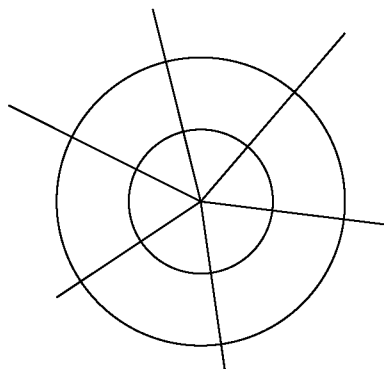
6. Схеми вулично-дорожньої мережі.

Міста мають найрізноманітніше планування і, відповідно, транспортну мережу. Основні з них зображені на рисунку 6.4.

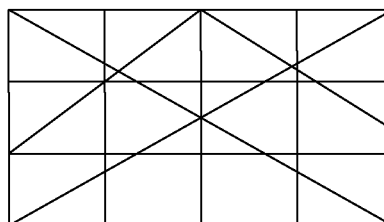
1.Радіальна



2.Радіально-кольцева



3.Прямокутна



4.Прямокутно-радіальна

Рисунок 6.4 – Планувальні структури

Планувальна структура визначається географічними умовами, історичним розвитком і багатьма іншими факторами. Від схеми вулично-дорожньої мережі дуже сильно залежить ефективність, комфортабельність і безпека руху. Існує багато різних схем вулично-дорожньої мережі. Аналіз планування різних міст дозволив виділити кілька принципових геометричних схем.

Основним показником, що характеризує схему планувальної структури, є коефіцієнт непрямолінійності. Це відношення фактичної відстані між двома

пунктами (по дорозі) до довжини лінії, що їх з'єднує по повітрю.

$$K_{\text{нп}} = \frac{L_{\partial}}{L_e}. \quad (6.1)$$

При цьому розрізняють 2 коефіцієнти непрямолінійності:

- $K_{\text{нп1}}$ – між центром і периферійними точками;
- $K_{\text{нп2}}$ – між периферійними точками.

Радіальна схема характерна для старих міст, які починали формуватися навколо центру – найчастіше храму. Основний недолік такої планувальної схеми – поганий зв'язок периферійних районів.

При радіальній схемі зв'язок периферійних районів з центром дуже хороший, $K_{\text{нп1}} = 1$. А ось зв'язок між периферійними районами поганий. Для міста розміром 12 x 12 км. (144 км²) коефіцієнт непрямолінійності $K_{\text{нп2}} = 1,5$.

Радіально-кільцева схема. З метою зменшення пробігів в великих містах будують кільцеві дороги. Виходить радіально-кільцева схема. Тут $K_{\text{нп1}} = 1$ і суттєво покращується зв'язок периферійних районів: $K_{\text{нп2}} = 1,08$. Причому він тим нижчий, чим більше кільцевих магістралей.

Прямокутна схема характерна наявністю паралельно розташованих міських магістралей і відсутністю яскраво виражених центрів. Така схема характерна для порівняно нових міст. По ній побудовані Барселона, Санкт-Петербург, Новосибірськ, Ростов на Дону, Чикаго, центр Нью-Йорка і т. ін.

Перевагами такої схеми є:

- відсутність чітко вираженого центрального транспортного вузла;
- порівняно рівномірне транспортне навантаження всіх магістралей;
- досить висока пропускна здатність через наявність дублюючих зв'язків.

Наявність паралельних магістралей полегшує організацію дорожнього руху, дозволяє легко вводити односторонній рух, менше пробігів, відсутні пробки в центрі міста і т. ін. Коефіцієнти непрямолінійності $K_{\text{нп1}}=1,3$, $K_{\text{нп2}}=1,25$.

Середній коефіцієнт непрямолінійності $K_{\text{нп}} = 1,15$.

Якщо з'єднати кути міста діагоналями, виходить прямокутно-радіальна схема. Тут $K_{\text{нп}}=1,08$, як і у радіально-кільцевої.

До недоліків такої схеми слід віднести відсутність найкоротших зв'язків з діагональним напрямком: весь рух – по катетам. Тому в процесі вдосконалення з'явилася

Прямокутно-діагональна схема. Якщо з'єднати кути міста діагоналями, виходить прямокутно-радіальна схема. Тут $K_{\text{нп1}} = 1,2$, $K_{\text{нп2}} = 1,1$.

Крім того, існує велика кількість комбінованих схем, що утворилися в процесі історичного розвитку. Багато міст закладалися на берегах великих річок і забудовувалися уздовж річки. Вони мають велику протяжність (Волгоград 80 км уздовж Волги). Кривий Ріг – селища біля кар'єрів поступово розросталися, потім злилися і утворилося найдовше місто в колишньому СРСР довжиною 120-140 км.

Лекція 7. Основні параметри дорожнього руху.

Основні питання:

1. Інтенсивність транспортного потоку.
2. Склад транспортного потоку.
3. Щільність транспортного потоку.
4. Швидкість руху транспортних засобів.
5. Параметри пішохідного руху.

Дорожній рух характеризується:

- інтенсивністю транспортного потоку;
- складом транспортного потоку;
- щільністю транспортного потоку;
- швидкістю руху;
- затримками руху;
- пропускною здатністю автомобільних доріг;
- параметрами пішохідного руху;

Інтенсивність транспортного потоку.

Інтенсивність транспортного потоку – це кількість транспортних засобів, що проходять через перетин дороги за одиницю часу.

Як розрахунковий час для визначення інтенсивності може застосовуватися рік, місяць, година – в залежності від поставленого завдання, але найчастіше інтенсивність вимірюють кількістю автомобілів, що проходять через перетин дороги за годину: $N_{\text{год}}$.

Інтенсивність руху – величина нерівномірна і в просторі (на різних дорогах або на різних ділянках однієї й тієї ж дороги) і в часі:

Інтенсивність руху різна на різних ділянках вулично-дорожньої мережі. Навіть на одній і тій же магістралі інтенсивність змінюється протягом доби, протягом тижня, місяця, має сезонні коливання. Всі ці зміни інтенсивності характеризуються коефіцієнтом нерівномірності:

$$K_n = \frac{N_{\phi}}{N_{\text{сер}}} \quad (7.1)$$

- це відношення фактичної інтенсивності до середньої інтенсивності за більш тривалий період.

Інтенсивність руху на міській мережі вулиць змінюється в часі. Розрізняють коливання сезонні, по днях тижня і годинам доби. У розрахунках часто використовують умовний показник – середньодобову інтенсивність руху ($N_{\text{сер}}$), яку визначають розрахунком

$$N_{\text{сер}} = \frac{W_p}{365}, \quad (7.2)$$

де W_p – річний обсяг руху, авт.

Характерна крива зміни інтенсивності руху N_p на міських магістралях протягом року.

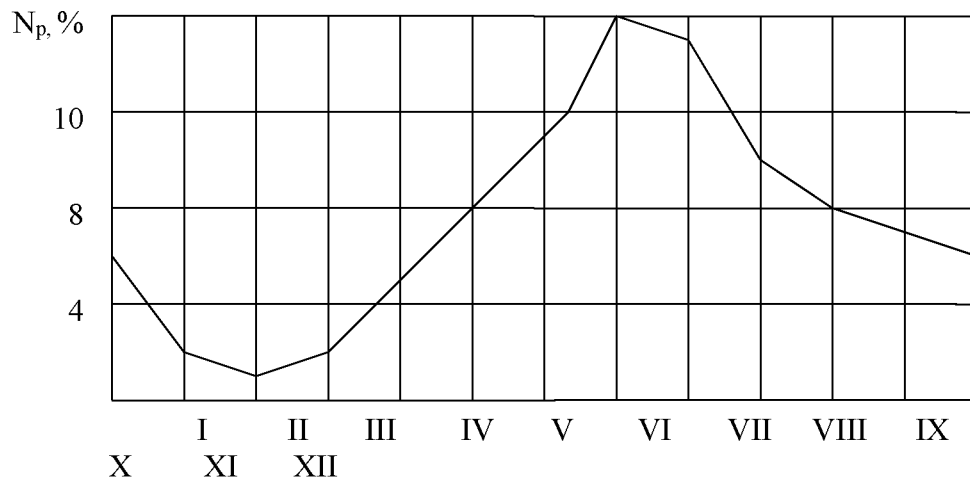


Рисунок 7.1 – Зміна інтенсивності по місяцях року

Причинами різкого зниження інтенсивності руху в зимові місяці року є несприятливі погодні умови і погіршення дорожніх умов (слизьке покриття, звуження ширини проїзної частини через відкладення снігу). Інтенсивність руху громадського транспорту менш схильна до сезонних коливань. Навантаження на цей транспорт в осінньо-зимовий період більше, ніж в літній. Спад інтенсивності руху в містах у зимовий період пов'язаний зі зменшенням використання в цей час особистих автомобілів. На літні місяці припадає близько 70% річної участі цих автомобілів в дорожньому русі, в зимовий період обсяг руху автомобілів індивідуальних власників становить 1,5 - 2% від річного.

Винятком є південні міста, де завдяки короткої і м'якої зими особистий автомобіль можна використовувати протягом усього року.

Колівання інтенсивності руху протягом року характеризуються коефіцієнтом річної нерівномірності:

$$K_n = \frac{12N_m}{N_p}, \quad (7.3)$$

де N_m – інтенсивність руху в досліджуваному місяці,

N_p – інтенсивність руху за рік, авт./рік.

У розподілі інтенсивності по днях тижня також є закономірність. Вона пов'язана з соціальними особливостями міст і організацією робочого часу трудівників. Найбільша інтенсивність руху в містах спостерігається в п'ятницю. Близько 70% всіх індивідуальних власників користуються в цей день власним автомобілем.

Наслідком цього є збільшення інтенсивності руху на 1,5-2% вище середньодобової за тиждень.

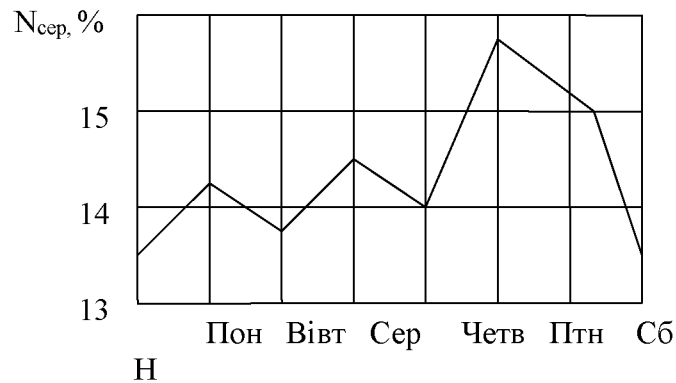


Рисунок 7.2 – Зміна інтенсивності по днях тижня

Коефіцієнт добової нерівномірності

$$K_n = \frac{24N_{год}}{N_{доб}}, \quad (7.4)$$

де $N_{год}$ – годинна інтенсивність руху авт./год.;

$N_{доб}$ – добова інтенсивність авт./добу.

Дослідження зміни інтенсивності транспортних потоків протягом доби дозволили виділити так звані пікові години або періоди, в які виникають найбільш складні завдання організації та регулювання руху. Протягом години "пік" відбувається 10-12% добового обсягу руху.

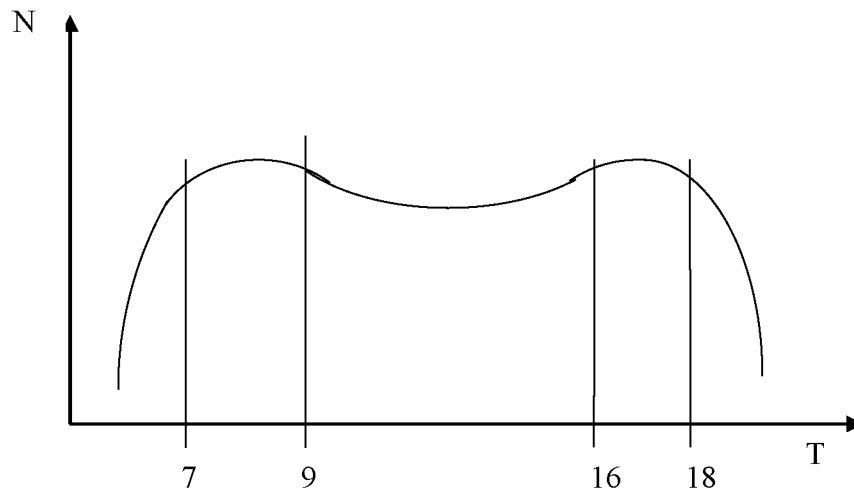


Рисунок 7.3 – Зміна інтенсивності протягом доби

Тривалість годин "пік" збільшується зі зростанням рівня автомобілізації міст і для великих міст з рівнем 40-45 авт. на 1000 жителів може становити в цілому 4-4,5 год.

У містах пікові навантаження автомобільного, пішохідного руху і потреби в стоянках автомобілів практично збігаються. Це говорить про необхідність комплексного вирішення транспортних проблем міста.

Якщо нам відома інтенсивність руху в будь-які годину доби, день тижня або місяць, використовуючи коефіцієнти добової нерівномірності,

нерівномірності по днях тижня або річної, ми можемо розрахувати нерівномірність в будь-яку годину доби, день тижня або місяць.

Для двосмугових доріг із зустрічним рухом інтенсивність характеризується величинами потоків у зустрічних напрямках, тому що обидва ці потоки визначають умови руху, зокрема, можливість обгонів. Якщо дорога має роздільну смугу, то інтенсивність зустрічного потоку вже не визначає режим руху, для таких доріг інтенсивність руху в кожному напрямку має самостійне значення.

У багатьох випадках, особливо при вирішенні питань регулювання руху в міських умовах, має значення не сумарна інтенсивність, а інтенсивність, яка припадає на одну смугу руху.

Теоретично визначити інтенсивність транспортних потоків на тій чи іншій магістралі дуже складно. Досить точно це завдання можна вирішити для міжміських магістралей, однак для цього необхідна велика кількість вихідних даних. Ще більше вихідних даних необхідно для прогнозування інтенсивності транспортних потоків на дорожньо-вуличній мережі міст. Тому для вирішення конкретних питань організації дорожнього руху на тих чи інших ділянках доріг використовують натурні обстеження інтенсивності. Існують різні методи натурних досліджень – візуально, за допомогою обліковців, за допомогою найпростіших технічних засобів і застосовуючи засоби автоматичної реєстрації. З першим методом ви познайомилися при проведенні лабораторних робіт, другий метод передбачає використання механічних лічильників одиниць транспортних засобів, в останньому використовуються різні конструкції детекторів транспорту, з якими я вас познайомлю трохи пізніше.

Результати обстежень інтенсивності транспортних потоків представляються у вигляді таблиць, епюр, картограм і т. ін. Графічне представлення краще з-за наочності.

Склад транспортного потоку.

Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням у ньому транспортних засобів різного типу – легкових автомобілів, автобусів, тролейбусів, вантажних автомобілів, автопоїздів. Склад транспортного потоку впливає на всі параметри, що характеризують дорожній рух, в тому числі інтенсивність.

Вплив транспортного потоку на параметри дорожнього руху пояснюється різницею в габаритних розмірах автомобілів (легкові – 4-5м, вантажні та автобуси до 11 м, автопоїзда – до 24м), швидкостей руху, гальмівних якостей.

Для того, щоб врахувати цей вплив складу транспортного потоку, реальний склад приводять до умовного легковому автомобіля довжиною 5 м. Для цього застосовують коефіцієнти приведення, $K_{пр}$ встановлені БНіП. Коефіцієнти приведення складають, для:

- мотоциклів – 0,5
- легкових автомобілів – 1,0
- вантажних, вантажопідйомністю до 2 т – 1,5

- ----- до 2-4 т – 2,0
- ----- до 4-8 т – 2,5
- ----- > 8 т – 3,5
- автобусів – 2,5
- тролейбусів – 3,0
- автопоїздів вантажопідйомністю до 6 т – 3,0
- автопоїздів вантажопідйомністю до 12т – 4,0
- автопоїздів вантажопідйомністю до 12-20 т – 5,0
- автопоїздів вантажопідйомністю до 20-30 т – 6,0

З урахуванням цих коефіцієнтів можна отримати інтенсивність руху в умовних наведених одиницях:

$$N = K_M N_M + K_L N_L + K_{Г2} N_{Г2} + K_a N_a + \dots$$

Щільність транспортного потоку.

Щільність транспортного потоку – це число транспортних засобів, що знаходяться в даний момент часу на ділянці дороги. Найчастіше довжину ділянки дороги при дослідженні та аналізі щільності приймають 1 км.

Гранична щільність – заторний стан може спостерігатися в «пробках», при нерухомому стані колони автомобілів, розташованих впритул один до одного. Для легкових автомобілів ця величина складає 200 авт./км. Максимальна щільність колони приведених легкових автомобілів, що повільно просувається, складає 90-100 авт./км. Але в колоні можуть бути і автобуси і вантажні автомобілі. В цьому випадку максимальна щільність може бути наближено визначена:

$$Q_{\max} = 81 + 0,125 n_{л}, \quad (7.5)$$

де $n_{л}$ – доля легкових автомобілів у %.

Щільність транспортного потоку характеризує завантаження дороги:

$$Z = \frac{q_{\text{факт}}}{q_{\max}}. \quad (7.6)$$

Залежно від щільності і завантаження дороги, умови руху можна розділити на:

- вільний рух
- частково зв'язаний
- зв'язаний
- колонний рух
- насичений
- перенасичений рух.

Вільні умови руху характерні для дуже обмеженого числа доріг, наприклад для під'їздів до малих населених пунктів або до сільськогосподарських підприємств, а також для періодів спадів руху на дорогах вночі або рано вранці.

При більшій інтенсивності руху час очікування можливості обгону зростає. Створюються групи з двох - трьох і більше автомобілів, що слідує за

повільним автомобілем. Здійснивши обгін, вони їдуть в умовах вільного режиму руху. Такий режим руху носить назву частково зв'язаного.

Чим більше інтенсивність руху, тим рідше зустрічаються відповідні для обгону інтервали і вище ризик при обгоні. Такий режим руху називають зв'язаним (нестійким). В результаті перешкод для обгонів швидкість потоку автомобілів падає практично по лінійної залежності.

Подальше зростання інтенсивності руху можливий тільки при збільшенні щільності потоку автомобілів, без обгонів. Це досягається зменшенням інтервалів між автомобілями, що утворюють колону. Різниця в швидкостях автомобілів зникає і всі вони їдуть зі швидкістю, близькою до середньої швидкості потоку.

Короткочасні відхилення швидкостей окремих автомобілів від середньої можливі лише в результаті зміни інтервалів між автомобілями і усуваються водіями, як тільки виникає небезпека наїзду. В цьому випадку дуже великої інтенсивності руху, швидкості транспортного потоку, названого щільним, або насиченим, продовжують зменшуватися.

Подальше насичення транспортного потоку, яке можливо, наприклад, при в'їзді на вузький міст або ділянки дороги, що ремонтується, з обмеженою шириною проїзної частини, характеризується переривчастим рухом потоку з періодичними зупинками. Перед ділянкою утворюються пробки, які ростуть за рахунок під'їжджають автомобілів. Пропускна здатність дороги падає. Такий рух є перенасиченим.

Швидкість руху

У курсах лекцій з інших дисциплін вам вже багато говорили про швидкості руху. Тому я не буду зупинятися на всіх – ви знаєте швидкість сполучення, технічну швидкість, експлуатаційну швидкість.

Я зупинюся на тих швидкостях, які ви ще не знаєте, але які потрібні нам будуть при вивченні курсу.

1. Миттєва швидкість. Вона характеризується миттєвими фіксованими значеннями швидкості. Вона залежить від динамічних якостей автомобіля, умов руху, погоди та інших факторів і може змінюватися в широких межах. Аналіз миттєвих швидкостей використовують для вивчення закономірностей руху від їх умов. Дані аналізу використовують для встановлення максимальних і мінімальних швидкостей на окремих ділянках дороги, розміщення дорожніх знаків, визначення довжин ділянок доріг із забороненими обгонами.

Середня миттєва швидкість розраховується як середній результат кількох значень миттєвих швидкостей:

$$V_M = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Mi}}{n}, \quad (7.7)$$

де n – кількість замірів.

Але миттєва швидкість, як ми відзначали, залежить від великої кількості факторів. Давайте заміряємо миттєву швидкість на вулиці Петровського в

будній день і у вихідний. Вона буде відрізнятися в багато разів. У будній день набагато вище інтенсивність, щільність потоку.

2. Щоб мати можливість від чогось відштовхуватися, ввели поняття швидкості вільного руху V_B : це швидкість руху на даній ділянці дороги, не обмежена впливом інших транспортних засобів. Прийнято вважати рух вільним, якщо інтервал між автомобілями становить 10 і більше секунд. Тоді транспортні засоби дійсно не заважають один одному.

З іншого боку, динамічні характеристики сучасних автомобілів дозволяють їм рухатися з дуже високими швидкостями. Якщо ми з вами в умовах вільного руху в місті зафіксуємо миттєву швидкість, вона може становити і 80 і 100 км/год. Але це вже порушення ПДР. Тому приймають, що швидкість вільного руху не повинна перевищувати швидкості, обмеженою на даній ділянці Правилами дорожнього руху. Менше вона, звичайно, може бути.

3. Коли часовий інтервал руху менше 10 с, рух вважається рухом в потоці і говорять про швидкість потоку. Ця швидкість буде відрізнятися від швидкості вільного руху тим більше, чим вище інтенсивність руху, щільність потоку. Орієнтовна залежність швидкості від інтенсивності:

$$V_a = V_B(1 - K_N), \quad (7.8)$$

де K_N – коефіцієнт, що враховує вплив інтенсивності руху на швидкість потоку. Він змінюється від 0 до 1 і різний для різних умов руху, тому тут його не наведено.

Параметри пішохідного руху.

Забезпечення зручності і безпеки руху пішоходів є одним з важливих розділів організації дорожнього руху. Складність тут полягає в тому, що поведінка пішоходів важче піддається регламентації, ніж водіїв. Цим пояснюється, що третина всіх ДТП – це наїзди на пішоходів, а в містах ця цифра сягає 2/3.

Параметри пішохідного потоку характеризуються інтенсивністю, швидкістю і щільністю.

Інтенсивність пішохідних потоків.

Інтенсивність пішохідних потоків, як і транспортних, - це число пішоходів, що проходять через поперечний переріз шляху за одиницю часу. Пішохідний рух, його інтенсивність, як і весь міський рух, нерівномірний в часі. У ньому є яскраво виражений «пік» - ранковий (8-9 год.), денний (12-14 год.) і вечірній (18-19 год.). Ранковий пов'язаний з початком роботи, занять. Денний обумовлений перервами в роботі. У цей час найбільш завантажені торгові точки – обслуговується 25% всіх відвідувачів за день. Вечірній «пік» обумовлений закінченням роботи і початком роботи різних культурних закладів.

Пікові завантаження нерівномірні як в часі, так і в просторі. У сельбищних районах інтенсивність пішохідного руху розподілена більш-менш рівномірно в період з 8 до 19 год. В промислових зонах найбільша інтенсивність в ранковий час «пік». У загальноміських і торгових центрах – в денний час. На вокзалах – в

ранкові та вечірні години.

Якщо говорити про зони тяжіння, то найбільші труднощі виникають при організації пішохідного руху в районах поблизу видовищних і спортивних споруд. Тут, як правило, пішохідні потоки епізодичні і досягають дуже великої щільності (до 6 чол/м²). Інтенсивність пішохідних потоків може бути розрахована:

$$U = \frac{Q}{t_{\text{ев}}}, \quad (7.9)$$

де Q – кількість глядачів;
 $t_{\text{ев}}$ – час евакуації:

$$t_{\text{ев}} = \frac{Q_3}{\Sigma \Theta_B}, \quad (7.10)$$

де $\Sigma \Theta_B$ – пропускна здатність виходів.

Інтенсивність пішохідних потоків поблизу торгових підприємств визначається тим, наскільки вони великі, скільки робочих місць, де розташовані. Інтенсивність пішохідних потоків тут розраховується (на вході):

$$U = \frac{M \cdot z \cdot k_c \cdot k_r}{\tau}, \quad (7.11)$$

де M – кількість робочих місць;

z – кількість покупців на одне робоче місце (в великих містах, наприклад, для універмагів, розташованих в центрі міста, $z = 150-250$, продовольчих магазинів – 160-350, промтоварів – 100-200).

k_c – коефіцієнт добової нерівномірності, $k_c = 1,3 \dots 1,8$;

k_r – коефіцієнт річної нерівномірності, $k_r = 1,1 \dots 1,2$;

τ – час роботи.

Швидкість руху пішоходів.

Швидкість руху пішоходів залежить від багатьох факторів: мети пересування, складу, віку, щільності, інтенсивності і т. ін. Коливається значення швидкості також в залежності від місця, де рухаються пішоходи – по тротуару, через дорогу, в парку, по сходах і т. ін.

Нас звичайно в першу чергу цікавить швидкість руху пішоходів при перетині ними проїзної частини автомобільних доріг. Дослідження показали, що в цих умовах основними чинниками, що впливають на швидкість, є:

- вік;
- стать;
- темп руху.

Крім того, впливає ще безліч факторів: йде сам або під руку з дівчиною, з коляскою або з дитиною на руках, з порожніми руками або несе громіздкі речі, тверезий чи п'яний і т. ін.

Відповідно, швидкість руху пішоходів може коливатися від 0,75 м/с до 4,5 м/с. Зазвичай, для інженерних розрахунків швидкість руху пішоходів через

проїзну частину приймається 1,3...1,4 м/с.

Щільність пішохідних потоків.

Щільність пішохідних потоків характеризує зручність пересування:

$$D = \frac{n_{\Sigma}}{F}, \quad (7.12)$$

де n_{Σ} – кількість пішоходів, які одночасно перебувають на пішохідних шляхах;

F – сумарна площа цих шляхів.

При відомій інтенсивності і швидкості:

$$D = \frac{3,6 \cdot U \cdot b_t}{V_{\Pi}}, \quad (7.13)$$

де U – інтенсивність пішохідного потоку;

b_t – ширина пішохідного шляху (тротуару, пішохідного переходу, сходів і т. ін.)

V_{Π} – швидкість руху пішохода.

Площа, яку займає одна людина, залежить від віку, статі, наявності ноші, пори року і т. ін. Доросла людина займає площу влітку – 0,1м², взимку 0,13, з дитиною на руках – 0,29, з ношею – 0,25...0,4. Це граничні норми. Для створення комфортних умов ця площа повинна бути в 2,5...3 рази більше. Максимальна щільність пішохідного потоку, при якій ще можливий рух з постійною швидкістю повинна бути не більше 2 чол./м².

Рух пішоходів здійснюється по тротуарах і пішохідних переходах.

Тротуар розглядається як багатосмуговий пішохідний шлях з шириною смуги 0,75 м. Пропускна здатність однієї смуги приймається рівною 700-800 чол./год.

При відомій інтенсивності ширина тротуару:

$$b_T = \frac{U}{U_c} 0,75, \quad (7.14)$$

де U – інтенсивність пішохідного руху;

U_c – пропускна здатність смуги руху.

Але ця ширина не може бути менше норм, встановлених БНіП, виходячи з функціонального призначення вулиць. Так, тротуар, що йде уздовж загальноміської магістралі не може бути менше 4,5 м, районної – 3 м.

Лекція 8. Пропускна здатність і затримки на елементах транспортної мережі

Основні питання:

1. Співвідношення між основними параметрами дорожнього руху.
2. Дистанція безпеки, динамічний габарит.
3. Основна діаграма транспортного потоку.
4. Пропускна здатність автомобільних доріг.
5. Пропускна здатність нерегульованих перехресть в одному рівні.
6. Затримки руху.
7. Методи визначення затримок руху на елементах транспортної мережі.
8. Затримки на нерегульованих перехрестях.

Пропускна здатність автомобільних доріг.

Спочатку розглянемо пропускну здатність однієї смуги проїжджої частини.

Пропускною здатністю однієї смуги проїжджої частини називається максимальна кількість автомобілів, яка може бути пропущена через перетин однієї смуги дороги протягом однієї години в одному напрямку в умовах забезпечення безпеки руху.

Пропускную здатність будемо розглядати, аналізуючи основну діаграму транспортного потоку.

Ми з вами розглянули інтенсивність N , щільність q і швидкість V транспортних засобів. І говорили про взаємний вплив цих параметрів дорожнього руху. Між ними існує залежність:

$$N = q \cdot V. \quad (8.1)$$

Побудуємо залежність між щільністю і інтенсивністю. Якщо у нас інтенсивність N дорівнює 0, очевидно і щільність q також дорівнює нулю. Якщо щільність настільки велика, що утворився затор ($q_{\text{зат}}$), очевидно, що інтенсивність руху буде рівною 0. У міру збільшення щільності від нульового значення інтенсивність зростатиме і матиме реальні значення $N > 0$. При малій інтенсивності часовий інтервал між автомобілями великий, швидкість відповідає швидкості вільного руху. У міру збільшення щільності швидкість знижується. Спочатку превалюючим є збільшення щільності, отже і інтенсивність збільшується. Вона росте до свого максимального значення, а потім переважаючим стає зниження швидкості і залежність має вигляд, представлений на рисунку 8.1.

Якщо з початку координат провести радіус-вектор до якогось значення інтенсивності, точка перетину інтенсивності і вектору покаже значення інтенсивності при даній щільності. А якщо ми візьмемо відношення

$$\frac{N}{q} = V = tq\alpha. \quad (8.2)$$

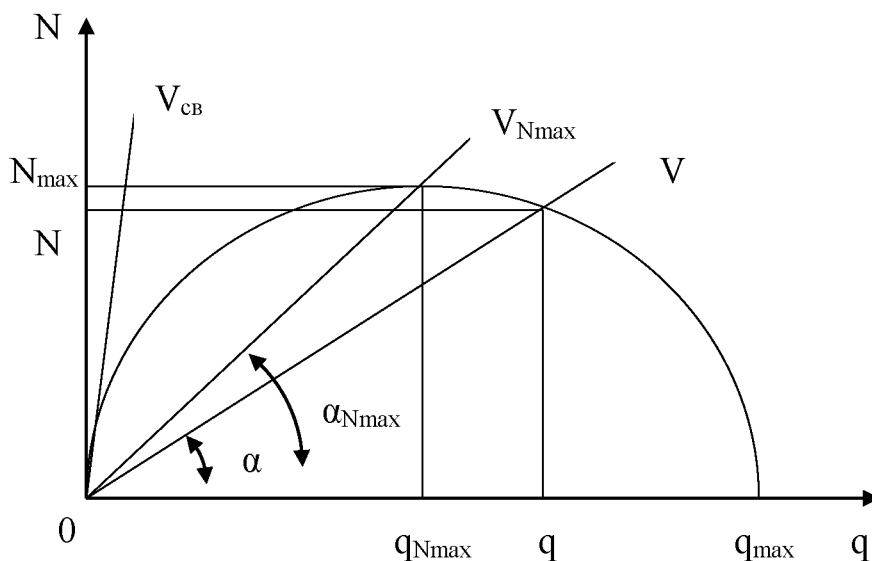


Рисунок 8.1 – Основна діаграма транспортного потоку.

Таким чином, кут α характеризує швидкість руху.

При певному значенні щільності, що дорівнює q_{Nmax} інтенсивність досягає свого максимального значення N_{max} при швидкості руху потоку, що дорівнює V_{Nmax} .

Які ж величини швидкості і щільності, при якій по дорозі може проїхати максимальна кількість автомобілів і скільки їх може проїхати? Яка максимальна пропускна здатність?

Щільність при певній швидкості визначається виходячи із забезпечення безпеки руху. Коли автомобілі рухаються один за іншим, між ними повинна зберігатися дистанція безпеки D_b (рис.8.2).

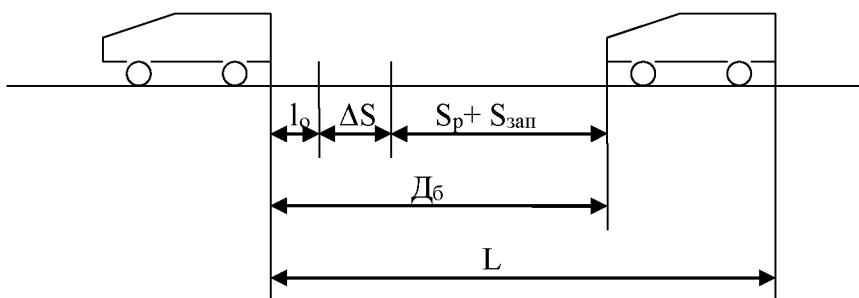


Рисунок 8.2 – Динамічний габарит і дистанція безпеки

Коли у попереднього автомобіля загоряються стоп-сигнали, він вже починає гальмувати. А для автомобіля, що їде позаду – це тільки сигнал небезпеки. До того, як цей автомобіль почне гальмувати, він проїде відстань:

$$S_p + S_3 = (t_1 + t_2) \frac{V_a}{3,6}. \quad (8.3)$$

Крім того, в одному потоці можуть рухатися автомобілі, що мають різну ефективність гальмування, різне уповільнення

$$j = \frac{g \cdot \varphi}{K_e}, \quad (8.4)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення;

K_e – коефіцієнт ефективності гальмування.

Коефіцієнт ефективності гальмування різний для різних автомобілів; навіть у однієї і тієї ж марки автомобіля він може відрізнятись – в залежності від завантаження, стану гальм і т. ін. Тому гальмівний шлях автомобілів, що рухаються один за одним, теж буде різним:

$$S_T = \frac{V^2}{26 \cdot j} = \frac{V^2 K_e}{26 \cdot g \cdot \varphi} = \frac{V^2 \cdot K_e}{254 \cdot \varphi}. \quad (8.5)$$

Різниця в величині гальмівного шляху автомобілів, що слідуєть один за одним:

$$\Delta S = S_3 - S_n = \frac{V^2 (K_{e3} - K_{en})}{254 \cdot \varphi}. \quad (8.6)$$

Крім того, коли автомобілі зупиняться, між ними має бути якась відстань – зазор безпеки l_o . Таким чином, дистанція безпеки повинна становити:

$$D_b = S_p + S_3 + \Delta S + l_o. \quad (8.7)$$

Загальна відстань, яку займає один автомобіль на дорозі і включає дистанцію безпеки і габаритну довжину автомобіля, називають динамічним габаритом

$$L = l_a + l_o + (t_1 + t_2) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2 (K_{e3} - K_{en})}{254 \cdot \varphi}. \quad (8.8)$$

Знаючи динамічний габарит, ми можемо розрахувати щільність – скільки автомобілів може розміститися один за одним на одному кілометрі дороги:

$$q = \frac{1000}{L}. \quad (8.9)$$

Знаючи щільність, ми можемо визначити максимальну інтенсивність або пропускну здатність дороги.

$$P = N_{max} = q \cdot V = \frac{1000}{L} V_a. \quad (8.10)$$

Якщо прийняти $K_{e3} - K_{en} = 0,5$ (змішаний потік транспортних засобів), то на сухій дорозі з коефіцієнтом зчеплення 0,7 і сумою габаритної довжини автомобіля і зазору безпеки 10 м, отримуємо:

V_a	L	q	P_{max}
40	27,8	36	1438
50	33,6	30	1488
60	40	25	1500
70	47,3	21	1480
80	54,6	18	1465

Як видно з отриманих результатів, максимальна пропускна здатність однієї смуги руху при змішаному потоці руху становить 1500 авт./год. при швидкості 60 км/год.

Прийняте в нашій країні обмеження швидкості в населених пунктах 60 км/год. забезпечує можливість руху транспортних засобів з максимальною інтенсивністю.

На швидкісних міських магістралях виділяють смуги для руху легкових автомобілів з дозволеною швидкістю 80-100 км/год. Для легкових автомобілів різниця в коефіцієнтах ефективності не перевищує 0,2. Виконуючи розрахунок при тих же вихідних параметрах, отримуємо пропускну здатність однієї смуги в межах 1800-1840 авт./год.

Реальна пропускна здатність однієї смуги звичайно, нижче: далеко не всі автомобілі рухаються з однаковою швидкістю, і необхідність рухатися в потоці за тихохідним транспортним засобом в умовах утрудненого обгону істотно знижує пропускну здатність. Зменшується пропускна здатність при погіршенні якості дорожнього покриття, впливають спуски, підйоми.

Пропускна здатність однієї смуги руху в міських умовах визначається з урахуванням факторів, що знижують пропускну здатність:

$$P = P_{\max}(k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n), \quad (8.11)$$

де k – коефіцієнти, що враховують фактори, що знижують пропускну здатність. Основні з них:

- k_{ϕ} – коефіцієнт, що враховує тип покриття. Для асфальтобетонного покриття приймають $k_{\phi} = 1$. Для інших типів покриття - менше.

- $k_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив складу транспортного потоку на пропускну здатність доріг. При зміні кількості вантажних автомобілів в потоці від 0 до 40%, $k_{\text{тр}}$ знижується від 1 до 0,8.

- k_i – коефіцієнт, що враховує вплив ухилу дороги на пропускну здатність.

Якщо магістраль має не одну, а кілька смуг руху, пропускна здатність збільшується не пропорційно кількості смуг. Тут на сумарну пропускну здатність впливає маневрування автомобілів – перестроювання, обгони і т. ін. Для визначення пропускну здатності багатосмугової міської магістралі використовують формулу:

$$P = P_n \cdot k_{\phi} \cdot k_{\text{е}} \cdot k_i \cdot k_{\text{бс}}, \quad (8.12)$$

де $k_{\text{бс}}$ – коефіцієнт багатосмуговості, що залежить від числа смуг руху в одному напрямку:

при одній смузі проїжджої частини $k_{\text{бс}} = 1,0$

при двох смугах - $k_{\text{бс}} = 1,8$

при трьох смугах - $k_{\text{бс}} = 2,4$

при чотирьох смугах - $k_{\text{бс}} = 2,9$

Діючі БНІП на проектування доріг передбачають пропускну здатність однієї смуги руху $P_{\text{п}}$:

-1200 авт./год. в кожному напрямку для доріг 1 категорії;

- 800-1200 авт./год. для доріг 2 категорії.

На пропускну здатність міських магістралей впливає також довжина перегону між перехрестями, типи перетинів, величина пішохідних потоків, парковка автомобілів біля тротуарів і т. ін.

Відношення фактичної інтенсивності транспортного потоку до пропускну здатності визначає завантаження дороги.

$$Z = \frac{N}{P_{\max}}, \quad (8.13)$$

Для вітчизняних умов рекомендуються наступні граничні характеристики рівнів обслуговування:

- А – вільний рух - $Z =$ до 0,2;
- В – стійкий, стабільний рух - $Z = 0,2 \dots 0,5$;
- С – стабільний рух, обгони ускладнені - $Z = 0,5 \dots 0,7$;
- D – суцільний потік - $Z = 0,7 \dots 0,9$;
- E – нестійке, колонне - $Z = 0,9 \dots 1,0$;
- F – стиснуте - $Z = 0,9 \dots 1,0$;

Від рівня завантаження дороги залежить також швидкість руху транспортних засобів. Якщо при рівні обслуговування А швидкість руху відповідає вільній швидкості руху, то при рівнях обслуговування - В - 0,7...0,9; С - 0,55...0,7; D - 0,4...0,55; E і F - 0,35

На підставі аналізу рівнів обслуговування можна зробити висновок, що вільний і стійкий рух має місце при інтенсивності транспортного потоку на одній смузі – 500-600 авт./год.

Затримки руху.

Будь-яке зниження швидкості в порівнянні з оптимальною для даної ділянки дороги, а тим більше перерва в русі (зупинка), призводить до втрати часу і, відповідно до економічних втрат. Оптимальною швидкістю ми в даному випадку вважаємо швидкість, що забезпечує найбільш комфортні, безпечні і економічні режими руху. Практично це швидкість вільного руху з усіма розумними обмеженнями.

Втрати часу транспортних засобів в загальному вигляді визначаються виразом:

$$\Delta T = \int_{l_1}^{l_2} \left(\frac{1}{V_{\phi}} - \frac{1}{V_o} \right) dl. \quad (8.14)$$

Якщо оптимальна (дозволена) швидкість становить 60 км/год., а фактична – 30 км/год., то втрати часу на одному кілометрі складуть 1 хв. Якщо ділянка більше, відповідно більше і втрати.

Затримки руху транспортних засобів обумовлені великою кількістю чинників. Їх можна розбити на дві основні групи:

- 1) на перегонах доріг
- 2) на перетинах.

Затримки часу на перегонах доріг можуть бути викликані повільними

автомобілями, або транспортними засобами, що стоять на дорозі з двостороннім рухом. При досить великій інтенсивності обгін утруднений. Водіям необхідно або знижувати швидкість до швидкості повільного транспортного засобу в очікуванні можливості обгону. Або взагалі зупинитися за припаркованим автомобілем в очікуванні можливості об'їзду. В результаті виникають затори.

Дуже великі затримки мають місце на перетинах доріг в одному рівні, як регульованих, так і нерегульованих. У містах затримки на перехрестях складають до 70% всіх втрат часу руху. Час затримки визначається не тільки безпосередньо тривалістю зупинок, а й втратою часу на уповільнення і розгін транспортних засобів.

Втрати часу транспортного потоку

$$T_n = \Delta T \cdot t \cdot N, \quad (8.15)$$

де N – інтенсивність транспортного потоку;

ΔT – середня затримка;

T – час спостереження.

Розглянемо рух транспортних засобів на нерегульованих перехрестях доріг в одному рівні. Для забезпечення безпеки руху на таких перехрестях встановлюється певний порядок проїзду. Може бути два варіанти.

- Перехрестя рівнозначні – в цьому випадку порядок проїзду визначається, відповідно до ПДР, наявністю перешкоди справа. Така організація проїзду виконується на перетинах доріг з малою інтенсивністю.

- На перетинах з досить великою інтенсивністю пересічні напрямки ділять на головні і другорядні, а потоки, що рухаються по ним, відповідно на основний і другорядні. Переваги проїзду надано в цьому випадку основному потоку.

Організація руху в разі руху транспортних засобів з малою інтенсивністю складнощів в організації дорожнього руху не представляє. Тому детальніше розглянемо другий випадок – перетин при наявності головної і другорядної дороги.

Рух по головній дорозі забезпечується практично без затримок.

Граничний інтервал

Давайте спробуємо визначити, чому має дорівнювати часовий інтервал для безпечного перетину головної дороги шириною 7,5 м.

Автомобіль, що стоїть перед стоп-лінією, при наявності достатнього інтервалу повинен переміститися з положення 1 в положення 2 (рис.8.3). З огляду на розміри автомобіля, ширину пішохідного переходу, розташування стоп-лінії і т. ін., він повинен для звільнення перехрестя проїхати приблизно 22 м. Рушаючи з місця автомобіль рухається з прискоренням. Середнє експлуатаційне значення прискорення приймається зазвичай $a = 1 \text{ м/с}^2$. Вважаємо, що весь час руху через перехрестя автомобіль рухається з прискоренням. За час t автомобіль проїде відстань:

$$S = \frac{j \cdot t^2}{2}. \quad (8.16)$$

Звідси

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot S}{j}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 22}{1}} = 6,88 \text{ с}. \quad (8.17)$$

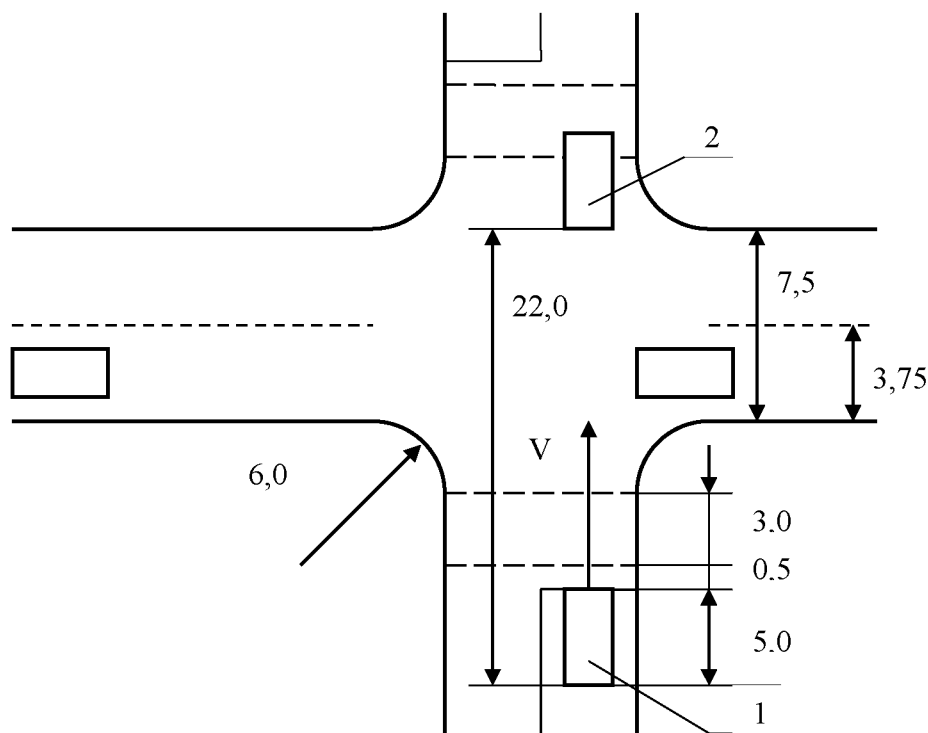


Рисунок 8.3 – Схема перетинання головної дороги

Цей інтервал може бути прийнятий одним водієм і відхилений іншим, який вважатиме його недостатньо безпечним. Порівняння прийнятих і відхилених інтервалів дозволило визначити граничний інтервал або проміжок часу $t_{гр}$, під яким розуміється такий інтервал між автомобілями основного потоку, який із заданою вірогідністю може бути прийнятий для виконання маневру на перетині. Найменше значення граничного інтервалу визначається з умови, що він буде прийнятний для 50% водіїв. Практично цей час ми з вами визначили. Для практичних розрахунків використовують граничний інтервал, рівний 85% забезпеченості. При такій забезпеченості значення часу граничного інтервалу становить при перетині дороги шириною 7,5 м – 7...8 с. Якщо автомобіль робить лівий поворот, йому по дузі необхідно проїхати приблизно таку ж відстань і, крім того, вписатися в потік, що рухався по головній дорозі (тобто розігнатися до швидкості потоку). Граничний інтервал при лівоповоротному русі становить 10...13 с; при правих поворотах – 4...7 с.

Чим більше ширина головної дороги, тим більше потрібен час для перетину дороги і інших маневрів, тим більше граничний проміжок часу.

Розрахувати цей час можна за тією ж методикою.

Відступаючи трохи від теми хочу сказати, що, виходячи з цього ж значення граничного часу встановлені міжнародні норми бічної видимості для пересічних головних магістралей зліва – 80 м, праворуч – 120 м.

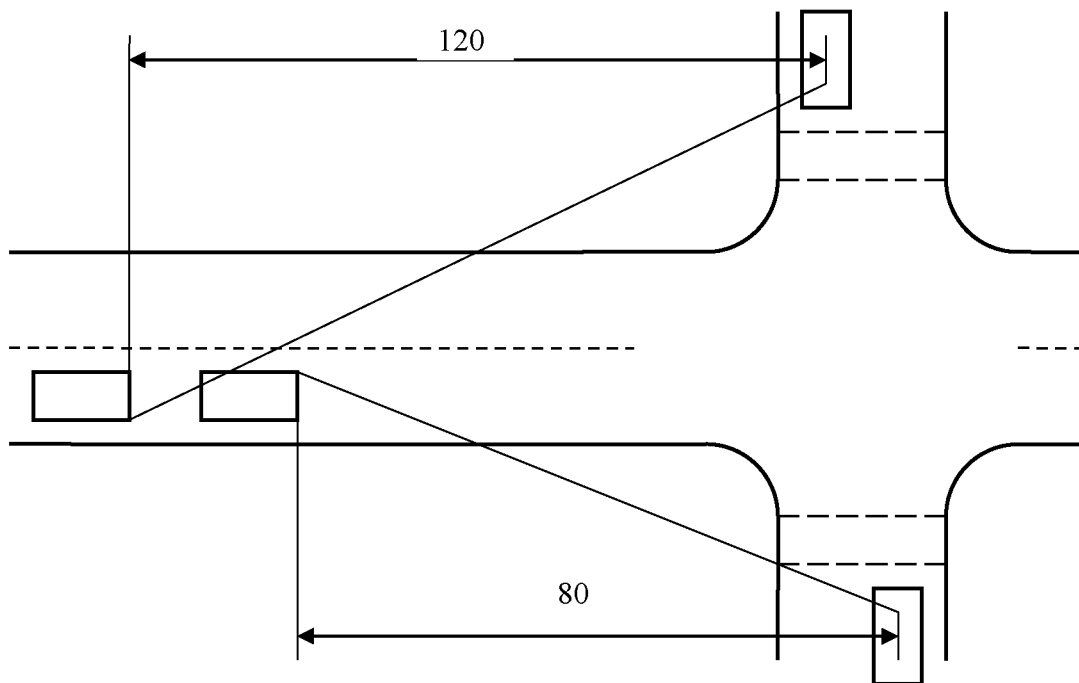


Рисунок 8.4 – Відстань видимості

Дійсно, якщо автомобілю для перетину головної дороги потрібно 7...8 с (в середньому 7,5 с), то автомобіль, що рухається зі швидкістю 60 км/год. по головній дорозі має бути видно водієві автомобіля, що стоїть у стоп-лінії другорядної дороги, на відстані:

$$S = V \cdot t = \frac{60}{3,6} \cdot 7,5 = 125 \text{ м.} \quad (8.18)$$

Норми видимості праворуч менші, оскільки автомобілю, що перетинає головну дорогу, потрібно перетнути не всю її, а тільки ближню смугу руху.

Пропускна здатність нерегульованих перехресть в одному рівні.

Термін «пропускна здатність перетину» розуміють в дещо іншому сенсі, ніж по відношенню до смуги руху. Перевагу має потік, що рухається по головній дорозі. Він рухається без зупинок і, якщо немає поворотних потоків, пропускна здатність головної дороги буде такою ж, як і смуги. Перетин або вливання в нього з боку другорядної дороги можливі лише при досить великих інтервалах між автомобілями основного потоку.

Кожній інтенсивності руху по головному напрямку відповідає певне число автомобілів другорядного напрямку, які можуть перетнути або влитися в основний потік. У зв'язку з цим, поняття пропускна здатність перетину означає

можливі співвідношення інтенсивностей руху на вулицях або дорогах, що перетинаються. Це співвідношення визначається інтенсивністю руху по головному напрямку. Число автомобілів, що пройшли по другорядному напрямку, залежить від того, наскільки повно використовуються інтервали між автомобілями основного потоку. Тому розрізняють кілька значень пропускної здатності перетинів:

Теоретична пропускна здатність нерегульованого перетину – це максимальна інтенсивність другорядного напрямку (при конкретній інтенсивності головного напрямку), яка може бути досягнута при ідеальних умовах руху на напрямках, що перетинаються, і повному використанні всіх інтервалів в основному потоці. Цю умову можна виконати лише за наявності на другорядному напрямку постійної черги автомобілів в кількості, достатній для заповнення будь-якого інтервалу в основному потоці.

Практична пропускна здатність нерегульованого перетину – це максимальна інтенсивність другорядного напрямку (при конкретній інтенсивності головного напрямку), з урахуванням реальних умов руху на напрямках, що перетинаються. При цьому можуть спостерігатися черги на другорядному напрямку, але не постійні, і не завжди є в наявності автомобілі другорядного напрямку для використання інтервалів в основному потоці.

Але нас, звичайно, буде цікавити теоретична пропускна здатність нерегульованого перетину.

Ми встановили, що один автомобіль може перетнути дорогу, якщо часовий інтервал руху між автомобілями, що рухаються по головній дорозі, дорівнює граничному проміжку часу $\Delta t = t_{\text{гр}}$.

Якщо цей інтервал більше, $\Delta t > t_{\text{гр}}$, можливо, що головну дорогу зможуть перетнути не один автомобіль, а кілька, що стоять в черзі на другорядній дорозі. Для перетину головної дороги двома автомобілями потрібен час, а, отже, часовий інтервал руху автомобілів по головній дорозі дорівнює

$$\Delta t_{\text{гол}}^{(2)} = t_{\text{гр}} + \delta t, \quad (8.19)$$

де δt – інтервал руху автомобілів з черги, що стоїть на другорядній дорозі нерегульованого перетину. Він змінюється в широких межах – від 2,8 с до 5,5 с і залежить від складу руху транспортних засобів. Для легкових автомобілів він становить $\delta t = 2,4 \dots 3,6$ с, для вантажних – до 5,5 с. Середній час δt приймається $\delta t = 4$ с.

Очевидно, для пропуску n автомобілів з черги на другорядній дорозі потрібен час:

$$\Delta t_{\text{гол}}^{(n)} = t_{\text{гр}} + (n-1) \cdot \delta t. \quad (8.20)$$

Звичайно, можливість пропуску через головну дорогу декількох автомобілів з черги на другорядній буде залежати від інтенсивності руху по головній дорозі. Припустимо, автомобілі по головній дорозі в двох напрямках рухаються з рівномірним інтервалом $\Delta t = 8$ с. За одну годину по головній дорозі проїдуть $N = 3600/8 = 450$ автомобілів в обох напрямках. Очевидно, що в цьому

випадку і з боку другорядної дороги може проїхати в два рази більша кількість автомобілів за годину (парадокс). Якщо інтенсивність на головній дорозі більше, ніж 450 автомобілів, інтервал буде менше граничного і жоден автомобіль, що рухається по другорядній дорозі, не зможе перетнути головну. Утворюється заторова ситуація.

В реальних умовах ситуація полегшується тим, що автомобілі з рівномірним інтервалом по дорогах не рухаються. Як правило, рух відбувається з різними інтервалами, здебільшого «пачками». І, відповідно, інтервал між «пачками» різко збільшується.

Нехай 10 автомобілів рухаються з рівномірним інтервалом 8 с. Час їх руху складе 80 с. За цей час головну дорогу з кожного напрямку зможуть перетнути також 10 автомобілів.

А якщо ці 10 автомобілів по головній дорозі рухаються «пачкою» зі швидкістю 60 км/год. з динамічним розміром 25 м – вони проїдуть перехрестя за 15 с:

$$\frac{10 \cdot 25 \cdot 3,6}{60} = 15 \text{ с}$$

У цьому випадку інтервал між «пачками» складе $80 - 15 = 65$ с. За цей час дорогу зможуть перетнути

$$65 = 8 + (n-1) \cdot 4 = 8 + 4n - 4$$

Звідси $n = 15$ авт. з кожного напрямку. Звичайно, якщо була достатня черга. Але і рівномірними «пачками» автомобілі не рухаються.

В теорії транспортних потоків вам розповідали, що характер розподілу інтервалів в транспортному потоці близький до розподілу Пуассона і ймовірність розподілу інтервалів має вигляд, представлений на рис 8.5.

Якщо відомий розподіл інтервалів в транспортному потоці головного напрямку, можна визначити можливу інтенсивність на другорядній дорозі. Максимальну інтенсивність (пропускну здатність) одного напрямку другорядної дороги при пуассонівському розподілі інтервалів на головній дорозі визначається за формулою:

$$M = N \frac{e^{-\frac{N}{3600} t_{sp}}}{1 - e^{-\frac{N}{3600} \delta t}}, \quad (8.21)$$

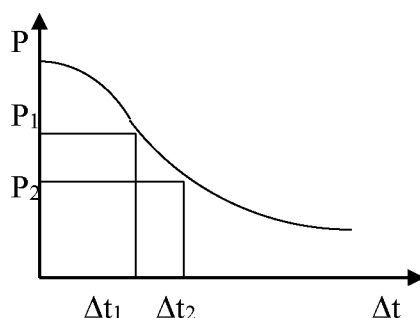


Рисунок 8.5 – Ймовірність розподілу інтервалів в транспортному потоці

Припустимо, на головній дорозі інтенсивність 600 авт./год. Якби автомобілі рухалися з однаковим інтервалом, він становив би $3600/600 = 6$ с і жоден автомобіль з другорядної дороги не зміг би перетнути головну. Але оскільки інтервал нерівномірний, а близький до пуассонівського, пропускна здатність одного напрямку другорядної дороги буде дорівнює ($t_{гр}=8$ с; $\Delta t=4$ с):

$$M = 600 \frac{e^{-\frac{600}{3600}8}}{1 - e^{-\frac{600}{3600}4}} = 600 \frac{e^{-1,33}}{1 - e^{-0,66}} = 600 \frac{0,265}{0,488} = 326 \text{ авт./год.}$$

Ми говорили з вами, що по головній дорозі автомобілі рухаються через перехрестя без затримок. Але так буде, якщо немає поворотних потоків, якщо автомобілі рухаються тільки прямо. На таких перехрестях тільки правий поворот з головної дороги виконується без перешкод з боку інших напрямків. Для здійснення лівого повороту автомобілям потрібно чекати розриву в зустрічному потоці рівному граничному проміжку часу $t_{гр}$. І коли проїзна частина двохсмугова, це очікування призводить до затримки всієї пачки автомобілів, що рухаються по цій смузі головної дороги. Але, як правило, ці затримки невеликі.

Затримки на нерегульованому перехресті при наявності пріоритетного руху (головної дороги) в основному визначаються затримками автомобілів, що рухаються по другорядній дорозі. Ці затримки в загальному випадку будуть складатися з наступних складових:

$$t_3 = t_u + t_o + \Delta t_{\Gamma} + \Delta t_{\Pi}, \quad (8.22)$$

де t_u – середній час очікування прийнятного інтервалу. Якщо автомобілі по головній дорозі рухаються з однаковими інтервалами, рівними $(t_{гр} + \delta t) > \Delta t > t_{гр}$, ($t_{гр} + \delta t = 12$ с, а $t_{гр} = 8$ с, тобто перетнути головну дорогу може тільки один автомобіль, час $t_u = \Delta t/2$ – така ймовірність підходу автомобілів). Але оскільки автомобілі рухаються не рівномірно, а часовий інтервал близький до розподілу Пуассона,

$$t_u = \frac{e^{N_{\Gamma} \cdot t_{gp}} - N_{\Gamma} t_{gp} - 1}{N_{\Gamma}}, \quad (8.23)$$

де N_{Γ} – інтенсивність руху по головній дорозі, авт./с,

$$N_{\Gamma} = \frac{N_{\Gamma}^{год.}}{3600}, \quad (8.24)$$

де $t_{гр}$ – граничний проміжок часу.

t_o – час очікування в черзі. Визначення часу очікування в черзі засноване на методах теорії масового обслуговування.

Середній сумарний час очікування прийнятного інтервалу і простою в черзі t_{uo} дорівнює

$$t_u + t_o = \bar{t}_{uo} = \frac{t_u}{1 - t_u \cdot N_d}, \quad (8.25)$$

де N_d – інтенсивність транспортного потоку на другорядній дорозі.

Якщо в цю формулу підставити значення t_u , отримаємо

$$\bar{t}_{uo} = \frac{e^{N_{\Gamma} \cdot t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1}{N_{\Gamma} (1 - N_{\delta} \frac{e^{N_{\Gamma} t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1}{N_{\Gamma}})}, \quad (8.26)$$

або

$$\bar{t}_{uo} = \frac{e^{N_{\Gamma} \cdot t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1}{N_{\Gamma} - N_{\delta} (e^{N_{\Gamma} t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1)}. \quad (8.27)$$

Але цим затримки не обмежуються. Підходячи до перетину з головною дорогою, водій гальмує автомобіль, знижує швидкість. Час t_{Γ} уповільнення зі швидкості V_a до 0:

$$t_{\Gamma} = \frac{V_a}{j_{\Gamma} \cdot 3,6} \quad (8.28)$$

і проходить за цей час відстань

$$S = \frac{V_a^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j_{\Gamma}}. \quad (8.29)$$

Якби він їхав з колишньою швидкістю, яку він би проїхав за час

$$t_{nocm} = \frac{S \cdot 3,6}{V_a} = \frac{V_a^2 \cdot 3,6}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j_{\Gamma} \cdot V_a} = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j_{\Gamma}}. \quad (8.30)$$

Очевидно, що він втратив в результаті гальмування час

$$\Delta t_{\Gamma} = t_{\Gamma} - t_{nocm} = \frac{V_a}{j_{\Gamma} \cdot 3,6} - \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j_{\Gamma}} = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j_{\Gamma}} \quad (8.31)$$

або

$$\Delta t_{\Gamma} = \frac{V_a}{7,2 \cdot j_{\Gamma}}. \quad (8.32)$$

Міркуючи аналогічним чином, ми можемо розрахувати, який час втратив автомобіль, розганяючись після початку руху до швидкості V_a в порівнянні з часом руху з постійною швидкістю

$$\Delta t_{\Pi} = \frac{V_a}{7,2 \cdot j_{\Pi}}. \quad (8.33)$$

Таким чином, сумарний середній час затримки автомобіля, що рухається по другорядній дорозі на нерегульованому перехресті

$$\bar{t}_z = \frac{e^{N_{\Gamma} \cdot t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1}{N_{\Gamma} - N_{\delta} (e^{N_{\Gamma} t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1)} + \frac{V_a}{7,2} \left(\frac{1}{j_{\Gamma}} + \frac{1}{j_{\Pi}} \right). \quad (8.34)$$

де t_{zp} – граничний інтервал, с.; в розрахунках при русі автомобілів направо граничний інтервал приймається $t_{\Gamma P} = 4$ с; прямо, при перетині двохсмугової дороги, – 8 с, на кожному з додаткових смуг руху, що перетинаються, додається

дві секунди; при повороті ліворуч – 12 с, на кожну з додаткових смуг руху, що перетинаються, додається дві секунди.

V_a – швидкість потоку на підході до перехрестя, км/год.; приймається в межах $V_a=30\dots40$ км/год.;

j_r – уповільнення автомобіля при службовому гальмуванні перед перехрестям, м/с²; приймається в межах $j_r = 3\dots3,5$ м/с²;

j_n – прискорення автомобіля після зупинки при проїзді перехрестя, м/с²; приймається в межах $j_n = 1,0\dots1,5$ м/с²;

N_r – інтенсивність транспортного потоку на головній дорозі в обох напрямках, авт./с;

N_d – інтенсивність транспортного потоку на другорядній дорозі в даному напрямку, авт./с.

У випадку, якщо при розрахунку за формулою (8.34) перша складова (час очікування прийняттого інтервалу і простою, що дорівнює, або перевищує граничний) від'ємна, це вказує на передзаторову ситуацію і сумарний час затримки одного автомобіля в цьому разі слід приймати 120 с.

Сумарну годинну затримку визначають, помножуючи цей час на годинну інтенсивність потоку.

Лекція 9. Оцінка небезпечності елементів транспортної мережі

Основні питання:

1. Оцінка небезпечності перегонів та перетинань.
2. Конфліктні точки.
3. Визначення ступеню складності транспортного вузла.
4. Розрахунок можливої кількості дорожньо-транспортних пригод.
5. Метод оцінки небезпечності за допомогою коефіцієнтів аварійності.

Розглядаючи на одній з перших лекцій тему аналізу ДТП, ми говорили про кількісний та якісний аналіз. Ми вводили поняття відносної аварійності і за допомогою цього показника оцінювали загальний відносний рівень аварійності на перегонах і перехрестях, оцінювали тяжкість наслідків ДТП. Ці методи оцінки широко застосовуються, дозволяють виявляти найбільш небезпечні ділянки вулично-дорожньої мережі, на них впроваджувати більш прогресивні методи організації дорожнього руху, що дозволяють знизити кількість ДТП.

Разом з тим, цей метод виявлення небезпечних місць на вулично-дорожній мережі дозволяє робити висновки тільки по вже тим ДТП, що трапилися. А головним завданням організації дорожнього руху є їх попередження.

Дослідження показують, що події найчастіше відбуваються в певних місцях підвищеної небезпеки. Ці місця називають конфліктними точками. Виявлення потенційних конфліктних точок і подальша їх ліквідація або зниження ступеня небезпеки дозволяють, не чекаючи виникнення ДТП, підвищити безпеку умов руху.

Особливо типовими в цьому відношенні є перетини автомобільних доріг

(перехрестя), де зустрічаються і перетинаються потоки транспортних засобів між собою і з пішохідними потоками. До 25% всіх ДТП від загальної їх кількості відбуваються на перетинах, а в містах частка пригод на них сягає 40%.

Розглянемо методи оцінки потенційної небезпеки нерегульованих перехресть.

Аналіз конфліктних точок.

Аналіз конфліктних точок виконується з метою оцінки і прогнозування аварійності.

Конфліктна точка – це місце, де можлива взаємодія (конфлікт) учасників транспортного процесу.

Розглянемо можливі види конфліктів транспортних засобів між собою.

Для нерегульованих перехресть характерно поділ потоків за різними напрямками, злиття потоків, що рухаються з різних напрямків, і перетин потоків (табл. 9.1).

Переплетення і зіткнення характерно для перегонів доріг. Їх поки розглядати не будемо.

Таблиця 9.1 – Види конфліктів

Вид взаємодії	Схема взаємодії
Відхилення	
Злиття	
Перетин	
Переплетення	
Зустрічне зіткнення	
Попутне зіткнення	

Якщо розглядати чотиристороннє перехрестя з усіма дозволеними маневрами для однорядних потоків транспортних засобів, то можна виділити 32 типові конфліктні точки, в числі яких 8 відхилень, 8 злиттів і 16 перетинів (рис. 9.1).

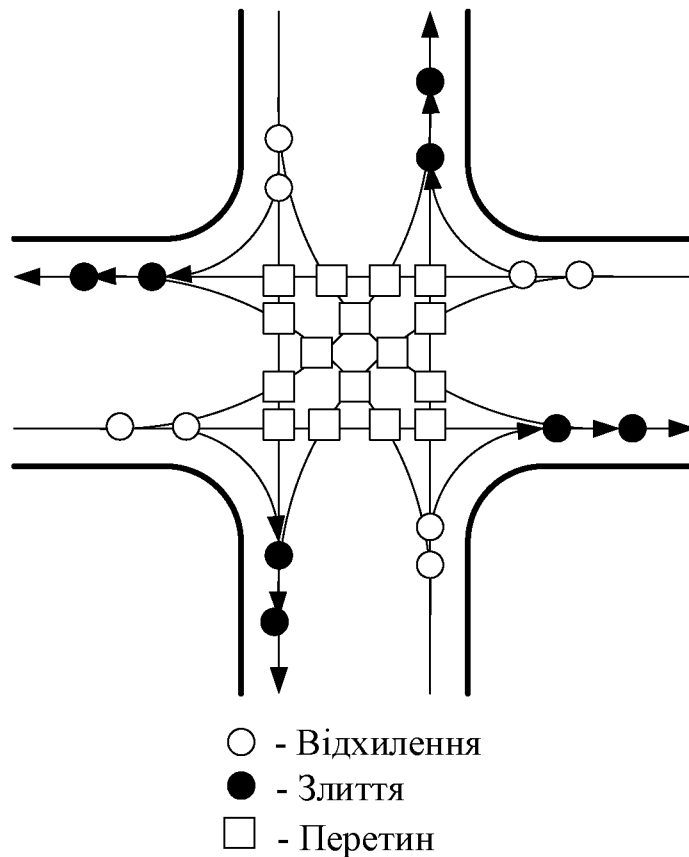


Рисунок 9.1 – Конфліктні точки на перетині

Кількість конфліктних точок визначається в загальному випадку числом смуг руху, існуючими або дозволеними напрямками руху транспортних засобів.

Для порівняльної оцінки складності і потенційної небезпеки транспортних вузлів застосовують різні системи умовних показників. Одна з них пропонує оцінку складності виходячи з того, що різні види конфліктів мають різну потенційну небезпеку.

Найменші перешкоди для руху викликають відхилення, які виникають через зниження швидкості руху автомобілів перед поворотом, що може привести до наїзду ззаду і запобігти його можна зниженням швидкості основного потоку.

Значно більші перешкоди виникають при злитті транспортних потоків: тут виникає небезпека зіткнення і запобігання його можливе за рахунок зниження швидкості руху автомобілів основного або поворотного напрямки.

Нарешті, найбільші труднощі пов'язані з перетином транспортних потоків, так як тут небезпека зіткнень найбільш значна і для його запобігання необхідна повна зупинка автомобілів одного з напрямків.

Виходячи з цього, за одиницю складності приймають відгалуження і приводять до нього інші конфлікти, до загальної системи оцінки, за допомогою коефіцієнтів приведення. Як ми сказали, для відхилення коефіцієнт приведення $k_v = 1$, для злиття $k_z = 3$, для перетину $k_{\Pi} = 5$. Таким чином, ступінь складності транспортного вузла можна виразити показником m , який дозволяє досить об'єктивно оцінити складність перехрестя:

$$m = n_B + 3n_3 + 5n_{II}, \quad (9.1)$$

де n_B , n_3 і n_{II} – відповідно кількість конфліктних точок відхилення, злиття і перетину транспортних потоків.

Вузол, який ми розглянули характеризується ступенем складності, що має величину

$$m = 8 + 3 \cdot 8 + 5 \cdot 16 = 112$$

Можуть бути перетини з великою кількістю конфліктних точок і, отже, ступенем складності, наприклад, на п'ятисторонньому перехресті кількість конфліктних точок досягне 75: $15 + 15 + 45$, а ступінь складності – 285.

Відповідно до ступеня складності транспортний вузол є:

- простим при $m < 40$;
- середньої складності при $m = 40 \dots 80$;
- складним при $m = 80 \dots 150$;
- дуже складним при $m > 150$.

При проектуванні міських шляхів сполучення, розробляючи схему організації дорожнього руху, необхідно прагнути до того, щоб ступінь складності не перевищував 52.

Однак оцінка за ступенем складності дає лише наближену оцінку потенційної небезпеки перехрестя. Якщо по магістралям, що перетинаються, рухаються транспортні потоки інтенсивністю 400-500 авт./год., ймовірність виникнення ДТП буде значно вище, ніж при інтенсивності 40-50 авт./год.

Іншими словами, потенційна небезпека перетину пропорційна інтенсивності взаємодіючих транспортних потоків. Тому для обліку інтенсивності вводять в визначення показника складності **індекс інтенсивності транспортних потоків**. Для кожної конкретної конфліктної точки індекс інтенсивності може бути розрахований за формулою

$$\sigma_N = 0,01(N_i + N_k), \quad (9.2)$$

де N_i і N_k – інтенсивності взаємодіючих потоків.

Тоді показник складності перехрестя з урахуванням індексу інтенсивності транспортних потоків

$$m_{\sigma_N} = \sum^{n_B} \sigma_{N_i}^B + 3 \sum^{n_3} \sigma_{N_i}^3 + 5 \sum^{n_{II}} \sigma_{N_i}^{II}. \quad (9.3)$$

Методика оцінки потенційної небезпеки за показником складності вузла дозволяє порівнювати різні варіанти організації руху в вузлах і досить широко використовується.

Наступний метод, який ми з вами розглянемо, дозволяє оцінити не тільки ступінь небезпеки, а й прогнозувати можливу кількість ДТП в кожній конфліктній точці. Цей метод заснований на статистиці ДТП на перетинах (100% - загальна кількість ДТП на перетинах) (табл. 9.2).

Маючи статистичні дані про кількість ДТП для конфліктних точок і інтенсивності руху були обчислені коефіцієнти відносної аварійності для різних випадків взаємодії транспортних потоків K_i – кількість ДТП на 10 млн. автомобілів (ДТП / 10млн.авт). Так, наприклад, для нерегульованого перетину

коефіцієнти відносної аварійності для різних випадків взаємодії транспортних потоків, представлені в таблиці 9.3

Таблиця 9.2 – Можлива кількість ДТП

Напр. руху.	Схема ДТП	Кількість ДТП,%	Схема ДТП	Кількість ДТП,%	Всього ДТП,%
Лівий поворот з головної дороги		8,1		11,2	19,3
Лівий поворот з другорядної дороги		18,3		26,7	44,0
Правий поворот з головної дороги		8,1		1,55	9,65
Правий поворот з другорядної дороги		4,2		2,8	7,05
Перетинання пряме		5,2		12,6	17,8
Лівий і правий повороти		0,4		1,8	2,2
Σ					100

Таблиця 9.3 – Коефіцієнти відносної аварійності для різних випадків взаємодії транспортних потоків

Взаємодія потоків	Схема руху	Радіус руху, м	Відносна аварійність ДТП/10млн. авт.
Злиття при правому повороті		≥ 15	$K_3 = 0,004$
Злиття при лівому повороті		$10 < R < 25$	$K_3 = 0,003$
Відхилення при правому повороті		≥ 15	$K_B = 0,006$
Відхилення при лівому повороті		$10 < R < 25$	$K_B = 0,004$
Перетин (90°)			$K_{II} = 0,0056$

При інших значеннях радіусу повороту або кута перетину величини відносної аварійності будуть дещо відрізнятись від наведених. При виконанні курсового проекту будете брати їх значення з таблиці, наведеної в методичних вказівках.

Знаючи значення коефіцієнтів відносної аварійності, ми можемо прогнозувати кількість ДТП в кожній конфліктній точці, якщо маємо дані про інтенсивність руху:

$$q_i = \frac{K_i \cdot N_{ik1} \cdot N_{ik2} \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{K_\delta \cdot K_p}, \quad (9.4)$$

де N_{ik1} і N_{ik2} – інтенсивності конфлікуючих потоків, авт./год.;

K_δ – коефіцієнт добової нерівномірності інтенсивності транспортних потоків;

K_p – коефіцієнт річної нерівномірності інтенсивності транспортних потоків.

Загальна небезпека перетину дорівнюватиме сумі можливої кількості ДТП в кожній конфліктній точці:

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (9.5)$$

де n – кількість конфліктних точок на перетині.

Рівень забезпечення безпеки руху на перетині оцінюють показником аварійності:

$$K_a = \frac{G \cdot K_\delta \cdot K_p \cdot 10^7}{25(N_\Gamma + N_D)}, \quad (9.6)$$

де N_Γ і N_D – годинна інтенсивність транспортних потоків на головній і другорядній дорозі.

За цим показником судять про безпеку нерегульованого перетину:

$K_a < 3$ – перетин, який є безпечним;

$K_a = 3 \dots 8$ – перетин малонебезпечний;

$K_a = 8 \dots 12$ – перетин небезпечний;

$K_a > 12$ – перетин дуже небезпечний.

З метою зниження небезпеки перетину можливе застосування різних схем організації руху транспортних засобів на перетинах:

- забезпечення оглядовості на перетинах;
- розстановка дорожніх знаків;
- розмітка проїжджої частини;
- освітлення зони перетину;
- каналізація руху - м'яка, жорстка, часткова, повна і т. ін.
- облаштування саморегульованих перетинів;
- перетини з примусовим регулюванням;
- організація перетинів в різних рівнях.

Всі ці заходи ми в тій чи іншій мірі розглянемо в нашому курсі. Але незалежно від організації руху на перетині, вони повинні мати показник аварійності менше 8 (тобто прогнозна кількість ДТП на перетині не повинна перевищувати 8 на 10 млн. транспортних засобів).

На закінчення, розглянемо можливі конфліктні ситуації транспортних засобів на перегонах.

На двосмуговій дорозі небезпека виникає, якщо не витримується необхідна дистанція безпеки – в цьому випадку можливі попутні зіткнення, і при

об'їзді або обгоні стоять, або рухаються по смузі об'єктів – тут можливі зустрічні зіткнення і сутички при злитті.

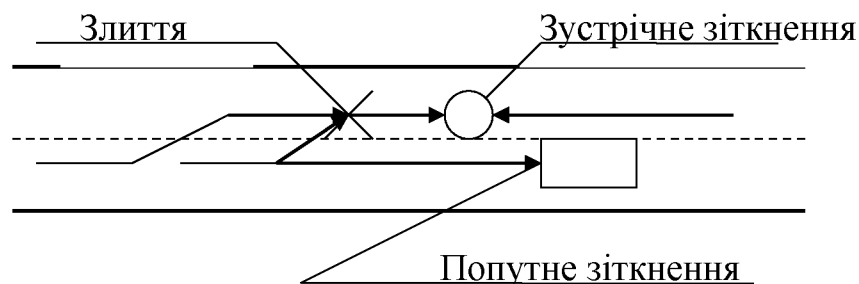


Рисунок 9.2 – Попутне зіткнення

На багатосмуговій дорозі велика частина ДТП пов'язана з маневруванням при зміні смуги.

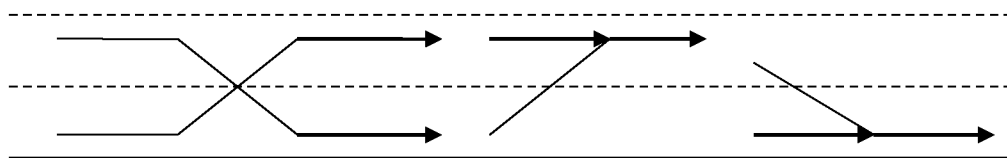


Рисунок 9.3 – Маневрування

Метод коефіцієнтів аварійності

Метод коефіцієнтів аварійності, розроблений проф. Бабковим В.Ф., є одним з основних для оцінки безпеки руху і заснований на визначенні підсумкового коефіцієнта аварійності $K_{ав}$:

$$K_{ав} = \prod_{i=1}^n K_i \quad (9.7)$$

де K_i – часткові коефіцієнти аварійності, засновані на результатах аналізу статистичних даних про ДТП і характеризують вплив на безпеку руху параметрів доріг і вулиць в плані, поперечному і поздовжньому профілі, елементів облаштування, інтенсивності руху, стану покритті та ін.;

n – кількість часткових коефіцієнтів аварійності, що враховуються при оцінці безпеки руху на дорогах або міських вулицях різної категорії.

Значення часткових коефіцієнтів аварійності для позаміських доріг II - V категорій в рівнинній і горбистій місцевості наведені в таблицях 9.4-9.21. Ці коефіцієнти характеризують погіршення умов руху, які викликані впливом окремих елементів плану, поздовжнього та поперечного профілю дороги і придорожньої смуги в порівнянні з умовами руху потоку автомобілів поза населеним пунктом інтенсивністю 5000 авт./добу. по прямій (радіус в плані не менше 2000 м) горизонтальної (поздовжній ухил не більше 20‰) двосмугової дорозі з шириною проїзної частини 7,5 м, укріпленими узбіччями шириною не менше 3 м і шорстким дорожнім покриттям (коефіцієнт зчеплення не менше

0,7).

За значеннями підсумкових коефіцієнтів аварійності будують лінійний графік. На нього наносять план і профіль дороги, виділивши всі елементи, від яких залежить безпека руху. Під планом і профілем виділяють графи для кожного з врахованих показників коефіцієнта аварійності, виділяючи однорідні за умовами ділянки. При виділенні ділянок необхідно враховувати зони впливу небезпечного місця (таблиця 9.22). Значення часткових коефіцієнтів аварійності для різних ділянок не інтерполюють, а приймають найближчі з наведених.

На рисунку 9.4 показаний приклад побудови лінійного графіка підсумкових коефіцієнтів аварійності для ділянки дороги з удосконаленим покриттям (коефіцієнт зчеплення – 0,6) шириною 7,5 м, які мають не укріплені узбіччя шириною 1,5 м. Інтенсивність руху по дорозі 3000 авт./добу. Забудови в населеному пункті віддалені від дороги на 15 м, є пішохідні доріжки і смуги місцевого руху, міст шириною 7,5 м.

За значеннями підсумкового коефіцієнта аварійності оцінюють безпеку руху на окремих ділянках досліджуваної дороги:

$K_{ав} = 0 \dots 10$ – ділянка безпечна;

$K_{ав} = 10 \dots 20$ – ділянка малонебезпечна;

$K_{ав} = 20 \dots 40$ – ділянка небезпечна;

$K_{ав} \geq 40$ – ділянка дуже небезпечна.

У наведеному прикладі дві ділянки потребують реконструкції з метою забезпечення безпечного руху – небезпечна ділянка 4, де автомобілі рухаються по кривій радіусом 250 м в кінці підйому і дуже небезпечна ділянка 8 в населеному пункті.

Для автомобільних доріг в гірській місцевості значення часткових коефіцієнтів аварійності $K_{ав1}, K_{ав5}, K_{ав6}, \dots, K_{ав10}$, слід приймати у відповідності зі спеціальними таблицями. Оцінка безпеки проводиться за значеннями підсумкового коефіцієнта аварійності:

$K_{ав} = 0 \dots 20$ – ділянка безпечна;

$K_{ав} = 20 \dots 40$ – ділянка малонебезпечна;

$K_{ав} = 40 \dots 100$ – ділянка небезпечна;

$K_{ав} \geq 100$ – ділянка дуже небезпечна.

Значення часткових коефіцієнтів аварійності для міських доріг також обираються зі спеціальних таблиць.

Значения частных коэффициентов аварийности для дорог II – V категорий в равнинной и холмистой местности

Таблиця 9.4 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від інтенсивності дорожнього руху, $K_{ав1}$,

- на двосмугових дорогах

N, тис. авт./добу	0,5	1,0	3,0	5,0	6,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	20,0
$K_{ав1}$	0,4	0,5	0,75	1,0	1,15	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	0,6

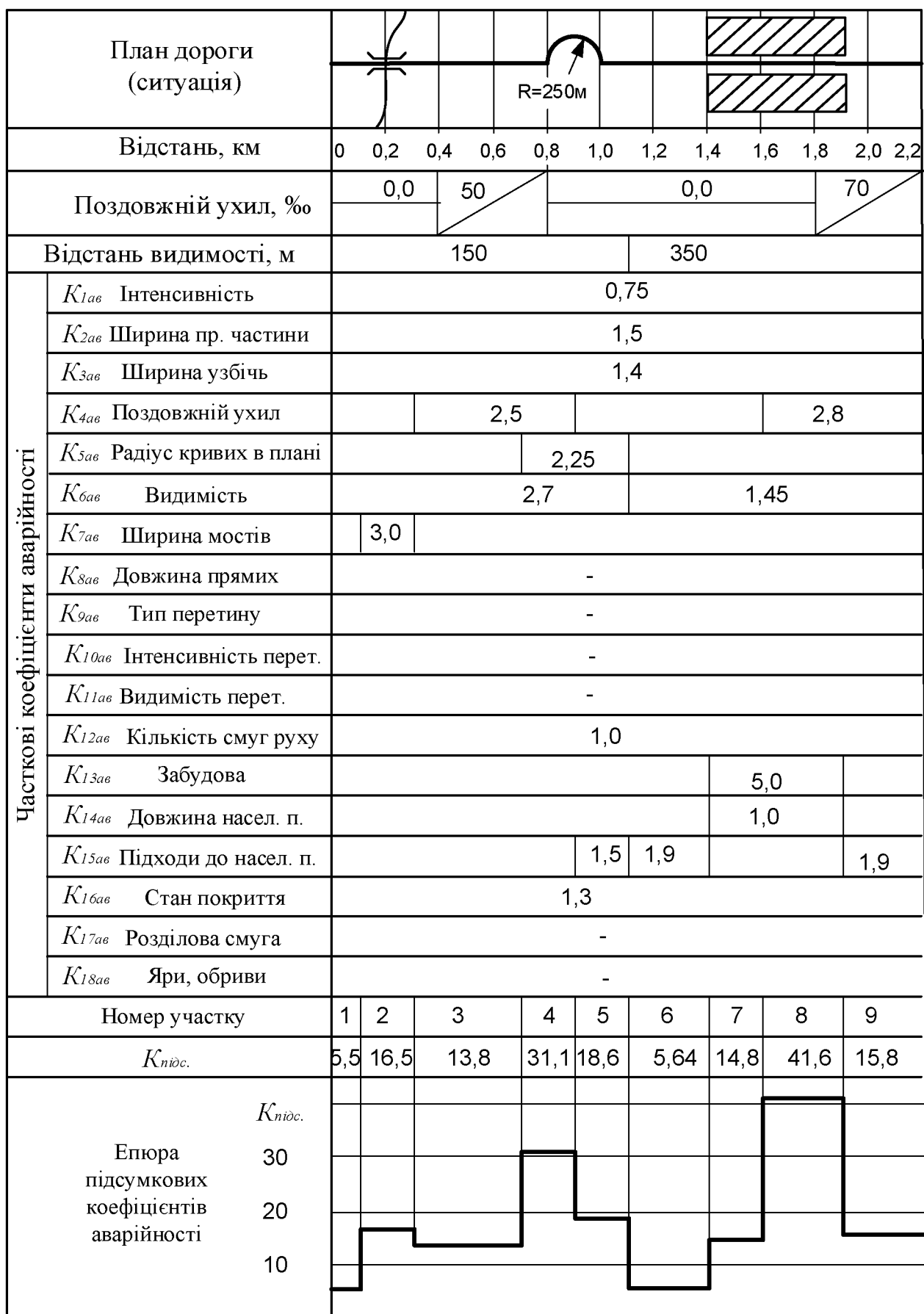


Рисунок 9.4 – Приклад лінійного графіка підсумкових коефіцієнтів аварійності

- на трисмугових дорогах

N, тис. авт./добу	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13	15,0	20,0
$K_{ав1}^1$	0,65	0,75	0,90	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
$K_{ав1}^2$	0,94	1,18	1,28	1,30	1,51	1,63	1,45	1,25

$K_{ав1}^1$ – при розмітці проїжджої частини на три смуги руху.

$K_{ав1}^2$ – при розмітці осьової лінією.

- на дорогах з чотирма і більше смугами руху

N, тис. авт./добу	10	15	18	20	25	28	30
$K_{ав1}$	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4

Таблиця 9.5 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від ширини проїзної частини при неукріплених і укріплених узбіччях $K_{ав2}$

$B_{пц}$, м		4,5	5,5	6,0	7,0	7,5	9,0	10,5	14-15*
$K_{ав2}$	укріпл. узбіччя	2,2	1,5	1,35	1,05	1,0	0,8	0,7	0,6
$K_{ав2}$	н/укріпл. узбіччя	4,0	2,75	2,5	1,75	1,5	1,0	0,9	0,8

*- без розділової смуги.

Таблиця 9.6 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від ширини узбіч $K_{ав3}$

$B_{об}$, м		0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
$K_{ав3}$ (двосмугові дороги)		2,2	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8
$K_{ав3}$ (трисмугові дороги)		1,37	1,0	0,73	0,65	0,49	0,35

Таблиця 9.7 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від поздовжнього ухилу $K_{ав4}$

Поздовжній ухил, ‰		20	30	50	70	80
$K_{ав4}$		1,0	1,25	2,5	2,8	3,0

Таблиця 9.8 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від радіусу кривих в плані $K_{ав5}$

R, м	50	100	150	200-300	400-600	600-1000	1000-2000	>2000
$K_{ав5}$	10	5,4	4,0	2,25	1,6	1,4	1,25	1,0

Таблиця 9.9 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від видимості в плані та в поздовжньому профілі $K_{ав6}$

Видимість, м	50	100	150	200	250	350	400	500
$K_{ав6}$ в плані	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
$K_{ав6}$ в профілі	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0

Таблиця 9.10 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від відмінності в ширині проїзної частини мостів і дороги $K_{ав7}$

Різниця в ширині проїзної частини мостів і дороги	Меньше на 1м	Рівні	Ширше на 1м	Ширше на 2м	Дорівнює ширині земляного полотна
$K_{ав7}$	6,0	3,0	2,0	1,5	1,0

Таблиця 9.11 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від довжини прямих ділянок $K_{ав8}$

Довжина прямих ділянок, км	До 3	5	10	15	20	25
$K_{ав8}$	1	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0

Таблиця 9.12 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від типу перетину доріг $K_{ав9}$

Тип перетину	В різних рівнях	Кільцеве	В одному рівні при		
			$N_B = \text{до } 0,1N_T$	$N_B = 0,1N_T \dots 0,2N_T$	$N_B = 0,2 N_T$
$K_{ав9}$	0,35	0,7	1,5	3,0	4,0

Таблиця 9.13 – Часткові коефіцієнти аварійності на перетині в одному рівні з другорядною дорогою в залежності від інтенсивності руху по основній дорозі, авт./добу $K_{ав10}$

Інтенсивність руху по основній дорозі, авт./добу	До 1600	1600 - 3500	3500 - 5000	5000 – 7000 і більше
$K_{ав10}$	1,5	2,0	3,0	4,0

Таблиця 9.14 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від видимості перетину в одному рівні з примикає дороги, м $K_{ав11}$

Видимість головної дороги	60	60-40	40-30	30-20	До 20
$K_{ав11}$	1,0	1,1	1,65	2,5	10,0

Таблиця 9.15 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від кількості смуг на проїзній частині для прямих напрямків руху $K_{ав12}$

Кількість смуг руху	2	3	3	4	4
		без розмітки	з розміткою	без розділової смуги	з розділовою смугою
$K_{ав12}$	1,0	1,5	0,9	0,8	0,65

Таблиця 9.16 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від відстані від забудови до проїжджої частини і її характеристики, м $K_{ав13}$

Відстань до забудови	Характеристика	$K_{ав13}$
Більше 50 м	Забудова з одного боку дороги	1,0
50... 20	Забудова з одного боку дороги, є тротуар	1,25
50... 20	Забудова з двох сторін, є тротуар і смуга місцевого руху	2,5
20... 10*	Забудова з двох сторін, є тротуар і смуга місцевого руху	5,0
10 і менше *	Є тротуар	7,5
10 і менше *	Смуги місцевого руху і тротуар відсутні	10

*- якщо населений пункт знаходиться з одного боку дороги, значення $K_{ав13}$ беруться вдвічі меншими.

Таблиця 9.17 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від довжини населеного пункту, км $K_{ав14}$

Довжина населеного пункту, км	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	6,0
$K_{ав14}$	1,5	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0

Таблиця 9.18 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від довжини ділянок на підході до населених пунктів, км $K_{ав15}$

Довжина ділянок підходу	До 0,2	0,2-0,6	0,6-1,0	Більше 1
$K_{ав15}$	2,0	1,5	1,2	1,0

Таблиця 9.19 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від характеристики покриття (коефіцієнта зчеплення) $K_{ав16}$;

Стан покриття	Слизьке, брудне	Слизьке	Сухе чисте	Шорстке старе	Шорстке нове
Коефіцієнт зчеплення	0,2-0,3	0,4	0,6	0,7	0,75
$K_{ав16}$	2,5	2,0	1,3	1,0	0,75

Таблиця 9.20 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від ширини розділової смуги, м $K_{ав17}$

Ширина розділової смуги, м	1	2	3	5	10	15
$K_{ав17}$	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,4

Таблиця 9.21 – Значення часткових коефіцієнтів аварійності в залежності від відстані від проїжджої частини до обриву, м, $K_{ав18}$,

- при глибині обриву 5 м і менше

Відстань до обриву, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
$K_{ав18}$	2,0	1,75	1,4	1,2	1,1	1,0

- при глибині обриву більш 5 м

Відстань до обриву, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
$K_{ав18}$ (без огорожі)	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
$K_{ав18}$ (при наявності огорожі)	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0

Таблиця 9.22 – Зони впливу небезпечного місця на прилеглі ділянки доріг II - V категорій

Елементи дороги	Зона впливу
Підйоми і спуски	100 м за вершиною підйому; 150 м після підшви спуску.
Перетину в одному рівні	За 50 м в кожную сторону.
Криві в плані із забезпеченням видимості при $R > 400$ м	За 50 м в кожную сторону.
Криві в плані з незабезпеченою видимістю при $R < 400$ м	За 100 м в кожную сторону.
Мости і шляхопроводи	За 75 м в кожную сторону.
Ділянки в місцях впливу бічних перешкод, глибоких урвищ і ярів	За 50 м в кожную сторону.

Лекція 10. Параметри світлофорного регулювання і їх розрахунок

Основні питання:

1. Критерії введення світлофорного регулювання.
2. Пофазне регулювання.
3. Структура світлофорного циклу.
4. Вибір схеми пофазного роз'їзду.
5. Потік насичення.
6. Фазові коефіцієнти.
7. Розрахунок проміжних і основних тактів.

Одним з найбільш ефективних заходів, що дозволяють підвищити безпеку руху транспортних засобів на перетинах є введення світлофорного регулювання. Кількість точок, де можуть конфліктувати транспортні засоби між собою, в залежності від схеми світлофорного регулювання, змінюється від 16 до 0. Значно підвищується безпека руху пішоходів через проїзну частину. Світлофорне регулювання виключає виникнення заторів на другорядній дорозі при великій інтенсивності на головній. Разом з тим, при світлофорному регулюванні зменшується пропускна здатність і виникають затримки транспортних засобів також і на головній дорозі. Тривалість цих затримок також залежить від схеми світлофорного регулювання. Збільшення кількості фаз регулювання дозволяє, з одного боку, поліпшити безпеку руху, з іншого – це призводить до збільшення тривалості затримок.

Таким чином, введення світлофорного регулювання є компромісним рішенням між безпекою руху і затримками на перехресті і залежить, перш за все, від інтенсивності конфліктуючих потоків і від числа і тяжкості ДТП.

Критерії введення світлофорного регулювання

Існує стандарт, який регламентує умови введення світлофорного регулювання на перехрестях (ГОСТ 23457 - 86). Відповідно до цього стандарту світлофорне регулювання слід вводити в наступних випадках:

Перша умова задана у вигляді співвідношення інтенсивностей на головній і другорядній дорозі. Наприклад, при перетині доріг, що мають по одній смузі руху в кожному напрямку, світлофорне регулювання слід вводити при наступних інтенсивностях на головній і другорядній дорогах:

Головна дорога	Другорядна дорога
750	75
500	150
380	190

Причому інтенсивність транспортних потоків протягом 8 годин повинна бути не менше заданої.

Такі ж співвідношення наводяться для інших значень інтенсивностей, для доріг з числом смуг руху 2 і більше.

Ці цифри отримані з умови, що при великих значеннях інтенсивності сумарні затримки транспортних засобів на перетині при відсутності світлофорного регулювання перевищуватимуть затримки після його введення.

Друга умова задана у вигляді поєднання критичних інтенсивностей транспортних і пішохідних потоків. Введення світлофорного регулювання вважається виправданим, якщо протягом кожного з 8 годин робочого дня по дорозі в двох напрямках рухається не менше 600 авт./год, а дорогу переходить принаймні в одному напрямку не менше 150 чол./год.

Третя умова полягає в тому, що світлофорне регулювання вводиться, коли умови 1 і 2 цілком не виконуються, але обидва виконуються не менше, ніж на 80%.

Четверта умова пов'язана з кількістю ДТП. Введення світлофорного регулювання вважається виправданим, якщо за останні 12 місяців на перехресті сталося не менше 3 ДТП, які можна було б уникнути при наявності світлофорного регулювання та хоча б одна з умов 1 або 2 виконується не менше, ніж на 80%.

Дотримання цих умов в принципі має забезпечити економічну доцільність введення світлофорного регулювання. Разом з тим, розглядаючи наведені чотири умови в якості критеріїв введення світлофорного регулювання, в кожному конкретному випадку необхідно проведення техніко-економічного аналізу. Сутність такого аналізу полягає в порівнянні річних сумарних

приведених витрат до і після введення світлофорного регулювання.

На нерегульованому перехресті сумарні наведені витрати ΠZ_H складаються з втрат народного господарства, пов'язаних з транспортними затримками на другорядній дорозі і збитку від ДТП (Z_3 і $Z_{ДТП}$).

На регульованому перехресті сумарні наведені витрати ΠZ_P складаються з втрат від транспортних затримок на головній і другорядній дорогах, шкоди від ДТП, а також з витрат, пов'язаних з вартістю установки світлофорного обладнання та експлуатацією технічних засобів (Z_3 , $Z_{ДТП}$, Z_K , Z_E).

Введення світлофорного регулювання на перехресті є доцільним, якщо відношення

$$\frac{\Pi Z_H}{\Pi Z_P} \geq 1. \quad (10.1)$$

Структура світлофорного циклу

Почергове надання учасникам транспортного процесу права на рух передбачає періодичність або циклічність роботи світлофорів. Для характеристики його роботи існують поняття циклу, фази і такту регулювання.

Тактом регулювання називається період дії певної комбінації світлових сигналів. Такти бувають основними і проміжними. В період основного такту дозволено рух певної групи транспортних і пішохідних потоків. Під час проміжного такту виїзд на перехрестя заборонений, за винятком транспортних засобів, водії яких не мали можливості зупинитися до стоп-лінії. У цей період йде підготовка до передачі прав руху іншій групі транспортних і пішохідних потоків.

Фазою регулювання називається сукупність основного та наступного за ним проміжного такту. Мінімальна кількість фаз дорівнює двом. Найбільш часто застосовується дво- і трифазне регулювання.

Циклом регулювання називається сукупність всіх фаз, що періодично повторюється.

Під режимом світлофорного регулювання розуміються тривалість циклу, а також кількість, порядок чергування і тривалість складових цикл тактів і фаз. У загальному вигляді режим світлофорного регулювання можна представити у вигляді виразу:

$$T_y = t_{o1} + t_{n1} + t_{o2} + t_{n2} + \dots + t_{on} + t_{nm}, \quad (10.2)$$

де T_y – тривалість циклу регулювання;

t_{o1}, \dots, t_{on} – тривалість основних тактів;

t_{n1}, \dots, t_{nm} – тривалість проміжних тактів;

n – кількість фаз регулювання.

Пофазний роз'їзд транспортних засобів.

Пофазний роз'їзд забезпечує поділ конфліктуєчих на перехресті потоків у

часі. Вибір кількості фаз регулювання є компромісним рішенням між забезпеченням безпеки руху та мінімізацією затримок на перехресті.

З точки зору безпеки руху кількість фаз регулювання повинна бути такою, щоб не було жодної конфліктної точки транспортних засобів між собою і з пішоходами. Разом з тим, збільшення кількості фаз призводить до збільшення тривалості циклу, зменшення пропускної здатності і, відповідно, затримкам.

Крім того, кожній фазі повинна відповідати своя, як мінімум, одна смуга руху.

Основні принципові схеми світлофорного регулювання

На перетинах двосмугових доріг, що мають по одній смузі руху в кожному напрямку для руху транспортних засобів можлива організація тільки двухфазного регулювання. В цьому випадку регулюються тільки потоки, які перетинаються в прямому напрямку.

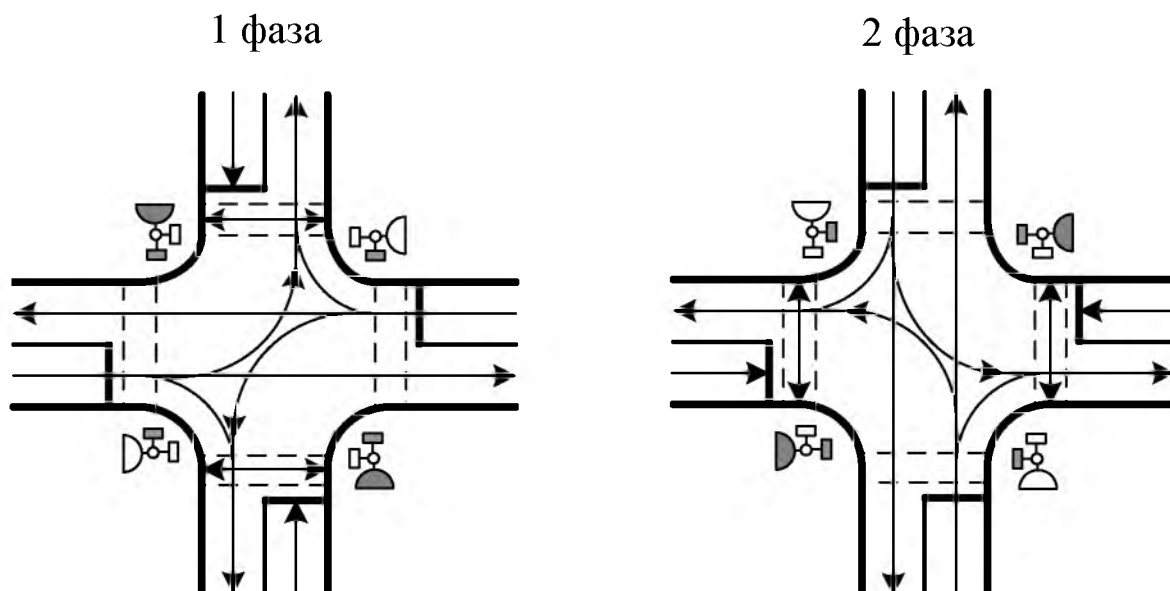


Рисунок 10.1 – Двофазна схема регулювання

При такій схемі всі учасники руху діляться на дві групи. Черговість їх руху різко знижує кількість найбільш небезпечних конфліктних точок на перехресті.

Транспортний засіб, що повертає наліво, при інтенсивному зустрічному транспортному потоці змушене перебувати в центрі перехрестя до кінця фази, що дозволяє рух, і завершувати поворот вже на жовте світло. Як правило, виходячи з умови забезпечення безпеки руху, тривалість жовтого сигналу світлофора знаходиться в межах 3...4 с. За цей час встигають завершити лівий поворот встигають лише один-два транспортних засоби. З огляду на те, що середня тривалість двухфазного циклу регулювання становить приблизно 60 с, при такому режимі світлофорного регулювання можна пропустити лівоповоротний потік інтенсивністю не більше 120 авт./год.

Автомобілі, що повертають направо, зобов'язані пропустити пішоходів,

для яких в цій фазі горить зелений сигнал світлофору. При інтенсивності пішохідного потоку через один пішохідний перехід більш 900 чел./год. і інтенсивності кожного з поворотних потоків, які перетинають цей перехід, 120 авт./год., різко збільшується кількість ДТП, пов'язаних з пішоходами. Тому поєднувати такі потоки не рекомендується.

Потенційна небезпека перехрестя з двофазним регулюванням в два рази менша, ніж нерегульованого, але в порівнянні з іншими схемами пофазного роз'їзду вона найбільш небезпечна.

Для двотактного циклу регулювання сумарна тривалість основних тактів, протягом яких можливий рух транспортних засобів через перехрестя становить від 80 до 85%.

Введення третьої фази дозволяє в більшості випадків ліквідувати конфлікти потоків високої інтенсивності. На відміну від двофазного регулювання, при трифазному можлива велика кількість різних варіантів організації пофазного роз'їзду. Одна з них представлена на рисунку 10.2.

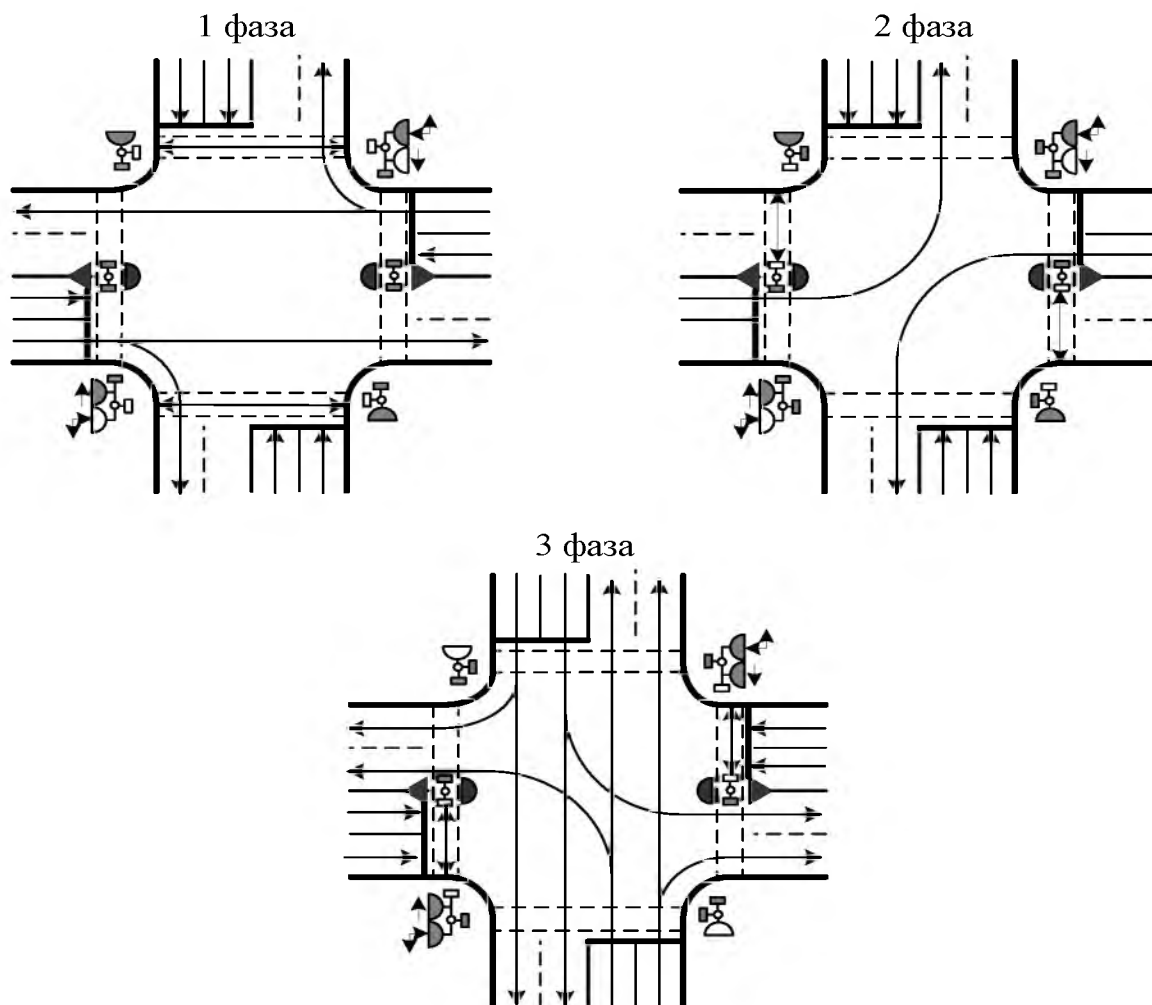


Рисунок 10.2 – Можлива схема трифазного регулювання (при великій інтенсивності лівоповоротних потоків)

Така схема пофазного роз'їзду застосовується при великій інтенсивності

лівоповоротних потоків з головної дороги. Але обов'язковою умовою в цьому випадку є наявність мінімум двох смуг в кожному напрямку на цій дорозі. Якщо смуг для руху в даному напрямку більше двох, можливо повну заборону руху поворотних потоків в першій фазі. У цьому випадку вдається ліквідувати конфлікти транспортних і пішохідних потоків. Головну дорогу пішоходи перетинають поетапно, у другій і третій фазі, для чого посередині переходу обладнується острівцець безпеки. У першій фазі пішоходи переходять другорядну дорогу.

При наявності більше двох смуг на дорогах, що перетинаються, можливий поділ потоків по смугах (рис.10.3). В цьому випадку, при організації поетапного переходу вулиць пішоходами, повністю ліквідуються конфлікти між ними і транспортними засобами.

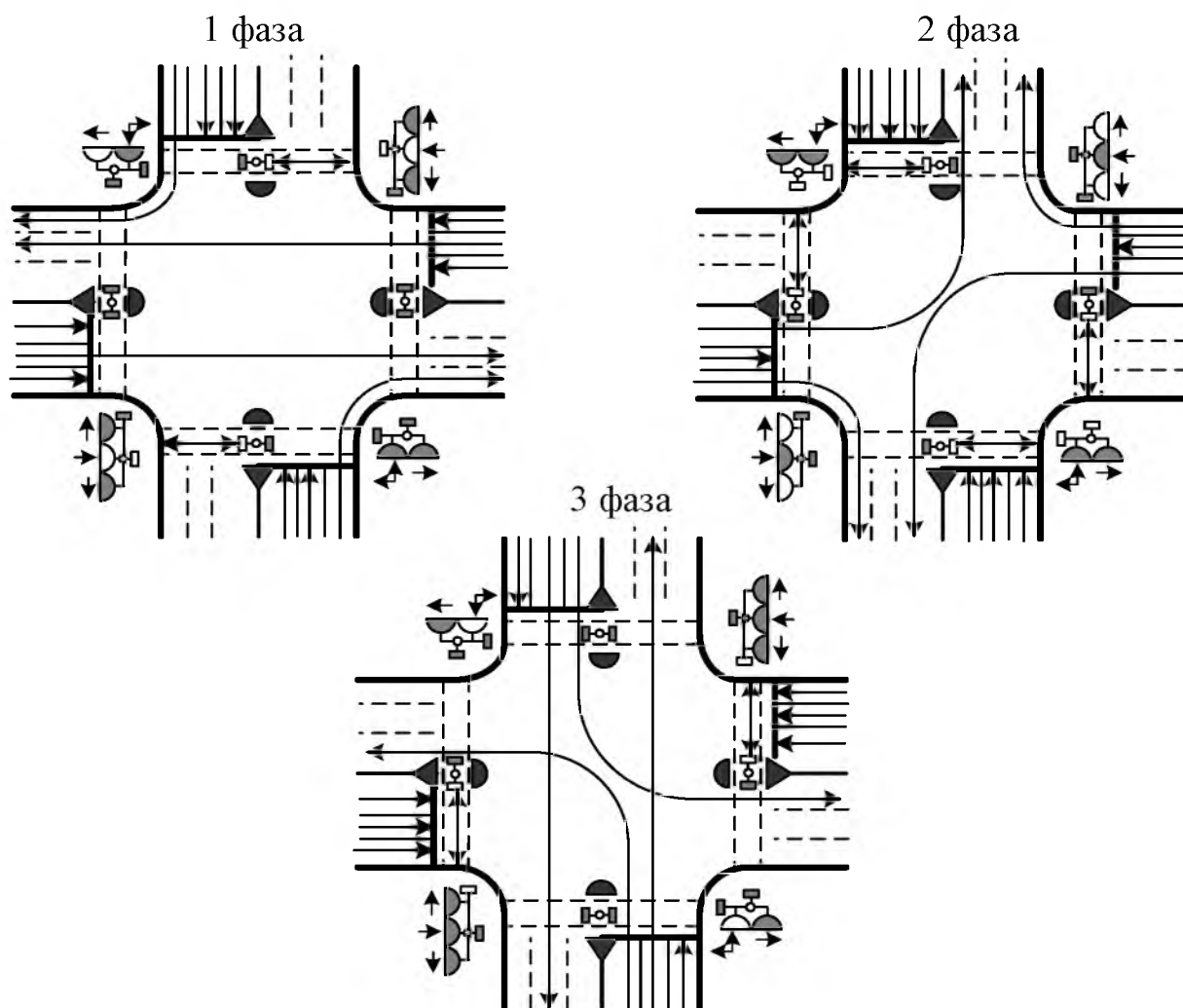


Рисунок 10.3 – Варіант організації трифазного регулювання (з поділом потоків по смугах)

У разі наявності пішохідних потоків високої інтенсивності, що характерно для центрів великих міст, застосовують трифазний режим регулювання з

третьою пішохідною фазою навіть на перетинах двосмугових доріг (рис. 10.4).

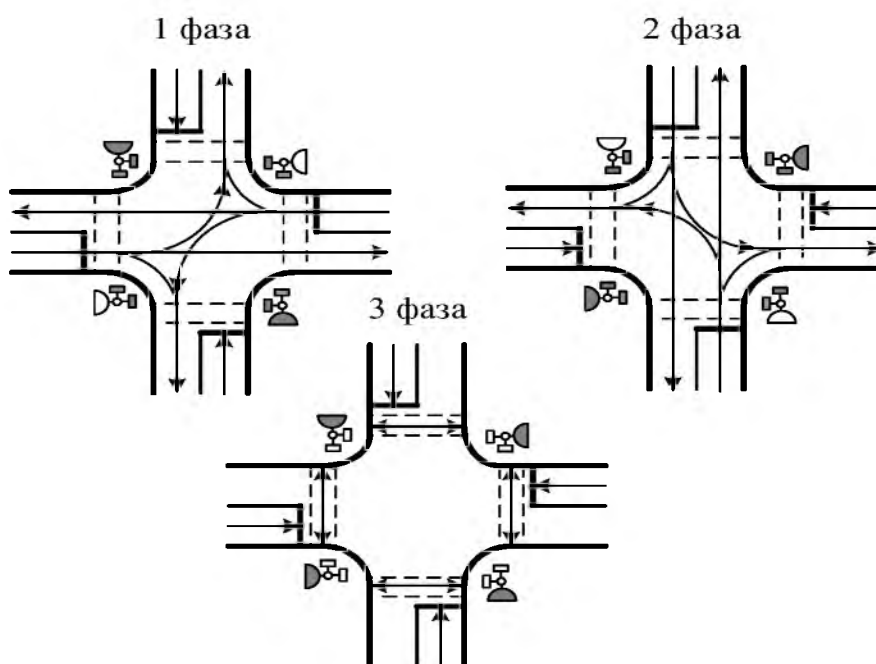


Рисунок 10.4 – Трифазна схема регулювання з пішохідною фазою

Варіант трифазної схеми регулювання з пішохідною фазою при великій кількості смуг представлений на рис. 10.5.

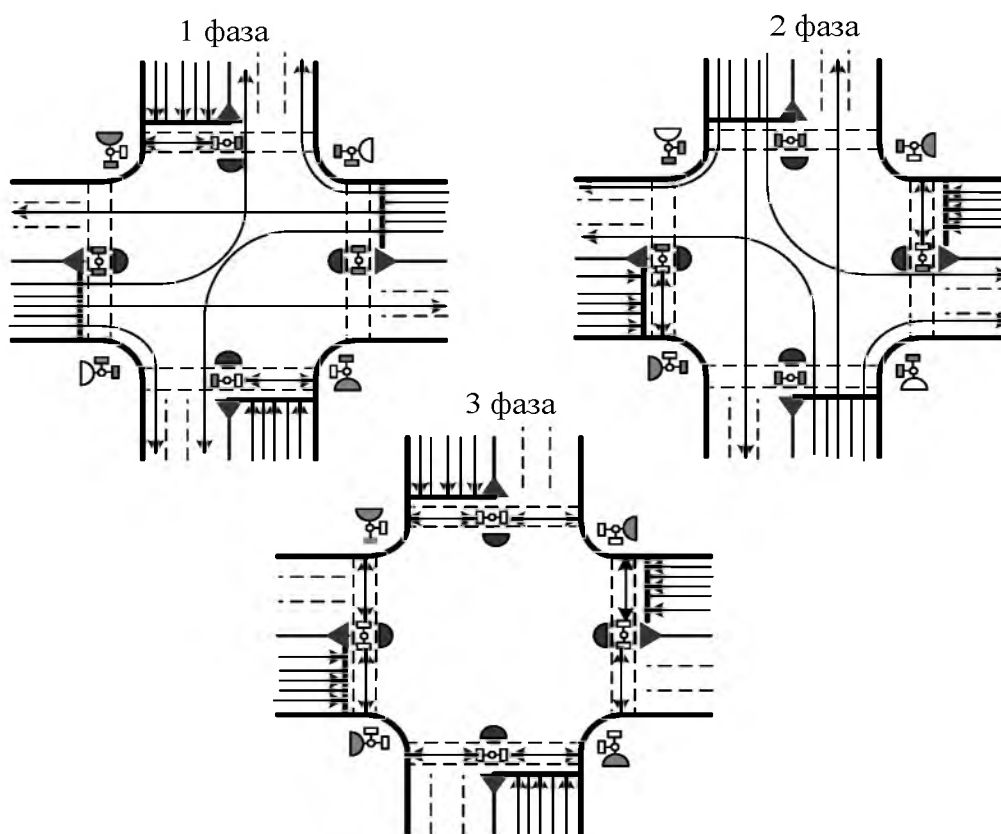


Рисунок 10.5 – Трифазна схема регулювання з пішохідною фазою на дорогах з багатьма смугами

Безумовно, можлива велика кількість інших варіантів. У кожному конкретному випадку схема трифазного роз'їзду визначається конкретними умовами.

Застосування чотирьохфазного регулювання (рис. 10.6) є наслідком поєднання дуже несприятливих умов – високих інтенсивностей потоків, наявності трамвайного руху і т. ін. Така схема можлива при кількості смуг в кожному напрямку не менше трьох. При цьому повністю виключаються конфлікти транспортних засобів між собою і пішохідними потоками. Однак при цьому значно зменшується пропускна здатність перехрестя, збільшуються затримки. Тому чотирьохфазна світлофорна регулювання використовується досить рідко.

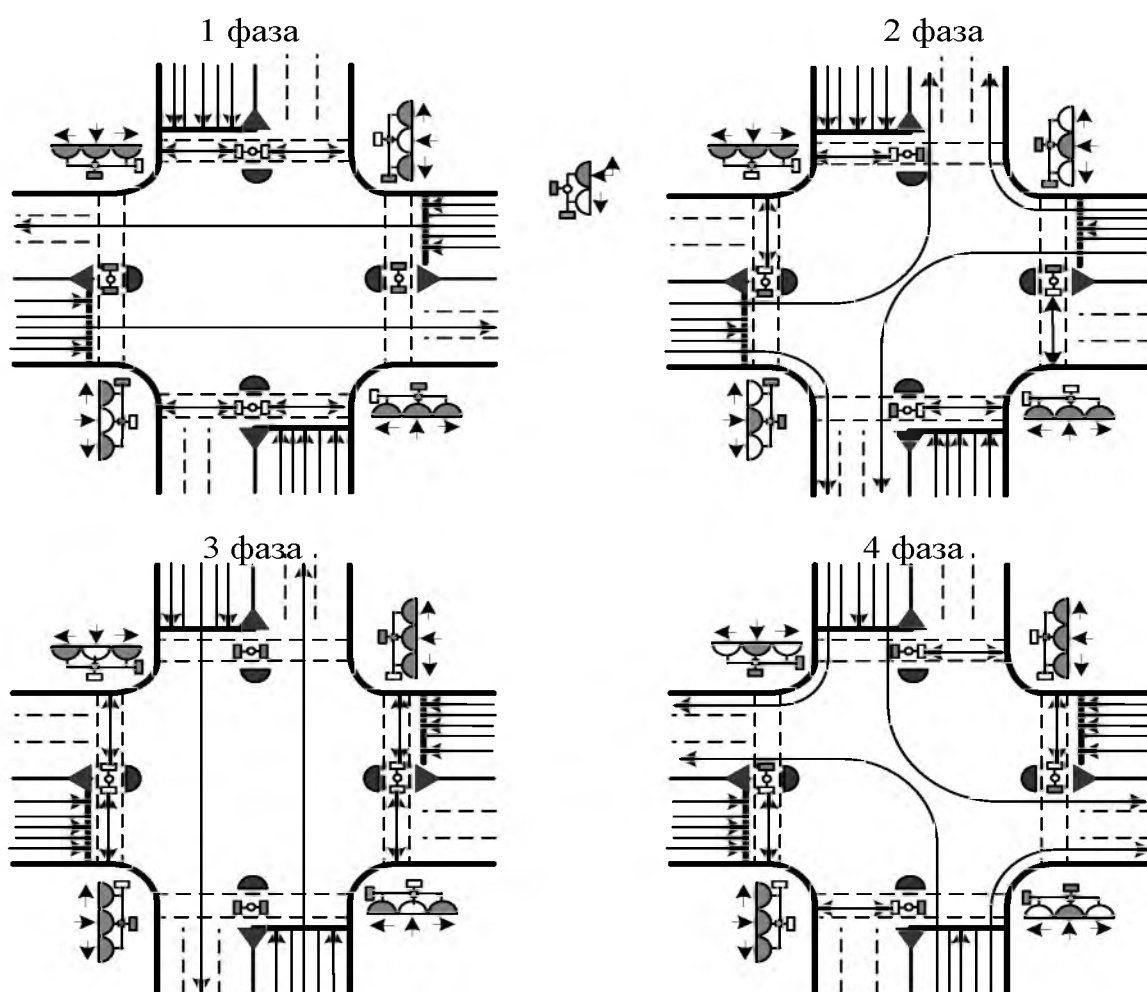
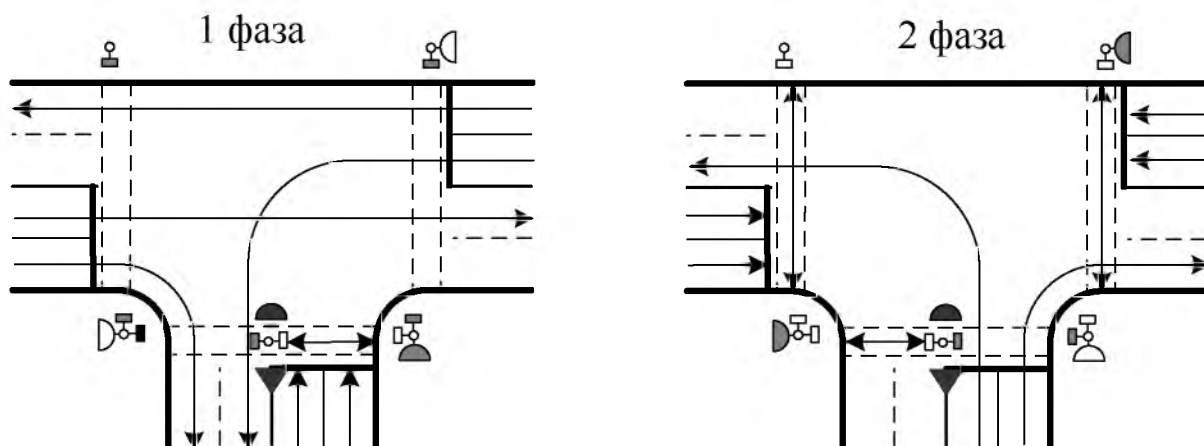


Рисунок 10.6 – Чотирьохфазна схема регулювання

На трьохсторонньому (Т-образному) перехресті можливі дві принципові схеми світлофорного регулювання:

1. Двотактна схема регулювання регулює потоки в прямому напрямку по головній магістралі і поворот ліворуч з другорядної (рисунок 10.7). Така схема може бути введена при незначній (до 120 авт./год.) інтенсивності потоку,

що рухається ліворуч з головної дороги.



Ри
сунк 10.7 – Двофазна схема регулювання на трьохсторонньому перехресті

2. Трифазна схема регулювання використовується при великих поворотних потоках з головної дороги, або при введенні пішохідної фази. Одна з можливих схем такої організації регулювання показана на рисунку 10.8.

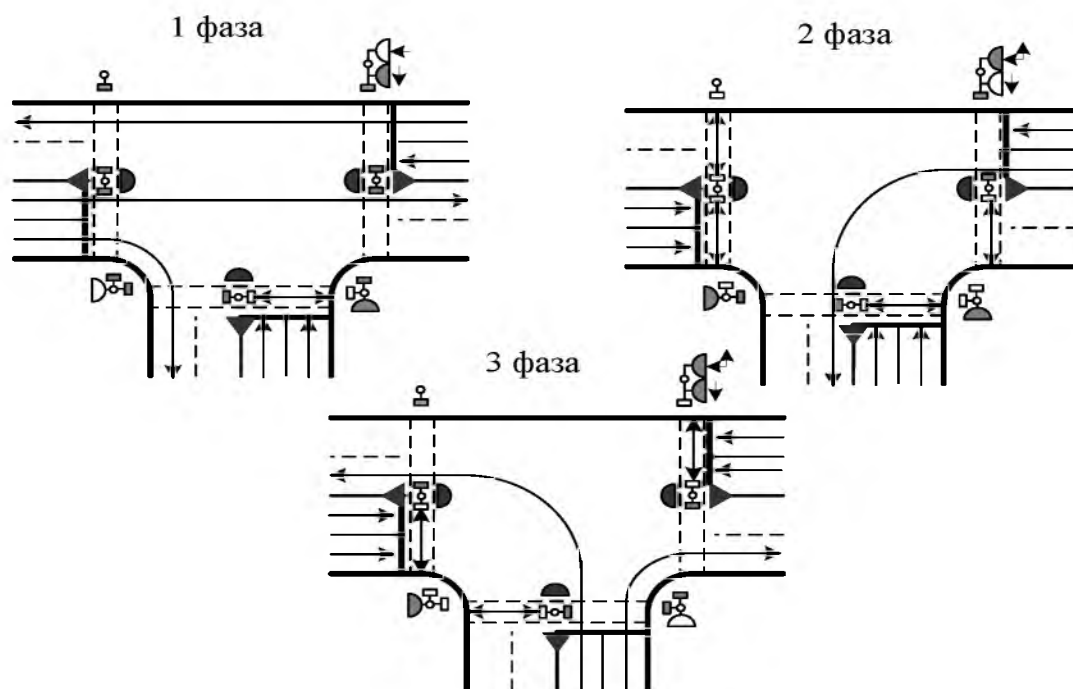


Рисунок 10.8 – Трифазна схема регулювання на трьохсторонньому перехресті

Така схема повністю виключає конфлікти транспортних потоків між собою і з пішоходами.

Підводячи підсумки, можна сформулювати основні принципи пофазного роз'їзду:

1. Прагнути мінімальної кількості фаз в циклі регулювання.
2. Не допускається поєднувати в одній фазі лівоповоротний потік інтенсивністю більше 120 авт./год. і зустрічний прямий, що конфліктує з ним.
3. Не допускається поєднувати пішохідний потік інтенсивністю більш 900 чол./год. з поворотним потоком транспортних засобів інтенсивністю більше 120 авт./год.
4. Не випускати з однієї і тієї ж смуги руху транспортні засоби, рух яких передбачено в різних фазах.
5. Прагнути до рівномірного завантаження смуг. Інтенсивність, яка припадає на одну смугу руху не повинна перевищувати 600-700 авт./год.
6. При широкій проїжджій частині (3 і більше смуг в одному напрямку) слід передбачати можливість поетапного переходу проїжджої частини пішоходами протягом двох фаз регулювання.

Розрахунок тривалості циклу і його елементів.

Визначення тривалості циклу і основних тактів регулювання засноване на зіставленні фактичної інтенсивності на підходах до перехрестя і пропускної здатності перехрестя. При цьому необхідно розглядати інтенсивності і пропускну здатність окремо для кожного напрямку.

Вихідними даними для розрахунку є планувальні та транспортні характеристики перехрестя:

- ширина проїжджої частини;
- кількість і ширина смуг руху в кожному напрямку руху;
- ширина розділових смуг;
- ширина тротуарів і радіуси їх заокруглень;
- подовжній ухил на підходах до перехрестя;
- склад транспортних потоків;
- інтенсивність транспортних потоків в усіх напрямках;
- інтенсивність пішохідних потоків

Потік насичення

Давайте розглянемо процес руху автомобілів через перехрестя, обладнане світлофорами (рис. 10.9). При цьому будемо припускати, що черга автомобілів перед перехрестям досить велика і потік автомобілів не вичерпується протягом усього дозволеного часу руху (насичена фаза).

Коли включається зелений сигнал світлофора, транспортні засоби, які очікують перед перехрестям, починають рух з розгоном. Інтенсивність руху в перетині стоп-лінії поступово зростає (кожний наступний автомобіль, що стоїть у черзі, проїжджає стоп-лінію з більшою швидкістю) і після проїзду двох - трьох автомобілів досягає максимального значення $M_{\text{н}}$. Ця максимальна інтенсивність роз'їзду черги називається потоком насичення. Потік насичення визначається як інтенсивність роз'їзду черги транспортних засобів, раніше зупинених заборонним сигналом світлофора.

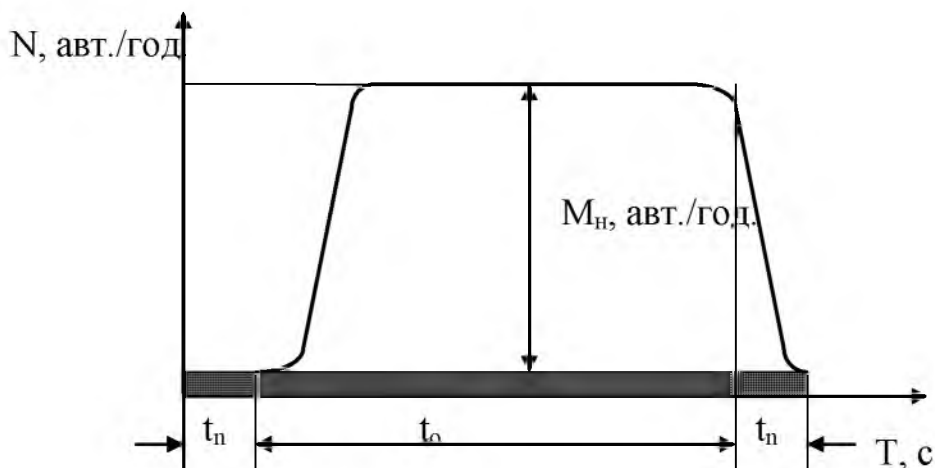


Рисунок 10.9 – Процес руху автомобілів через перехрестя

Потоки насичення можуть визначатися як експериментально, так і теоретично. Зрозуміло, що експериментально визначити потік насичення ми можемо, якщо перехрестя вже обладнане світлофорним регулюванням. Натурні дослідження проводяться в періоди, коли на підході до перехрестя утворюються чималі черги транспортних засобів.

Методика експерименту наступна:

1. Одночасно з включенням зеленого сигналу світлофора включається секундомір і реєструються за видами всі транспортні засоби, що рухаються по одній смузі і перетинають стоп-лінію;
2. Виключається секундомір в момент перетину стоп-лінії останнім автомобілем черзі;
3. Записуються показники секундоміра і підраховується число транспортних засобів, що проїхали за цей час, в приведених одиницях;
4. Заміри повторюються 10 разів.
5. Визначають потік насичення для даної смуги руху

$$M_{ni} = \frac{3600}{n} \left(\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \dots + \frac{m_n}{t_n} \right), \quad (10.3)$$

де M_{ni} – потік насичення для даної смуги руху в цій фазі;

m – кількість приведених транспортних одиниць, що пройшли через стоп-лінію за час t ;

t – показання секундоміра, с.;

n – кількість замірів.

Потік насичення залежить від багатьох факторів: ширини проїзної частини (смуги руху), поздовжнього ухилу на підходах до перехрестя, наявності в зоні перехрестя автомобілів, що стоять, і т. ін. Для потоку легкових автомобілів, що рухаються в прямому напрямку по горизонтальній дорозі і без будь-яких перешкод експерименти дали такі результати: затримок першого автомобіля, що стоїть в черзі, після включення зеленого сигналу світлофора не спостерігається;

в деяких випадках він починає рух навіть дещо раніше. Часовий інтервал між першим і другим автомобілями становить в середньому 3,5 с, між другим і третім – 2,5с і далі автомобілі через стоп-лінію рухаються з середнім інтервалом 2 с. При наявності вантажних автомобілів, автобусів цей інтервал, звичайно, збільшується. З огляду на вплив інших факторів, потік насичення для різних перехресть буде різним, він може відрізнятись навіть для одного і того ж перехрестя в різний час доби.

Незважаючи на хороші результати і достатню простоту експериментального методу визначення потоку насичення, він не може застосовуватися для знову проєктованих перехресть. Для задач проєктування застосовується наближений емпіричний метод визначення потоків насичення. Незважаючи на наближеність, він дає досить хороші результати.

Для випадку руху в прямому напрямку по дорозі без поздовжніх ухилів потік насичення легкових автомобілів розраховується за формулою:

$$M_{Ніпр} = 525 \cdot B_{пч}, \quad (10.4)$$

де $M_{Ніпр}$ – потік насичення, авт./год.;

$B_{пч}$ – ширина проїзної частини.

Формула ця справедлива, якщо ширина проїзної частини в даному напрямку знаходиться в межах $5,4 < B_{пч} < 18$ м. Верхнє значення ширини проїзної частини нас цілком задовольняє (воно більше реальних величин). А якщо ширина проїзної частини менше 5,4 м, для розрахунків використовують такі дані.

Таблиця 10.1 – Визначення потоку насичення при ширині проїзної частини меншої 5,4 м

$B_{пч}$	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,1
$M_{Ніпр}$	1850	1875	1950	2075	2475	2700

При проміжних значеннях ширини проїзної частини потік насичення визначається інтерполяцією.

Якщо склад потоку змішаний, якщо дорога має поздовжній ухил на підході до перехрестя, а сама дорога має не асфальтобетонне, а бруковка, гравійне покриття, використовують коригуючі коефіцієнти:

$$M_{Ріпр} = 525 \cdot B_{пч} \cdot K_c \cdot K_i \cdot K_d. \quad (10.5)$$

Коефіцієнт K_c враховує склад транспортного потоку. Але зазвичай ми заздалегідь, після дослідження інтенсивності транспортних потоків приводимо його до потоку легкових автомобілів і користуємося вже наведеними значеннями.

Коефіцієнт K_i визначають з умови, що кожен відсоток ухилу на підйомі знижує (при спуску - збільшує) потік насичення на 1%.

Коефіцієнт K_d , що залежить від якості дорожнього покриття, вибирають з таблиць.

До сих пір ми розглядали потік насичення для потоку, що перетинає

перехрестя в прямому напрямку. Однак в будь-якому вузлі відбувається поділ транспортного потоку за напрямками.

Для випадку руху транспортних засобів прямо, а також направо і (або) наліво по одній і тій же смузі руху і якщо інтенсивність поворотних потоків становить понад 10% від загальної інтенсивності руху, потік насичення визначається за формулою:

$$M_n = M_{\text{Ніпрямо}} \cdot \frac{100}{a + 1,75b + 1,25c} \quad (10.6)$$

де a – інтенсивність руху транспортних засобів прямо, %;

b – інтенсивність руху транспортних засобів наліво, %;

c – інтенсивність руху транспортних засобів направо, %;

Корекція необхідна, оскільки автомобілі, що повертають із загальної смуги руху, будуть затримувати потік прямого напрямку і знижувати потік насичення.

Якщо право- і лівоповоротні потоки рухаються по окремих смугах, потік насичення визначається з урахуванням радіуса повороту R .

$$M_n = M_{\text{нпр}} \cdot K_R = M_{\text{нпр}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1,525}{R}} \quad (10.7)$$

Фазові коефіцієнти

У найпростішому випадку, при рівномірному прибутті транспортних засобів до перехрестя, тривалість циклу і основного такту можуть бути визначені з наступних міркувань. Транспортні засоби прибувають до перехрестя весь період, що дорівнює циклу регулювання $T_{\text{ц}}$. Всього за час циклу до перехрестя прибуде $N \cdot T_{\text{ц}}$ автомобілів. Залишають перехрестя ці автомобілі за час дозволяючого сигналу світлофора – основного такту t_{0i} з інтенсивністю, рівною потоку насичення M_n . Очевидно, справедливо співвідношення

$$N_i \cdot T_{\text{ц}} = M_n \cdot t_{0i} \quad (10.8)$$

Очевидно, що

$$\frac{N_i}{M_n} = \frac{t_{0i}}{T_{\text{ц}}} = y_i \quad (10.9)$$

По суті, фазовий коефіцієнт y_i відповідає питомій вазі основного такту в даному напрямку від часу циклу.

Фазові коефіцієнти необхідно визначати для кожного напрямку руху транспортних засобів в кожній фазі регулювання. Як розрахунковий, що визначає тривалість основного такту, приймається фазовий коефіцієнт, який має найбільшу величину.

При пофазовому регулюванні та пропуску будь-якого потоку протягом двох фаз, для нього окремо розраховують фазовий коефіцієнт, і він повинен бути не більше суми розрахункових фазових коефіцієнтів тих фаз, протягом яких цей потік пропускається.

Розрахунок циклу регулювання

Час циклу дорівнює сумі основних і проміжних тактів:

$$T_{\text{ц}} = t_{o1} + t_{n1} + t_{o2} + t_{n2} + \dots + t_{on} + t_{nm}, \quad (10.10)$$

або, враховуючи, що $t_{oi} = y_i \cdot T_{\text{ц}}$

$$T_{\text{ц}} = y_1 \cdot T_{\text{ц}} + t_{n1} + y_2 \cdot T_{\text{ц}} + t_{n2} + \dots + y_n \cdot T_{\text{ц}} + t_{nm}, \quad (10.11)$$

або

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ц}} \sum_1^n y_i + \sum_1^n t_{ni}. \quad (10.12)$$

якщо прийняти $\sum_1^n y_i = Y$, а $\sum_1^n t_{ni} = T_{\text{п}}$, тоді

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ц}} \cdot Y + T_{\text{п}} \quad (10.13)$$

або

$$T_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{п}}}{1 - Y_{\Sigma}}, \quad (10.14)$$

де Y_{Σ} – сума розрахункових фазових коефіцієнтів,

$T_{\text{п}}$ – сума проміжних тактів.

На практиці рівномірне прибуття транспортних засобів до перехрестя – явище вельми рідкісне. Зазвичай, для ізольованих перехресть характерним є випадкове прибуття (найчастіше інтервали прибуття підкорюються закону Пуассона). Випадковому прибуттю транспортних засобів відповідає формула для визначення часу циклу:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5T_n + 5}{1 - Y_{\Sigma}}. \quad (10.15)$$

З міркувань безпеки руху час циклу не повинен бути менше 25 с і більше 120 с (інакше водій може подумати, що світлофор не справний).

У формулу для визначення тривалості циклу регулювання входить сумарний час проміжних тактів. Розглянемо це питання докладніше.

Тривалість проміжних тактів.

Тривалість проміжних тактів, відповідно до їх призначення, визначається з двох умов: автомобілі повинні встигнути звільнити перехрестя, і пішоходи повинні встигнути вийти з проїжджої частини дороги даного напрямку.

Автомобіль, що підходить до перехрестя на зелений сигнал світлофора, при зміні сигналу з зеленого на жовтий повинен або встигнути зупинитися у стоп-лінії, або встигнути звільнити перехрестя (проминути конфліктні точки перетину з автомобілями, що починають рух в наступній фазі регулювання). Зупинитися він зможе, якщо відстань від нього до стоп-лінії в момент зміни сигналу світлофора буде рівним зупинному шляху.

$$S_3 = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j} = T_{np} \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j}. \quad (10.16)$$

Відповідно, час, необхідний для зупинки:

$$T_3 = t_1 + t_2 + 0,5 t_3 + \frac{V_a}{3,6 \cdot j} = T_{np} + \frac{V_a}{3,6 \cdot j}. \quad (10.17)$$

де T_{np} – час приведення в дію гальм.

Для того, щоб звільнити перехрестя, автомобіль повинен проїхати зі швидкістю, з якою він наближався до перехрестя, відстань зупинного шляху, плюс відстань від стоп-лінії до далекої конфліктної точки і відстань, рівну довжині автомобіля:

$$S_{зв} = S_3 + S_{дкт} + S_a. \quad (10.18)$$

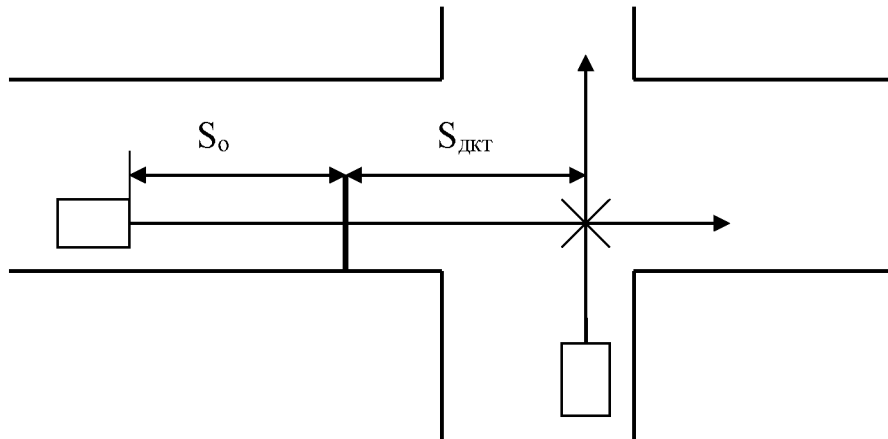


Рисунок 10.10 – Схема визначення дальньої конфліктної точки

Необхідний для цього час:

$$\begin{aligned} T_{зв} &= \frac{S_3 + S_{дкт} + S_a}{V_a} = T_{np} \frac{V_a \cdot 3,6}{3,6 \cdot V_a} + \frac{V_a^2 \cdot 3,6}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j \cdot V_a} + \frac{S_{дкт} \cdot 3,6}{V_a} + \frac{S_a \cdot 3,6}{V_a} = \\ &= T_{np} + \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j} + \frac{3,6(S_{дкт} + S_a)}{V_a} \end{aligned} \quad (10.19)$$

З іншого боку, автомобілю, що починає рух у наступній фазі, також необхідний певний час, щоб досягти точки конфлікту з автомобілем, що завершують рух t_n . Тому час проміжного такту буде менше часу, необхідного для звільнення перехрестя на цю величину:

$$t_n = T_{np} + \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j} + \frac{3,6(S_{дкт} + S_a)}{V_a} - t_n. \quad (10.20)$$

Цей час, за даними досліджень, дуже близький до величини часу приведення в дію гальм, тому їх можна скоротити і остаточно:

$$t_n = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j} + \frac{3,6(S_{дкт} + S_a)}{V_a}. \quad (10.21)$$

У період проміжного такту закінчують рух і пішоходи, які переходили

дорогу на дозволяючий сигнал світлофора. За час проміжного такту пішохід, застигнутий зміною зеленого сигналу на червоний на проїжджій частині, повинен або повернутися на тротуар, з якого він почав рух (або повернутися на середину проїжджої частини – на острівцець безпеки, центральну розділову смугу), або до середини проїжджої частини (або тротуару). Максимальний час, який необхідний для цього пішоходу при переході дороги з однаковою кількістю смуг в обох напрямках:

$$t_{n(nu)} = \frac{B_{пч}}{4 \cdot V_{пш}} , \quad (10.22)$$

де $B_{пч}$ – ширина проїзної частини;

$V_{пш}$ – розрахункова швидкість пішохода при переході проїжджої частини; зазвичай приймається 1,3 м/с.

Якщо кількість смуг руху в кожному напрямку різна, розрахунок необхідно проводити для більш широкої частини дороги.

В якості величини проміжного такту вибирають більше з отриманих значень. Однак, виходячи з міркувань безпеки руху, тривалість проміжного такту повинна знаходитися в межах від 3 до 4 секунд. Обумовлено це двома причинами – по-перше, більш тривалий жовтий сигнал може дезорієнтувати водіїв, по-друге, це робиться для запобігання зловживань водіями правом проїзду на жовтий сигнал.

Тривалість основних тактів

Тривалість основного такту t_{oi} в i -тій фазі регулювання, як ми з вами тільки що розглянули, пропорційна розрахунковому фазовому коефіцієнту

$$t_{oi} = y_i \cdot T_{\psi} , \quad (10.23)$$

а час циклу

$$T_{\psi} = \frac{t_{oi}}{y_i} , \quad (10.24)$$

з іншої сторони

$$T_{\psi} = \frac{T_{\Pi}}{1 - Y_{\Sigma}} . \quad (10.25)$$

Проведемо перетворення:

$$T_{\psi} (1 - Y_{\Sigma}) = T_n$$

$$T_{\psi} - T_{\psi} \cdot Y_{\Sigma} = T_n$$

$$T_{\psi} - T_n = T_{\psi} \cdot Y_{\Sigma}$$

підставляючи в правій частині значення T_{ψ} з попередньої формули, отримаємо

$$T_{\psi} - T_n = \frac{t_{oi}}{y_i} \cdot Y_{\Sigma} ,$$

або

$$t_{oi} = \frac{(T_{\psi} - T_n) \cdot y_i}{Y_{\Sigma}} . \quad (10.26)$$

З міркувань безпеки руху час основного такту не слід приймати менше 7 секунд. В іншому випадку підвищується ймовірність ланцюгових ДТП при роз'їзді черги на дозволяючий сигнал світлофора.

Розрахункову тривалість основних тактів необхідно перевірити на забезпечення пропуску у відповідних напрямках трамвая і пішохода.

Лекція 11. Різновиди організації світлофорного регулювання.

Основні питання:

1. Багатопрограмне світлофорне регулювання.
2. Принципи адаптивного регулювання.
3. Принцип координованого управління світлофорними об'єктами.

Багатопрограмне жорстке світлофорне регулювання.

Вихідними даними для розрахунку режиму світлофорного регулювання є параметри перехрестя і інтенсивність транспортних потоків. І якщо параметри перехрестя в загальному випадку залишаються незмінними протягом довгого часу, то інтенсивність дорожнього руху змінюється і протягом доби і по днях тижня, і по місяцях і по величині і по напрямку. Тому режим роботи світлофора, встановлений для певного часового періоду не відповідає іншому, в результаті, в одному випадку, зростають затримки транспортних засобів, в іншому – створюються заторові ситуації. Наприклад, якщо розрахунок режимів був виконаний для інтенсивності в піковий період, то в міжпіковий будуть не виправдано великі затримки. Якщо зміна інтенсивності протягом доби має чіткі рівні – наприклад, два: в піковий і міжпіковий період, або три: ранкова і вечірній годинник «пік» і міжпіковий, ми можемо забезпечити протягом доби двох-трьох-режимний цикл світлофорного регулювання (до п'яти). Для цього в блоці управління контролера передбачається задати декілько програм світлофорного регулювання, по кожній з яких керування роботою світлофорів здійснюється в певні періоди часу доби.

Але в будь-якому випадку, ми не можемо врахувати всі можливі випадки зміни інтенсивності.

Параметри управління повинні враховувати як добові зміни інтенсивності, так і випадкові. Це можливо при використанні адаптивного управління, що має зворотний зв'язок з параметрами транспортного потоку.

Адаптивне управління.

Адаптивне управління забезпечує зміну режиму світлофорного регулювання в залежності від параметрів транспортного потоку. Адаптивне управління можливе при використанні спеціальної апаратури, в першу чергу, детекторів транспорту, розташованих в зоні перехрестя які забезпечують

безперервною інформацією про параметри потоку, на підставі якої встановлюється тривалість тактів світлофорного регулювання.

Детектори транспорту.

Детектори транспорту призначені для виявлення транспортних засобів і визначення параметрів транспортних потоків.

Детектори транспорту класифікуються за призначенням, принципом дії чутливого елемента і спеціалізації – вимірюваному параметру.

За призначенням детектори діляться на прохідні і присутності. Прохідні детектори видають сигнал при появі транспортного засобу в контрольованій зоні. Параметри сигналу не залежать від часу знаходження транспортного засобу в цій зоні – фіксується сам факт появи автомобіля. Детектори присутності видають сигнали протягом усього часу перебування транспортного засобу в зоні, контрольованій детектором. Вони застосовуються для виявлення заторових і предзаторових ситуацій, визначення довжини черги, затримок. Для управління вони застосовуються рідко.

Будь-який детектор включає в себе чутливий елемент, підсилювач-перетворювач і вихідний пристрій.

Чутливий елемент безпосередньо сприймає факт проходження або присутності транспортного засобу в контрольованій детектором зоні і виробляє первинний сигнал.

За принципом дії прохідні детектори можуть бути контактні і безконтактні.

Робота всіх контактних чутливих елементів заснована на тому, що сигнал про появу автомобіля виникає при безпосередньому його зіткненні з чутливим елементом.

Електромеханічні чутливі елементи являють собою дві сталеві смуги, які замикаються при наїзді коліс автомобіля.

Пневмоелектричний чутливий елемент представляє собою гумову трубку, один кінець якої заглушений, а інший пов'язаний з пневматичним реле. При наїзді коліс автомобіля на трубку тиск повітря в ній підвищується, діє на мембрану реле, та – переміщується і замикає контакти.

П'єзоелектричні.

Основною перевагою контактних чутливих елементів є простота їх конструкції, простота монтажу, що дозволяє встановлювати їх на будь-якій ділянці дороги і на будь-який час. Загальний їх недолік – вони ведуть рахунок вісям, а не автомобілям.

Безконтактні можуть бути – фотоелектричні, радарні, ультразвукові, можуть бути магнітні та індуктивні.

Видів детекторів дуже багато. Спеціалізація детектора залежить від параметра транспортного потоку, для визначення якого він призначений (інтенсивності, щільності, складу, швидкості і т.ін.). За часів СРСР був навіть налагоджений промисловий випуск деяких з них: індуктивних – ДТІ-М; ДТ-6; ультразвукових – ДТУ-2.

Підсилювач перетворює первинні сигнали до вигляду, зручного для

реєстрації транспортного потоку.

Вихідний пристрій призначений для передачі і зберігання інформації.

Принципи управління

На підставі інформації про параметри транспортного потоку розроблено декілька алгоритмів адаптивного управління:

1. Алгоритм, який передбачає перемикавання сигналів світлофора за інформацією про стан транспортних потоків на перехресті в даному циклі регулювання.

2. Алгоритм статичної оптимізації, що дозволяє за інформацією про стан транспортних потоків на перехресті в даний момент часу визначати параметри управління на наступний момент часу на основі імовірнісного прогнозування.

3. Алгоритм випадкового пошуку. Тут параметри управління змінюються випадково з одночасним аналізом по якомусь критерію ефективності (затримок, наприклад). Управління вважається оптимальним при досягненні мінімуму або максимуму критерію.

Найбільшого поширення набули алгоритми першої групи. Їх теж досить багато. Зупинимося на одному з них. Розглянемо принцип адаптивного управління на прикладі реалізації алгоритму пошуку розривів у транспортному потоці.

Основними параметрами управління тут є:

- мінімальна тривалість основного такту t_{omin} (забезпечується також і t_{mmmin});

- максимальна тривалість основного такту t_{omax} ;

- екіпажний час (інтервал, що визначає розрив часу в потоці) – $t_{\text{ек}}$. Практично це час проходження автомобілем відстані від місця установки детектора до стоп-лінії. Відстань ця зазвичай вибирається рівною зупинному шляху автомобіля при середній швидкості підходу до перехрестя.

Якщо до закінчення терміну t_{omin} в зоні детектора не виникає жодного автомобіля, сигнали перемикаються з дозволяючого на заборонний. Навіть якщо через секунду після перемикавання і з'явиться автомобіль, то якщо він рухається зі швидкістю менше середньої, він зупиниться, якщо з більшою – встигне проїхати перехрестя на жовте світло.



Рисунок 11.1 – Мінімальна тривалість основного такту t_{omin}

Якщо до закінчення t_{omin} в зоні детектора з'являється автомобіль, дозволяючий сигнал продовжується на час $t_{\text{ек}}$, з'явився наступний – знову продовжується на цей час. Якщо в потоці виникає інтервал, рівний $t_{\text{ек}}$, сигнали

перемикаються з дозволяючого на заборонний.

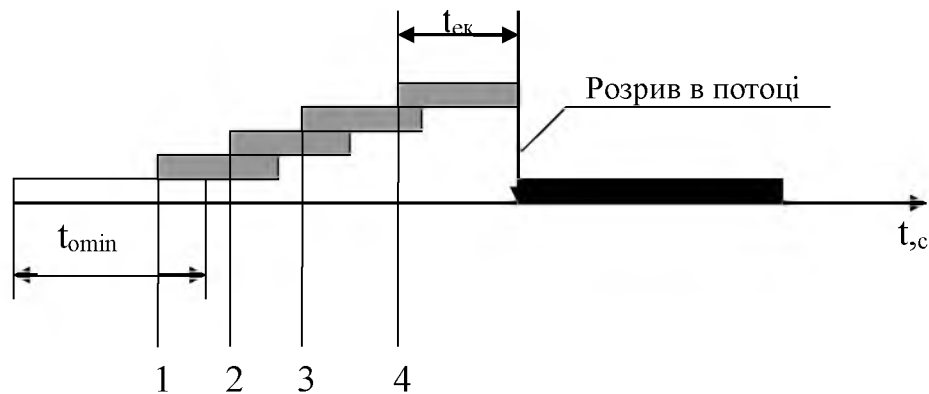


Рисунок 11.2 – Продовження сигналу на час $t_{ек}$

Але, коли загальний час основного такту досягає $t_{оmax}$, незалежно від того, є автомобілі або їх немає на підході до перехрестя, сигнал перемикається на заборонний.

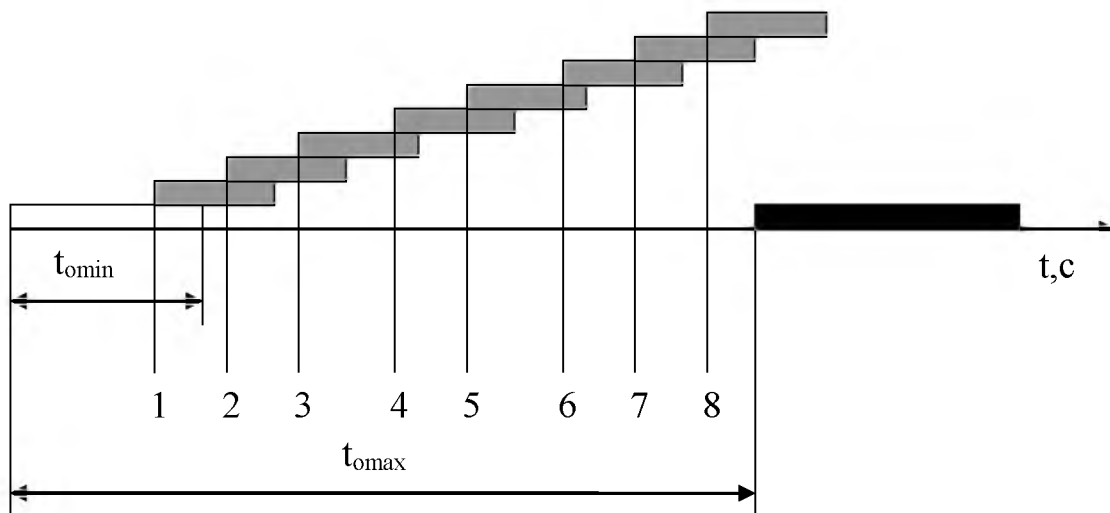


Рисунок 11.3 – Максимальна тривалість основного такту $t_{оmax}$

Основні параметри управління розраховуються наступним чином.

Мінімальна тривалість основного такту з умови пропуску скупчення автомобілей:

$$t_{оmin} = \frac{3600 \cdot n_o}{M_{ц}}, \quad (11.1)$$

где n_o – середня кількість автомобілів, що припадають на смугу руху, що стоять в очікуванні дозволяючого сигналу між стоп-лінією і детектором (визначається заздалегідь, шляхом спостереження);

$M_{ц}$ – середнє значення потоку насичення; виходячи з інтервалу руху через стоп-лінію 2 с, для наближених розрахунків приймають $M_{ц} = 1800$ авт./год.

Або виходячи з часу, необхідного пішоходам для переходу проїзної частини (або часу руху до острівця безпеки):

$$t_{omin} = 5 + \frac{B_{нч}}{V_{ну}}. \quad (11.2)$$

Як розрахункове приймають більше значення. Зазвичай значення t_{omin} лежить в межах 7-12 с.

Максимальну тривалість основного такту приймають більшою за розраховану за загальноприйнятою методикою тривалість основного такту:

$$t_{omax} = (1,2...1.3) \cdot t_o. \quad (11.3)$$

Це робиться для полегшення умов руху в найбільш завантажених напрямках, враховуючи, що висока інтенсивність руху (коли тривалий час відсутні розриви в потоці) зазвичай спостерігається не на всіх підходах до перехрестя.

Як ми вже говорили, чутливі елементи детекторів транспорту необхідно встановлювати на такій відстані від стоп-лінії, щоб автомобіль, пройшовши контрольовану детектором зону, міг своєчасно зупинитися, якщо вже був поданий сигнал на перемикання тактів. Найнесприятливішим випадком є випадок, коли в момент проходження автомобілем контрольованої зони включається жовтий сигнал світлофора. Тому відстань від чутливого елемента детектора до стоп-лінії визначається по зупинному шляху:

$$T_{\partial m} = (t_p + t_{zn} + 0,5t_n) + \frac{V_a}{26j}, \quad (11.4)$$

де V_a – швидкість руху автомобіля, км/год.;

t_p – час реакції водія, с;

t_{zn} – час спрацьовування гальмівного приводу, с;

t_n – час наростання уповільнення, с;

j – уповільнення при гальмуванні, м/с²;

Якщо прийняти швидкість руху 60км / год, а уповільнення - 2,5-3 м / с², отримаємо для легкового автомобіля

$$S_{\partial m} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j}, \quad (11.5)$$

$$S_{\partial m} = (1,0 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,4) \frac{60}{3,6} + \frac{60^2}{26 \cdot (2,5...3)} = 70...78м$$

Екіпажні час, тобто час, за який автомобіль, рухаючись зі швидкістю 60км/год. проїде цю відстань складе:

$$t_{\partial k} = \frac{3,6 \cdot S_{\partial m}}{V_a}, \quad (11.6)$$

$$t_{\partial k} = \frac{3,6 \cdot (70...80)}{60} = 4,8...4,2с$$

Але ми взяли максимальну швидкість руху в населеному пункті; вона може бути і нижче. Зазвичай час $t_{\partial k}$ знаходиться в межах 4...5 с.

У порівнянні з жорстким циклом регулювання, адаптивне забезпечує зниження затримок на 10...60%. Чим більше знижується інтенсивність,

порівняно з тією, для якої розраховано час основного такту, тим більше зниження затримок.

Основи координованого управління.

Координованим управлінням називається злагоджена робота ряду світлофорних об'єктів з метою скорочення затримок транспортних засобів.

Принцип координації полягає в включенні на наступному перехресті по відношенню до попереднього зеленого сигналу світлофора з деяким зрушенням, величина якого залежить від часу руху транспортних засобів між цими перехрестями. В результаті транспортні засоби прибувають до наступного перехрестя в момент, коли там вмикається дозволяючий сигнал. Цей спосіб управління ще називається «зеленої хвилею».

Для організації координованого управління необхідне виконання наступних умов:

1. Наявність не менше двох смуг руху в кожному напрямку. Якщо ми закладаємо певний час зсуву фаз, час руху автомобілів має йому відповідати. Будь-які затримки на перегоні призводять до зниження швидкості, збільшення часу і, відповідно, автомобілі прибудуть до наступного перехрестя з запізненням. Чим вуже проїжджа частина, тим більша ймовірність затримок. Наявність декількох смуг для руху в одному напрямі зводять до мінімуму можливі затримки транспортних засобів під час руху на перегоні і автомобілі можуть рухатися з розрахунковою швидкістю.

2. На всіх перехрестях, що входять в систему координації, повинен бути однаковий цикл світлофорного регулювання, чим забезпечується необхідна періодичність зміни сигналів світлофорів та збереження необхідного зсуву включення фаз.

3. Відстань між сусідніми перехрестями, обладнаними світлофорами не повинна перевищувати 800 м. Ця вимога пов'язана з процесом утворення групи або пачки автомобілів. Безпосередньо за перехрестям інтенсивність групи близька до потоку насичення. Потім група починає розтягуватися через збільшення дистанції між автомобілями. Крім того, різні автомобілі мають різні динамічні характеристики. Приблизно через 500-600 м довжина групи в часі збільшується в два рази. За даними спостережень встановлено, що група повністю розпадається через 800...1000 м. Тому прибуття автомобілів до перехрестя, віддаленого від попереднього на таку відстань, матиме випадковий характер і взаємозв'язок по потоку з попереднім перехрестям, і часу дозволяючого сигналу не вистачить для пропуску всіх автомобілів. Саме груповий характер потоків відіграє головну роль при організації координованого управління.

Важливе значення має правильне визначення часу зсуву фаз, а отже, визначення (або задавання) середньої швидкості руху на перегоні. Зазвичай в якості розрахункової приймається швидкість, яку не перевищує 85% автомобілів групи. Ця швидкість визначається методом натурних спостережень. Зазвичай

приймають швидкість 50...55 км/год. Задавати максимально дозволена швидкість не можна, оскільки в цьому випадку максимальні швидкості перевищуватимуть дозволена.

Якщо на окремих перегонах середні швидкості руху мало відрізняються один від одного, приймають єдину розрахункову швидкість на всій ділянці координованого управління – це самий кращий варіант. Але бувають випадки, коли для будь-якого перегону встановлюють свою розрахункову швидкість.

Це все вихідні положення для розрахунку координованого управління. Методів розрахунку досить багато.

Графоаналітичний метод розрахунку координованого управління.

Сутність графоаналітичного методу розрахунку координованого управління полягає в наступному:

- на підставі вихідних даних розраховують режими регулювання для всіх світлофорних об'єктів як для ізольованих перехресть;
- перехрестя, для якого отримана максимальна тривалість циклу, є найбільш завантаженим і називається ключовим;
- з огляду на те, що при координованому управлінні тривалість циклів на всіх перехрестях повинна бути однаковою, в подальшому в якості розрахункової приймається тривалість циклу ключового перехрестя. Таким чином, оптимальний цикл регулювання буде тільки на ключовому перехресті, на інших він буде надлишковим;
- після визначення єдиного розрахункового циклу для всіх перехресть, що входять в систему координації, визначають відповідні йому тривалості основних тактів для кожного перехрестя;
- на міліметровому папері в координатах «шлях»-«час», з дотриманням масштабів, на вертикальній осі наносять схематичний план магістралі із зазначенням відстаней між перехрестями. Вправо від кордонів перехресть проводять лінії, паралельні горизонтальній осі. На горизонтальній осі, відповідної ключовому перехрестю, наносять повторювані сигнали світлофора;
- від початку зелених сигналів проводять похилі до горизонталі лінії, кут нахилу яких відповідає розрахунковій швидкості руху автомобілів по магістралі.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{V_p \cdot M_t}{3,6 \cdot M_l}, \quad (11.7)$$

де M_t – масштаб часу, с/см;

M_l – масштаб відстані, м/см;

- паралельно цим лініям на відстані (0,4...0,5) $T_{\text{ц}}$ проводять похилі лінії під тим же кутом. Отримана смуга називається «стрічкою часу». Якщо графік руху автомобіля знаходиться всередині цієї стрічки, йому гарантовано невинний рух;

- аналогічну «стрічку часу» тієї ж ширини під тим же кутом наносять для зустрічного напрямку;

- на горизонтальні лінії, відповідні іншим перехрестям, наносять повторювані послідовності сигналів світлофора таким чином, щоб зелені сигнали охоплювали ділянки, зайняті обома «стрічками часу»;

- якщо ділянка, зайнятий обома «стрічками часу» більше зеленого сигналу на будь-якому перехресті, тобто одна з «стрічок часу» потрапляє частково на заборонний сигнал, необхідне коригування графіка. Коригування здійснюється наступними шляхами:

- 1) зменшенням ширини «стрічки часу» (але не менше ніж до $0,3T_{ц}$);
 - 2) зміною розрахункової швидкості руху автомобілів (але не більше, ніж на 10%);
 - 3) зміною тривалості зеленого сигналу світлофорів на перехрестях, які не є ключовими;
- визначається необхідне зрушення початку циклу регулювання на всіх перехрестях щодо першого (рис. 11.4).

Оцінка ефективності введення координованого управління.

Оцінка ефективності координованого управління визначається зазвичай після впровадження системи. Показником є ступінь зниження часу проїзду автомобіля від початкового до кінцевого пункту магістралі, на якій впроваджується система координації.

Показником ефективності може також служити коефіцієнт невпинного проїзду перехрестя:

$$\beta = \frac{N - Z}{N}, \quad (11.8)$$

де N – інтенсивність руху транспортних засобів через перехрестя

Z – кількість транспортних засобів, що зупинилися на перехресті перед заборонним сигналом світлофора.

Координоване управління вважається ефективним, якщо $\beta > 0,8$. Це означає, що 80% транспортних засобів проходять перехрестя безупинно.

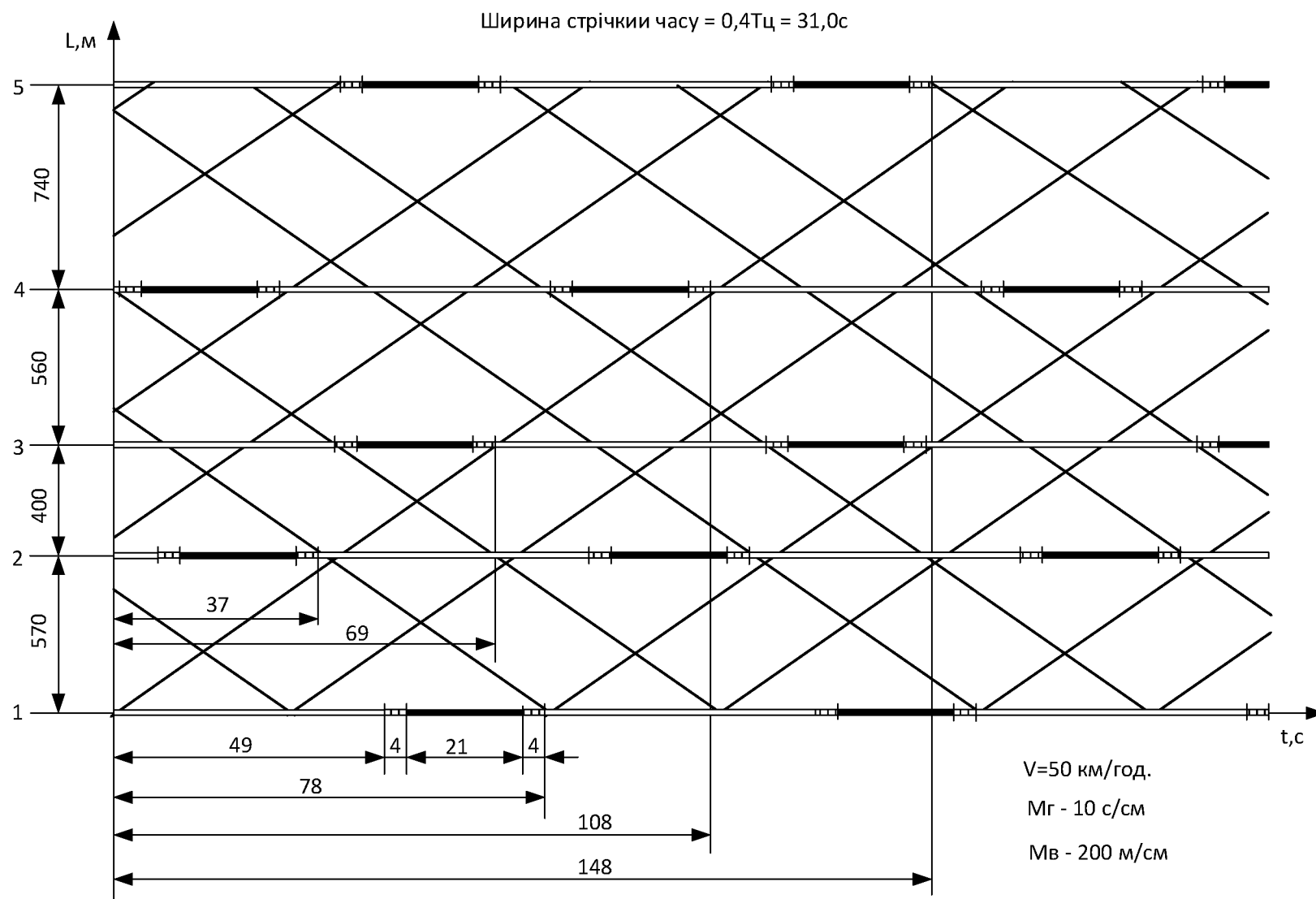


Рисунок 11.4 – Графік координованого управління

Лекція 12. Оцінка організації світлофорного регулювання

Основні питання:

1. Оцінка небезпеки регульованих перетинань.
2. Оцінка затримок на перехресті.
3. Оцінка якості схеми організації світлофорного регулювання.

Оцінка організації світлофорного регулювання виконується за кількома показниками:

1. Оцінка небезпеки перетину.
2. Оцінка затримок на перехресті.
3. Якість схеми організації світлофорного регулювання.

Оцінка небезпеки перетину.

Оцінка небезпеки перетину виконується за допомогою показників, що характеризують можливу кількість дорожньо-транспортних пригод на 10 млн. автомобілів, що проїхали через перехрестя.

На регульованому перехресті можливі наступні види ДТП:

- зіткнення транспортних засобів в конфліктних точках;
- наїзди на пішоходів;
- зіткнення транспортних засобів на під'їзді до перехрестя (наїзди ззаду)

Небезпека конфліктних точок на перетині із світлофорним регулюванням (табл. 12.1) визначається за формулою:

$$q_i = k_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-2}, \quad (12.1)$$

де M_i і N_i – інтенсивності транспортних потоків в конфліктних точках;

k_i – відносна аварійність конфліктної точки, ДТП/10млн. авт.

За наведеною формулою, використовуючи вказані значення коефіцієнтів відносної аварійності, розраховують можливу кількість ДТП в кожній конфліктній точці.

Розглянемо, наприклад, перехрестя з трифазною схемою світлофорного регулювання (рис.12.1).

У першій фазі при такій схемі пофазного роз'їзду 8 конфліктних точок - 4 конфліктних точки відхилення, 2 конфліктні точки перетину, 2 - злиття. У другій фазі 2 конфліктні точки відхилення і в третій фазі конфліктні точки відсутні. Разом 10 конфліктних точок. При двофазному регулювання у нас було б 16 конфліктних точок, а на нерегульованому перехресті, ми з вами визначали – 32.

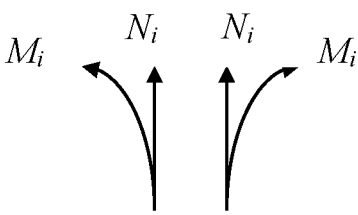
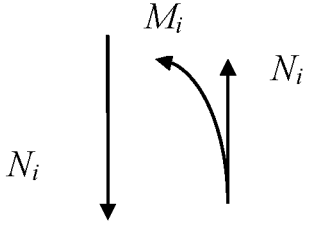
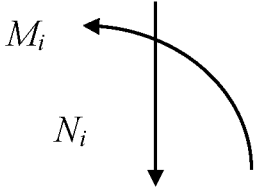
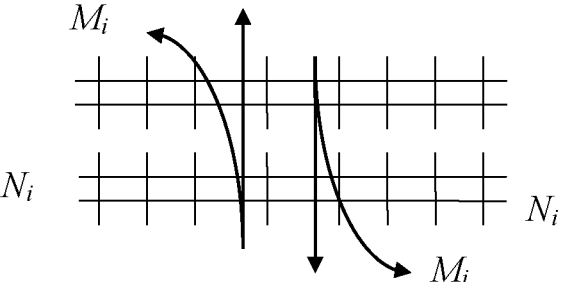
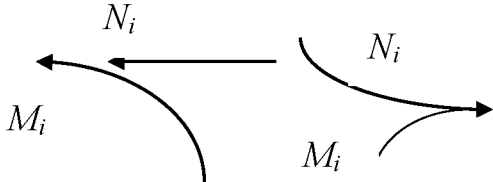
Крім конфліктних точок на самому перехресті, транспортні засоби конфліктують між собою на підході до перехрестя – можливі наїзди ззаду. Причому ця небезпека більше, ніж в будь-якій конфліктній точці всередині перехрестя. Можлива кількість наїздів у стоп-лінії розраховується за формулою:

$$g_n = K_n \cdot N_{\sum n} \cdot 10^{-2}, \quad (12.2)$$

де $K_n = 0,012425$ - відносна аварійність наїздів у стоп-лінії, ДТП/10 млн. авт.;

$N_{\Sigma n}$ – сумарна годинна інтенсивність руху через перехрестя авт./год.

Таблиця 12.1 – Конфліктні точки на регульованому перехресті

	Схема	K_i , ДТП/10 млн. авт.
1. Відхилення транспортних потоків		0,0001
2. Відхилення лівоповоротного і прямого потоку при наявності перешкод з інших смуг		0,000102
3. Перетин лівоповоротного потоку з прямим		0,000048
4. Перетин автомобільного потоку з трамвайним		0,000207
5. Злиття транспортних потоків		0,000968

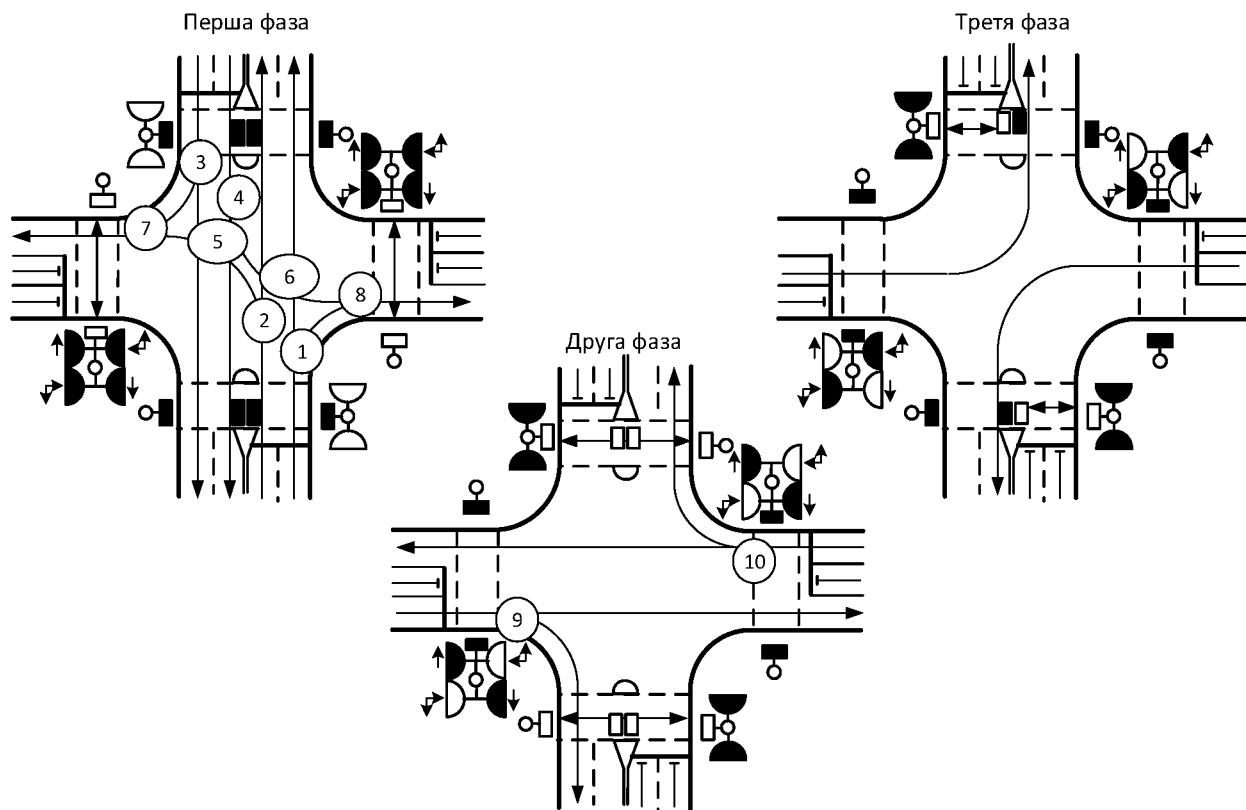


Рисунок 12.1 – Трифазна схема світлофорного регулювання

Як бачите, найбільш небезпечними точками при світлофорному регулюванні є наїзди у стоп-лінії і злиття на одній смузі. При вдосконаленні організації руху за рахунок планувальних рішень ці конфліктні точки підлягають усуненню в першу чергу.

Можлива аварійність у всіх конфліктних точках транспортних засобів між собою визначається за емпіричною формулою:

$$G_p = -0,468 + g_H + \sum_{i=1}^n g_i, \quad (12.3)$$

де n – кількість конфліктних точок, в яких конфліктують транспортні потоки на перехресті.

Крім конфліктів транспортних засобів між собою, вони конфліктують також з пішоходами, якщо не виділяється окрема пішохідна фаза регулювання, або при трифазній схемі (або з великим числом фаз) можлива така організація транспортних і пішохідних потоків, при якій вони не конфліктують.

Для оцінки можливої кількості ДТП з пішоходами використовується емпірична формула, отримана на основі регресійного аналізу:

$$G_{\Pi} = 0,0025 + 0,0009 \sum_{i=1}^k (N_{Ti} \cdot \sqrt[4]{N_{\Pi i}}), \quad (12.4)$$

де N_{Ti} – годинна інтенсивність транспортних потоків

$N_{\Pi i}$ – годинна інтенсивність пішохідного потоку у конфліктній точці пішохідного переходу, авт./год.;

k – кількість точок, в яких конфліктують транспортні і пішохідні потоки.

Знаючи можливу кількість ДТП транспортних потоків між собою і з пішоходами, можна визначити загальну можливу кількість ДТП за рік:

$$G = G_p + G_{п.} \quad (12.5)$$

Рівень забезпечення безпеки руху на регульованому перехресті так само, як і на не регульованому, оцінюється відносним показником аварійності:

$$K_a = \frac{G \cdot K_n K_p \cdot 10^7}{25 \cdot N_{\Sigma}}, \quad (12.6)$$

де N_{Σ} – сумарна годинна інтенсивність руху транспортних засобів через перехрестя, авт / год;

K_p – коефіцієнт річної нерівномірності інтенсивності руху (якщо немає уточнених вихідних даних, приймається $K_p = 0,12$).

K_n – коефіцієнт нерівномірності руху протягом доби (якщо немає уточнених вихідних даних, приймається $K_n = 0,1$).

За значенням відносного показника аварійності можна зробити висновок про ступінь небезпеки перетину:

Якщо $K_a < 3$, перетин вважається безпечним,

$3 < K_a < 8$ – перетин вважається малонебезпечним,

$8 < K_a < 12$ – перетин вважається небезпечним,

$K_a > 12$ – перетин вважається дуже небезпечним.

Оцінка якості організації руху.

Ми говорили з вами, що за час циклу на перехрестя прибуває $T_{ц} N_i$ кількість автомобілів. Ці автомобілі залишають перехрестя за час основного такту з інтенсивністю потоку насичення $t_{oi} M_{ni}$:

$$T_{ц} \cdot N_i = t_{oi} \cdot M_{ni} \cdot \quad (12.7)$$

Виходячи з цього співвідношення, ми розраховували з вами фазові коефіцієнти. Потім вибирали з них найбільші і по ним розраховували основні такти. Але рівність – це крайній випадок. Практично, використовуючи формулу Вебстера у нас час основного такту виходить трохи більше і відношення

$$\frac{T_{ц} \cdot N_i}{t_{oi} \cdot M_{ni}} = X < 1 \quad (12.8)$$

буде менше одиниці навіть для того напрямку, за яким обраний фазовий коефіцієнт. Для напрямку, де фазовий коефіцієнт менше, він може бути істотно менше 1.

Це відношення називається ступенем насичення напрямку руху. Тобто це відношення середнього числа прибуваючих автомобілів до перехрестя протягом циклу до максимального числа автомобілів, які можуть покинути його за час основного такту.

Зрозуміло, що ступінь насичення напрямку руху не повинна перевищувати 1 і навіть бути їй рівній. Це вже заторовий стан.

Для забезпечення деякого резерву пропускної здатності перехрестя при світлофорному регулюванні слід прагнути до того, щоб значення X не перевищували значень 0,85-0,9.

Але чим менше у нас буде ступінь насичення, тим більше будуть затримки транспортних засобів. Тому малі значення ступеня насичення теж погано.

Затримки транспортних засобів.

Затримки транспортних засобів залежать від режиму роботи світлофорної сигналізації, від ступеня насичення напрямків руху.

Як і в разі нерегульованого перетину, затримки оцінюються середньою затримкою одного автомобіля в цьому напрямку руху.

Якщо припустити, що прибуття буде рівномірним, то затримка буде дорівнювати половині часу, протягом якого рух заборонено.

$$t_{\Delta} = \frac{T_y - t_o}{2}. \quad (12.9)$$

Але ми говорили з вами, що нерівномірний інтервал прибуття – це не реальний варіант. Це може бути тільки в разі, якщо інтенсивність дуже висока, близька до пропускної здатності.

Зазвичай, для ізольованого перехрестя прибуття є випадковим процесом.

Випадковий процес прибуття враховує формула Вебстера, яка набула широкого поширення в практиці управління дорожнім рухом:

$$t_{\Delta} = \frac{T_y(1 - \lambda_i)}{2(1 - \lambda_i \cdot X_i)} + \frac{X_i^2}{2 \cdot N_i(1 - X_i)} - 0,65 \left(\frac{T_y}{N_i^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot X_i^{(2+5 \cdot \lambda_i)}, \quad (12.10)$$

де $\lambda = \frac{t_{oi}}{T_y}$ – відношення тривалості зеленого сигналу в цій фазі до тривалості циклу.

Перший доданок дозволяє визначити затримку при регулярному (рівномірному) прибутті автомобілів до перехрестя. При повністю насиченій фазі, тобто коли $X = 1$, вона перетворюється в формулу $t_{\Delta} = \frac{T_y - t_o}{2}$.

Друга складова враховує випадковий характер прибуття автомобілів. Вона отримана на основі теорії масового обслуговування.

Третя складова є коригуючим членом і дозволяє враховувати похибку при розрахунку затримок за першими двома складовими. В середньому ця похибка не перевищує 10% і для практичних розрахунків досить перших двох.

Для орієнтовних розрахунків формула Вебстера може бути спрощена в результаті врахування тільки першого члена, а похибка, що виходить, враховується коефіцієнтом 0,9

$$t_{\Delta} = 0,9 \frac{T_y(1 - \lambda_i)}{2(1 - \lambda_i \cdot X_i)} = 0,9 \frac{M_i(T_y - t_{oi})^2}{2 \cdot T_y \cdot (M_i - N_i)} \quad (12.11)$$

після розрахунків затримок по кожному напрямку розраховують середню

затримку автомобіля \bar{t}_Δ , як середньозважене значення затримок всіх автомобілів для всіх напрямків:

$$\bar{t}_\Delta = \frac{\sum_1^n (t_{\Delta i} \cdot N_i)}{\sum_1^n N_i}, \quad (12.12)$$

де N_i – інтенсивність руху транспортних засобів в i -му напрямку
 $t_{\Delta i}$ – середня затримка одного автомобіля, який рухається в i -му напрямку

n – кількість напрямків.

Далі визначають затримки автомобілів на перехресті за рік:

$$T_\Gamma = \frac{365 \cdot N_\Sigma \cdot \bar{t}_3}{k_H \cdot 3600}, \quad (12.13)$$

де N_Σ – сумарна інтенсивність руху на перехресті, авт./год. ;

\bar{t}_3 – середній час затримки, с;

k_H – коефіцієнт добової ($k_H = 0,1$).

Лекція 13. Методи вдосконалення ОДР на нерегульованих перетинаннях

Основні питання:

1. Саморегульовані перехрестя.
2. Умови організації кільцевого руху. Переваги і недоліки кільцевого руху.
3. Перетинання в різному рівні. Типи перетинань. Переваги і недоліки.

Саморегульовані (кільцеві) перетини

Кільцевий рух застосовують в вузлах автомобільних доріг, на перетинах міських вулиць і особливо на площах зі складною конфігурацією і примиканням багатьох вулиць.

Для кільцевого руху характерний пристрій центрального острівця, навколо якого відбувається односторонній рух транспортного потоку (рисунок 13.1).

Центральний острівець може мати форму не тільки кола, а й інші форми в залежності від конфігурації площі і кількості проїздів, що входять на такий вузол (як правило, чотири і більше – при більшій кількості входять вулиць ефект організації кругового руху збільшується).

Кільцеві перетини щодо забезпечення безпеки руху займають проміжне положення між нерегульованими перетинами в одному рівні і перетинами в різних рівнях.

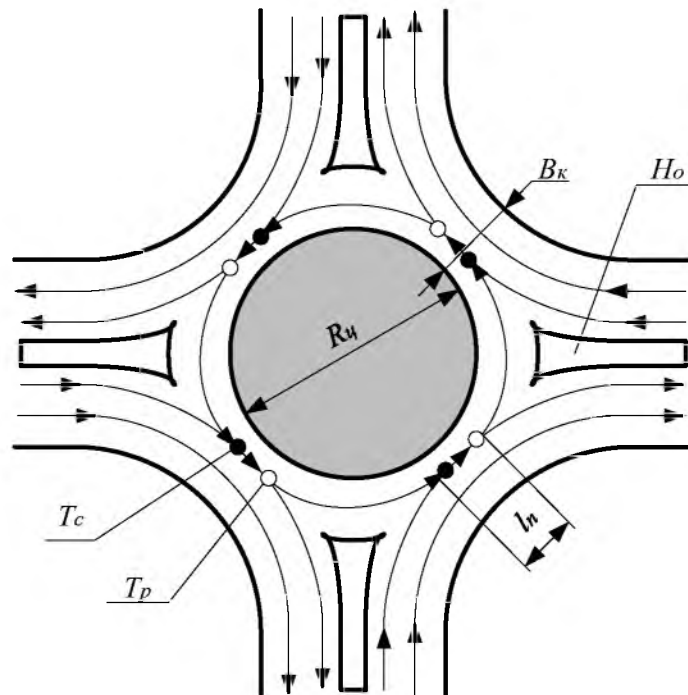


Рисунок 13.1 – Схема елементів розв'язки з круговим рухом: $R_{ц}$ – радіус центрального острівця; $l_{п}$ – лінія переплетення; $B_{к}$ – ширина проїжджої частини; $H_{о}$ – направляючий острівця; $T_{с}$ – точка злиття; $T_{р}$ – точка відхилення

До основних переваг кільцевого (саморегульованого) перетину відносяться:

1. Відсутність конфліктних точок перетину і заміна їх злиттями та розгалуженнями потоків при русі транспортних засобів в будь-якому напрямку. У порівнянні з хрестоподібним нерегульованим перетином, на перехресті з такою організацією руху замість 32 конфліктних точок залишається вісім – 4 злиття і 4 відхилення потоків. Дорожньо-транспортні події, що відбуваються при цьому, відрізняються незначними наслідками, в зв'язку з чим такі перетини в одному рівні вважаються мало небезпечними. Досвід експлуатації показує, що заміна нерегульованого хрестоподібного перетину кільцевих дозволяє знизити аварійність в 1,5-3,0 рази.

2. Примусове зниження швидкості транспортних засобів на підході до перехрестя і за рахунок цього підвищення безпеки руху. Залежність швидкості руху на кільці від радіуса центрального острівця представлена в таблиці 13.1.

Таблиця 13.1 – Залежність швидкості руху від діаметра центрального острівця

Радіус центрального острівця, м	15	30	40	50	60	70
Розрахункова швидкість, км/год.	25	33	38	42	46	48

3. Стабільна надійність роботи розв'язки руху на відміну від регулювання

світлофорами, схильного до відмов, під час яких порушується чіткість взаємодії водіїв та, як наслідок, можливі випадки зіткнення транспортних засобів.

4. Безперервність транспортного потоку. На відміну від регульованих перетинів тут відсутнє примусове очікування можливості проїзду при відсутності транспортних потоків в конфліктуючому напрямку.

5. На відміну від нерегульованих нерівнозначних перетинів вхідні потоки вливаються в основний, здійснюючи тільки правий поворот, при якому граничний інтервал мінімальний і становить 4...5 с. Ця обставина поряд з попередньою перевагою, істотно скорочує затримки на перетині.

6. Відсутність великих капітальних і експлуатаційних витрат, як при введенні світлофорного регулювання.

Завдяки зазначеним перевагам в багатьох країнах кільцеві перетини в одному рівні набули широкого поширення, оскільки дозволяють без значних капіталовкладень значно поліпшити умови руху. До основних недоліків такої організації руху відносяться необхідність достатньої площі для розміщення центрального острівця і складність, в порівнянні з нерегульованим перехрестям, організації руху пішоходів.

Будівельна площа перехресть, в межах якої можлива організація руху транспортних засобів і пішоходів, визначається червоними лініями. Ми говорили, що червоними лініями визначаються в містобудівній документації межі існуючих та запроектованих вулиць, доріг, площ, які поділяють території забудови та території іншого призначення. Згідно ДБН В.2.3-5-2001 ширину вулиць і доріг визначають з урахуванням їх категорій та залежно від розрахункової інтенсивності руху транспорту і пішоходів, типу забудови, рельєфу місцевості, вимог охорони навколишнього природного середовища, розміщення підземних інженерних мереж, зелених насаджень і в межах червоних ліній приймають, м:

- магістральні дороги 50-90;
- магістральні вулиці:
 - загальноміського значення 50-80;
 - районного значення 40-50;
- вулиці місцевого значення (житлові) 15-35;
- селищні і сільські вулиці (дороги) 15-25.

Магістральні дороги становлять незначну частку загальної протяжності міських доріг. Вони, як правило, виконуються з перетинами в різних рівнях. Вулиці та дороги місцевого значення характеризуються значною протяжністю, але незначною інтенсивністю (до 200 авт./год. на житлових вулицях) руху транспортних засобів. Магістральні вулиці загальноміського та районного значення характеризуються значною протяжністю і значною інтенсивністю, до 1200 авт./год. на смугу. З точки зору організації дорожнього руху на перетинах таких вулиць, вони є найбільш проблемними.

Оцінимо можливість організації саморегульованого руху на пересічних магістральних вулицях.

У практиці проектування кільцевих перетинів розрізняють кільцеві

перетини з малим (24-30 м) діаметром зовнішньої кромки кільцевої проїжджої частини, середнім (30-50 м) і великим (40-60 м). Згідно з рекомендаціями на магістральних вулицях загальноміського та районного значення слід використовувати кільцеві перетини із середнім діаметром кільця і 1-2 смугами руху на кільці.

Мінімальна відстань між червоними лініями в діагональному вимірі при ширині вулиць 40 м становить 56 м, (при 50-70 м) при 80 м – 113 м. (рис. 13.2). При мінімальній ширині тротуарів 5 м на такий будівельній площі можлива організація кругового руху з діаметром зовнішньої кромки кільцевої проїжджої частини від 30 до 100 м.

Діаметр центрального острівця визначає швидкість руху на кільці. Оптимальна швидкість руху на кільці може бути встановлена виходячи з трьох умов: досягнення найбільшої пропускної здатності, найменшої величини транспортних втрат і забезпечення безпеки руху.

Розрахункова швидкість руху на кільці може бути встановлена виходячи з умов досягнення найбільшої пропускної здатності, найменшої величини транспортних втрат і забезпечення безпеки руху.

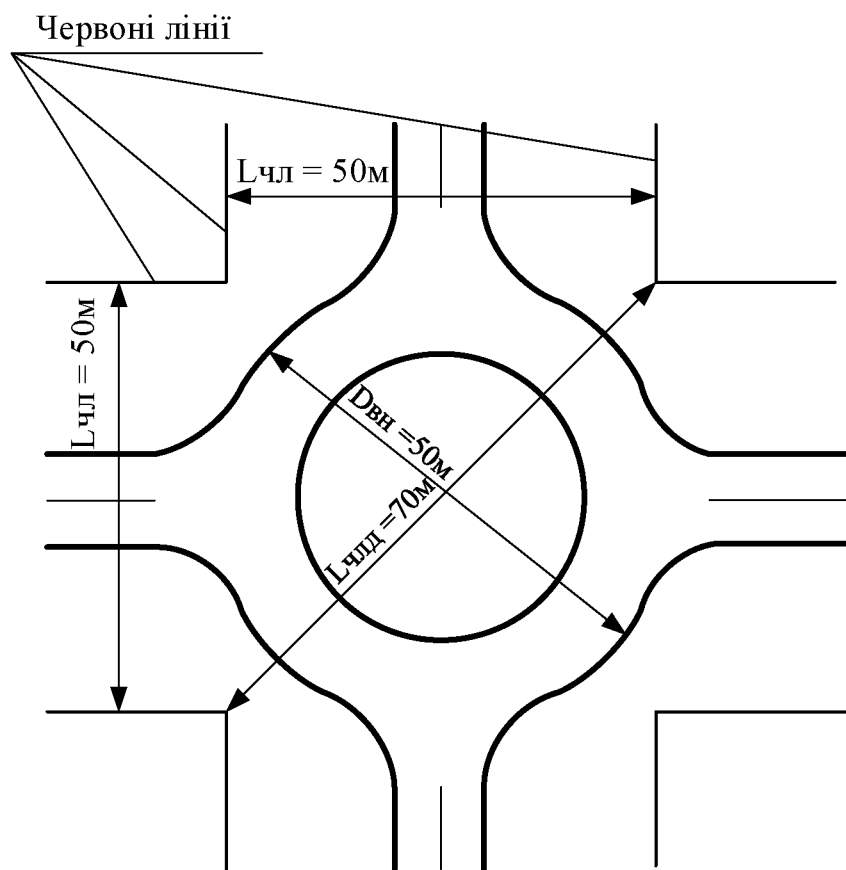


Рисунок 13.2 – Відстань в червоних лініях у діагональному вимірі

Найбільша пропускна здатність досягається при використанні для вливання в кільцевий потік гранично малих інтервалів між автомобілями.

Найменший граничний інтервал на кільцевих перетинах спостерігається при швидкості руху 25...30 км/год. Транспортні втрати будуть визначатися також різницею швидкостей руху на кільці і на підходах до перетину. З умови забезпечення безпеки руху швидкість на кільці повинна бути в межах 0,6...0,7 від фактичної на підходах. У таблиці 13.2 наведені значення розрахункових швидкостей для кожного з розглянутих умов.

Для міських умов рекомендована швидкість руху по кільцю складає 25...35 км/год. Така швидкість забезпечується при радіусі центрального острівця 25...35м.

Крім зазначених умов оптимізації, має забезпечуватися достатня відстань між вливаються на кільце вулицями для забезпечення необхідних маневрів – зони переплетення.

Таблиця 13.2 – Розрахункові швидкості руху на кільці для різних умов оптимізації

Умова	Розрахункова швидкість на кільці (км/год.) при швидкості руху на підходах, км/год.			
	40	60	80	100
Найбільша пропускна здатність кільця		25 - 30		
Забезпечення безпеки руху	25	36-42	55	70
Найменші транспортні втрати на перетині	25	30	40	45

Ширину кільцевої проїжджої частини вибирають з урахуванням інтенсивності руху. Разом з тим, збільшення кількості смуг руху більше двох-трьох в міських умовах не доцільно, оскільки через необхідність зміни смуг на коротких ділянках переплетення знижується пропускна здатність і безпеку руху.

Зона переплетення (злиття) на кільцевому перетині розташована між сусідніми вулицями, що вливаються на кільце. У загальному вигляді довжина зони переплетення L може бути розрахована за формулою

$$L_i = (r_1 - r_2) + \frac{b_1 + b_2}{2} + (n - 1)L_{зп}, \quad (13.1)$$

де r_1, r_2 – радіуси входу і виходу на кільце, м;

b_1, b_2 – ширина проїжджої частини вливаються доріг, м;

$L_{зп}$ – довжина зони злиття (або переплетення), м;

n – кількість смуг руху на кільці.

Якщо на кільці одна смуга руху, зона перестроювання зі смуги на смугу відсутня, і мінімальна довжина зони переплетення визначається двома першими доданками. При ширині вулиць, що входять на перехрестя, 7 м, радіусах входу і виходу на кільце – 8 м, і загальна довжина L при чотирьох вулицях, що входять, становитиме 23 м.

Оскільки саме вона визначає пропускну здатність перетину, внутрішній

діаметр кільця визначають через довжину цієї зони:

$$D_{\text{цо}} = \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^{l=k} L_i - nb_k, \quad (13.2)$$

де b_k – ширина проїжджої частини кільця, м;

L_i – відстань між осями двох сусідніх доріг, що вливаються на кільце по зовнішній кромці кільцевої проїжджої частини, м.

Мінімальний діаметр кільця, визначений через довжину цієї зони за формулою (13.2), складе при наших вихідних даних 27,3 м.

Якщо на кільці дві смуги руху, необхідно визначити довжину зони перестроювання:

$$L_{\text{зп}} = \frac{b_r}{\text{tg}\gamma}, \quad (13.3)$$

де γ – кут руху при перестроюванні.

Беручи максимальне значення $\gamma = 10^0$ і ширину смуги руху на кільці 3,5 м, отримуємо довжину зони перестроювання 20 м. У цьому випадку L буде дорівнювати 43 м, а необхідний діаметр острівця – 48 м. Діаметр кільця по зовнішній кромці складе 62 м.

Максимальна пропускна здатність зони переплетення може бути розрахована за формулою,

$$I_{\text{зп}} = I_{\text{мах}} \frac{e^{-(I_{\text{мах}}/3600)\Delta t_{\text{зп}}}}{1 - e^{-(I_{\text{мах}}/3600)\delta t_{\text{зп}}}}, \quad (13.4)$$

де $I_{\text{мах}}$ – велика з інтенсивностей руху на сусідніх смугах в зоні переплетення;

$\Delta t_{\text{зп}}$ – мінімальний інтервал руху на одній смузі, приймається для легкових автомобілів, 2,0 с, для вантажних – 2,5 с.

Основні недоліки кільцевих перетинів:

- складність організації пішохідного руху. При великій інтенсивності транспортних пішохідних потоків необхідно будівництво позавуличних пішохідних переходів;

- непридатність кільцевої схеми при наявності трамвайного руху;

- обмеженість пропускної здатності кільцевого вузла пропускною здатністю «лінії злиття»;

- необхідність значної вільної території.

Пропускна здатність кільцевого перетину є складним показником, що залежать від спільного впливу багатьох чинників, головним чином від величини геометричних елементів перетину і параметрів транспортного потоку.

Пропускна здатність кільцевих перетинів

Пропускною здатністю кільцевого перетину називається максимальне число автомобілів, яке може проїхати через кільцевий перетин за одиницю часу. Вона визначається пропускною здатністю в'їздів на перетин. Пропускна

здатність в'їзду – це максимальна кількість автомобілів, яка може в'їхати на перетин при заданій інтенсивності руху на кільці.

На пропускну здатність кільцевого перетину істотно впливає розподіл потоків за напрямками. Зі збільшенням кількості автомобілів, що проїжджають в прямому напрямку і здійснюють лівий поворот, пропускну здатність кільцевого перетину знижується.

Пропускна здатність в'їзду на кільцевий перетин визначається головним чином:

- шириною в'їзду (кількістю смуг руху на в'їзді);
- формою в'їзду;
- інтенсивністю руху на кільці;
- складом руху.

Довжина зони злиття (переплетення) і діаметр центрального острівця не мають істотного впливу на пропускну здатність в'їзду кільцевих перетинів.

Перетини в різних рівнях

Перетини автомобільних доріг і міських вулиць в різних рівнях дозволяють підвищити пропускну здатність перетину, знизити транспортні втрати та забезпечити безпеку руху на ньому. Необхідна пропускна здатність на такому перетині забезпечується за рахунок пропуску потоків в прямих напрямках у різних рівнях та будівництва спеціальних з'їздів для потоків, що повертають. Все це дозволяє усунути черги автомобілів, що чекають перед перетином, зменшити транспортні витрати при автомобільних перевезеннях. Більш висока в порівнянні з перетинами в одному рівні безпека руху на перетинах в різних рівнях забезпечується за рахунок виключення за найбільш завантаженими напрямками найнебезпечніших конфліктних точок перетину.

Вартість перетинів в різних рівнях дуже висока і може відрізнятись в кілька разів залежно від повноти розв'язки і рівня забезпечення зручності руху. Економічна доцільність розв'язки визначається зіставленням витрат на будівництво і економією за рахунок скорочення транспортних втрат і числа ДТП на перетині.

Перетини класифікують за повнотою розв'язки потоків, що повертають, по кількості рівнів перетину потоків і за схемою організації лівоповоротного руху.

За повнотою розв'язки потоків, що повертають, перетини бувають повні і неповні. Перетини в різних рівнях називають повними, якщо на них відсутні конфліктні точки перетину потоків і кожен з потоків, що повертає, рухається по окремому з'їзду. При відсутності хоча б одного з лівоповоротних з'їздів перетин відноситься до неповних, так як на ньому або не забезпечується рух в усіх напрямках, або є конфліктні точки перетину.

За кількістю рівнів, перетину потоків перехрестя поділяють на розв'язки у двох, трьох і чотирьох рівнях. Найбільш поширені розв'язки в двох рівнях. Транспортна розв'язка в трьох рівнях в 2,5-3,0 рази дорожче розв'язки в двох рівнях.

За схемою організації лівоповоротного руху перетини в різних рівнях ділять на:

Конюшинові (рис. 13.2) – влаштовуються при невеликих радіусах і при порівняно малому лівоповоротні русі.

Кільцеві (рис. 13.3) – влаштовуються при великих радіусах поворотів і значних розмірах руху, вимагають споруди додаткових шляхопроводів і займають велику територію.

Петльові (рис. 13.4) – здійснюються при невеликих радіусах і значних розмірах потоків, вимагають споруди додаткових шляхопроводів і займають велику територію.

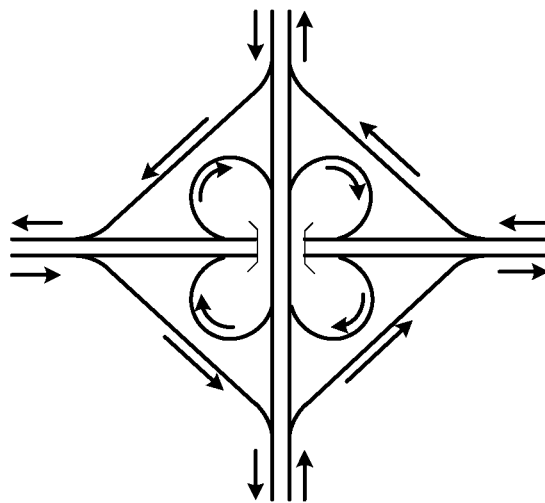


Рисунок 13.2 – Розв'язка «листя конюшини»

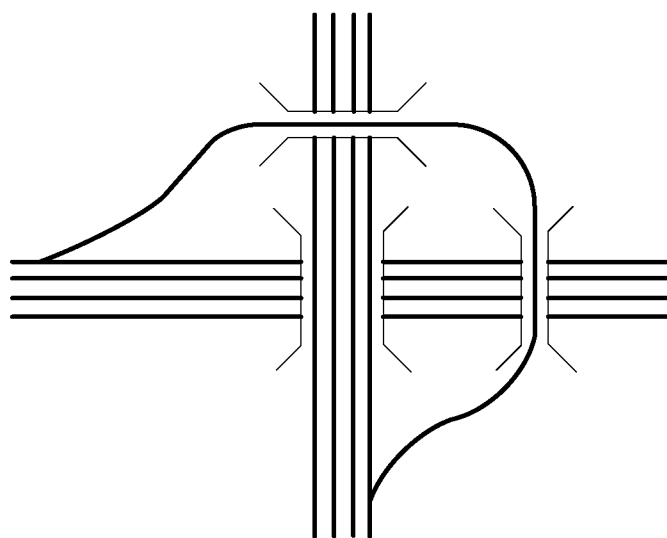


Рисунок 13.3 – Кільцева розв'язка в різних рівнях

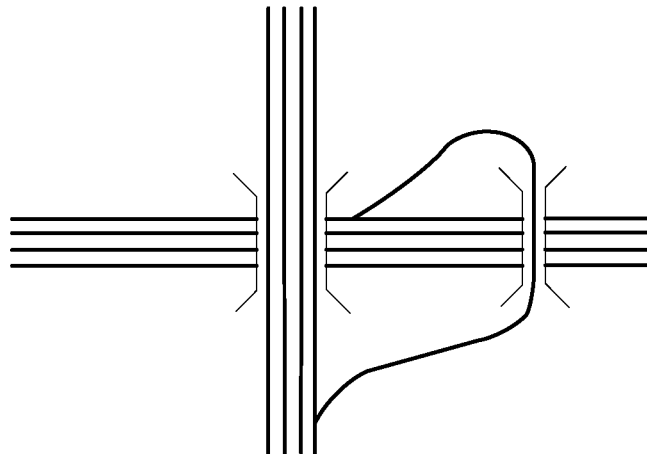


Рисунок 13.4 – Петльова розв'язка в різних рівнях

Через центр перетину (рис. 13.5) – здійснюються при великих радіусах і потоках, що перевищують 30% основного напрямку, займають невелику територію, але вимагають споруди при двох лівих поворотах третього рівня, а при трьох і чотирьох лівих поворотах – четвертого рівня. Спорудження для пропуску лівоповоротного потоку може бути розташоване як в одному перерізі зі спорудою для пропуску прямих пересічних потоків, так і з деяким зміщенням.

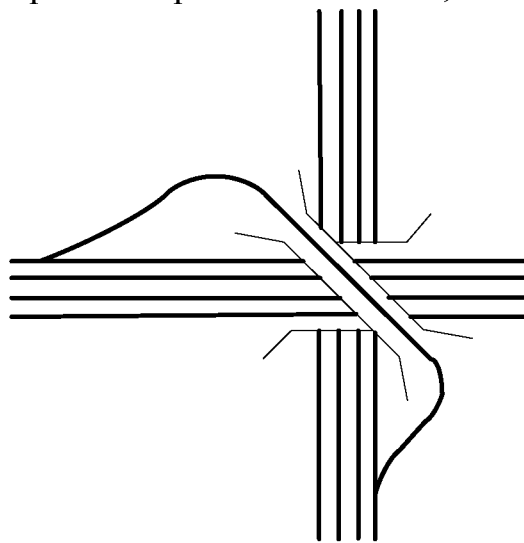


Рисунок 13.5 – Розв'язка в різних рівнях через центр перетину

Велике поширення на автомобільних дорогах і в містах отримали неповні перетини. З повних перетинів найбільш поширені розв'язки типу «лист конюшини».

Одна з головних труднощів вибору схеми і проектування транспортної розв'язки – організація лівоповоротного руху, забезпечити непересічні лівоповоротні потоки.

Все лівоповоротні з'їзди за характером створюваних ними конфліктних точок можна розділити на типи (рис.13.6):

- 1 – з'їзд на неповних розв'язках;
- 2 – петлевий з'їзд;

- 3, 4 – з'їзд з використанням кільця (або в 2-х, або в 3-х рівнях);
 5, 6 – напівпрямі з'їзди (з правої смуги, але без петлі);
 7, 8 – прямі з'їзди (з лівої смуги даного напрямку, міст через зустрічну смугу, широка розділова смуга)

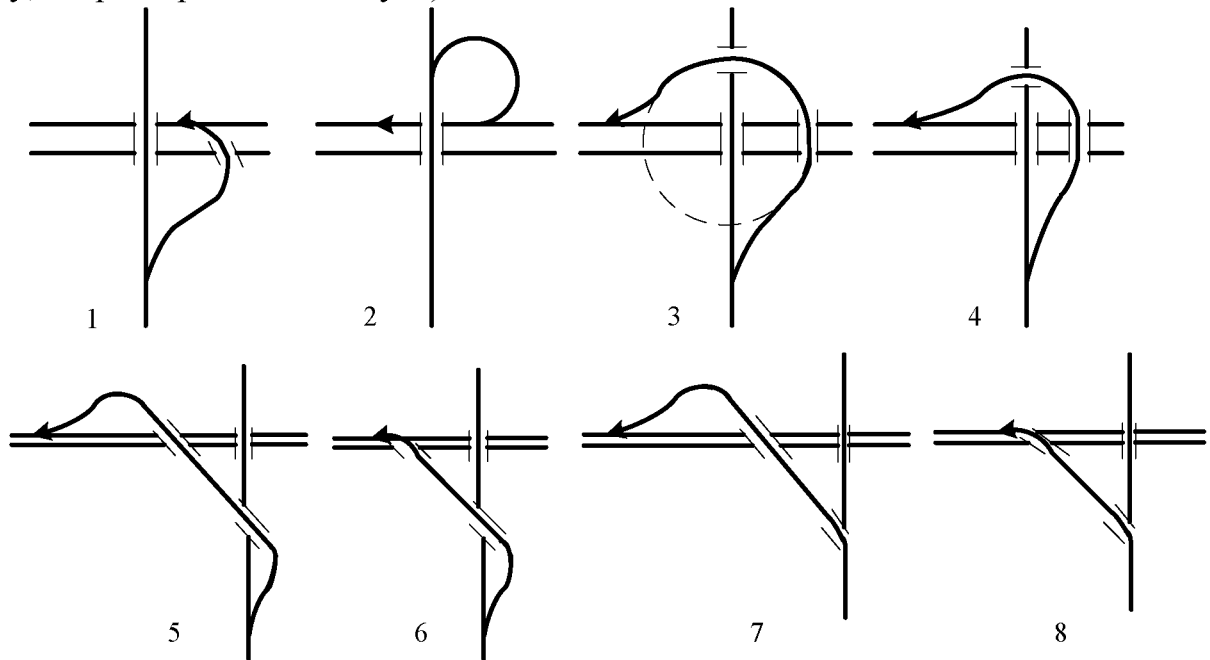


Рисунок 13.6 – Типи лівоповоротних з'їздів на транспортних розв'язках

Транспортна розв'язка «лист конюшини».

Розв'язки цього типу є найпоширенішими як на автомобільних дорогах, так і на міських магістралях.

Головна їхня перевага – повна розв'язка руху за допомогою одного шляхопроводу. Лівоповоротні з'їзди виконані за петлевою схемою і розташовані всередині кута, утвореного двома пересічними дорогами. Правоповоротні з'їзди проходять по найкоротшому напрямку.

Пропускна здатність окремих напрямків руху на розв'язці «лист конюшини» неоднакова. Найбільша пропускна здатність забезпечується на прямому напрямку на обох пересічних дорогах. Вона обмежується тільки кількістю смуг руху.

Пропускна здатність правоповоротних з'їздів обмежується зоною злиття потоків в місці примикання з'їзду до головної дороги. Пропускна здатність цієї зони може бути збільшена за рахунок влаштування перехідно-швидкісних смуг або додаткової смуги проїжджої частини головної дороги, що продовжує правоповоротний з'їзд.

Пропускна здатність лівоповоротних з'їздів обмежується двома зонами: переплетенням потоків на межпетлевій ділянці і зоною злиття з головною дорогою. Обмеження це може бути зменшено за рахунок влаштування перехідно-швидкісних смуг, але повністю усунути, особливо зону переплетення, не вдається. Тому розв'язки «лист конюшини» застосовують при відносно

невисокій інтенсивності лівого повороту (до 400 авт./год.) і рівномірного завантаження всіх напрямків руху або при перетині двох доріг, що суттєво розрізняються по інтенсивності поворотного руху, але з навантаженням на зону переплетення не більше 800 авт./год.

Обтиснутий «лист конюшини» (рис. 13.7), або сплющений «лист конюшини» - дуже поширений в міських умовах тип транспортного перетину в двох рівнях, коли необхідно забезпечити безперервний режим руху за двома напрямками.

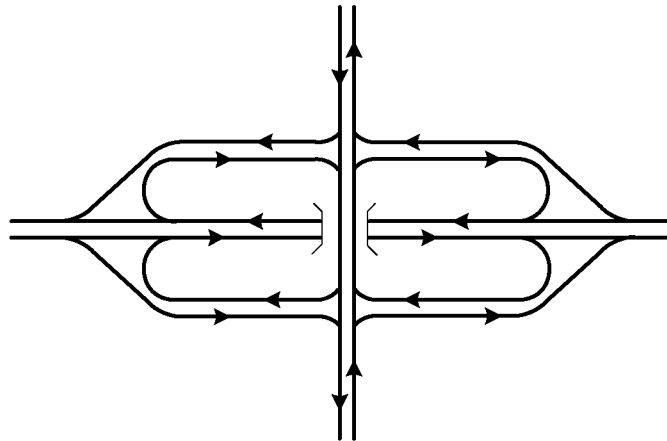


Рисунок 13.7 – Обтиснутий «лист конюшини»

Примикання типу «труба».

Застосовується на Т-образних перетинах. У транспортній розв'язці на таких примиканнях один з лівих поворотів виконується по петлевій схемі. Це дозволяє розв'язати рух за допомогою тільки одного шляхопроводу (рис. 13.8). У схемі розв'язки два лівоповоротних з'їзди – петлевий і напівпрямий. Петлевий з'їзд розташовують по менш напруженому напрямку, оскільки умови руху на ньому менш зручні, ніж на напівпрямому з'їзді: менший радіус кривої в плані, поворот на 270° , мала швидкість руху на вході на з'їзд. Напівпрямий лівоповоротний з'їзд дозволяє рухатися з більшою швидкістю і має вищу пропускну здатність, ніж петлевий.

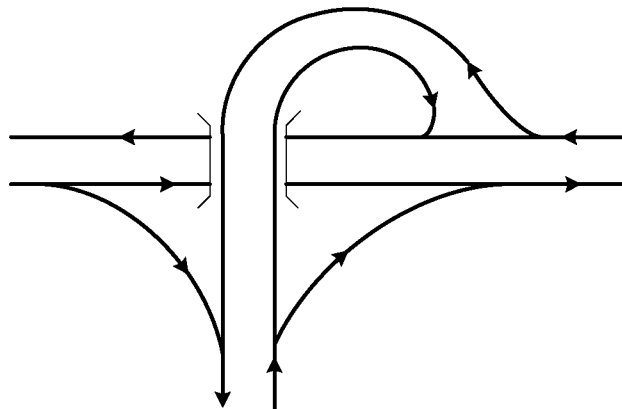


Рисунок 13.8 – Примикання типу «труба»

На пропускну здатність з'їздів кут перетину не впливає.

Пропускна здатність головної дороги (що має продовження в обидві сторони від розв'язки) обмежується тільки кількістю смуг руху. Перешкоди від поворотного руху відчують тільки крайні праві смуги. Ці перешкоди можуть бути зменшені за рахунок будівництва перехідно-швидкісних смуг або продовженням з'їздів самостійною смугою проїжджої частини.

Пропускна здатність правих поворотів обмежується зоною злиття з головною дорогою і може бути збільшена за рахунок перехідно-швидкісних смуг. Можливе обмеження пропускну здатності через наявність в плані з'їзду кривих малих радіусів, що знижують швидкість руху потоку, що повертає, нижче 40 км/год.

На пропускну здатність петлевого з'їзду впливають ті ж фактори, що і на розв'язці «лист конюшини», за винятком зони переплетення, яка на розв'язці «труба» відсутня.

Пропускна здатність напівпрямого з'їзду обмежується тільки зоною злиття з головною дорогою. При продовженні цього з'їзду окремою смугою пропускна здатність його буде залежати тільки від кількості смуг руху і, як мінімум, буде дорівнювати при односмуговому з'їзді пропускну здатності однієї смуги при вільному русі.

При дуже високій інтенсивності лівоповоротних потоків на примиканнях (розгалуженнях) доріг вищих категорій обидва лівоповоротні з'їзди можуть бути виконані за схемою напівпрямого або прямого повороту.

У міських умовах розв'язка «труба» так само, як «лист конюшини», зберігає схему руху, але змінює планування: мала ширина вулиць притискає з'їзди до основного транспортного спорудження. Радіуси лівоповоротних з'їздів при цьому зменшуються до 10-15 м. Підвищення пропускну здатності поворотних напрямків можливе на таких розв'язках тільки за рахунок збільшення кількості смуг руху на з'їздах і усунення зон злиття.

Для розміщення розв'язки «труба» необхідна ширина вулиці в червоних лініях більше 50 м.

Транспортна розв'язка з розподільним кільцем.

У розв'язках цього типу реалізована схема організації лівого повороту на кільцевих перетинах (рис. 13.9). Перевагами цієї схеми розв'язки є простота її планувального рішення, зрозумілість для водія. Залежно від інтенсивності руху по другорядній дорозі ця розв'язка може мати два шляхопроводи з виходом на розподільче кільце всього потоку з другорядного напрямку і п'ять шляхопроводів з виходом на розподільче кільце тільки поворотних потоків. Потоки прямих напрямків в останньому випадку проходять без перешкод.

Основний недолік цих розв'язок – мала пропускна здатність лівоповоротних напрямків. Це викликано обмеженням пропускну здатності зон переплетення на розподільчому кільці. Навіть при великих діаметрах

розподільного кільця пропускна здатність зони переплетення не досягає 1000 авт./год. Це означає, що на перетині двох рівнозначних доріг при розподільчому кільці з двома шляхопроводами пропускна здатність лівоповоротних напрямків буде становити не більше 250 авт./год., а з п'ятьма шляхопроводами – не більше 400 авт./год.

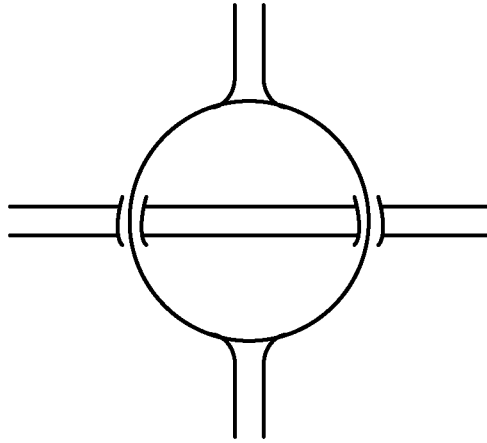


Рисунок 13.9 – Транспортна розв'язка з розподільним кільцем

Розподільне кільце в транспортній розв'язці доцільно при перетині дороги високої категорії на невеликій відстані відразу з декількома шляхами нижчих категорій. При перетині двох рівнозначних доріг розв'язка з розподільним кільцем за своїми транспортно-експлуатаційним показниками може конкурувати тільки з неповними транспортними розв'язками.

У міських умовах транспортна розв'язка з розподільним кільцем (рис. 13.10) застосовується досить широко, особливо на перетині магістральної вулиці з вулицями місцевого значення. Розподільне кільце дозволяє вивести на розв'язку кілька вулиць. Пропускна здатність кільця може бути збільшена введенням світлофорного регулювання та збільшенням кількості смуг руху.

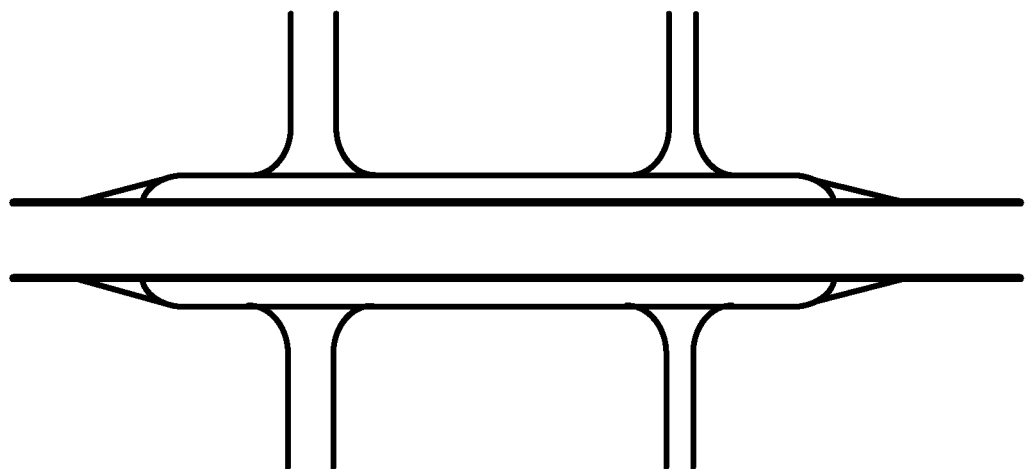


Рисунок 13.10 - Транспортна розв'язка з розподільним кільцем в міських умовах

Для розміщення розв'язки з розподільним кільцем необхідна ширина

вулиці в червоних лініях більше 50 м.

Пропускна здатність перетинів з розв'язкою руху в різних рівнях

Одного показника, що характеризує пропускну здатність всієї транспортної розв'язки, немає. Пропускні здатності з'їздів і прямих напрямків оцінюють зазвичай окремо. Це пояснюється тим, що, по-перше, закономірності формування руху прямих і повертають потоків неоднакові, і, по-друге, пропускна здатність з'їздів багато в чому визначається інтенсивністю і режимом руху основного напрямку, а пропускна здатність прямого напрямку – дорожніми умовами, існуючими на перетині доріг.

Пропускна здатність прямих напрямків на транспортній розв'язці залежить від кількості смуг руху проїжджої частини і планувального рішення розв'язки. На повних транспортних розв'язках пропускна здатність прямого напрямку розраховується так само, як і для вулиць безперервного руху, з урахуванням складу потоку і багатосмуговості руху. Виняток становить права крайня смуга, з якої сполучаються з'їзди розв'язки.

З урахуванням реальних умов пропускна здатність однієї смуги руху прямого напрямку транспортних розв'язок на автомагістралях становить 1100-1200 авт./год, в міських умовах – не більше 1000 авт./год.

Пропускна здатність з'їзду визначається пропускну здатністю трьох його ділянок – входу, смуги руху на з'їзді, виходу на головну дорогу – і дорівнює меншому з цих трьох значень.

Якщо вхід на з'їзд здійснюється з окремої смуги основного напрямку (точка А на рис. 13.11), то пропускна здатність входу буде дорівнювати пропускній здатності цієї смуги. У розрахунках ця пропускна здатність може змінюватися в залежності від поздовжнього ухилу від 600 до 800 авт./год.

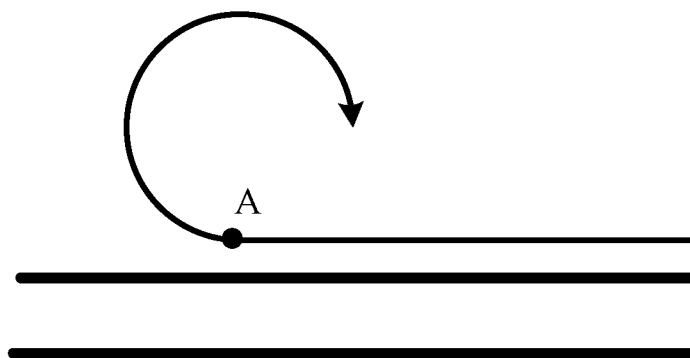


Рисунок 13.11 – Розташування точки входу на з'їзд з окремої смуги основного напрямку

Якщо вхід на з'їзд здійснюється з зони переплетення (точка В на рис. 13.12), пропускна здатність входу буде визначатися пропускну здатністю зони переплетення.

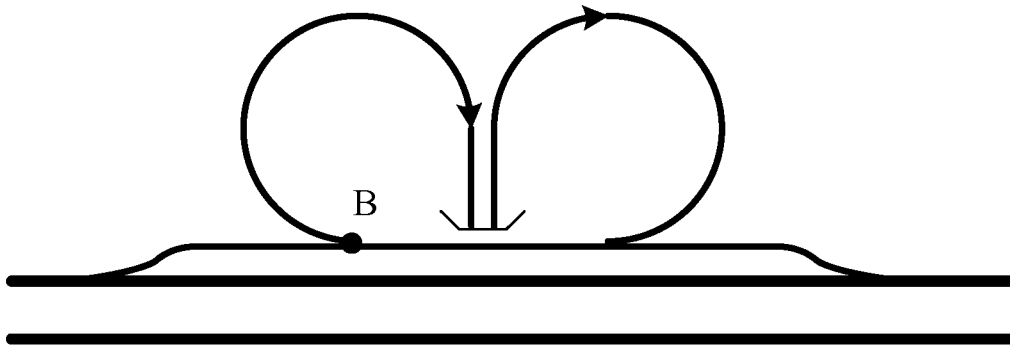


Рисунок 13.12 – Розташування точки входу на з'їзд з перехідно-швидкісної смуги з зоною переплетення

Якщо зона переплетення розташована на перехідно-швидкісній смузі, то максимальна кількість автомобілів, які можуть увійти на з'їзд,

$$N_{ex} = N_{nep} - N_B, \quad (13.5)$$

де N_{nep} – пропускна здатність зони переплетення;

N_B – кількість автомобілів, що виходять зі з'їзду в точці В.

Якщо перехідно-швидкісна смуга відсутня і з'їзди сполучаються безпосередньо з проїзною частиною основного напрямку, пропускна здатність входу на з'їзд (точки С на рис. 13.13) визначається з урахуванням інтенсивності руху N_{II} по правій смузі основного напрямку:

$$N_{ex} = N_{nep} - N_n - N_B. \quad (13.6)$$

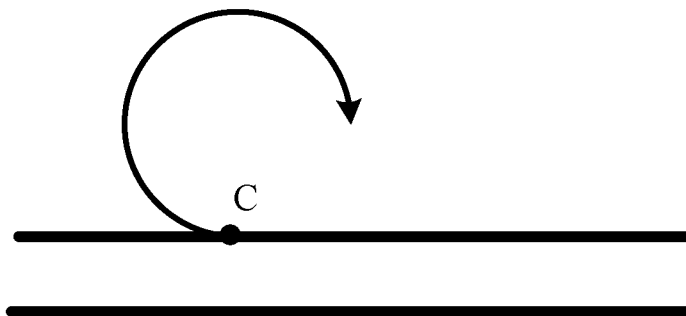


Рисунок 13.13 – Розташування точки входу на з'їзд за відсутності перехідно-швидкісної смуги з основного потоку

У реальних умовах при необмежених вході і виході пропускна здатність смуги петлевого з'їзду становить 600-650 авт./год. при швидкості руху 25-40 км/год. і 380-450 авт./год. при швидкості руху 10-25 км/год. Збільшення кількості смуг руху на з'їзді не дає збільшення його пропускної здатності, якщо вихід зі з'їзду організований по одній смузі.

Лекція 14. Організація дорожнього руху на ділянках мережі

Основні питання:

1. Організація однобічного руху.
2. Умови організації однобічного руху. Переваги і недоліки.
3. Умови організації однобічного руху.
4. Каналізація руху.
5. Вплив каналізації на безпеку руху.

Однобічний рух транспортних засобів

Введення однобічного руху на вулично - дорожній мережі міст є одним з найбільш ефективних заходів як з погляду забезпечення безпеки руху, так і з погляду зниження затримок, тобто підвищення швидкостей сполучення. Розглянемо два ці положення більш детально.

Підвищення безпеки руху

На перегонах підвищення безпеки руху обумовлено усуненням можливості зустрічних зіткнень. При двобічному русі на двохсмуговій дорозі будь-який маневр транспортних засобів, пов'язаний з обгоном, об'їздом перешкоди, автомобіля, що стоїть, ушкодженого або дорожнього покриття, що ремонтується й тощо пов'язані з виїздом на зустрічну смугу руху й потенційно небезпечний: може привести до зустрічного зіткнення (рис. 14.1).

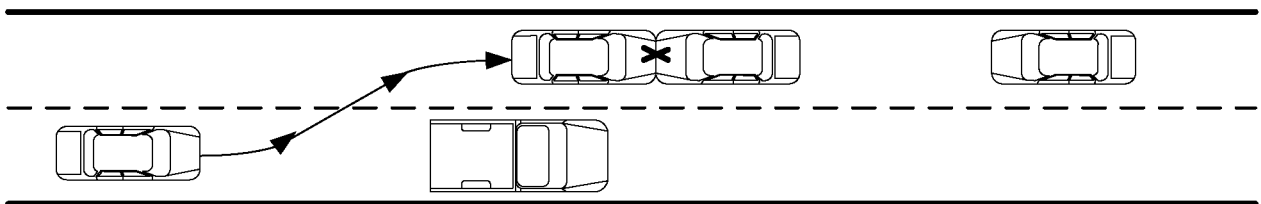


Рисунок 14.1 – Схема зустрічних зіткнень

При однобічному русі така небезпека повністю усувається, хоча залишається небезпека ДТП при злитті (рис. 14.2).

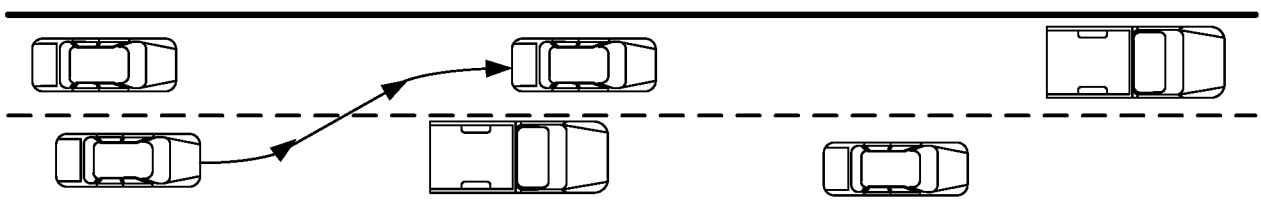


Рисунок 14.2 – Відсутність зустрічних зіткнень при однобічному русі

Однак ступінь небезпеки ДТП при зустрічному зіткненні набагато вище, ніж при злитті на одній смузі.

Підвищується також безпека руху транспортних засобів у темний час доби через відсутність осліплення водіїв світлом фар зустрічних автомобілів.

Знижується ступінь небезпеки перетинань дороги з однобічним рухом з дорогами як із двостороннім, так і з однобічним рухом. З попередніх лекцій ви пам'ятаєте, що при перетинанні двох доріг із двобічним рухом налічуються 32 конфліктні точки (рис. 9.1) із сумарним показником складності 112. Таке перетинання вважається складним.

При перетинанні доріг – однієї з однобічним рухом, іншої із двостороннім, одержуємо 14 конфліктних крапок із сумарним показником складності 41. Таке перетинання вважається перетинанням середньої складності.

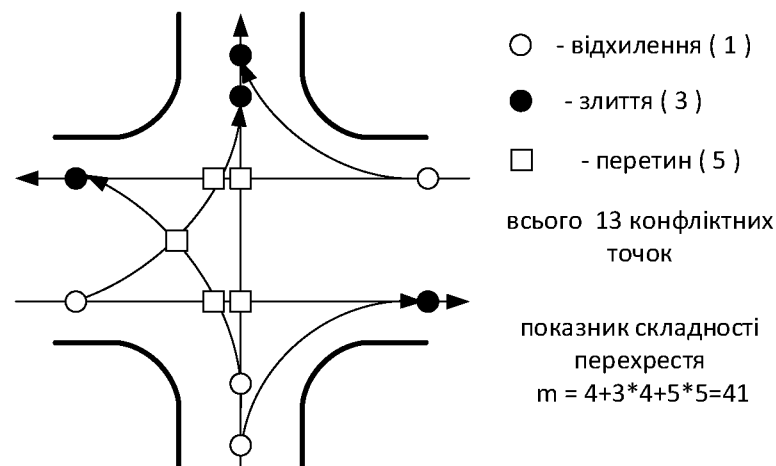


Рисунок 14.3 – Конфліктні точки і складність перехрестя на перетинанні дороги з однобічним рухом та дороги із двостороннім рухом

При перетинанні двох доріг з однобічним рухом кількість конфліктних крапок знижується до 5, сумарний показник складності до 13. Таке перетинання вважається простим.

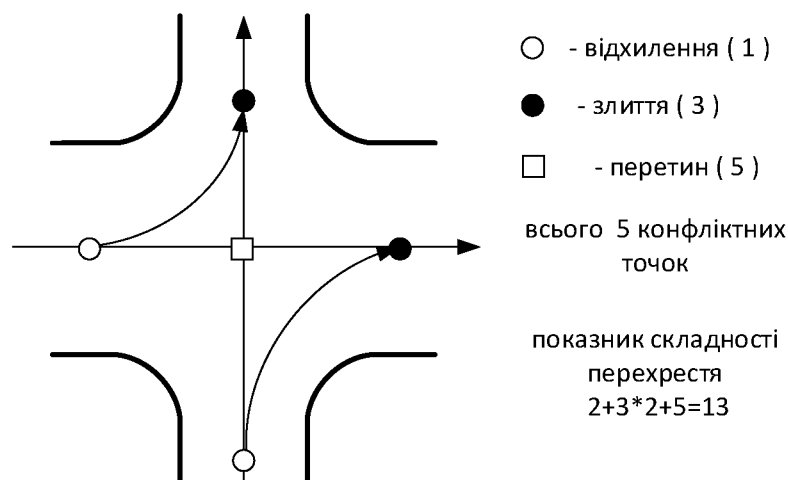


Рисунок 14.4 – Конфліктні точки і складність перехрестя на перетинанні доріг з однобічним рухом

Як наслідок зниження потенційної небезпеки при введенні однобічного руху реальне скорочення ДТП на таких дорогах становить від 20 до 50%. Це дані й нашої країни й ближнього й далекого зарубіжжя.

Зменшується при введенні однобічного руху й число наїздів на пішоходів. Пов'язано це з низкою факторів, у тому числі зі зменшенням кількості конфліктних крапок між транспортом і пішоходами; відсутністю зустрічних транспортних потоків, між якими може виявитися пішохід; при наявності світлофорного регулювання - руху автомобілів пачками, між якими створюються розриви, достатні для переходу дороги.

Разом з тим, зниження наїздів на пішоходів не настільки очевидно. На початку при введенні однобічного руху може спостерігатися деяке збільшення аварійності. Це пов'язане з декількома факторами:

- незвичайним напрямком руху транспорту для пішоходів, що переходять вулицю з лівого по ходу тротуару (ми звикли: переходячи вулицю – подивися ліворуч);

- при організації однобічного руху на досить широкій вулиці пішохід не має змоги очікувати проїзду транспорту на осьовій лінії або острівці безпеки;

- певну небезпеку представляє збільшення швидкості руху транспортних засобів, особливо на лівій смузі руху, безпосередньо пов'язаною з лівим тротуаром.

Однак після того, як пішоходи звикають до нової організації руху, кількість ДТП, як показує досвід, стає менше, ніж при тій, що існувала, двосторонній. Крім того, подальшого зниження аварійності можна домогтися введенням додаткових організаційно - технічних заходів, на яких ми зупинимося нижче.

Підвищенню безпеки руху сприяє також зниження емоційної напруженості водіїв на дорогах з однобічним рухом у порівнянні із двостороннім. За даними американських дослідників, напруга водіїв на таких дорогах знижується вдвічі, що пов'язане зі зменшенням числа ситуацій, що викликають підвищену напруженість через відсутність зустрічного потоку транспорту.

Підвищення швидкості сполучення.

Підвищення швидкості сполучення при введенні однобічного руху пов'язане зі збільшенням пропускної здатності дороги й зменшенням затримок на регульованих перетинаннях.

Збільшення пропускної здатності дороги при введенні однобічного руху можна проілюструвати даними фактичних досліджень, наведених у книзі Метсона Т.М., Смита В.С. і Харда В.Ф. «Організація руху» про пропускну здатність (авт/год) трьохсмугової дороги шириною близько 13 м з різними варіантами організації руху й дозволеного режиму стоянки на ній:

-при двобічному русі й дозволеній стоянці із двох сторін1200

- при однобічному русі й дозволений стоянці із двох сторін.....1600
- при двобічному русі й стоянці з однієї сторони.....1800
- при однобічному русі й стоянці з однієї сторони.....2300
- при двобічному русі й повній забороні стоянки.....800
- при однобічному русі й повній забороні стоянки.....3400

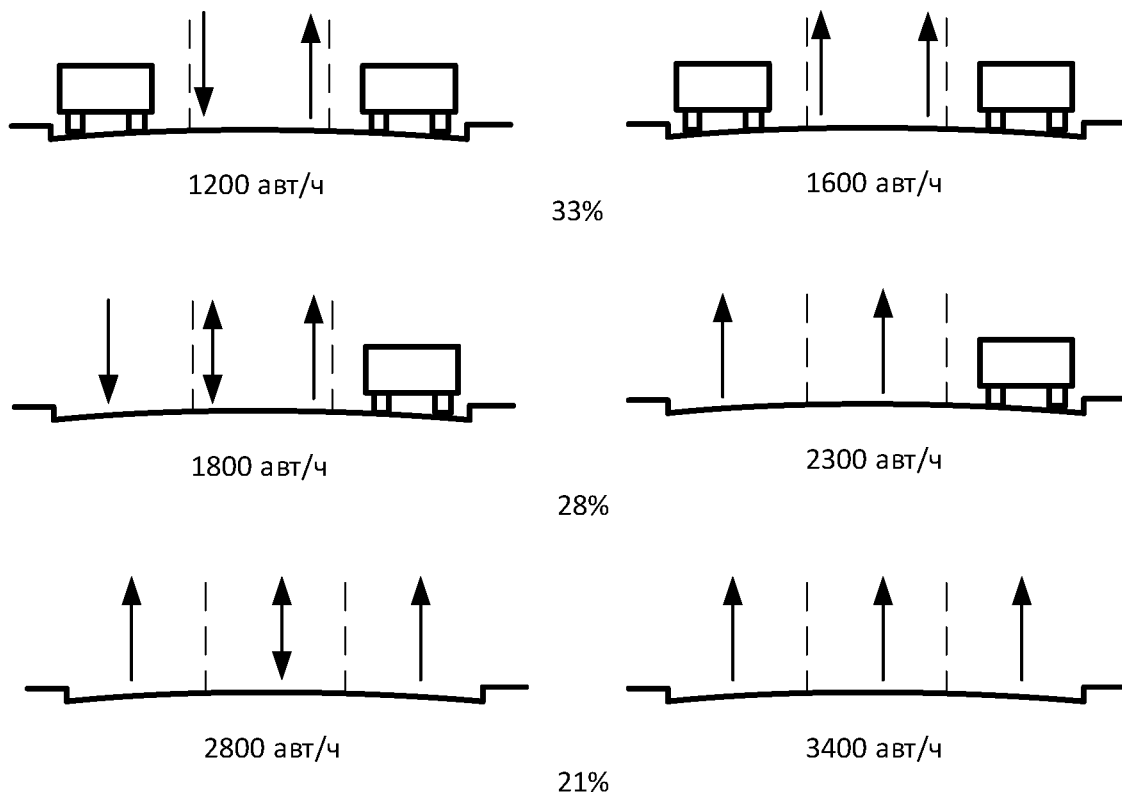


Рисунок 14.5 – Підвищення пропускної здатності при введенні однобічного руху

На більше вузьких дорогах пропускна здатність при введенні однобічного руху збільшується ще більше - до 50%. На них при паркуванні автомобілів із двох сторін дороги із двостороннім рухом автомобілям доводиться зупинятися для пропуску зустрічних.

Якщо рух однобічний, навіть при паркуванні автомобілів із двох сторін, залишається досить широка смуга руху для руху автомобілів, не говорячи вже про однобічне паркування.

При наявності двох і більше смуг для однобічного руху збільшення пропускної здатності обумовлено ще й більш чітким розподілом автомобілів по смугах відповідно до їхніх швидкісних даних. У цьому випадку рух автомобілів з більше високими швидкостями відбувається без перешкод з боку тих, що повільно рухаються.

Затримки на перехрестях, як регульованих, так і нерегульованих зменшуються на дорогах з однобічним рухом у середньому в 2 - 3 рази.

На нерегульованих перетинаннях знижується час очікування транспортних засобів, що рухаються в прямому напрямку по другорядній дорозі (навіть якщо

вона двостороння - головною на таких перетинаннях, як правило, є одnobічна). Пояснюється це більшою ймовірністю появи граничного інтервалу часу для перетинання головної дороги.

На перехрестях вулиць із одnobічним рухом збільшення кількості смуг допомагає розчленовуванню транспортного потоку по напрямках подальшого руху. Значно спрощується виконання лівого повороту, що відбувається без перешкод з боку зустрічного потоку, що рухається в прямому напрямку. У результаті різко скорочуються затримки при виконанні цього маневру, зменшується час звільнення перехрестя.

На регульованих перетинаннях зменшення часу звільнення перехрестя уможливорює знизити час основного такту, що також приводить до зменшення затримок. Цьому сприяє також можливість чіткої каналізації руху по напрямках.

При введенні одnobічного руху легше здійснити координоване світлофорне керування. У цьому випадку різна відстань між перехрестями не створює ніяких ускладнень (на відміну від двобічного руху) і легко компенсується відповідним зрушенням фаз регулювання. При одnobічному русі тривалість зеленого сигналу повністю відповідає «стрічці часу», тоді як при двобічному русі вона часто виходить значно більшої, ніж «стрічка часу». А це, у свою чергу дозволяє знизити час циклу й, відповідно, збільшити пропускну здатність перехрестя й знизити затримки як на головному, так і на другорядному напрямку.

У цілому, збільшення пропускну здатності дороги й зниження затримок на перехрестях дозволяє збільшити технічну швидкість на величину від 20 до 100%, залежно від застосовуваних організаційно-технічних заходів.

Таким чином, основні переваги введення одnobічного руху:

- 1) підвищення безпеки руху;
- 2) збільшення пропускну здатності;
- 3) зниження затримок;
- 4) підвищення технічної швидкості;
- 5) полегшення введення координованого руху;
- 6) зниження емоційної напруженості водія;
- 7) підвищення екологічної безпеки (зниження викидів) за рахунок більше стабільного режиму руху;
- 8) підвищення пропускну здатності шляхово-транспортної мережі за рахунок введення одnobічного руху обходиться в 150-500 разів дешевше, ніж реконструкція (розширення) або будівництво нових вулиць.

Разом з тим, введення одnobічного руху не вільно від недоліків. Основні з них наступні.

При введенні одnobічного руху може збільшитися довжина маршруту, а отже, може з'явитися перепробіг, збільшиться час поїздки, витрата палива. Хоча й час поїздки, і збільшення витрати палива з лишком можуть бути компенсовані збільшенням швидкості руху, зниженням затримок і більше стабільним режимом руху. Тут у кожному конкретному випадку необхідний порівняльний аналіз.

При введенні однобічного руху утрудняється орієнтування водіїв, особливо тих, хто не знаком із транспортною мережею даного району. Щоб забезпечити гарне орієнтування, зменшити кількість порушень ПДД, необхідно постачати водіїв більше повною інформацією.

Введення однобічного руху вимагає обов'язкової установки додаткового регулювального встаткування (знаків, покажчиків, розмітки й т.п.).

При введенні однобічного руху зупинки суспільного транспорту віддаляються друг від друга принаймні, на квартал. При великій відстані між вулицями з однобічним рухом зростає довжина шляху, що пасажери повинні переборювати до зупинок суспільного транспорту або від них.

Разом з тим, цей недолік проявляється тільки в тому випадку, якщо до введення однобічного руху маршрути суспільний транспорту проходили по обох паралельних вулицях двобічного руху. Якщо ж маршрут суспільного транспорту проходив по одній з них, після введення однобічного руху потенційні пасажери виявляться в однакових умовах.

Про незручності для пішоходів при перетинанні вулиць із однобічним рухом ми вже говорили. Це ще один недолік, що проявляється спочатку введення однобічного руху.

З огляду на можливі переваги й недоліки однобічного руху, рішення про доцільність його введення може бути прийнято тільки після ретельної інженерної й економічної оцінки. Вона повинна включати:

- вивчення інтенсивності руху транспортних потоків на мережі;
- визначенні швидкостей руху й затримок транспортних засобів;
- вивчення місць паркування транспортних засобів;
- порівняння пропускну здатності вулиць при різній організації руху й паркування;
- оцінку перепробігу транспортних засобів;
- вивчення умов руху й розміщення зупинок громадського транспорту;
- вивчення пішохідного руху й оцінку безпеки перетинання ними проїзної частини;
- порівняльну оцінку потенційної небезпеки руху транспортних засобів на перегонах і перехрестях.

На підставі зібраних даних рівняються техніко-економічні показники варіантів організації руху.

Разом з тим, досвід введення однобічного руху в нас у країні, ближнім і далекому зарубіжжі дозволив сформулювати певні умови, якими варто керуватися на ранній стадії проектування.

1. Найбільш сприятливим для введення однобічного руху є прямокутне планування. При такому плануванні утвориться мережа паралельних вулиць, зручних для організації такого руху.

Значно важче його організувати, якщо планування радіальна. Тут його можна організувати на парі суміжних радіальних вулиць, але на невеликій відстані, тому що при видаленні від центра відстань між вулицями збільшується й можливі більші перепробіги.

2. Найбільший ефект введення однобічного руху дає при порівняно малій (6-9м) ширині проїзної частини й неможливості її розширення. Такі умови найчастіше зустрічаються в центральній частині міст старої забудови. У нових районах центральні транспортні магістралі роблять досить широкими, де поділ транспортних потоків по напрямках забезпечується ефективною розділовою смугою.

3. Відстань між паралельними вулицями з рухом у різних напрямках не повинне перевищувати 250-350 м.

4. Введення однобічного руху доцільно при досить високій інтенсивності.

5. Досвід показує, що при наявності декількох паралельних вулиць доцільне впровадження однобічного руху в сполученні з магістралями двостороннього руху. (Сумська, Чернишевського, Артема, Пушкінська.) При цьому переслідуються наступні цілі: розвантаження центральної магістралі, відділення маршрутного транспорту загального користування, рух якого організують на магістралі із двобічним рухом, від транзитного потоку, спеціалізація вулиць по типах транспортних засобів (на вулицях із двосторонньою організацією забороняють рух вантажного транспорту) і т.п.

Зупинимося ще на одному питанні, що виникає при організації однобічного руху на двох паралельних вулицях – напрямку руху. Можливі два варіанти організації – умовно-правобічне й лівобічне (рис. 14.6).

У нашому районі по першій схемі організований рух по вул. Артема й Чернишевського (рис. 14.7), по другий – по вулицях Данилевського й Культури (рис. 14.8). Яка схема більш раціональна?

Оцінимо конфліктні точки поворотних потоків з вулиць однобічного руху до об'єктів вулиці із двобічним рухом, розташованим між ними. Наприклад, до ХНАДУ з і виїзд від нашого університету на ці вулиці.

При існуючій організації однобічного руху на кожному з перехресть поворотні потоки мають по двох відхилення, два злиття й три перетинання. Якщо змінити напрямок руху по цих вулицях, конфліктних крапок перетинань не буде.

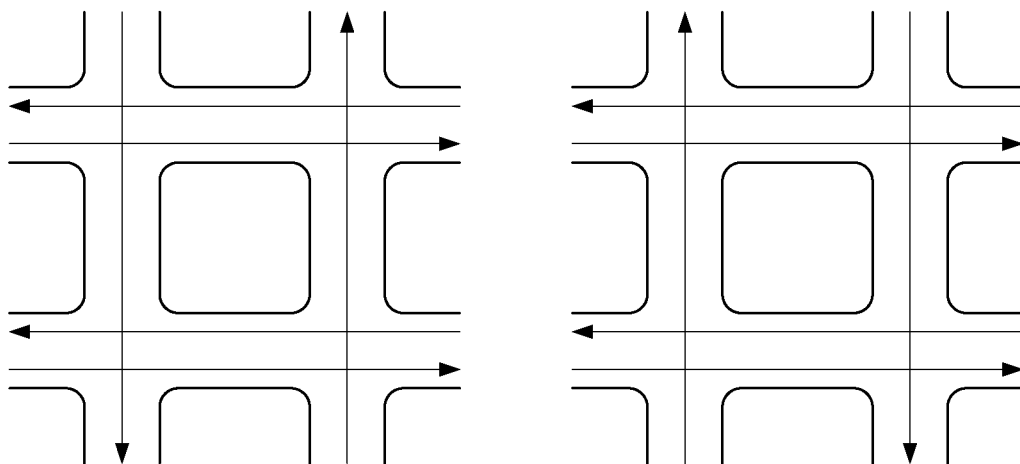


Рисунок 14.6 – Варіанти організації однобічного руху – умовно-правобічне й лівобічне

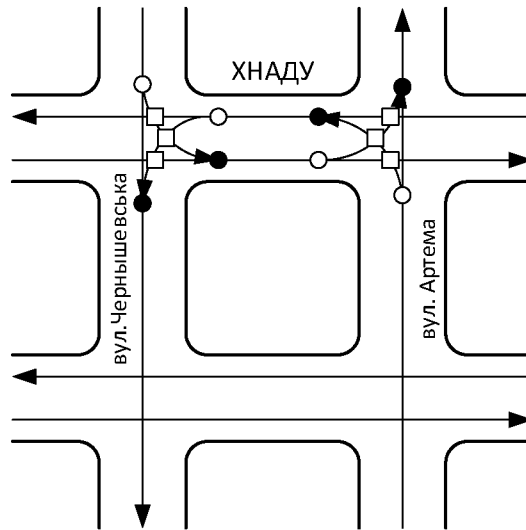


Рисунок 14.7 – Варіант організації однобічного руху в районі ХНАДУ – умовно-лівобічне

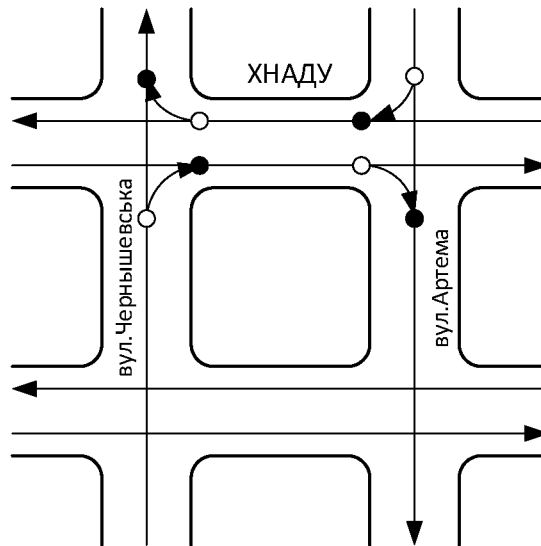


Рисунок 14.8 – Варіант організації однобічного руху в районі ХНАДУ – умовно-правобічне

Наприклад, якщо нам потрібно під'їхати з боку вул. Культури до Палацу Одружень або від'їхати від нього на вул. Данилевського, автомобілі роблять тільки праві повороти.

Таким чином, «лівостороння» організація однобічного руху з погляду безпеки є переважнішою. Прийнята зараз схема організації руху по вул. Чернишевського й Артема пов'язана з більшими складностями в організації розв'язки руху на в'їзді й виїзді на цих вулицях у районі іподрому, якщо використати раціональну схему

Існує кілька різновидів введення однобічного руху:

1. Повне постійне. Це найпоширеніший варіант організації.
2. Повне тимчасове. У цьому випадку однобічний рух установлюється на

певний час. Наприклад, для години «пік», якщо в цей час в одному напрямку рухається не менш 80% загального потоку транспортних засобів. В інший час рух двостороннє.

3. Реверсивне - якщо напрямок основного потоку різко міняється в часі, наприклад, у ранкову й вечірню годину «пік».

4. Неповне. Іноді при введенні однобічного руху виділяється смуга для руху транспорту загального користування в зустрічному напрямку.

Введення на вулицях однобічного руху вимагає, для підвищення безпеки руху, проведення ряду організаційно-технічних заходів. При цьому повинні враховуватися особливості руху по них транспортних засобів і пішоходів, характерних для таких вулиць.

Однієї з головних завдань при цьому є забезпечення безпеки умов переходу вулиць із однобічним рухом.

У місцях нерегульованих пішохідних переходів через дорогу з декількома смугами руху необхідно виконувати суцільну розмітку проїзної частини для більше чіткого забезпечення рядності. Незважаючи на вимоги ПДР пропускати пішоходів на переходах, у випадку, якщо пішохід буде захоплений на проїзній частині групою автомобілів, він буде досить упевнено почувати себе в зазорі між рядами автомобілів.

При наявності зустрічної смуги для руху транспорту загального користування на перехрестях, не обладнаних світлофорним устаткуванням, а також на ділянках перегонів, де відбувається невинний рух транспортних засобів, доцільно розмічати острівці безпеки шириною 1,75м і попередній їм відгінний клин довжиною 30м.

На регульованих перехрестях за умовами безпеки й зручності руху доцільно влаштовувати пішохідні переходи перед перехрестям по ходу руху транспортних коштів.

З метою підвищення безпеки руху лівий тротуар по ходу руху автомобілів варто відокремлювати від проїзної частини огороженням.

Необхідність такого огороження пов'язане з тим, що звичайно по лівій смузі автомобілі рухаються з найбільшими швидкостями й визначається шириною тротуару й інтенсивністю пішохідного руху. Дослідження показують, що огороження необхідно при наступних їхніх співвідношеннях:

Ширина тротуару, м	Інтенсивність пішохідного руху, чіл/ч
1,5	500
2,25	1200
3,0	1900

При такому співвідношенні ширини тротуару й інтенсивності пішохідного руху різко підвищується ймовірність виходу пішоходів із тротуарів і руху уздовж його по проїзній частині.

Для успішної дії системи однобічного руху вулиці необхідно обладнати відповідними дорожніми знаками.

Реверсивний рух

У години пік на міських автомагістралях потік автомобілів, що рухається в одному з двох напрямків, як правило, набагато більше, ніж зустрічний. З цієї причини пропускна здатність автомагістралі не використовується повністю. Кращому використанню таких вулиць сприяє організація реверсивних смуг руху.

Реверсивні смуги руху передбачають використання однієї чи кількох смуг для руху в одному напрямку в певний час доби і в протилежному напрямку в інший час доби. Наприклад, на дорозі з трьома смугами руху середня смуга зазвичай використовується для руху автомобілів, що прямують в одному з протилежних напрямків, водії яких мають намір здійснити лівий поворот, а в години пік вона використовується для руху тільки в одному напрямку, а саме, в напрямку руху переважаючого потоку автомобілів. Очевидно, що використання реверсивних смуг руху має на меті забезпечити додаткову смугу або додаткові смуги для руху в напрямку переважаючого потоку автомобілів.

Критерії необхідності застосування реверсивних смуг руху. Певні критерії використання реверсивних смуг руху відсутні; проте сама ідея має на меті забезпечити, використовуючи або одну, або кілька смуг руху, або всю ширину вулиці, відповідну пропускну здатність для переважного потоку автомобілів. При цьому необхідно забезпечити відповідну пропускну здатність і для зустрічного напрямку.

Переваги. Використання реверсивних смуг руху являє собою ефективний метод збільшення пропускної здатності існуючих вулиць в години пік. При мінімумі капітальних витрат він дозволяє використовувати надлишкову пропускну здатність для слабкого потоку автомобілів шляхом надання однієї або більше смуг руху в протилежному напрямку – в напрямку переважаючого потоку автомобілів. Результат – краще використання всіх смуг руху.

Недоліки системи полягають у наступному:

- в години пік може бути зменшена пропускна здатність вулиці для більш слабкого потоку автомобілів;
- в кінцевих пунктах реверсивних смуг часто виникають проблеми регулювання руху;
- з боку водіїв потрібно підвищена увага до організації руху.

Доцільність системи. При визначенні доцільності використання системи реверсивних смуг руху слід брати до уваги кілька чинників.

Стан перевантаженості вулиці. Вулиця або автомагістраль вважається перевантаженою, якщо середня швидкість руху транспортних засобів по ній на певних ділянках знижується принаймні на 25% в порівнянні зі швидкістю руху на інших ділянках або якщо перед регульованим перехрестям утворюються значні черги автомобілів.

Періодичність стану перевантаженості вулиць. Стан перевантаженості вулиць повинно бути періодичним і передбачуваним, оскільки напрямок руху по реверсивним смугам зазвичай змінюється в певний час доби.

Співвідношення інтенсивності зустрічних потоків. Співвідношення інтенсивності руху між переважаючим і протилежним йому потоками автомобілів повинно бути в межах 2:1...3:1.

Пропускна здатність в кінцевих пунктах системи. Пропускна здатність в кінцевих пунктах системи реверсивних смуг руху повинна бути достатньою для забезпечення руху транспортних засобів по ділянках вулиць, що знаходяться між ділянками зі звичайним і реверсивним рухом.

Відсутність альтернативи. Рамки генерального плану вулиць виключають можливість розширення існуючої проїжджої частини або будівництва автомагістралі.

При організації реверсивного руху застосовуються такі технічні засоби: спеціальні світлофори, розмішені над кожною смугою руху; дорожні знаки, що інформують водіїв про зміни в режимі руху і про те, в який час ці зміни мають місце; різні фізичні бар'єри, такі, як переносні конуси, тимчасові дорожні знаки і пересувні розділові смуги.

Головним чином реверсивні смуги руху вводяться на існуючих вулицях і дорогах. Але вони можуть також передбачатися і в проектах нових автомагістралей.

Каналізація руху

Безпека руху і пропускна здатність перетинів залежать від чіткості організації на них руху. Оптимальним є планувальне рішення, що забезпечує для кожного напрямку руху окрему проїжджу частину, ширина якої визначається інтенсивністю руху. Транспортні потоки повинні рухатися по виділених для них смугах руху як по каналах: траєкторія руху повинна розташовуватися тільки в межах цього каналу, а вхід і вихід можливі тільки в суворо визначених місцях. Така організація руху носить назву каналізування руху (від слова канал).

Каналізування руху на перетинах зводиться до поділу транспортних потоків, що рухаються за різними напрямками, виділенню для кожного з них самостійної смуги руху, розосередження, по можливості, конфліктних точок перетину транспортних потоків. Смуги руху виділяють розміткою або застосуванням піднятих островців, що перешкоджають руху в неправильних напрямках. Напрямні пристрої можуть бути стаціонарними (острівці, маяки, що світяться, брус, що огорожує і часто виконує функцію поділу зустрічних потоків на мостах, шляхопроводах) і тимчасовими (гумові та пластмасові конуси, спеціальні переносні стійки, застосовні для тимчасового позначення рядів руху, островців безпеки).

Якщо елементи, що каналізують рух, є тільки на одній з вулиць, що перетинаються (доріг), перетин називається не повністю каналізованим, якщо рух каналізований на обох вулицях (дорогах) – повністю каналізованим.

Найбільш небезпечними є перетин двох доріг в одному рівні і перехрестя Т-образного типу, особливо примикання під гострим кутом.

Загальні правила організації на них руху транспортних потоків наступні:

- великі зони перетину транспортних потоків сприяють здійсненню транспортними засобами і пішоходами небезпечних маневрів. Тому площу зони перетину потоків потрібно скорочувати;

- якщо транспортні потоки перетинаються без злиття або переплетення, перетин бажано здійснювати під прямим або близьким до нього кутом;

- злиття транспортних потоків потрібно здійснювати під невеликими кутами ($10...15^\circ$);

- слід приймати заходи для зменшення швидкості руху другорядного потоку, наприклад, за рахунок відхилення його траєкторії руху або влаштуванням острівців конічної форми. Відхилення основного транспортного потоку слід уникати;

- для потоків, які перетинають інший потік або здійснюють поворот, потрібно забезпечити захист транспортних засобів обладнанням острівців відповідної форми.

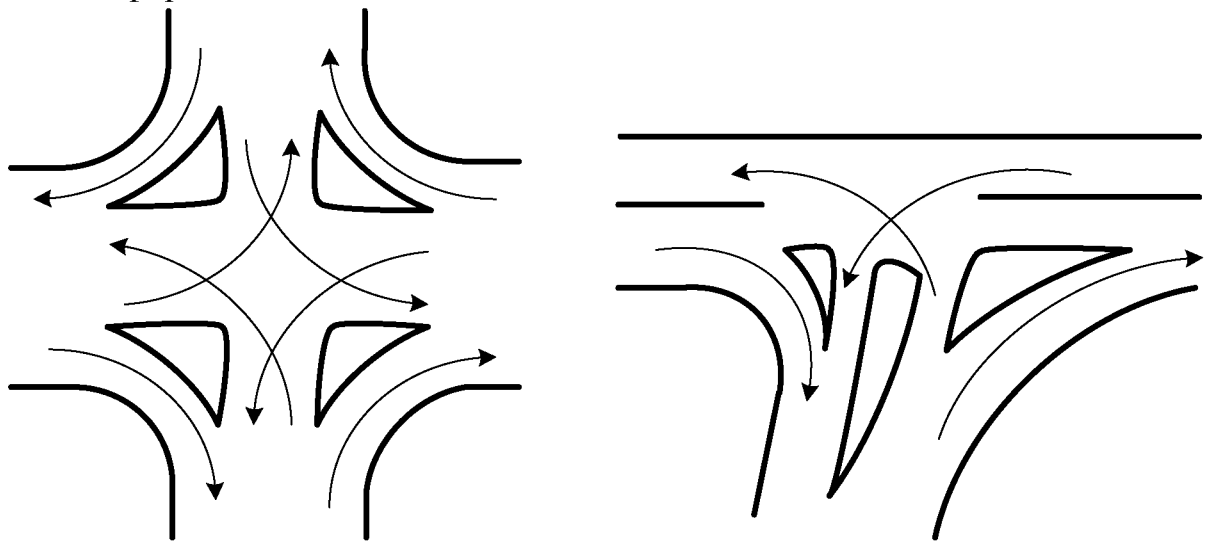


Рисунок 14.1 – Приклади схем каналізації руху.

При виборі схем каналізації необхідно строго дотримуватися принципів організації руху на перетині, що забезпечують безпеку руху. Ці принципи наступні.

1. Транзитний рух на обох дорогах слід відокремлювати від поворотного.
2. Планування перетинів всіх типів повинне бути візуально яким і простим і при цьому підкреслювати головний напрямок руху, що має перевагу проїзду
3. Кількість острівців має бути мінімально необхідним.
4. Смуги руху, виділені для будь-якого напрямку, повинні бути підкреслені плануванням перетину і легко простежуватися поглядом.
5. Планування перетину повинне забезпечувати оптимальні кути перетину транспортних потоків.
6. Планування перетину повинне, по можливості, передбачати віддалення конфліктних точок одна від одної, хоча це і збільшує площу, займану перетином.

7. Для стоянки автомобілів в очікуванні можливості лівого повороту слід виділяти спеціальні смуги руху.

8. Автомобілі, що повертають, бажано прикривати острівцями від зустрічного руху.

9. Для транзитних автомобілів на основній дорозі повинна бути забезпечена швидкість вільного руху на прилеглих ділянках дороги.

10. Смуга руху для переходу з головної дороги на другорядну повинна забезпечувати поступове зниження швидкості.

11. Поблизу від населених пунктів на перетині повинні бути позначені розміткою місця пішохідних переходів та шляхи для велосипедистів.

12. Острівці повинні мати обтічний, каплеподібний обрис.

Завдання, які можуть бути вирішені методами каналізування руху:

- 1) поділ попутних і зустрічних потоків;
- 2) виключення зайвої ширини проїзної частини з руху;
- 3) забезпечення правильного вихідного і кінцевого положення автомобіля при виконанні маневру на перехресті;
- 4) забезпечення найбільш бажаної траєкторії руху по перетинанню;
- 5) захист транспортного засобу, що очікує виконання маневру;
- 6) захист пішоходів і засобів регулювання руху;
- 7) примусове зниження швидкості транспортного потоку.

Лекція 15. Організація дорожнього руху в специфічних умовах

Основні питання:

1. Організація дорожнього руху в темний час доби.
2. Організація руху при реконструкції та ремонті ділянок автомобільних доріг.
3. Організація руху на залізничних переїздах

Забезпечення безпеки руху в темний час доби

Статистика ДТП показує, що в темний час доби різко підвищується небезпека руху: частка ДТП в темну пору доби становить 40-60% незважаючи на те, що сумарна інтенсивність руху в цей період в 5-10 разів нижче, ніж у світлий час (табл. 15.1).

Більшість ДТП в темну пору доби сталися при відсутності або вкрай низьку якість стаціонарного зовнішнього освітлення. ДТП, що відбуваються в темний час, характеризуються більшою тяжкістю наслідків, особливо при наїздах на пішоходів. Основною передумовою підвищення небезпеки руху в темну пору доби є різке зниження ефективності зорового сприйняття водіями, що обумовлюється фізіологічними особливостями людського зору.

Таблиця 15.1 – Статистика ДТП в темну пору доби

ДТП	Розподіл ДТП, %	
	вдень	вночі
Наїзди на пішоходів, що йдуть по краю проїжджої частини	10	90
Наїзди на велосипедистів, що їдуть попутно	28	72
Зіткнення транспортних засобів	64	36
Перекидання автомобілів	71	29
Наїзди автомобілів на нерухому перешкоду	38	62

Видимість об'єкта в темряві визначається: яскравістю дорожнього покриття (поля адаптації) L_d , яскравістю об'єкта спостереження L_0 і яскравості контраст об'єкта спостереження з дорожнім покриттям K , який визначається відносною різницею яскравості:

$$K = (L_0 - L_d) / L. \quad (15.1)$$

Основним завданням підвищення безпеки руху вночі по дорогах є створення таких умов бачення, при яких водій може:

- 1) легко розрізнити дорогу і її напрямки
- 2) своєчасно виявити необхідну інформацію про перешкоди, що з'являються в поле зору.

Найважливішим засобом забезпечення безпеки в темний час доби є налаштування і вдосконалення стаціонарного освітлення в містах, населених пунктах, а також на найбільш завантажених ділянках заміських доріг.

Для запобігання або зниження ймовірності засліплення водіїв при організації дорожнього руху можуть бути застосовані в даний час такі заходи:

- взаємне віддалення зустрічних потоків транспортних засобів або їх повна ізоляція (однобічний рух),

- установка протизасліплюючих пристроїв на смузі, що розділяє зустрічні потоки. Висота огорожі повинна бути не менше 1600 мм, а нижнього краю не більше 450 мм від поверхні дороги; огорожа не має пропускати світловий потік фар зустрічних автомобілів при куті дії його в межах від 0 до 20°. Як елементи протизасліплюючих пристроїв відомо застосування сіток, екранів з алюмінієвих планок або пластмасових профілів, а також посадка спеціальних чагарників;

- контроль на дорогах за регулюванням фар і правильністю користування ними водіями;

- контроль за станом стаціонарного освітлення, в тому числі застосування прожекторів на складах, будівельних майданчиках, розташованих поблизу від вулиць і доріг;

- створення широких розділових смуг. Пропонується ширина смуги, рівна 20 м для автомагістралей і 7 м – для доріг в містах і гірських районах.

На вулицях і дорогах, що не мають стаціонарного освітлення, для забезпечення безпеки застосовують оптичне орієнтування водіїв. До засобів оптичного орієнтування можна віднести поздовжню розмітку проїжджої

частини, виконану світловідбиваючою фарбою або доповнену рефлектуючими пристроями, вбудованими в поверхню дороги. Світлоповертаючі елементи необхідно також застосовувати на вертикальних напрямних пристроях.

Недолік цих найпростіших засобів полягає в їх схильності до забруднення. Тому на дорогах з погано укріпленими узбіччями дуже важливо доповнювати розмітку застосуванням напрямних стовпчиків.

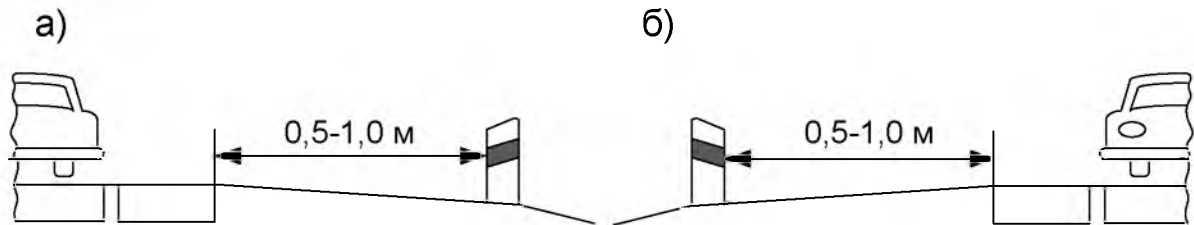


Рисунок 15.1 – Схема розміщення напрямних стовпчиків

Розміщення напрямних стовпчиків показано на рис.15.1. Світловідбиваючі елементи на стовпчиках праворуч повинні бути червоними, а на лівих – білими або жовтими. Таке розташування відповідає загальному колірному порядку, який забезпечується світлосигнальними приладами автомобілів. Права сторона дороги позначається червоними сигналами задніх габаритних вогнів, а ліва – білими або жовтими габаритними вогнями і фарами зустрічних автомобілів.

Введення стаціонарного освітлення також не виключає необхідності в засобах оптичного орієнтування.

Особливо необхідне застосування маячків, що світяться, на острівцях безпеки перед в'їздами в тунелі і на естакади.

Найважливішою умовою чіткості і безпеки дорожнього руху в темний час доби є своєчасне сприйняття водіями керуючої інформації від дорожніх знаків. Розрізнення знаків в темряві можливе лише за умови, що вони мають власний внутрішнє або зовнішнє освітлення, або виконані із застосуванням світлоповертаючих матеріалів (плівок).

Зовнішнє освітлення міських вулиць і доріг

Основними характеристиками освітлення є освітленість і яскравість поверхні.

Освітленість поверхні – показник світлорозподілу, вимірюваний відношенням світлового потоку до площі, що рівномірно освітлюється; одиниця виміру – люкс (1 лк дорівнює освітленості, створюваної світловим потоком 1 лм на поверхню 1 м²).

Яскравість поверхні характеризує кількість відбиваного світла (або випромінюваного світла, якщо мова йде про джерела світла). Одиниця виміру яскравості – кандела на квадратний метр, чисельно дорівнює силі світла в 1 кд з 1 м² площі поверхні, що світиться, на площину, нормальну до напрямку

випромінювання.

Середня яскравість покриття визначається для ділянки дороги, віддаленої від спостерігача на відстань 60-160 м, при висоті очей спостерігача 1,5 м.

Показник осліпленості – критерій оцінки сліпучої дії освітлювальної установки. Для міських вулиць і доріг він повинен бути не менше 150. Залежить від яскравості фону, кількості світильників, висоти установки світильників, відстані між рядом світильників і середини проїжджої частини, висоти очей спостерігача над проїзною частиною.

Показник осліпленості можна регулювати за рахунок зміни висоти підвісу світильників. Зменшення висоти підвісу світильників дозволяє знизити вартість опор, але призводить до збільшення їх кількості. Збільшення висоти підвісу світильників вимагає більшої потужності ламп, більш дорогих опор, але дозволяє зменшити число світильників і знизити кількість споживаної енергії.

Відстань між ліхтарями або окремими світильниками в одному ряду по лінії їх розташування уздовж осі вулиці називається кроком ліхтарів (світильників). Для магістральних вулиць крок розташування освітлювальних опор становить 30-60 м. Відношення кроку опор до висоти підвісу світильників повинно бути не більше 5:1 на вулицях всіх категорій (при односторонньому, осьовому або прямокутному розміщенні). Виняток становить шахова схема розміщення, для неї допустиме співвідношення 7:1. При ширині проїжджої частини 12-15 м і нормативній яскравості 0,6 кд/м² і вище допускається двобічне освітлення проїжджої частини. При ширині проїжджої частини 15 м і більше двостороннє розташування ліхтарів є обов'язковим.

Якість освітлення залежить від правильності розміщення світильників. Основні схеми розміщення світильників представлені на рис. 15.2.

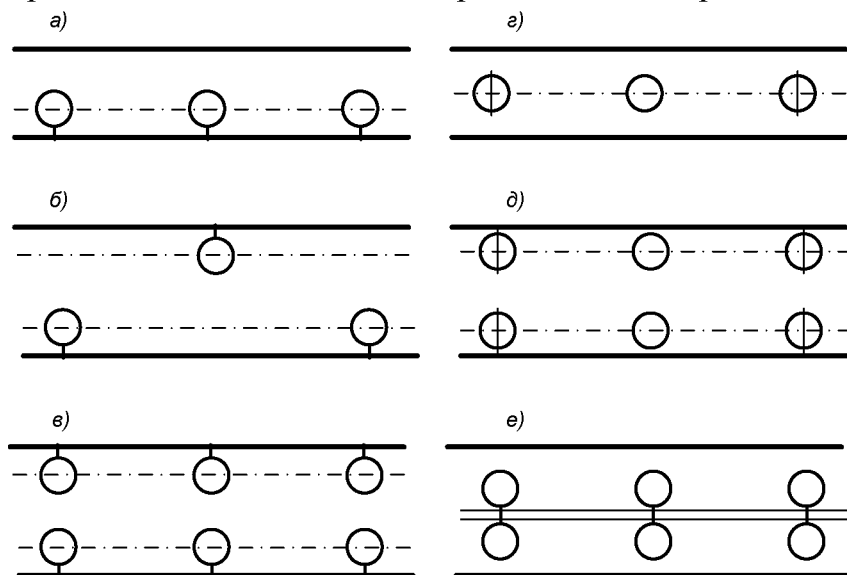


Рисунок 15.2 – Основні схеми розміщення світильників:

а – одностороння; б – дворядна в шаховому порядку; в – дворядна прямокутна; г – осьова; д – двурядна прямокутна по осях руху; е – дворядна прямокутна по осі вулиці

На транспортних розв'язках найкращі результати досягаються при освітленні потужними світильниками, встановленими на висоті 25-30 м. При використанні стандартних світильників особливу увагу слід приділити висвітленню конфліктних зон на входах на з'їзди і виходах з них, а також зон переплетення потоків.

Освітлювальні опори повинні розташовуватися на відстані не менше 0,6 м від лицьової грані бортового каменю до зовнішньої поверхні (цоколю опори). На житлових вулицях цю відстань може бути зменшено до 0,3 м. На заокругленні і з'їздах опори повинні розташовуватися не ближче 1,5 м від початку кривої.

Висота підвісу світильників залежить від функціонального призначення освітлюваної поверхні. Над проїзною частиною вулиць і площ висота підвісу повинна бути не менше 6,5 м, над контактною мережею трамвая – не менше 8 м від головки рейки, для тролейбуса – 9 м від рівня проїзної частини.

Розміщення світильників в зоні перехресть має передбачати забезпечення більшої яскравості на них, ніж на підходах до них, і хорошу видимість таких важливих елементів, як пішохідні переходи, заокруглення, кишені для лівоповоротного руху і т. ін. (рис. 15.3).

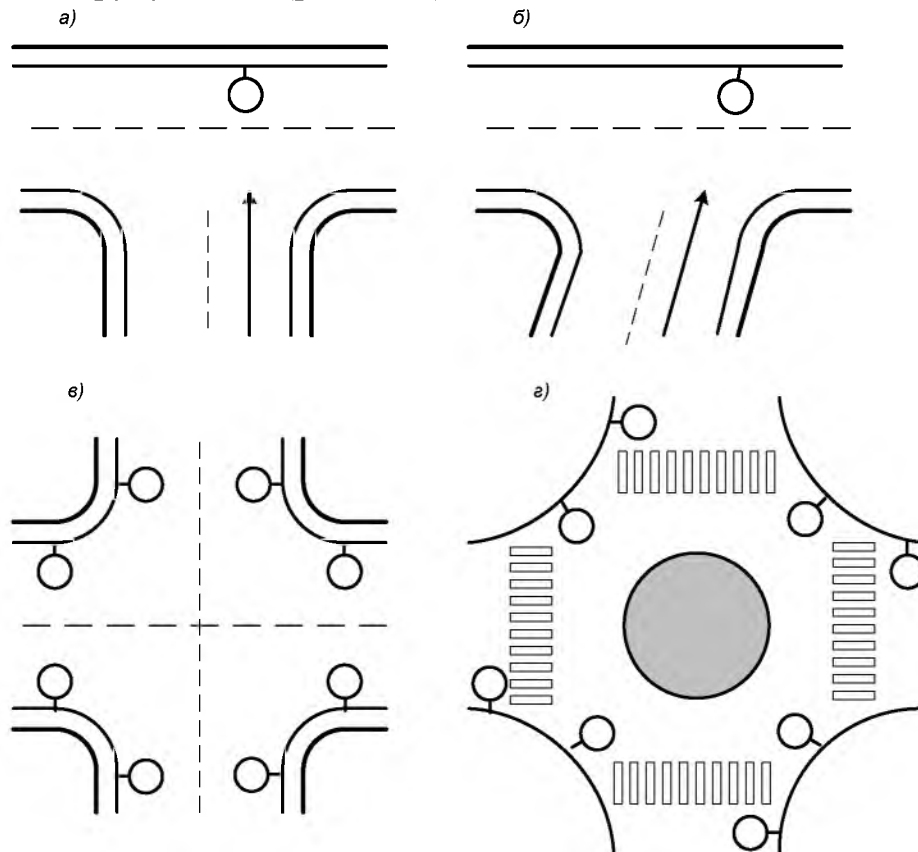


Рисунок 15.3 – Схеми освітлення перехресть вулиць:
а, б – примикання; в – перетину; г – кільцеві розв'язки

Схеми розташування світильників уздовж вулиці можуть бути різноманітними (рис. 15.4).

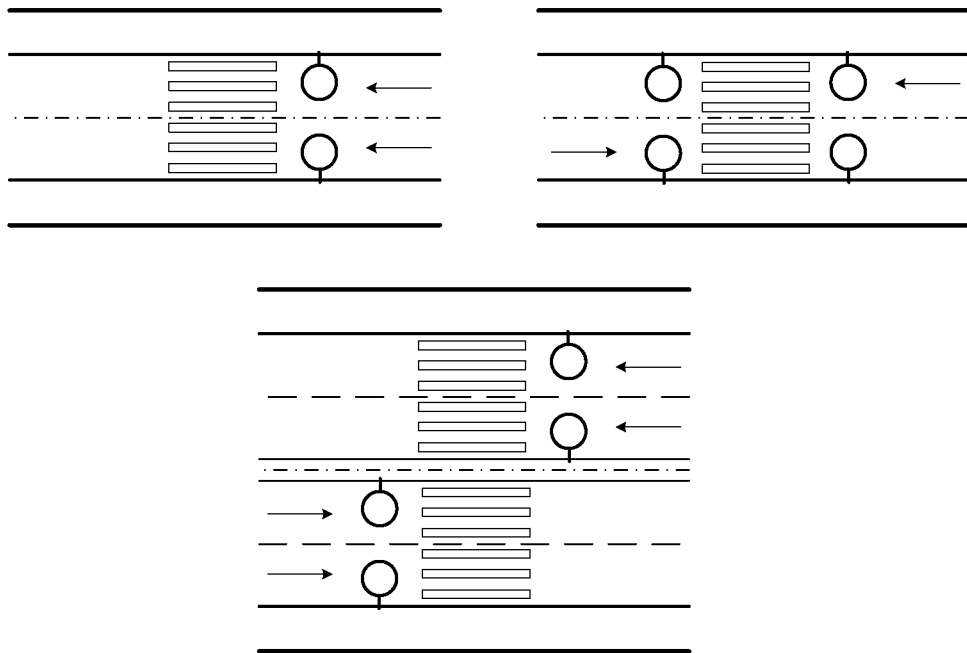


Рисунок 15.4 – Схеми розташування світильників на пішохідних переходах (стрілками показано напрямок руху)

Серйозною перешкодою якісного освітлення проїжджої частини є крони дерев, що розрослися, наближених до проїжджої частини. Для забезпечення якості освітлення в цих умовах згідно СНіП рекомендується застосовувати тросовий підвіс світильників або подовжені кронштейни, скоротити крок розташування світильників не менше ніж в 1,2 рази, тим самим збільшити світловий потік не менше ніж в 1,2 рази. Для виділення пішохідних переходів і транспортних перетинів рекомендується використовувати світильники з джерелами світла, що відрізняються кольором від решти.

Опори освітлювальних установок можуть становити небезпеку, тому вони повинні віддалятися від кромки тротуару, як правило, не менше ніж на 0,6 м. При розташуванні по осі розділової смуги, шириною менше 5 м, опори повинні бути обов'язково захищені дорожніми огороженнями, встановленими на відстані не менше 1 м від краю розділової смуги.

Організація руху при реконструкції та ремонті ділянок автомобільних доріг

Будівельні роботи при реконструкції ділянок автомобільних доріг та ремонтні роботи на проїжджій частині доріг і вулиць порушують дорожній рух і можуть послужити причиною ДТП. Будівельні роботи при реконструкції можуть бути вельми тривалі. Радикальне вирішення питання вимагає, щоб на весь цей період був передбачений об'їзд, що забезпечує безпечний рух транспортних потоків з досить високими швидкостями.

У разі добре розвиненої мережі автомобільних доріг рух з ділянки, де

ведуться будівельні або ремонтні роботи, можна переключити на паралельні маршрути. При малій щільності дорожньої мережі таке рішення може призвести до значного перевищення пробігу транспортних засобів.

Об'їзди забудовують на самостійному земляному полотні з дорожніми одягом найпростішого типу. Необхідно, щоб проїжджа частина об'їзду забезпечувала рух зі швидкістю не менше 30 км/год.

Для підтримки проїзної частини об'їзду в задовільному стані її необхідно систематично ремонтувати. При інтенсивності руху 1000 авт./добу і більше потрібно влаштування дорожнього одягу об'їзду більш капітальних типів. При влаштуванні об'їздів доцільно використовувати збірно-розбірні конструкції дорожнього одягу.

Переклад руху на об'їзд допускається лише за умови, що він не створює труднощів і небезпеки для дорожнього руху. У деяких випадках, коли задоволення цієї вимоги пов'язано з великими витратами і капітальними роботами, може бути прийнято рішення про будівництво нової ділянки дороги, паралельної наміченій до реконструкції. В цьому випадку реконструкція ділянки буде здійснена без перерви руху, а функції об'їзду покладаються на існуючу дорогу.

Загальна вимога до будівельних, ремонтних і монтажних робіт на проїжджій частині доріг і вулиць, а також на територіях полягає в тому, щоб вони виконувалися в стислі терміни і в такий період, коли чинять найменший вплив на організацію дорожнього руху.

Заходи з організації дорожнього руху в період ремонтно-будівельних робіт повинні включати в себе:

- розрахунок і перевірку пропускної здатності проїзної частини, яку можна виділити для пропуску транспортних засобів без влаштування об'їздів;
- в разі недостатньої пропускної здатності визначення маршрутів об'їздів по існуючій дорожній мережі і по знову побудованим ділянкам об'їздів;
- розробку системи управління рухом;
- заходи безпеки для пішоходів;
- заходи щодо оповіщення учасників руху про початок ремонтно-будівельних робіт і про нові маршрути руху; для попереднього сповіщення слід використовувати засоби масової інформації.

Нерідко ремонтно-будівельні роботи проводяться по черзі на частині ширини дороги з використанням решти для пропуску руху. Залежно від інтенсивності руху та ширини проїзної частини, що залишилася, можлива організація двостороннього або човникового руху. На двосмугових дорогах в цьому випадку можливий тільки поперемінним пропуск зустрічних потоків по одній смугі.

Регулювання руху при човниковому пропуску зустрічних потоків здійснюють регулювальники, між якими встановлено телефонний або радіозв'язок, а також світлофори, які працюють по жорсткій програмі або забезпечені лічильниками транспортних засобів.

У темну пору доби та в транспортних тунелях протягом всього часу

ділянки ремонтно-будівельних робіт необхідно позначати світловими сигналами. Габаритні сигнальні вогні повинні бути добре видні на відстані не менше 100 м.

Перед початком робіт необхідно погодити з Державтоінспекцією схему організації руху транспортних засобів і пішоходів на період ремонтно-будівельних робіт. У схемі повинні бути вказані маршрути об'їздів, засоби регулювання руху: дорожні знаки, розмітка, світлофори, огорожі. Починати роботи можна тільки після повного облаштування ремонтно-будівельної ділянки усіма необхідними огорожами і дорожніми знаками.

Організація руху на залізничних переїздах

Під залізничним переїздом мають на увазі перетин в одному рівні шляхів залізниці та автомобільної дороги або вулиці.

Зіткнення автомобілів з рухомим складом залізниць є одним з найбільш важких видів ДТП.

Перетин автомобільних магістралей із залізничними коліями в багатьох випадках є «вузьким місцем», різко обмежує пропускну здатність автомобільної дороги.

Вживаний термін «залізничний переїзд» є умовним, так як включає не тільки пристрої для переїзду через залізницю автомобілів але і пішохідні шляхи.

Безпека і найбільша пропускну здатність залізничного переїзду забезпечується наступними основними умовами:

- достатньою відстанню видимості переїзду для водіїв автомобілів і машиністів локомотивів;
- рівністю дороги і настилів на підходах і безпосередньо на перетині рейкових шляхів при достатньому їх коефіцієнті зчеплення;
- достатньою шириною смуги руху і кількістю смуг на переїзді;
- влаштуванням спеціальних доріжок для руху пішоходів;
- наявністю і справністю запобіжної інформації і сигналізації на переїзді (дорожніх знаків, світлофорів, шлагбаумів, звукової сигналізації);
- автоматизацією управління сигналізацією і полушлагбаумами;
- дотриманням водіями та пішоходами встановлених правил.

Умови видимості на переїзді забезпечуються правильним розташуванням перетину і достатнім віддаленням об'єктів, що закривають видимість.

Водій автомобіля, що наближається до переїзду, повинен побачити локомотив, що знаходиться на відстані не менше 400 м від переїзду. У свою чергу, машиніст повинен мати можливість бачити місце залізничного переїзду при своєму віддаленні від нього на 1000 м. У межах трикутника видимості не повинно бути ніяких обмежуючих видимість перешкод (дерев, будівель, парканів і т. ін.). Така видимість обов'язкова на переїздах, які не обладнані автоматичним управлінням, шлагбаумами або світлофорами.

В умовах обмеженого простору розташування переїздів (безпосередньо біля залізничних станцій або в населених пунктах) необхідно забезпечити

достатню дальність видимості і чіткість сприйняття сигналів світлофорної попереджувальної сигналізації і шлагбаумів водія. Відстань їх видимості для водіїв при наближенні до переїзду повинна бути не менше 100 м. Якщо це не забезпечується, то на під'їзді до переїзду повинно бути введено відповідне дальності видимості обмеження швидкості.

Рівність покриття на підходах і настилів на переїзді впливає на безпеку руху, на величину затримок автомобілів. Необхідно забезпечувати на переїзді рух зі швидкістю не менше 30 км/год.

Швидкість і безпека руху на залізничному переїзді також залежать від коефіцієнта зчеплення шин з дорогою. Тому необхідно вживати заходів для боротьби з обмерзанням дороги на підходах. Оптимальна ширина настилу на переїзді і проїжджій частині на підходах до переїзду повинна як мінімум забезпечувати безперешкодний одночасний рух через переїзд двох зустрічних транспортних засобів, щоб виключити вимушену зупинку в зоні переїзду і забезпечити достатню швидкість руху. Згідно з рекомендаціями БНІП, ширина проїжджої частини на перетинах в одному рівні з залізницями повинна бути не менше 6 м на відстані 200 м в обидва боки від переїзду.

На переїздах з частим рухом поїздів основним заходом підвищення пропускної здатності є збільшення кількості смуг руху. У цьому випадку перед переїздом повинна бути нанесена поздовжня розмітка проїжджої частини, яка визначає кількість смуг, і встановлені дорожні знаки «Напрямок руху по смугах», що вказують водіям можливість руху в два або більше рядів в кожному напрямку.

На всіх переїздах з інтенсивним пішохідним рухом необхідно влаштувати самостійні пішохідні доріжки для поділу транспортних і пішохідних потоків. Пішохідні доріжки влаштовують із залізобетонних плит або з дерев'яного настилу.

На станційних пішохідних переходах в одному рівні з рейковими шляхами, де спостерігаються інтенсивні пішохідні потоки, необхідно забезпечувати світлофорну і звукову сигналізацію для пішоходів, а також використовувати сповіщення пішоходів по радіо про наближення поїздів. Пристрій автоматичного керування сигналізацією на переїзді (світлофором, автоматичним шлагбаумом) істотно знижує затримки автомобілів біля переїзду.

Включення заборонних сигналів світлофорів автоматичною переїздною сигналізацією і закриття автоматичних шлагбаумів здійснюють при наближенні поїзда. Випередження включення сигналізації повинно бути таким, щоб найдовший і повільний автомобіль, який в'їхав на переїзд в момент включення, мав би достатньо часу для звільнення переїзду до того, як найшвидший поїзд пройде відстань від місця спрацювання автоматичної сигналізації до переїзду.

Для попередження водіїв, які вже в'їхали в зону невидимості світлофора на переїзді, про наближення поїзда служить звукова сигналізація. Тривалість часу сповіщення водіїв автомобілів визначають виходячи з довжини небезпечної зони на переїзді. У табл. 15.2 наведені значення небезпечної зони для перетину під прямим кутом. Для переїздів з перетином під кутом, довжина ділянок повинна

бути розрахована відповідно до конкретних розмірів та умов видимості залізничної колії і дороги.

Мінімальний час сповіщення водіїв транспортних засобів про наближення поїзда розраховують виходячи з мінімальної швидкості руху транспортних засобів на переїзді, що дорівнює 1,4 м/с. Для підвищення безпеки руху транспортних засобів до нього додають додатковий (гарантійний) час, який приймають з урахуванням місцевих умов. Час сповіщення має бути не менше 30 с при автоматичній світлофорній сигналізації або автоматичних полушлагбаумах і 40 с при електричних і механізованих шлагбаумах і сповіщувальній сигналізації.

Таблиця 15.2 – Значення небезпечної зони для перетину під прямим кутом

Оснащення переїзду	Довжина небезпечної зони, м, для переїздів			
	Одна колія	Дві колії	Три колії	Чотири колії
Автоматична сигналізація або полушлагбаум	23	27	33	37
Електричні або механізовані шлагбауми і сповіщувальна сигналізація	26	30	35	39

На переїздах з перетином шляхів не під прямим кутом час сповіщення може збільшитися до 50 с.

Для запобігання в'їзду водіїв на переїздах, по лівій стороні перед переїздом на відстані не менше 20 м повинна бути нанесена суцільна осьова лінія. На переїздах з двома рядами руху в кожному напрямку для цієї мети можна також застосовувати розмежувальний брус, який виступає на 200-300 мм над поверхнею.

Лекція 16. Вантажний і пасажирський рух в містах. Автомобільні стоянки.

Основні питання:

1. Вантажний руху в містах.
2. Рух маршрутного пасажирського транспорту.
3. Автомобільні стоянки

Вантажний руху в містах

Проблема організації вантажних перевезень в містах неминуче загострюється в міру зростання міста, розвитку його промисловості, збільшення чисельності населення. Вантажні автомобілі забезпечують роботу промислових підприємств, будівництво в місті, постачання магазинів продовольчими та промисловими товарами. Утримання і прибирання міських територій також виконуються вантажними автомобілями.

За характером виконуваної роботи вантажний рух можна розділити на наступні групи:

перша – комунально-побутове та торговельне обслуговування міської території. Вантажні автомобілі при цьому повинні мати доступ в усі райони міста.

друга – перевезення промислових і будівельних вантажів. Для перевезення цих вантажів використовують великовантажні автомобілі або тягачі з причепами та напівпричепами.

третья – зовнішній транзитний рух через місто. Цей рух до міського транспорту відношення не має, тому завжди розглядається як вкрай небажаний і підлягає виведенню з міста на обхідні або зовнішні кільцеві дороги.

У сучасному містобудуванні перші дві групи вантажного руху розглядаються як обов'язковий елемент міського руху. При високій інтенсивності руху вантажних автомобілів, особливо другої групи, для них в генплані міста необхідно передбачати спеціальні магістралі.

При прокладанні маршруту руху вантажних автомобілів слід брати до уваги кілька факторів:

- вибір районів міста, через які буде проходити майбутній маршрут для вантажних автомобілів. Небажано прокладати такий маршрут через житлові квартали, якщо його можна прокласти через район товарних складів або промислових підприємств;

- конкретні потреби організацій, які здійснюють вантажні автомобільні перевезення, і промислових підприємств, які користуються їх послугами;

- ширину вулиць, наявність стоянок, число поворотів, радіус кривої при повороті на перехрестях і інші чинники, що мають значення для руху вантажних автомобілів по наміченому маршруті, а також проблеми, які можуть бути створені вантажними автомобілями на вузьких вулицях.

Ефективність роботи вантажних автомобілів залежить від режиму їх руху.

Оптимальним є безперервний рух з постійною швидкістю.

За функціональним призначенням магістралей і розташуванням їх у системі міських вулиць і доріг розрізняють спеціальну вантажну магістраль, ізольовану від житлової забудови, швидкісну міську дорогу і магістральну вулицю переважно вантажного руху.

Методи усунення вантажних перевезень по основних магістралях міста:

- обмеження в'їзду вантажних автомобілів на вулицю в періоди доби, коли на цій вулиці найбільш інтенсивний рух легкових автомобілів і громадського транспорту.

- заборона наскрізного проїзду. Така заборона виключає транзитний рух, але не обмежує під'їзд до обслуговуваних будівель. Це знижує інтенсивність не тільки транзиту, але і всіх вантажних автомобілів.

- будівництво або виділення спеціальних доріг для вантажного руху (економічно доцільне при частці вантажних автомобілів в потоці більше 40%). Число вантажних магістралей в містах не повинно бути великим.

Рівномірність вантажних перевезень дозволяє локалізувати їх, виділивши на магістральних вулицях спеціальні смуги руху. Інтенсивність вантажного руху на таких смугах може сягати 400-600 авт./год. при безперервному русі і 150-200 авт./год. при регульованому. Це буде відповідати частці вантажних автомобілів в русі по магістралі 10-15% і істотного впливу на її пропускну здатність не зробить.

Вантажні перевезення через центр міста можливі і здійснюються в багатьох малих і середніх містах. У великих містах доцільна організація спеціальних кільцевих розподільних магістралей.

У містах з існуючою забудовою проблема вантажного руху вирішується перекладом промислових вулиць і районних магістральних вулиць, розташованих на кордонах сельбищних районів, в категорію магістралей переважно вантажного руху.

При проектуванні ізольованих вантажних міських доріг розрахункову швидкість приймають для регульованого руху 70 км/год. і для безперервного – 100 км/год. При трасуванні цієї дороги в промислово-складській зоні розрахункову швидкість знижують до 60 км/год.

На магістралях безперервного руху рекомендується забезпечувати рівень завантаження смуг руху не більше 0,5.

Центральну розділову смугу на вантажних магістралях доцільно проектувати в одному рівні з проїзною частиною. В цьому випадку вона може використовуватися як реверсивна смуга. Ширина її повинна бути не менше 4 м.

Ширина тротуарів на вантажних магістралях приймається рівною 3 м на першу чергу будівництва і 6 м на перспективу. При будівництві першої черги з відведених під тротуар 6 м не менше 3 м використовують для влаштування смуг озеленення з посадкою дерев і чагарників. По можливості ширину цих смуг бажано робити кратною 2 м, так як кожне додаткове розширення на 2 м дозволить розмістити ще один ряд дерев. Зелені смуги розташовують між проїжджою частиною і тротуаром.

Рух маршрутного пасажирського транспорту

Масові перевезення пасажирів на міському транспорті, їх швидкість, безпека та економічність мають вирішальне значення для зручності населення. Ефективність цих перевезень залежить від:

- якості їх організації транспортними підприємствами;
- загального рівня організації дорожнього руху.

Необхідними умовами забезпечення безпеки масових пасажирських перевезень є:

- справні пасажирські транспортні засоби, відповідні дорожнім умовам і обсягам перевезень;
- висока кваліфікація і дисциплінованість водіїв і, всього службового персоналу;
- справні дороги з необхідним облаштуванням;
- раціональна організація руху з наданням необхідного пріоритету громадському маршрутному транспорту.

Розвиток маршрутного пасажирського транспорту і чітка організація його роботи дозволяє скоротити користування індивідуальними автомобілями і цим знизити завантаження вулично-дорожньої мережі.

У центральних частинах великих міст шляхом ефективного розвитку автобусного транспорту забезпечується введення обмеження для руху індивідуальних автомобілів в найбільш завантажених рухом районах.

Ступінь впливу різних типів маршрутного пасажирського транспорту на безпеку та інші характеристики руху обумовлена комплексом властивостей: маневреність, гальмівні якості, інтенсивність розгону, умови праці водіїв, ступінь шумності і отруєння повітряного середовища, специфічні вимоги до пунктів зупинок.

При організації руху маршрутного пасажирського транспорту необхідно враховувати, що одним із головних завдань транспортного обслуговування населення є забезпечення витрат часу на пересування від місць проживання до роботи для 80-90% пасажирів не більше 40 хв. в найбільших і великих містах і не більше 30 хв. – в інших містах.

Основною метою заходів по організації руху є висока швидкість сполучення при забезпеченні безпеки руху.

Поліпшення організації руху в містах має передбачати:

- обов'язковий переклад трамвая на відокремлене полотно і повсюдне зняття трамвайних шляхів з проїжджої частини магістральних вулиць. Лінії тролейбусного транспорту не повинні прокладатися по магістралях з підвищеним швидкісним режимом, в тунелях і на естакадах, а також з лівим поворотом або розворотом в вузлах з інтенсивним рухом;
- будівництво автобусних доріг. Переваги:

1. При помірних витратах вони можуть забезпечити рух автобусів-експресів там, де це було б неможливо зробити шляхом виділення смуги руху

виключно для автобусів на нових або старих автомагістралях.

2. Використовуючи залізницю, яка втратила своє значення або мало експлуатована, або іншу вузьку трасу, вони можуть вписатися в міський ландшафт; не займаючи великої площі.

3. Вони можуть використовуватися для руху міського транспорту-експреса, організація якого може знадобитися згодом у зв'язку зі збільшенням числа пасажирів.

Конкретні критерії необхідності будівництва автобусних доріг відсутні;

- забезпечення пріоритетного режиму руху для автобусів за рахунок: надання автобусам права безперешкодного в'їзду на швидкісні автомагістралі; закриття з'їздів і виїздів для всіх транспортних засобів, за винятком автобусів і автомобілів оперативної державної служби; виділення смуг руху для автобусів і деяких інших транспортних засобів; надання правої крайньої смуги руху автобусам і транспортних засобів, що повертають направо; установки систем сигналізації, що приводяться в дію при проїзді автобусів (адаптивне регулювання); введення спеціальної фази в циклі світлофорного регулювання на перехрестях; виділення смуг руху, призначених виключно для автобусів (виправдано в тому випадку, якщо по ній буде перевозитися більша кількість пасажирів, ніж при звичайних умовах));

- для збереження загальної пропускної здатності вулиць і доріг необхідно в зоні зупиночних пунктів передбачати місцеве розширення проїзної частини (облаштування заїзних кишень) або винесення зупинкового пункту повністю за межі основної проїжджої частини.

Розміщення зупиночних пунктів

При виборі місць для розміщення зупиночних пунктів треба знаходити оптимальні рішення при суперечливих вимогах зручності пасажирів, з одного боку, і мінімальних перешкод для транспортних потоків – з іншого.

Основні умови, які повинні забезпечуватися при виборі місця зупинки пункту: безпека руху основного потоку людей, що користуються даним маршрутом транспорту, мінімальні перешкоди для переважаючих напрямків транспортних потоків, скорочення відстані пішохідного підходу до основних об'єктів тяжіння (ОТ).

При наявності багаторядного руху для нерейкового пасажирського транспорту, більшу безпеку пасажирів, що прямують на перехід, забезпечує зупинний пункт, розташований за перетином вулиць і пішохідним переходом. Однак при наявності потужного об'єкта тяжіння, або явно вираженого пересадочного пасажиропотоку за доцільне буде розташування зупинкового пункту перед перетином вулиць.

Відстань між пунктами зупинок на маршруті пасажирського транспорту відповідно до рекомендацій БНіП не повинно перевищувати 600 м, а для експресних маршрутів – 1200 м. Разом з цим, щоб уникнути різкого зниження швидкості V_c відстань між пунктами зупинок не повинна бути менше 300 м.

Пункти зупинок трамвая, шлях якого прокладений посередині вулиці, за

умовами безпеки слід розташовувати перед перетином вулиць. Якщо при цьому необхідно розмістити ще і пункти зупинки нерейкового маршрутного транспорту, то їх слід відсувати від зупинкового пункту трамвая не менше ніж на 30 м, а від перехрестя відповідно на відстань до 100 м. При зміщених до однієї сторони вулиці трамвайних коліях може бути влаштований поєднаний посадковий майданчик рейкового і безрейкового маршрутного транспорту, який обслуговується одним пішохідним переходом. Якщо на магістралі влаштовані пішохідні переходи в різних рівнях, зупинкові пункти повинні бути до них максимально наближені і повинні сполучатися достатнім по ширині тротуаром, а на підходах до зупинного пункту встановлюють направляючі огорожі.

Зручність і швидкість посадки і висадки пасажирів підвищується, якщо різниця висоти підніжки автобуса (тролейбуса, трамвая) і майданчика очікування – мінімальна. Висадка і посадка пасажирів повинна здійснюватися або безпосередньо з тротуару, піднесеного над рівнем проїжджої частини, або зі спеціальної посадкової площадки, піднесеної на 0,15-0,2 м. Ширина майданчика повинна бути 1,5-3,0 м. Довжина посадкового майданчика (зони тротуару, займаної зупинним пунктом) повинна відповідати переважному типу експлуатованих транспортних засобів і частоті руху: для одиночних автобусів і троллейбусів при частоті руху до 15 од./год. достатня довжина 15 м, при частоті понад 15 од./год. і в разі прибуття одночасно двох одиниць рухомого складу, довжина повинна бути збільшена до 35-40 м. При використанні зчленованих троллейбусів і автобусів мінімальна довжина посадочного майданчика повинна бути збільшена до 20-22 м, а при розрахунку на дві одночасно зупиняються одиниці – до 45-50 м.

Для усунення впливу автобуса (тролейбуса), що стоїть на зупинці, на транспортний потік, що проходить повз, він повинен бути віддалений від правого краю смуги руху на величину $b_k=1,5$ м. Необхідна ширина заїзних кишень на зупинках – 4,2 м або загальне розширення проїзної частини на таку величину.

Для скорочення впливу на транспортний потік маршрутного транспортного засобу, що стоїть на зупинці, або що під'їжджає до неї (гальмує) і виїжджає з неї (бере розгін), слід влаштовувати перехідно-швидкісні смуги, довжину яких необхідно визначати з урахуванням рівня швидкості транспортного потоку на даній магістралі, інтенсивності руху та динамічних якостей рухомого складу.

У великих пересадочних вузлах, де сходяться кілька маршрутів і спостерігається висока частота руху, раціонально влаштовувати позавуличні станції, ізольовані від транзитного руху.

Варіанти конкретного розташування автобусних зупинок:

- коли далі по ходу маршруту має бути поворот автобуса наліво, доцільно влаштовувати зупинку за перехрестям;
- коли далі має бути поворот автобуса направо при малому радіусі заокруглення, переважно розміщувати зупинки в глибині кварталу;
- при наявності інтенсивного правоповоротного руху на перехресті

зупинку слід розташовувати за цим перехрестям;

- при наявності періодичного скупчення автобусів, що виходять за межі відведеної зупинки, слід утримуватися від розміщення зупинки за перехрестям, її потрібно розташовувати перед перехрестям;

- на складних перехрестях часто слід розташовувати зупинки за перехрестям;

- в зоні пересадки з одного автобусного маршруту на інший рекомендується розміщувати зупинку першого маршруту перед перехрестям, а другого – за перехрестям. У цьому випадку обидві зупинки будуть розташовуватися на одному розі перехрестя і необхідність переходу вулиці пасажирями буде зведена до мінімуму;

- при наявності великого відсотка пасажирів, що виходять на зупинці для відвідування одного великого генератора пасажиропотоку, автобусну зупинку слід розташовувати так, щоб звести до мінімуму перехід перехрестя пішоходами. При цьому можливе розташування зупинки перед перехрестям або за ним.

Автомобільні стоянки

Території для зберігання автомобілів ділять за способом зберігання і тривалістю перебування на них автомобілів на кілька типів.

Автостоянки для постійного зберігання автомобілів.

Такі стоянки можуть бути двох типів.

1) Автотранспортні підприємства – вантажні, пасажирські, змішані. На їх території забезпечується не тільки зберігання транспортних засобів, а й їх обслуговування, ремонт, заправка, тут же розташовуються адміністративні будівлі.

2) Стоянки біля житлових будинків, в житлових кварталах, на міжрайонних територіях. Тривалість зберігання понад 1 добу. Ці автостоянки використовують для зберігання автомобілів, що належать громадянам. Залежно від рівня обслуговування такі стоянки можуть бути платними з закріпленням місць за громадянами і безкоштовними, вільного користування.

Автостоянки великої тривалості зберігання у підприємств, установ і міських комплексів для розміщення автомобілів, що належать робітникам, службовцям і відвідувачам, тривалістю більше 8 годин. Ці автостоянки в залежності від типу установи можуть бути загального користування або тільки для службових автомобілів. Останнє виправдано тільки в частині міста зі сформованою тісною забудовою, як правило, в центральній або старій частині міста.

Автостоянки середньої тривалості зберігання біля будівель і споруд, періодично збирають великі маси людей (стадіони, театри, кіноконцертні зали, ресторани, великі торгові центри), на період 2-4 год.

Автостоянки короточасної тривалості зберігання у вокзалів, універсальних магазинів, ринків, спортивних споруд для зберігання автомобілів

до 2 год.

Останні два типи автостоянок повинні бути загального користування.

Автомобільні стоянки розташовують:

- на проїжджій частині вулиць;
- на відкритих майданчиках;
- на дахах будівель;
- в підземному просторі під житловими і виробничими будівлями, дорогами, парками і т. ін. Вони можуть бути одноярусними і багатоярусними.
- в спеціальних гаражах – стоянках – одноярусних, багатоярусних.

Спеціально обладнані майданчики для зберігання автомобілів на території міста розташовуються поза вуличної мережі.

При частому розташуванні стоянок потрібні великі площі для їх розміщення, укрупнення автостоянок призводить до зменшення їх числа і віддалення від об'єктів обслуговування. Доводиться для розміщення автомобілів використовувати місцеву вулично-дорожню мережу. Пропускна здатність вулиць після розміщення на них автостоянок знижується на 20...50% і призводить до зниження технічної швидкості руху.

Гаражі – це спеціальні будівлі, призначені для зберігання і обслуговування автомобілів. Вони можуть розміщуватися під землею, на поверхні землі (як правило, багатопверхові), займати частину будівель іншого призначення. Це найбільш перспективний спосіб зберігання автомобілів, що дозволяє на малій поверхні міста зберігати велику кількість автомобілів. Недоліком гаражів є їх висока вартість.

Розрахунок потреби в автомобільних стоянках

Різні зони міста залучають неоднакову кількість автомобілів.

Точний розрахунок місткості автостоянок виконують з урахуванням даних про склад підприємств, чисельність працюючих, очікуваного числа відвідувачів, рівня розвитку громадського пасажирського транспорту. Особливу увагу слід приділяти забезпеченню автостоянками великої тривалості зберігання автомобілів в житлових районах. Тут передбачають в житлових районах виділення територій для розміщення не менше 100...70% автомобілів, що належать громадянам, які проживають в даному мікрорайоні. Розрахунок необхідної місткості автомобільних стоянок і розміщення їх повинні бути передбачені на стадії розробки генерального плану міста та здійснено на стадії проекту детального планування.

У промислових і комунально-складських районах на автостоянках тимчасового зберігання легкових автомобілів у підприємств і установ повинна розміщуватись до 25% розрахункового парку автомобілів міста. У загальноміському громадському центрі сумарна місткість автостоянок короткочасної тривалості зберігання великих і найбільших містах повинна бути не менше 5-8% загального розрахункового парку легкових автомобілів в місті, а в великих і середніх містах – не менше 10-15%.

У приміських зонах масового відпочинку місткість автомобільних стоянок

середньої і короткочасної тривалості зберігання повинна бути не менше 25-35% загального розрахункового парку легкових автомобілів в місті.

Вимоги до розміщення стоянок

Загальні вимоги, які повинні враховуватися при виборі місця і при плануванні як вуличної, так і позавуличної стоянки, зводяться до забезпечення: мінімальних перешкод для транспортного потоку при в'їзді на стоянку і виїзді з неї, зручності та безпеки користування стоянкою водіями і пасажирями автомобілів. Рекомендується, щоб довжина підходів до стоянок не перевищувала для вокзалів, торговельних центрів, входів до метрополітену 150 м, а для інших об'єктів – 300 м.

Гаражі і автостоянки в мікрорайонах розташовують таким чином, щоб вони були в зоні пішохідної доступності: зазвичай не далі 800 м, а в великих і найбільших містах - до 1500 м. Навколо ділянок гаражів і автостоянок розташовують смуги зелених насаджень шириною не менше 10 м. Ці смуги виконують роль протишумового захисту і перешкоджають поширенню шкідливих викидів автомобілями по території мікрорайону.

Найменші відстані до в'їздів в гараж або на автостоянку для забезпечення безпеки руху приймають: від перетинів з магістральною вулицею 100 м, від вулиць місцевого значення 20 м, від зупиночних пунктів пасажирського громадського транспорту 30 м. Від під'їздів житлових будинків до кордонів автостоянок відстань повинна бути не менше 50 м.

В'їзди і виїзди на відкритих автостоянках для короткострокового зберігання автомобілів можуть бути об'єднані при місткості стоянки до 20 автомобілів. При більшій місткості виїзди і в'їзди повинні бути роздільними. Ширина двосмугового проїзду на стоянку повинна бути не менше 6,0 м, однополосного - 4,5 м.

Література

1. Закон України «Про дорожній рух». – К., 1993.
2. Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко та ін. – К.: Знання України, 2005. – 452 с.
3. Горбанев Р.В. Городской транспорт: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1990. – 212 с.
4. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения: пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа. 1980. – 296 с.
5. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения. Ученик для вузов – К.: Вища школа, 1986. – 271с.
6. Самойлов Д.С., Юдин В.А., Рушевский П.В. Организация и безопасность городского движения. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. школа. 1981. – 256 с.
7. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.
8. Лобанов Е.М. транспортная планировка городов. Учебник для студентов вузов. – М.: 1990. – 240 с.
9. Клиновштейн Г.И. Организация дорожного движения. Учебник для автомобильно-дорожных вузов и факультетов. – М.: Транспорт, 1992. – 240 с.
10. Буга П.Г., Шелков Ю.Д. Организация пешеходного движения в городах: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа. 1980. – 232 с.
11. Аксенов В.А., Попова Е.П., Дивочкин О.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. –М.: Транспорт, 1980. – 127 с.
12. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. Учебник для вузов – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.
13. Кременец Ю.А. Технические средства организация дорожного движения. Учебник для вузов – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
14. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
15. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ./ В.У.Рэнкин, П.Клафи, С.Халберт и др. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
16. Петров В. В. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 104с.
17. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Організація та безпека дорожнього руху” для студентів спеціальностей 7.100401-7.100403 (вибіркова частина)/ Є. Б. Решетніков, Н. О. Семченко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 29 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Кафедра организации и безопасности дорожного движения

Решетников Е.Б., Семченко Н.А.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
по дисциплине "Организация и безопасность дорожного движения"
по направлению «Транспортные технологии»
(На украинском и русском (для иностранных студентов) языках)

Харьков 2013

Содержание

Лекция 1. Проблемы организации дорожного движения (ОДД).....	162
Лекция 2. Деятельность организаций в области ОДД.....	168
Лекция 3. Дорожно-транспортные происшествия, их учет и анализ.....	175
Лекция 4. Водитель и безопасность движения.....	183
Лекция 5. Транспортные средства и безопасность движения.....	191
Лекция 6. Дорожные условия и безопасность движения.....	207
Лекция 7. Основные параметры дорожного движения.....	212
Лекция 8. Пропускная способность и задержки на элементах транспортной сети.....	221
Лекция 9. Оценка опасности элементов транспортной сети.....	234
Лекция 10. Параметры светофорного регулирования и их расчет.....	247
Лекция 11. Методы совершенствования светофорного регулирования...	263
Лекция 12. организации светофорного регулирования.....	273
Лекция 13. Методы совершенствования ОДД на нерегулируемых пересечениях.....	278
Лекция 14. Организация дорожного движения на участках сети.....	294
Лекция 15. Организация дорожного движения в специфических условиях.....	308
Лекция 16. Грузовое и пассажирское движение в городах. Автомобильные стоянки.....	317
Литература	326

Лекция 1. Проблемы организации дорожного движения

Основные вопросы:

1. Основные проблемы автомобилизации.
2. Состояние безопасности движения, объективные и субъективные причины роста аварийности.
3. Требования к организации дорожного движения.
4. Дорожное движение как система «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС).
5. Основные факторы, влияющие на безопасность и эффективность дорожного движения.

Автомобиль прочно вошел в жизнь современного общества. Мы не представляем ее без автомобиля. Промышленность, сельское хозяйство, строительство, торговля, военное ведомство и т.д. не могут функционировать без автомобильного транспорта. Объем перевозок автомобильным транспортом превышает объемы перевозок всех остальных видов транспорта вместе взятых.

Кроме того, транспорт является средством повышения мобильности граждан, обеспечивает соответствующий образ жизни человека, повышает его культурный уровень.

Автомобиль уже давно перестал быть роскошью и средством передвижения. Темпы автомобилизации снижаться не будут.

Однако автомобиль породил одну из острейших социально-экономических проблем – проблему безопасности дорожного движения.

Основная задача курса заключается в формировании знаний, необходимых для понимания закономерностей дорожного движения и методов его исследования и умения использовать эти знания при решении инженерных вопросов организации дорожного движения.

Основные проблемы автомобилизации

Мы уже отметили, что самой насущной проблемой автомобилизации является безопасность дорожного движения.

Первое дорожно-транспортное происшествие (наезд на пешехода) произошло в 1896 году.

Первое ДТП, повлекшее смертельный исход – в 1899 г и после этого число погибших в ДТП людей постоянно возрастает. Ежегодно в мире в результате ДТП погибает более 1,2 млн. человек. От 20 до 50 млн. получают травмы.

За 2011 год в ДТП на дорогах Украины погибло 5000 человек, каждый третий погибший – молодой человек в возрасте до 29 лет. (средний возраст погибших – 30 лет) По количеству жертв ДТП Украина занимает пятое место в Европе после России, Италии, Франции и Германии. Пострадали в 26000 ДТП около 40000 человек. Всего за годы независимости на дорогах Украины погибли около 140 тыс. человек, 900 тыс. – получили тяжкие телесные

повреждения, и половина из них стали инвалидами. Каждый день в Украине происходит 270 ДТП, в результате чего погибает 11 человек и 90 получают тяжелые травмы. 80% ДТП происходит из-за нарушений ПДД. Потери украинской экономики от дорожно-транспортных происшествий ежегодно достигают 5 млрд. долларов. (В США годовой ущерб составляет примерно 110 млрд. долларов). Даже Президент Украины заявил, что ситуация на автодорогах Украины стала сегодня одной из главных угроз национальной безопасности.

В августе 2012 г была принята концепция Государственной целевой программы повышения безопасности дорожного движения в Украине на 2012-2016 годы.

Причины роста аварийности

Существуют как объективные, так и субъективные причины роста аварийности на автомобильном транспорте. **К объективным относятся:**

1. Непрерывный рост мирового автомобильного парка.

Таблица 1.1 – Объемы мирового автомобильного парка

	Парк, млн. единиц						
	1920г.	1940г.	1960г.	1980г.	2000г.	2010	2035
Общий	9	45	120	390	520	1015	3000
Легковой	6	36	90	270	400	≈760	

Индекс среднего отношения количества автомобилей к числу проживающих на земле людей составляет в настоящее время 1:6,75 (148 автомобилей на 1000 жителей). Больше всего автовладельцев в США: 1:1,3 (770авт/1000 жителей), т.е. автомобиль есть почти у каждого. Следом за ними идут Италия: 1:1,45 (690авт/1000 жителей), Великобритания, Франция и Япония: примерно 1:1,7 в каждой стране (588авт/1000 жителей). А вот у чемпиона по росту авторынка, Китая, из-за населения в 1,3 млрд. человек этот индекс составляет 1:17,2 (58авт/1000 жителей). В Индии индекс составляет 1:56,3 (17,8авт/1000жителей).

В СНГ – 1:5,5 (180 автомобилей на 1000 жителей). В г. Харькове – примерно 1:3,8 (260 автомобилей на 1000 жителей).

2. Неуклонный рост населения городов и уменьшение количества сельских жителей. Именно в местах концентрации населения наблюдается и большая концентрация автомобилей, а значит и дорожно-транспортных происшествий. По данным УГАИ МВД Украины распределение ДТП по месту их совершения за последние 5 лет следующее:

- 33% - в областных центрах;
- 23% - в других городах;
- 22% - на местных дорогах;

15% - в других населенных пунктах;

9% - на магистральных автодорогах.

3. Недостаточная сеть автомобильных дорог и низкие темпы ее развития по сравнению с ростом автомобилей.

В первую очередь это относится к городам. В настоящее время существует достаточно объективный норматив для крупных городов (> 1 млн. чел) - 2 км городских магистралей на 1км^2 города. В настоящее время только во Франции этот норматив в некоторых городах выдержан. В США этот показатель составляет $0,5\text{км}/\text{км}^2$; в Японии - $1,35\text{км}/\text{км}^2$; в Чехии - $0,65\text{км}/\text{км}^2$; в СНГ - $0,04\text{км}/\text{км}^2$;

4. Рост мощностей автомобильных двигателей и динамических характеристик автомобилей.

5. Недостаточная изоляция транспортных потоков от других участников дорожного движения.

6. Недооценка проблем безопасности движения на всех уровнях.

К субъективным причинам роста аварийности в первую очередь относятся:

1. Отсутствие у человека боязни опасности автомобиля.

2. Незнание и нарушение Правил дорожного движения как водителями, так и пешеходами.

3. Несоизмерение человеком своих возможностей с возможностями автомобиля.

Это общие причины роста количества ДТП во всем мире.

Второй проблемой автомобилизации является **экологическая проблема**.

При допустимой в настоящее время норме содержания окиси азота в воздухе городов - $3\text{мг}/\text{м}^3$ на магистралях с непрерывным напряженным движением окиси азота в десятки раз больше. Отравляя атмосферу двигатели автомобилей потребляют огромное количество кислорода.

Шум от движения транспортных средств по этим магистралям превышает 100ДБ, при допустимых нормах - 50ДБ.

Третья проблема - снижение скорости сообщения.

Автомобиль изначально предназначен для обеспечения высоких скоростей сообщения между пунктами. В то же время на некоторых городских дорогах скорость движения снижается в часы «пик» до 8 - 10км/ч., что делает бессмысленным использование индивидуальных автомобилей и резко снижает экономическую эффективность при перевозках грузов.

Требования к организации дорожного движения.

Исходя из рассмотренных проблем, можно сформулировать основные требования к организации дорожного движения:

1. Безопасность
2. Эффективность.
3. Комфортабельность.

Под безопасностью дорожного движения понимается создание комплекса условий и требований, сооружений, технических и информационных средств, обеспечивающих минимальную вероятность дорожно-транспортных происшествий.

Под эффективностью понимают создание таких условий дорожного движения, которые обеспечивают высокую скорость, малое время сообщения и минимальные задержки транспортных средств.

Если говорить о комфортабельности, то выполнение первых двух требований (безопасности и минимальных задержек) в значительной мере определяют и комфортабельность. Кроме того, для обеспечения комфортабельности необходимо предусматривать удобное размещение АЗС, СТО, пунктов питания, отдыха. Но это уже в меньшей степени проблемы организации дорожного движения. Поэтому в дальнейшем, говоря о требованиях к организации дорожного движения, мы будем иметь в виду обеспечение безопасности движения и минимальных задержек.

Решением этих вопросов и занимается Организация дорожного движения как наука – она изучает характеристики, закономерности дорожного движения и разрабатывает на их основе методы планирования, регулирования и проектирования дорожного движения.

Дорожное движение как система.

Обеспечить безопасность движения и снижение задержек невозможно, рассматривая, например, только автомобиль. На автомобильных дорогах функционирует очень сложная социально-техническая система, представляющая собой совокупность участвующих в дорожном движении технических средств, людей, инфраструктуры. Мы можем выделить три основных подсистемы: автомобиль, водитель, дорога. И, конечно, эта система ВАД действует и взаимодействует в окружающей среде (рис. 1.1).

Оптимальное функционирование системы определяется как самостоятельными характеристиками ее элементов – автомобиля (транспортного средства), дороги, водителя, так и параметрами взаимодействия – механической – автомобиль-дорога, биомеханической – водитель-автомобиль и водитель-дорога. Рассмотрим основные параметры каждой подсистемы, свойства, которые обеспечивают безопасность дорожного движения.

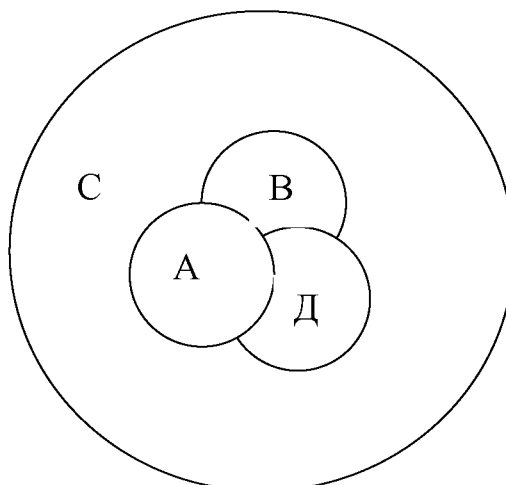


Рисунок 1.1 – Система ВАДС

Автомобиль.

Здесь мы можем выделить 4 основные подсистемы, обеспечивающие безопасность:

1. Активная безопасность, включающая:

- тягово-скоростные качества;
- тормозные качества;
- устойчивость;
- управляемость;
- информативность;
- весовые и габаритные параметры;
- элементы комфортности:
 - эргономические параметры;
 - микроклимат (загазованность, температура, шум).

2. Пассивная безопасность, включающая:

- Внутренние травмобезопасные элементы;
 - ремни безопасности;
 - травмобезопасная рулевая колонка;
 - травмобезопасные стекла;
 - подголовники;
 - пневмоподушки и т.д.
- Внешние травмобезопасные элементы:
 - форма кузова;
 - оптимальная жесткость элементов кузова;
 - энергопоглощающие бамперы и т.д.

3. Послеаварийная безопасность:

- противопожарная;
- эвакуационная;

4. Экологическая безопасность:

- мероприятия, снижающие потребление энергоресурсов;

- уровень загазованности;
- уровень шума и вибраций;
- уровень электромагнитных излучений.

Водитель.

Говоря о водителе, обычно выделяют три основных элемента:

- психофизиологические качества (темперамент, эмоциональная возбудимость, - сангвиник, холерик и т.д., - зрительные ощущения, слуховые ощущения и т.д.)
- профессиональные качества (боксер с прекрасной реакцией может быть очень плохим водителем);
- состояние (утомление, болезнь, опьянение).

Дорога.

- улично-дорожная сеть (планировка);
- параметры автомобильных дорог (ширина, число полос движения, наличие тротуаров и обочин, покрытие, кривые в плане и профиле);
- инфраструктура (подвижные и неподвижные объекты – строения около дороги, зеленые насаждения, мосты, переезды, СТО, АЗС и т.д.);
- инженерное оборудование средствами ОДД.

Система ВАД функционирует в окружающей среде, откуда получает информацию, и которая влияет на параметры функционирования системы. Говоря о среде, мы имеем в виду:

- освещенность, осадки, температура, запыленность, шум, вибрации, пешеходов, сотрудников ГАИ, другие транспортные средства и т.д.

Поэтому среду обычно также включают в систему и говорят о системе «Водитель – автомобиль-дорога-среда» - ВАДС.

Безопасность дорожного движения зависит от надежности системы и входящих в нее элементов. Для обеспечения безопасности функционирования системы ведутся работы во всех направлениях. Постоянно идет совершенствование транспортных средств, дорог, оборудования для ОДД.

Но наименее надежным элементом системы является водитель. Здесь тоже идет работа по улучшению их подготовки (тренажеры, например), но массовая автомобилизация вовлекает в сферу этой деятельности все большее количество людей. С другой стороны, рост тягово-скоростных качеств автомобилей уже входит в противоречие с возможностями человека. Единственным путем решения этой проблемы является автоматизация и даже кибернетизация процесса управления транспортными средствами.

Подведем итоги.

Повышение безопасности движения и эффективности автотранспортной системы может быть достигнуто только при взаимосвязанном функционировании всех элементов системы ВАДС. Но даже при идеальном ее функционировании вероятность ДТП и задержек сохраняется.

Основные факторы, влияющие на безопасность движения и эффективность:

1. Уровень автомобилизации;
2. Конструктивные параметры транспортных средств;
3. Степень и уровень развития улично-дорожной сети;
4. Подготовка и дисциплинированность водителей и пешеходов;
5. Погодно-климатические условия;
6. Насыщенность и совершенство методов и технических средств регулирования дорожным движением.

Последнее направление и является предметом нашего курса.

Лекция 2. Деятельность организаций в области ОДД.

Основные вопросы:

1. Международные нормативные документы по организации дорожного движения.
2. Государственные нормативные документы по организации дорожного движения.
3. Законы Украины «О транспорте» и «О дорожном движении».
4. Государственная автомобильная инспекция и службы безопасности дорожного движения.
5. Ведомственные организации и службы безопасности дорожного движения

Как мы уже отмечали, дорожное движение является сложной динамической системой ВАДС.

Основными показателями эффективности дорожного движения являются безопасность и скорость. Чтобы обеспечить эффективность дорожного движения, необходима совместная деятельность специалистов различного профиля. Проблемы безопасности дорожного движения - проблема мирового значения, поэтому ее решением занимаются не только отдельные государства, но эти государства в решении проблемы БД объединяют свои усилия и многие вопросы решаются на уровне комиссий ООН и других межгосударственных комиссий.

При зарождении дорожного движения, когда не было технических средств регулирования, единственным элементом организации движения являлись правила, регламентирующие поведение участников дорожного движения на дорогах.

Такие правила начали появляться много веков назад. В России, например, первые царские указы появились в XVII веке и устанавливали порядок движения всадников и гужевых повозок.

Появление автомобилей потребовало пристального внимания к проблемам движения на дорогах.

Первые в истории Правила автомобильного движения появились в 1896г. В Англии. Потом появились в других странах. Причем основные регламентации касались именно транспортных средств. Так, в первых английских правилах

запрещалось движение автомобилей со скоростью более 12 миль в час (примерно 20 км/ч)

В Правилах движения, установленных Московской городской думой в 1912 г., запрещалось движение со скоростью более 12 верст в час (примерно 12,8 км/ч) для автомобилей массой более 350 пудов (5740 кг) и 20 верст в час (20,9 км/ч) для остальных.

Международные нормативные документы по ОДД

Развитие международного дорожного движения уже в начале прошлого века выдвинуло необходимость унификации ПДД.

Первое международное соглашение о порядке автомобильного движения было принято в 1909 г. Были унифицированы 4 знака (крутые повороты, неровная дорога, железнодорожный переезд и пересечение дорог).

В 1926 г. В Париже была заключена Международная конвенция о дорожном транспорте и Международная конвенция об автомобильном транспорте. В 1931 г. Принята конвенция о введении единообразия в сигнализации на дорогах.

После окончания второй мировой войны ООН была проведена подготовительная работа и в 1949 г. в Женеве были приняты соглашения:

- Конвенция о дорожном движении;
- Протокол о дорожных знаках и сигналах.

По сравнению с предыдущими Конвенциями это были значительно более развернутые документы.

Целью этой Конвенции являлось содействие международному дорожному движению. К ней присоединилось большинство стран мира, что обеспечило широкую унификацию национальных ПДД. СССР присоединился к этой Конвенции в 1959 г.

Но к этому времени автомобилизация достигла столь широких масштабов, что Женевская Конвенция уже не удовлетворяла требованиям. Велась очень большая работа по всем элементам ВАДС и в 1968 г. на конференции ООН по дорожному движению в Вене были окончательно согласованы и приняты:

- Конвенция о дорожном движении;
- Конвенция о дорожных знаках и сигналах

Конвенция о дорожном движении утвердила:

- терминологию;
- общие положения;
- требования к транспортным средствам;
- требования к водительским документам и порядок их выдачи;
- требования к водителям.

Конвенция о дорожных знаках и сигналах утвердила общие требования к дорожным знакам, дорожной разметке, указателям и сигналам.

Работа международных комиссий постоянная, отдельные положения развиваются, уточняются, вводятся новые требования.

В настоящее время международные нормативные документы разрабатываются следующими организациями:

- Комитетом по внутреннему транспорту Европейской Экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН). Она, например, разрабатывает нормативы конструктивной безопасности автомобилей (их сейчас порядка 50).
- Международной организацией обществ автомобильных инженеров и техников (FIS STA).
- Международной организацией стандартизации (ISO).

Стандарты нашей страны, как общегосударственные, так и отраслевые, в целом соответствуют разрабатываемым этой комиссией требованиям.

Государственные нормативные документы по ОДД

Если говорить о государственном уровне деятельности по ОДД, начинать нужно с СССР.

Если не считать первых примитивных ограничений скоростей в царской России, первые правила движения были объявлены декретом Совета Народных Комиссаров «Об автодвижении по г. Москве и ее окрестностям (правила)», которые были введены в действие 10 июня 1920г.

Первоначально не существовало единых правил дорожного движения. Они разрабатывались и утверждались на местном уровне исполкомами Советов депутатов трудящихся.

В 1940 г. были утверждены первые «Типовые правила движения по улицам городов и дорогам СССР», служившие основой для разработки Правил на местах.

И только в 1961г., с 1 января, были введены в действие первые единые «Правила движения по улицам и дорогам СССР». В 1965г. Они были доработаны.

После Венской конференции ООН в 1968г., посвященной вопросам безопасности движения и принятия там двух конвенций, в СССР были переработаны Правила с учетом требований Конвенций. Но все сразу учесть было невозможно, поэтому они в последующие годы дорабатывались и последние в СССР, дополненные и переработанные, были введены в действие с 1 июня 1980г.

После образования самостоятельного Украинского государства, 30 июня 1993г. Был принят закон «О дорожном движении».

На основании этого Закона 1 мая 1994г. Были введены на Украине новые Правила. В настоящее время все участники дорожного движения руководствуются Правилами, введенные в действие с 1 января 2002г.

Итак, у нас на Украине действуют и Правила дорожного движения и Закон о дорожном движении. Правила дорожного движения устанавливают четкий порядок осуществления движения транспортных средств и пешеходов. Зачем нужен Закон? Чем обусловлено его появление?

Закон Украины о дорожном движении

Проблемы организации движения можно решить только на основе рассмотрения системы ВАДС, они не могут сводиться только к правильному осуществлению движения.

Закон Украины о Дорожном движении (ДД) регулирует общественные отношения в сфере организации ДД, его безопасности. Он определяет права, обязанности и ответственность субъектов – участников ДД. Все законодательные акты должны издаваться в соответствии с Законом Украины о ДД.

Прокомментируем некоторые разделы этого Закона.

Раздел 2 – рассматривает компетенции Кабинета Министров Украины, областных, городских и районных советов, Министерств....

Раздел 3 – оговаривает права и обязанности участников ДД. Участниками ДД являются лица, использующие автодороги, улицы, ж/д переезды и другие места, предназначенные для передвижения людей и перевозки грузов с помощью транспортных средств.

Участники ДД имеют право на безопасное движение, возмещение ущерба, причиненного вследствие несоответствия дорог требованиям БДД, получение от ГАИ информации об условиях движения на дорогах. На обжалование действий работников ГАИ в случае нарушения ими законодательства и т.д.

Участники дорожного движения обязаны знать и соблюдать требования Закона о ДД, Правил ДД и других нормативных актов о ДД; создавать безопасные условия для дорожного движения, не причинять своими действиями или бездействием вреда предприятиям, учреждениям и гражданам; выполнять распоряжения органов Госназора по соблюдению законодательства ОДД.

Раздел 4 называется «Автомобильные дороги (улицы)». Здесь рассматриваются: автомобильные дороги, их деление и правила пользования ими; основные требования к проектированию дорог; основные требования к строительству, реконструкции и ремонту дорог, улиц, железнодорожных переездов; вопросы ограничения или прекращения ДД при выполнении ремонтных работ на автодорогах; организации ДД на автодорогах; деятельность специализированных служб ОДД.

Раздел 5 – посвящен транспортным средствам. Здесь оговариваются требования к допуску транспортных средств к участию в ДД; определяются основные требования к производству транспортных средств; требования к ввозу на территорию Украины транспортных средств; требования к переоборудованию транспортных средств; порядок регистрации и учета т.с.; проведения технического осмотра т.с.; основные требования к техническому обслуживанию т.с.; оговариваются основания для запрещения эксплуатации т.с.

Раздел 6 называется «Стандартизация и нормирование ОДД». Здесь оговорены стандарты дорожного движения, нормативы дорожного движения, Правила дорожного движения.

Раздел 7 «Планирование и финансирование предприятий по обеспечению

БДД».

Здесь даны общие положения единой системы учета показателей ДД и его безопасности; оговорен порядок планирования и финансирования мероприятий по обеспечению БДД.

Раздел 8 «Медицинское обеспечение ДД»

Основные вопросы: медицинское освидетельствование и переосвидетельствование кандидатов в водители и водителей транспортных средств; обязанности предприятий и учреждений по охране здоровья и контролю за условиями труда водителей транспортных средств; организация оказания помощи пострадавшим при ДТП; медицинская подготовка водителей и должностных лиц органов МВД.

Раздел 9 «Охрана окружающей среды».

Раздел 10 «Контроль в сфере ДД»

Раздел 11 «Ответственность за нарушения законодательства о ДД»

Раздел 12 «Международные отношения»

Закон Украины „Про дорожній рух” и Правила дорожного движения далеко не единственные нормативно-правовые акты в сфере обеспечения безопасности дорожного движения. Так, 10 ноября 1994г. Принят Закон Украины «Про транспорт», 5 января 2001г. Принят Закон «Про автомобильный транспорт», 6 апреля 2000г. Закон «Про перевезення небезпечних вантажів” и т. д.

Всего на сегодняшний день имеется 56 нормативно-правовых документов в сфере обеспечения безопасности движения. Это и Законы Украины и Правила, и Постановления, и Положения, и Государственные стандарты, и Технические правила и т.д.

Уголовная ответственность за нарушения Правил безопасности дорожного движения предусмотрена ст. 286, 287, 289 и 291 УК Украины.

Государственная автомобильная инспекция и службы безопасности дорожного движения

В 1935г. В системе Центрального Управления шоссейных и грунтовых дорог и автомобильного транспорта при Совете Народных Комиссаров СССР была создана автомобильная инспекция СССР как орган Государственного надзора за эксплуатацией автомобильного транспорта.

В 1936г., 3 марта Госавтоинспекция была включена в состав Главного управления Рабоче-крестьянской милиции НКВД СССР.

В июле 1936г. Утверждено Положение о Госавтоинспекции. Здесь были определены ее задачи:

- борьба с авариями;
- борьба с незаконным использованием автотранспорта;
- разработка технических норм и измерителей эксплуатации автотранспорта;
- наблюдение за подготовкой и воспитанием водительских кадров;

- количественный и качественный учет автомобильного парка.

С увеличением парка все большее значение приобретает работа по предупреждению ДТП и регулированию движения. В крупных городах (Москве, Ленинграде, Киеве) создаются отделы по регулированию уличного движения – ОРУД, на автомагистралях – подразделения дорожной милиции. В 1969г. Эти отделы были введены на всех уровнях (Государственном, республиканском, областном, районном)

Задачи:

- изучение дорожного движения;
- разработка мероприятий по улучшению организации движения;
- согласование проектной документации так или иначе касающихся ДД;
- выдача разрешений на перевозку негабаритных и тяжеловесных грузов;
- участвовать в работе комиссий и технических советов по вопросам ОДД;
- осуществлять контроль за выполнением положений по ОДД.

В 1972г. В системе органов МВД были созданы специализированные монтажно-эксплуатационные подразделения дорожного движения. Их функции:

- надзор за техническим состоянием автотранспортных средств, трамваями, троллейбусами;
- учет ДТП, анализ их причин и условий возникновения, разработка рекомендаций по устранению этих причин и повышению уровня БД;
- рассмотрение и согласование маршрутов общественного транспорта, транспорта, перевозящего тяжеловесные и негабаритные грузы;
- прием экзаменов на управление т.с;
- внедрение и эксплуатация технических средств регулирования и контроля дорожного движения.

Наряду с подразделениями ГАИ есть и другие службы в ведомствах и министерствах, которые следует отнести к службам дорожного движения. Основные из них:

1. Служба организации движения в дорожно-эксплуатационных предприятиях. Впервые такая служба была организована в 1968г. Министерством автомобильного транспорта и шоссейных дорог в составе Управления автомобильной дороги Москва-Харьков. Потом эта служба получила дальнейшее развитие и работает до сих пор. Они осуществляют:

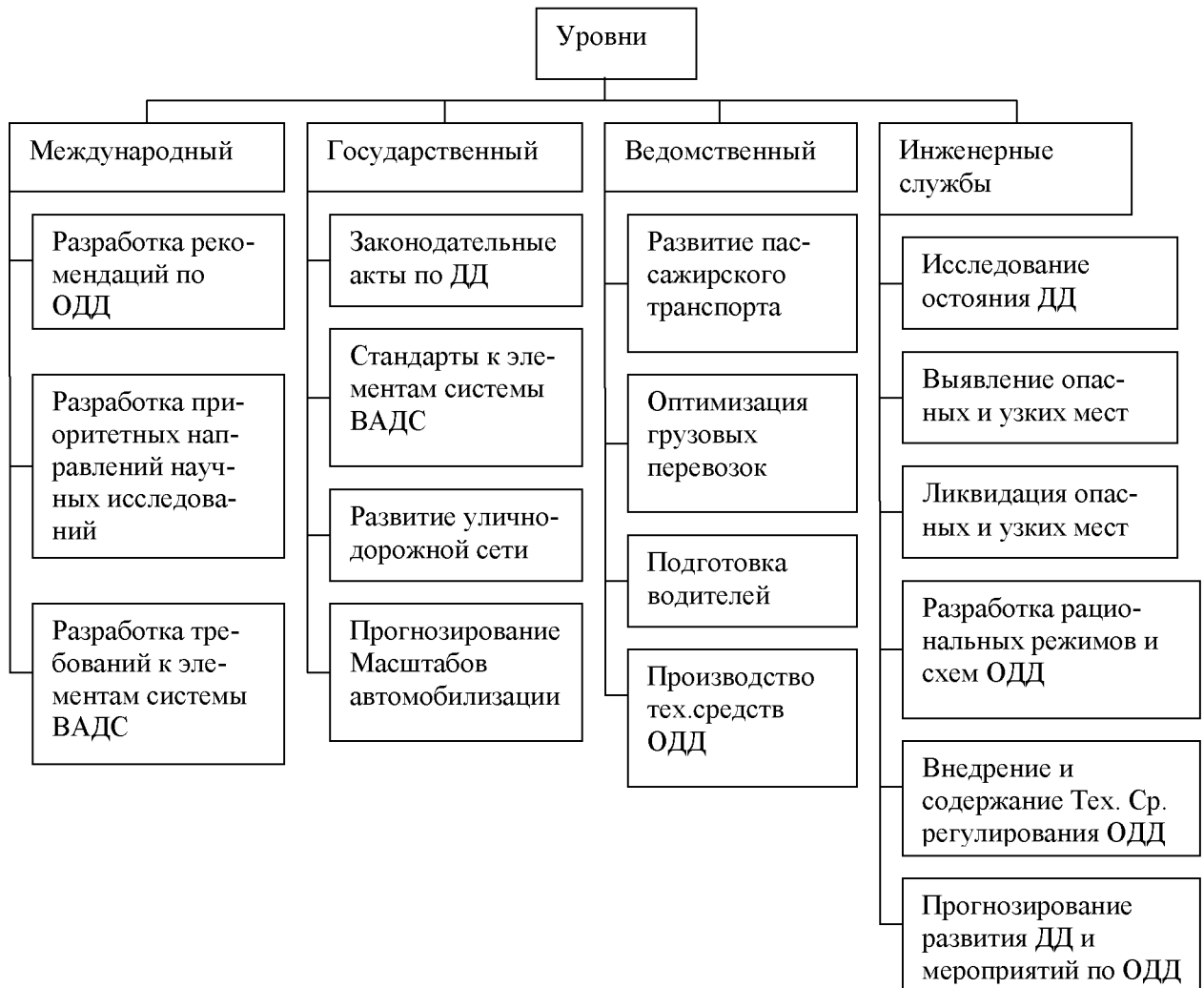
- постоянный контроль за состоянием дорог с точки зрения безопасности движения: условиями видимости, шероховатостью покрытия и т.д.;
- изучают условия и режимы движения транспортных средств, выявляют «узкие места»;
- разрабатывают и осуществляют мероприятия по ликвидации «узких» мест;
- обеспечивают информацией водителей на дорогах;
- внедряют современные технические средства ОДД;
- анализируют причины и условия возникновения ДТП, принимают меры по их устранению;
- прогнозируют развитие интенсивности дорожного движения и

разрабатывают мероприятия по увеличению пропускной способности.

2. Служба безопасности движения автотранспортных предприятий и организаций. Инженеры службы безопасности занимаются решением следующих основных вопросов:

- повышением квалификации водителей;
- обследованием условий движения на маршрутах;
- разрабатывают мероприятия по улучшению организации движения и дорожных условий;
- участвуют в нормировании скоростных режимов;
- проводят служебные расследования ДТП.

Структурная схема основных направлений деятельности по ОДД.



Лекция 3. Дорожно-транспортные происшествия, их учет и анализ.

Основные вопросы:

1. Определение и классификация дорожно-транспортных происшествий (ДТП).
2. Учет ДТП в ГАИ, АТП.
3. Показатели аварийности
4. Анализ ДТП
 - количественный;
 - топографический;
 - качественный;
 - автотехническую экспертизу

Определение и классификация ДТП.

ДТП – это событие, происшедшее во время движения транспортного средства, вследствие которого погибли или ранены люди либо нанесен материальный ущерб. (ПДД).

ДТП классифицируются по различным признакам – по степени тяжести, по видам, по причинам, по месту возникновения и т.д.

Классификация по степени тяжести:

- ДТП с материальным ущербом;
- ДТП с телесными повреждениями;
- ДТП с гибелью людей.

Лишь последняя степень тяжести однозначна. Материальный ущерб от ДТП может колебаться в огромных пределах: от нескольких гривен до миллионов – если поврежден или уничтожен ценный груз. Что касается телесных повреждений, они по принятой классификации в судебно-медицинской экспертизе могут быть легкими, менее тяжкими (последствия средней тяжести), тяжкие (последствия тяжелой степени).

Статистика последствий наездов на пешеходов, например, показывает, что при скоростях наезда до 15км/ч пешеходы получают в основном легкие телесные повреждения; при скоростях 15-25км/ч – менее тяжкие, при 25-40км/ч – тяжкие. Наезды на пешеходов при скорости автомобиля более 40км/ч зачастую приводят к смертельному исходу.

Классификация по видам.

В скобках данные за 2005г. По Украине и Харьковской области. Всего ДТП в Харьковской области(Х/О) в 2005г. – 3497

1. Наезды транспортных средств.
 - (50 - 60% от всех ДТП)
 - на пешеходов (35-50% от всех ДТП)
(Х/о – 1360 -38,9%)
 - на препятствие (5 - 8%)
(Х/о – 258 -7,4%)

- на стоящее транспортное средство (2,5-3,5%)
(X/o - 74 – 2,1%)
- на велосипедиста (1 - 5%);
(X/o -170 - 4,9%)
- на гужевой транспорт; (до 0,6%)
(X/o - 3 - 0,1%)
- на животное; (до 0,3%)
(X/o - 0 - 0,0%)
- 2. Столкновение (30-40%);
(X/o – 1248 – 35,7)
- 3. Опрокидывание транспортных средств (8-10%);
(X/o – 364 - 10,4)
- 4. Падение пассажира (до 2 %)
(X/o - 20 - 0,6%)
- 5 Падение груза (до 0,5%)
(X/o - 0 - 0,0%)
- 6. Прочие (2-2,5%)

Классификация по причинам возникновения.

- по вине пешехода;
- по вине водителя.

Когда речь идет о наезде на пешехода, велосипедиста, часто сложно однозначно определить, по чьей вине произошло ДТП. В 75% случаев наездов на пешехода опасную обстановку создает пешеход. Однако в ПДД имеется пункт 12.3, в соответствии с которым, водитель в случае возникновения опасности обязан принять меры к снижению скорости вплоть до остановки или безопасному для других участников движения объезду препятствия. Если происходит наезд и водитель при этом мог его предотвратить, только суд может определить степень вины каждого из участников ДТП.

- из-за неисправности транспортных средств. По статистике из-за неисправности транспортных средств происходит примерно 2-5 % всех ДТП. В настоящее время количество ДТП по этой причине в Украине несколько возросло из-за того, многие автомобили частных владельцев вообще не проходят предрейсового контроля.

- из-за плохих дорожных условий. Здесь тоже очень трудно говорить о статистике ДТП по этой причине. Состояние дорог как городских, так и местных в настоящее время очень плохое, что является причиной многих ДТП. Но водители очень редко обращаются в суд с иском к дорожным службам.

- из-за плохой организации дорожного движения. По этой причине ДТП происходят, но, как и в предыдущем, статистика здесь отсутствует.

Анализ статистики отчетных данных о ДТП позволяет выделить основные нарушения водителями ПДД, которые приводят к возникновению происшествий:

- превышение скорости движения (20-30%)

(X/o – 674 – 19,3% от всех ДТП)

- нарушения правил проезда железнодорожных переездов (до 1%), (X/o – 4 – 0,11%)
- нарушение правил проезда перекрестков (5-10%), (X/o – 367 – 10,5%)
- выезд на встречную полосу (5-15%), (X/o – 233 – 6,7%)
- несоблюдение дистанции (3-6%) (X/o – 188 – 5,4%)
- несоблюдение правил обгона (2,5-5,5%) (X/o – 68 – 1,9%)
- несоблюдение правил маневрирования (20-22%) (X/o – 744 – 21,3%)
- нарушение правил проезда пешеходных переходов – до 5%
- управление Т.С. в нетрезвом состоянии (10-20%) (X/o – 386 – 11,0%)
- отсутствие прав на управление автомобилем – (до 20%)
- отсутствие прав на управление автомобилем соответствующей категории до 1%.

11% всех ДТП в Харьковской области происходит с участием детей.

К дорожно-транспортным происшествиям не относятся происшествия, возникшие с тракторами и другими механизмами, произошедшими во время выполнения ими основных производственных операций; вызванные пожаром, возникших в результате умышленных действий, во время спортивных соревнований, в результате стихийных бедствий, на закрытых территориях предприятий, организаций и т.д., вследствие попытки суицида.

Учет ДТП

При возникновении ДТП на место происшествия выезжает сотрудник Госавтоинспекции. Иногда в состав оперативной группы, в зависимости от вида ДТП, его тяжести и последствий входят следователи, эксперты - автотехники, медицинские эксперты, криминалисты и другие специалисты. На месте ДТП составляется протокол осмотра места ДТП, схема ДТП и справка о ДТП. Кроме того, берутся объяснения участников ДТП и показания свидетелей.

На основании этих первичных документов в Госавтоинспекции составляется учетная карточка дорожно-транспортного происшествия. В дальнейшем эта учетная карточка служит основным исходным документом для анализа.

В настоящее время в ГАИ оформляются карточки учета на ДТП, связанные с ранением или гибелью людей и материальным ущербом. В них фиксируются:

- общие сведения о ДТП;

- вид происшествия;
- данные о транспортных средствах;
- элементы профиля и плана дороги;
- состояние проезжей части;
- освещение в момент ДТП;
- данные о водителях;
- данные о пострадавших.

Далее эти данные обрабатываются на ЭВМ и передаются в вышестоящие инстанции.

Анализ ДТП

Анализ ДТП производится с целью оценки состояния аварийности, определения тенденций изменения аварийности, установления причин и факторов возникновения ДТП, выделения мест концентрации ДТП.

В соответствии с этими направлениями применяются следующие методы анализа ДТП:

- количественный;
- качественный;
- топографический;

В отдельный вид выносят автотехническую экспертизу.

Количественный анализ.

Количественный анализ позволяет оценить уровень аварийности по виду, месту и времени совершения ДТП.

При анализе применяют абсолютные и относительные показатели.

Абсолютный показатель аварийности – общее количество ДТП, общее количество раненых, общее количество погибших, общее количество понесших материальный ущерб, общее количество столкновений, наездов и т.д. – в каком-то транспортном районе, городе, области, стране и т.д.

Более объективную оценку позволяют получить относительные показатели, которые позволяют сравнивать уровень аварийности различных регионов, магистралей, участков сети. Это показатели аварийности на 100тыс. жителей, на тысячу транспортных средств, тысячу водителей, на 1км дороги, на 1млн. км пробега. Например, в Австрии на 100тыс. жителей приходится 485 ДТП, в России -110 ДТП. Но на 10тыс транспортных средств в Австрии 2 ДТП, а в России – 9. (в Австрии на 100 тыс. жителей в 4 раза больше автомобилей, чем в России 481/129).

Каждый из перечисленных показателей рассчитывается и анализируется в зависимости от целей анализа.

Один из наиболее распространенных показателей – показатель относительной аварийности:

$$K_a = \frac{\Sigma n_{\text{ДТП}}}{\Sigma L}, \quad (3.1)$$

где $\Sigma n_{\text{ДТП}}$ – общее количество ДТП за рассматриваемый период;
 ΣL – суммарный пробег транспортных средств за тот же период.

Однако этот показатель не учитывает интенсивность дорожного движения (на разных участках она разная – на участках с большой интенсивностью возможно и большее количество ДТП). С учетом среднесуточной интенсивности N движения транспортных средств в течение года на участке магистрали протяженностью l показатель относительной аварийности на 1млн км пробега равен:

$$K_a = \frac{10^6 \Sigma n_{\text{ДТП}}}{365 \cdot N \cdot l}. \quad (3.2)$$

Эти показатели позволяют оценить общий относительный показатель аварийности. С целью учета тяжести последствий ДТП при сравнительной оценке аварийности используют коэффициент тяжести ДТП, определяемый как отношение числа погибших $n_{\text{п}}$ к числу раненых $n_{\text{р}}$ за определенный промежуток времени:

$$K_{\text{T}} = \frac{\Sigma n_{\text{п}}}{\Sigma n_{\text{р}}}. \quad (3.3)$$

По данным официальной статистики показатель тяжести ДТП в разных странах колеблется от 1/5 до 1/40.

Тяжесть последствий ДТП характеризуется, кроме того, отношением числа погибших $n_{\text{п}}$ или раненых $n_{\text{р}}$ к общему числу ДТП.

$$K_{\text{T}}^* = \frac{\Sigma n_{\text{з}}}{\Sigma n_{\text{ДТП}}}, \quad (3.4)$$

$$K_{\text{T}}^{**} = \frac{\Sigma n_{\text{п}}}{\Sigma n_{\text{ДТП}}}, \quad (3.5)$$

$$K_{\text{T}}^{***} = \frac{\Sigma n_{\text{п}} + \Sigma n_{\text{з}}}{\Sigma n_{\text{ДТП}}}. \quad (3.6)$$

Для оценки тяжести отдельного вида ДТП (столкновения, опрокидывания, наезда и т.д.) используют показатель, представляющий собой отношение числа погибших или раненых к количеству ДТП данного вида (в предыдущих формулах вместо $n_{\text{ДТП}}$ подставляют $n_{\text{ДТП}}$ по видам и в числителе – соответственно количество погибших или раненых в данном виде ДТП).

Чтобы определить потери от ДТП, разработаны различные методики расчета материального ущерба от ДТП. При этом потери условно делят на прямые и косвенные.

К прямым относят:

- повреждение или уничтожение материальных ценностей;
- транспортировка и восстановление транспортных средств;
- ремонт поврежденных дорожных сооружений;

- оказание помощи и лечение людей;
- выплата пособий и пенсий пострадавшим и их семьям;
- задержки движения.

К косвенным относят потери части национального дохода страны в результате гибели, временной или частичной потери трудоспособности.

Для интегральной оценки опасности отдельных участков улично-дорожной сети с учетом тяжести последствий используется показатель опасности элементов улично-дорожной сети.

$$K_{И} = \frac{\sum P_i \cdot n_i}{365 \cdot l \cdot N} \quad (3.7)$$

или

$$K'_{И} = \frac{\sum P_i \cdot n_i}{365 \cdot N}, \quad (3.8)$$

где P_i – показатели тяжести ДТП. Принимают:

$P_1 = 1$ – с материальным ущербом;

$P_2 = 1,2$ – с легкими телесными повреждениями;

$P_3 = 28$ – с повреждениями, повлекшими инвалидность;

$P_4 = 81$ – с гибелью взрослого человека;

$P_5 = 81$ – с гибелью ребенка;

$n_1 \dots n_5$ – количество ДТП соответствующей группы за год;

N – суточная интенсивность движения транспортных средств, авт/сутки.

Топографический анализ ДТП.

Топографический анализ ДТП проводится с целью выявления мест концентрации ДТП. Применяют три вида топографического анализа:

- карта ДТП;
- линейные графики ДТП;
- масштабная схема ДТП (ситуационный план).

Карта ДТП представляет собой карту местности (города, области, района), в соответствующих точках которой по мере регистрации наносят условные изображения каждого ДТП. С помощью условных изображений информацию подразделяют по тяжести, по видам.

Карта является важным источником наглядной информации, однако при анализе значительной по масштабам территории и большой концентрации происшествий на отдельных участках, она не дает возможности достаточно точно отметить места ДТП.

Дальнейшим развитием карты ДТП является линейный график, который составляется для отдельной магистрали города или участка автомобильной дороги. При этом из-за более крупного масштаба можно выполнить более точную привязку. При составлении линейного графика для дороги с двусторонним движением обычно разносят отметки ДТП по обе стороны

дороги.

Карты и линейные графики для важнейших магистралей города или области позволяют по истечении определенного срока выявлять очаги концентрации ДТП, а, следовательно, места, которые должны быть подвергнуты детальному изучению службами ОДД.

Специфическими местами концентрации ДТП являются пересечения магистралей, городские площади, перекрестки и т.п.

Топографический анализ мест концентрации ДТП наиболее удобно выполнять в виде масштабной схемы (ситуационного плана). На ней изображается участок улицы или дороги, перекресток, площадь и т.д. На этой схеме условными обозначениями показываются траектории движения участников ДТП, проставляются размеры. По сути дела, это схема ДТП. Если на данном участке дороги происходит несколько ДТП, эти схемы накладываются друг на друга.

Топографический анализ ДТП является необходимым материалом для качественного анализа ДТП.

Качественный анализ ДТП

Качественный анализ ДТП производится с целью выявления причин и оценки степени влияния различных факторов на возникновение ДТП. Именно качественный анализ позволил классифицировать ДТП по видам и причинам возникновения.

Мы с вами отмечали, что основными причинами ДТП являются:

- несоблюдение водителями и пешеходами Правил дорожного движения,
- неправильный выбор водителями режима движения,
- снижение психофизиологических качеств водителя,
- неудовлетворительное состояние транспортных средств,
- неправильное размещение и крепление груза,
- неудовлетворительное состояние элементов дорог,
- неудовлетворительная организация дорожного движения

В то же время дорожно-транспортное происшествие редко бывает вызвано одной причиной. Анализ статистики ДТП показывает, что на каждые 100 ДТП приходится примерно 250 причин и сопутствующих факторов. Проще всего причину ДТП отнести к водителю и его действиям. Но водитель является лишь элементом системы В-А-Д-С и находится в тесном функциональном взаимодействии с остальными элементами. И очень часто неправильные действия водителя связаны с другими факторами, относящимися к дороге, автомобилю или окружающей среде.

Но с юридической точки зрения каждое конкретное дорожно-транспортное происшествие предполагает индивидуальную ответственность за него, выражением которой является административное, материальное или уголовное наказание. Установление индивидуальной ответственности невозможно при статистических методах исследования, каковыми являются все рассмотренные методы анализа ДТП и требует детерминированного изучения

причин и последствий каждой аварии. Для объективной оценки ситуации и действий всех участников ДТП выполняется автотехническая экспертиза.

Автотехническая экспертиза.

Экспертизой ДТП называют комплексное научно-техническое исследование всех аспектов каждого происшествия в отдельности, проведенное лицами, имеющими специальные познания для объективного установления всех причинно-следственных связей возникновения и развития ДТП и действий участников ДТП.

Различают экспертизы:

- Служебные, которые выполняются службами безопасности дорожного движения транспортных фирм, если в ДТП участвовал подвижной состав и водители фирмы. На основании этих исследований разрабатываются и внедряются мероприятия по улучшению условий движения и подготовки водителей.

- Судебные экспертизы представляют собой следственные действия. Заключение эксперта-автотехника имеет самостоятельное доказательное значение. Выполняется такая экспертиза в соответствии с постановлением о назначении экспертизы следственными органами, прокуратурой или судом. Экспертизу выполняют сотрудники лабораторий автотехнических исследований экспертных учреждений или привлекаемые для этих целей специалисты, имеющие специальные познания.

В общем виде задачи автотехнической экспертизы могут быть сформулированы следующим образом:

1. Выяснение, систематизация и критический анализ факторов, сопутствовавших дорожно-транспортному происшествию. К ним обычно относят:

- техническое состояние транспортных средств;
- скорость и направление движения транспортных средств и пешеходов;
- параметры проезжей части и ее состояние;
- наличие препятствий для движения и их характеристики;
- дорожные знаки, светофоры и другие технические средства регулирования дорожного движения.

2. Отбор факторов, которые могли способствовать возникновению и протеканию ДТП, их теоретическое и экспериментальное исследование.

3. Установление технических причин исследуемого происшествия и возможности его предотвращения со стороны отдельных участников.

4. Определение поведения отдельных участников ДТП и оценка соответствия их действий требованиям ПДД и другим нормативным актам.

Основными вопросами автотехнической экспертизы являются:

- реконструкция механизма ДТП – здесь реконструируется положение всех участников ДТП во времени и пространстве на всех стадиях – от момента возникновения опасной обстановки до самого ДТП.

- оценка технической возможности предотвращения ДТП.

- оценка действий каждого участника ДТП.

Эксперт-автотехник не имеет права давать оценку степени виновности участников ДТП – это прерогатива суда. Но в своем решении судебные органы на 95% опираются на выводы автотехнической экспертизы.

Лекция 4. Водитель и безопасность движения.

Основные вопросы:

1. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности движения.
2. Надежность работы водителя.
3. Психофизиологические основы деятельности водителя.
4. Влияние дорожных условий на зрительные восприятия водителя.
5. Психофизиологические характеристики водителя.
6. Время реакции водителя.
7. Основы стратегии и тактики управления автомобилем.

Психофизиологические характеристики водителя:

1. Ощущения.
2. Восприятие
3. Мышление
4. Оперативные качества водителя

Ощущения.

Человек воспринимает окружающую среду с помощью органов чувств:

- зрения;
- слуха;
- тактильного восприятия;
- вкусовых ощущений;
- обоняния.

Когда речь идет о водителе, как об операторе сложной технической системы, основными органами, которые используются в этой работе, являются зрительные, слуховые и тактильные ощущения.

Зрительные ощущения.

Основным источником информации водителя об окружающей обстановке является зрительное ощущение. Снижение возможности видеть дорожную обстановку влечет за собой увеличение ДТП. Статистика отмечает, что более 50% всех ДТП происходит в сумерках и темное время суток, несмотря на снижение в это время интенсивности движения до 10-15%

Поэтому особенности зрительного восприятия должны обязательно учитываться при выборе режима движения в условиях ограниченной видимости, при выборе методов организации дорожного движения.

Полем зрения называют измеренную в градусах область, видимую неподвижным глазом. Способность глаза четко различать детали объекта характеризуется остротой зрения. Наибольшая острота зрения характерна для

центрального зрения в конусе с углом $\sim 3^\circ$. Хорошая острота – в конусе $5-6^\circ$, удовлетворительная – в конусе $14 - 15^\circ$. Предметы, расположенные за пределами $14 - 15^\circ$ видны без деталей (боковое зрение) (рис. 4.1). Боковым зрением мы можем ощутить, что есть какая-то помеха, но что за помеха, сказать не можем. Причем поле зрения цветных объектов меньше, чем не цветных.

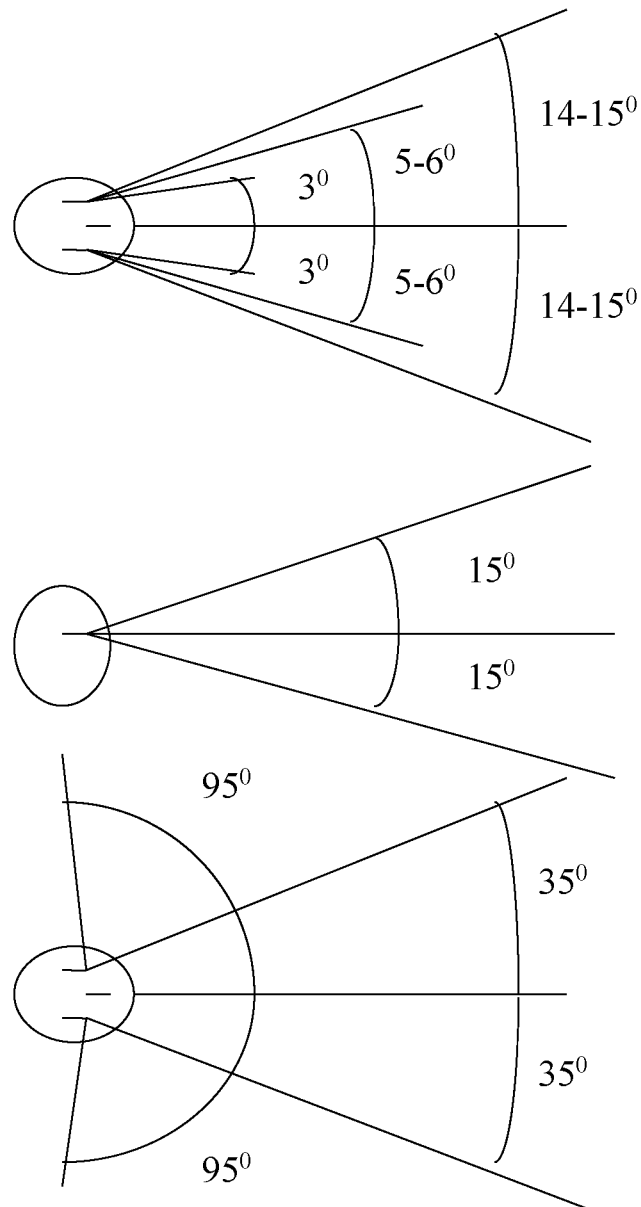


Рисунок 4.1 – Поле зрения

Для рассмотрения предмета, находящегося в периферийном поле зрения, человек должен перевести на этот предмет глаз так, чтобы он попал в поле острого зрения. Поворот глаз обеспечивает нам видимость предметов в конусе 35° (70°). Но такой перевод глаз требует времени. Так, при проезде перекрестка водителю требуется для перевода взгляда с одной стороны пересечения до другой $0,5 \dots 1,1$ с. В зависимости от скорости движения автомобиль за это время проезжает от нескольких метров до нескольких десятков метров.

Для оценки ситуации за пределами 35° человек должен повернуть голову, а это требует еще большего времени. Хотя в этом случае конус видимости увеличивается до 95° .

Кроме выявления предметов окружающей обстановки, водитель должен в большинстве случаев еще и оценивать расстояние до этих предметов. Оценка расстояния возможна, когда оба глаза нацелены на этот предмет. Это свойство – наведение оптической оси на объект – называется конвергенцией и производится совместно глазными мышцами и хрусталиком глаза. На это тоже уходит время. Среднее время конвергенции составляет 0,165с.

Кроме расстояния до предмета водитель оценивает его размеры. Восприятие размеров основано на оценке соотношения его углового размера в поле зрения и расстояния до этого предмета.

Таким образом, точность функций зрительного анализатора очень важна для уверенного управления автомобилем.

Важнейшим условием для зрительного восприятия имеют условия и уровень освещенности. Предметы могут распознаваться по силуэту – когда яркость объекта ниже яркости окружающего фона и по обратному силуэту – когда яркость объекта больше, чем яркость окружающего фона.

При изменении уровня освещенности происходит приспособление глазного анализатора к новым условиям. Этот процесс называется адаптацией. Световая чувствительность зрительного анализатора меняется в очень широких пределах. Но требует времени. При переходе от темноты к свету глаз приспособляется быстрее, чем при переходе от света к темноте. Наибольшие затруднения у водителя возникают при резких изменениях освещенности дороги.

Быстрое изменение уровня освещенности вызывает настолько сильное раздражение сетчатки глаза, что наступает временное ослепление. Так бывает при освещении водителя светом фар встречных автомобилей, блеском отраженного света и даже светом неправильно рассчитанных и расположенных уличных светильников. Такое ослепление может продолжаться от нескольких секунд до нескольких минут, в зависимости от субъективных качеств человека и степени раздражения сетчатки глаза.

Очень большое значение имеет способность глаза различать цвета. Чувствительность глаза к цветовым волнам различной длины различна. Лучше всего глаз воспринимает волны, лежащие в диапазоне 500 – 600 нм, что соответствует желто-зеленому цвету. И по статистике ДТП, в частности столкновения, реже всего происходят с автомобилями желтого цвета.

Некоторые люди страдают дальтонизмом – чаще всего врожденным отклонением в различении цветов. Но такое нарушение может быть спровоцировано и болезнью, возрастом, алкоголем, наркотиками и некоторыми лекарствами.

Слуховые ощущения

Как средство получения информации слуховые ощущения стоят у

человека на втором месте. Слуховые ощущения зависят от 3 факторов:

- источника звука;
- среды, в которой распространяется звук;
- слухового анализатора.

Интервал частот, воспринимаемых человеком, колеблется в очень широких пределах от 16 до 20000Гц.

Кроме частоты для слухового восприятия большое значение имеет уровень шума, который измеряется в децибелах.

Человек слышит двумя ушами. Это позволяет ему определять, где находится источник звука, характер перемещения этого источника. При этом качество слуховой системы настолько совершенно, что она воспринимает интервал времени между поступлением сигнала в каждое ухо, равный 30 микросекундам.

С помощью слухового восприятия водитель оценивает качество работы агрегатов автомобиля, воспринимает информацию, подаваемую другими водителями, движение транспортных средств вне поля зрения и т.д.

Постоянно действующий шум оказывает отрицательное воздействие на слуховые ощущения и не только. Такой шум снижает зрительное восприятие, ухудшает время реакции, координацию движений.

Ощущения равновесия, ускорений, вибрации

Равновесие – это способность органов человека воспринимать и реагировать на изменение положения тела в пространстве.

В сохранении равновесия важную роль играют вестибулярный аппарат, зрение, мышечные чувства и тактильное восприятие.

При ускорениях, замедлениях человек теряет равновесие. Линейные ускорения возникают при изменении – увеличении или уменьшении скорости движения без изменения направления движения. Радиальные или центростремительные ускорения – при изменении направления движения.

И линейные и радиальные ускорения в зависимости от времени действия делятся на ударные (не более десятых долей секунды) и длительные.

В медицине и в быту очень часто оперируют понятием «перегрузки» - это не что иное, как инерционные силы, направленные в сторону, обратную ускорению. Перегрузки показывают, во сколько раз изменяется динамический вес тела по сравнению со статическим - при данном ускорении.

По направлению вектора перегрузки их можно разделить на вертикальные (вдоль позвоночника), поперечные (спина-грудь и наоборот) и боковые (бок-обок).

В реальных условиях движения ускорения, действующие на водителя, невелики. Даже при экстренном торможении они не превышают 0,7...0,8 g при времени действия его не более 10с. Эти ускорения не вызывают у водителя значительных физиологических расстройств. Другое дело стоящие пассажиры. Профессиональное качество водителя определяется пассажиром тем, насколько плавно он производит разгон, торможение, проходит поворот. При расчете

скоростей движения автомобиля на повороте следует исходить не из его устойчивости, а из условий комфортности пассажиров.

Однако, в результате длительного периодического воздействия ускорений (подъем, спуск, серпантины) возможно возникновение болезненного состояния – «морской болезни».

Вибрация – это колебания тела около положения равновесия тела. Характеризуются вибрации амплитудой (величина отклонения от положения равновесия) и частотой (число колебаний в секунду).

Под влиянием вибраций в организме человека могут происходить различные физиологические изменения: в центральной нервной системе, в мозге. Это может привести к снижению внимания, увеличению времени реакции, снижению точности действий, ухудшению зрения. Чаще влиянию вибраций подвержены водители грузовых автомобилей.

Наиболее опасными являются резонансные колебания, которые по частоте соответствуют колебаниям отдельных органов тела.

На основании зрительных и слуховых ощущений, ощущений равновесия, водитель в процессе своей профессиональной деятельности воспринимает обстановку.

Восприятие

Восприятие – это более сложный процесс, чем ощущения – здесь качество и свойство предметов воспринимаются комплексно.

Закономерности восприятия.

1. Восприятие зависит от организации информации.

Организация информации – явление, характерное для любого процесса восприятия – естественного, искусственного.

Человек вкладывает в получаемую информацию смысловое содержание. Причем это смысловое содержание зависит от опыта, знания мышления и от той целенаправленной деятельности, которой он занимается.

Когда вы идете по тротуару и видите на остановке автобус, вы воспринимаете его как транспортное средство для перевозки пассажиров. Когда вы за рулем автомобиля объезжаете этот автобус, вы воспринимаете его как объект, из-за которого может выйти пешеход.

2. Знакомство с источником информации.

Знакомство с источником информации увеличивает вероятность правильного и безошибочного его восприятия. Именно эта закономерность восприятия информации обуславливает единообразие дорожных знаков, разметки во всех странах. Водитель, знакомый с маршрутом движения, быстрее и правильнее воспринимает информацию.

3. Не изолированность информации.

Процесс восприятия отдельных объектов не может быть изолированным.

Автомобиль, которым мы управляем, не может восприниматься изолированно от других автомобилей и участников движения, дороги, окружающей среды.

4. Инерционность информации.

На восприятие последующей информации большое влияние оказывает предыдущая информация. Это влияние тем больше, чем длительнее, интенсивнее и ярче предыдущая информация.

На фоне яркой рекламы отдельные дорожные указатели могут проскочить мимо внимания водителя.

На загородных дорогах постоянно и длительно воспринимается практически одна и та же информация – бегущая навстречу дорога. Эта информация затормаживает психику человека. Если в этой ситуации возникает опасная ситуация, есть вероятность, что водитель не сможет предотвратить ДТП. Даже при проведении автотехнических экспертных исследований в городе время реакции может быть принято 0,6с, а за городом – 1,4с.

5. Эффект последствия.

При последовательном восприятии объектов, один из которых обладает высокой степенью стимуляции, а другой – меньшей, второй воспринимается как менее важный. Хотя в действительности может быть наоборот.

С таким эффектом мы часто сталкиваемся при наличии ложной информации (ремонт дороги – ограничение скорости).

Получив какую-то информацию, восприняв ее, водитель должен ее переработать и соответственно отреагировать.

Мышление.

Управление автомобилем требует от водителя постоянного принятия каких-либо решений с учетом изменяющейся ситуации. Эту сложную психическую деятельность выполняет мышление. Его роль заключается в упорядочении и синтезе воспринимаемой информации и принятии решения.

Для водителя очень важна скорость мышления. Одновременно у водителя должна быть развита и широта мышления, т.е. способность предвидеть последствия своих действий и именно с учетом этих последствий принимать решения.

Оперативные качества водителя.

Ощущения, восприятие определяют оперативные качества водителей. К ним относят:

- внимание;
- эмоциональное состояние;
- память;
- реакция.

Все эти качества в реальной действительности проявляются и в отдельности, и во взаимодействии.

В свою очередь оперативные качества определяют уровень готовности к действиям при неожиданно возникающих критических ситуациях, способность принимать правильные решения и выполнять необходимые действия в условиях дефицита времени.

Внимание.

Внимание - характеристика психической деятельности человека, которая выражается в сосредоточенности и направленности сознания на определенный объект или объекты.

В процессе движения и управления автомобилем водителю иногда приходится концентрировать свое внимание на каком-то одном объекте, представляющем, по его мнению, потенциальную опасность. Это качество внимания называется концентрацией.

Концентрация – сосредоточение внимания на одном объекте с одновременным отвлечением от всего остального.

Но поскольку ситуация постоянно меняется, даже если один из объектов представляет потенциальную опасность, нельзя только на нем концентрировать все свое внимание. Другие объекты могут оказаться еще более опасными.

В принципе, человек может одновременно охватывать от 4 до 6 объектов, если они не очень сложные. Это качество внимания называется объемом внимания.

Объем внимания характеризует количество объектов, которые могут быть восприняты одновременно.

У начинающих водителей, или недостаточно опытных, внимание кроме обстановки на дороге отвлекается на органы управления. Сосредотачиваясь на органах управления, он отвлекается от контроля за ситуацией. Молодых водителей следует направлять на более простые маршруты.

Если действия по управлению автомобилем выполняются автоматически, водитель воспринимает больше объектов из окружающей обстановки. Здесь важную роль имеет такое качество внимания, как распределенность.

Распределенность внимания – это способность удерживать в сознании и контролировать одновременно несколько выполняемых операций.

Важную роль играет способность переключать внимание с одного объекта на другой.

Переключение внимания – способность перехода от восприятия объектов одного вида деятельности к восприятию объектов другого вида деятельности.

Быстрота восприятия и скорость переключения внимания позволяет охватывать объекты, воспринять которые одновременно он не в состоянии.

Эмоциональное состояние.

Значительную роль в деятельности водителя играет эмоциональное состояние. Оно определяет правильность и точность его действий.

Известно, что радостные переживания делают человека бодрым и уверенным. И наоборот, если он чем-то расстроен, все валится из рук. Бывает,

приходишь на работу в хорошем настроении, готов горы свернуть, все ладится. А через пару часов начальник – на ковер, да еще и несправедливо. И уже никакая работа не в радость, ничего делать не хочется.

А у водителя такие ситуации возникают постоянно в процессе самой работы – то пешеход на дороге выскочил, то автомобиль подрезал... В результате у не очень эмоционально устойчивых водителей снижается внимание и при очередной опасной ситуации он может с ней не справиться.

Память.

Существует три вида памяти:

1. Сенсорная. Это свойство памяти сохранять точную картину внешнего мира в течении 0,1...0,5с.

Если вам показать какую-либо картину, фотографию, текст то в течении до 0,5с в вашей памяти сохранится точная копия этих фрагментов. У некоторых людей с врожденными аномалиями сенсорная память может длиться значительно дольше.

2. Кратковременная память – это способность сохранять общую картину события от нескольких секунд до десятков минут.

3. Долговременная память – рассматривается, как способность сохранять интерпретацию событий в течение времени, соизмеримого со временем жизни. Емкость этой памяти неограниченна (велосипед, коньки и т.д.).

В процессе обучения и практики в памяти закрепляются приемы и способы работы в разных ситуациях. И через какое-то время, если ситуация повторяется, человек, как мы говорим, автоматически выполняет нужные действия.

Реакция.

Реакция есть ответное действие на какой-то раздражитель.

Вся деятельность любого человека, в том числе и водителя, представляет собой непрерывную цепь различных реакций. Но у водителя несвоевременные или неточные реакции приводят к повышенной опасности для движения.

Реакции могут быть простыми и сложными.

Простая реакция – это ответная реакция на один, заранее известный сигнал. Например, реакция на переключение светофора с желтого на красный. Среднее время реакции на световой раздражитель – 0,2с.

Если раздражитель требует выбора из ряда возможных действий, такая реакция называется сложной (п. 12.3 ПДД). Обстановка на дороге все время меняется и реакцию водителя в ней следует отнести к сложной.

Время реакции водителя зависит от эмоционального состояния, стажа работы, времени работы на линии, погодных и дорожных условий.

Время реакции водителя на один и тот же сигнал может изменяться в широких пределах. Если вероятность появления сигнала мала, то время реакции может достигать нескольких секунд. Если водитель допускает появление сигнала, время реакции составляет доли секунды. В экспертной практике время

реакции принимается, в зависимости от ситуации от 0,6 до 1,4с.

Общее время реакции можно разбить на 4 составляющие.

1. Обнаружение опасности (как правило, с помощью зрительного ощущения).

Это время зависит от вероятности возникновения опасности. Например, выход пешехода из-за стоящего автобуса весьма вероятен. Но вероятность будет зависеть от длительной памяти и навыка. Водитель со стажем имеет меньшее время обнаружения опасности. Кроме того, это время зависит от яркости объекта, внимательности водителя, эмоционального состояния, утомления, болезни, принимаемых лекарств.

2. Оценка ситуации как опасной.

Водитель должен оценить, насколько ситуация опасна. Для этого он должен оценить расстояние до объекта, его скорость, свою скорость, и т.д.

Здесь важнейшими факторами является опыт, поведение объекта, создавшего опасность.

3. Время с момента оценки ситуации до начала двигательной реакции.

Водитель должен принять решение, как действовать и дать команду мышцам выполнить то или иное действие.

4. Двигательная реакция. С увеличением возраста время двигательной реакции увеличивается.

Когда мы говорим о влиянии условий движения, в первую очередь мы имеем в виду интенсивность движения транспортного потока и скорость. При увеличении интенсивности движения время реакции снижается. В экстремальных ситуациях человек сосредотачивается. Если интенсивность невелика – расслабляется.

С увеличением скорости растет эмоциональная напряженность и снижается время реакции до определенного предела. Наименьшее время реакции при скорости 100 км/ч.

Лекция 5. Транспортные средства и безопасность движения.

Основные вопросы:

1. Автомобиль, как элемент системы «водитель-автомобиль-дорога».
2. Виды безопасности транспортных средств: активная, пассивная, послеаварийная и экологическая безопасность.
3. Устойчивость, управляемость, информативность автомобиля, его компоновочные параметры.
4. Тяговая и тормозная динамичность, рабочее место водителя.
5. Средства пассивной, послеаварийной и экологической безопасности автомобиля.
6. Пути уменьшения негативных последствий автомобилизации на окружающую среду.

Тормозные качества автомобиля.

Рассматривая организацию дорожного движения как систему ВАДС, мы отмечали, что конструктивная безопасность автомобиля включает активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность. Если глубоко рассматривать эти элементы конструктивной безопасности, необходимо читать соответствующий курс. Ввиду дефицита времени, мы остановимся только на основных элементах активной безопасности.

Процесс торможения автомобиля рассмотрим, анализируя тормозную диаграмму (рис. 5.1).

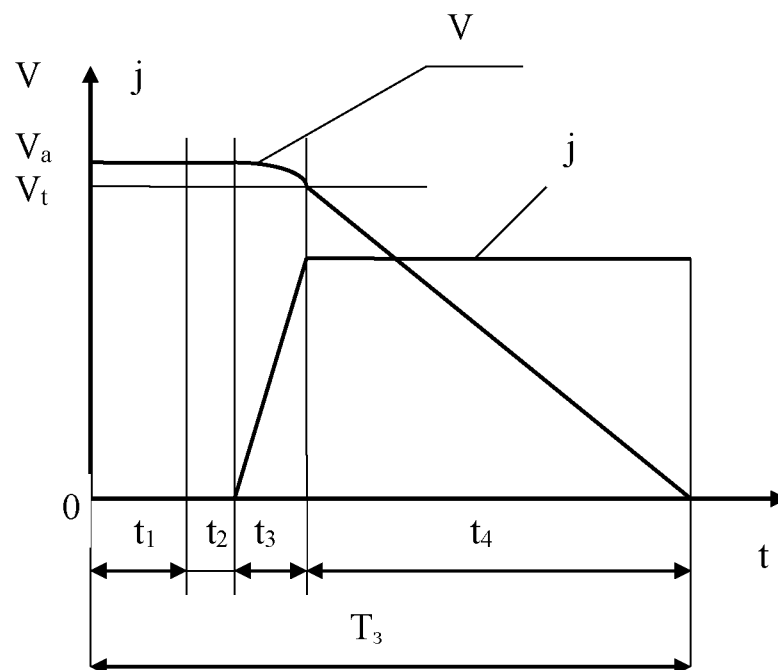


Рисунок 5.1 – Тормозная диаграмма автомобиля

За нулевой момент времени примем момент возникновения опасности. Автомобиль в это время движется со скоростью V_a . С момента возникновения опасности до момента, когда нога водителя окажется на тормозной педали проходит время t_1 – время реакции водителя. Это время мы достаточно подробно рассмотрели, анализируя психофизиологические качества водителя. Разумеется, в это время автомобиль не тормозит и скорость его – V_a – не изменяется.

Следующий этап начинается с нажатия водителем педали тормоза. Но автомобиль после начала нажатия на педаль тормоза начинает тормозить не сразу. Сначала выбирается свободный ход педали, затем выбираются все зазоры в приводе и, наконец, чтобы колодки соприкоснулись с барабаном или диском, необходимо выбрать зазор между ними. На все это уходит время t_2 , которое называется временем запаздывания срабатывания тормозного привода. Заканчивается это время в момент соприкосновения тормозных колодок с

барабаном или диском.

Время запаздывания срабатывания тормозного привода зависит от конструкции тормозного привода и тормозного механизма. В транспортных средствах с механическим или гидравлическим приводом это время меньше, чем у автомобилей с пневматическим приводом. Воздух сжимается и требуется больше времени, чтобы с его помощью выбрать все зазоры в приводе.

В барабанных тормозных механизмах приходится делать значительные зазоры между колодками и барабаном из-за их криволинейной формы. Автоматические регуляторы зазоров в таких механизмах имеют достаточно сложную конструкцию, и устанавливаются не на всех автомобилях. Но даже при наличии автоматических регуляторов номинальные зазоры приходится делать достаточно большими из-за опасения заклинивания тормоза при остывании тормозного барабана. Дисковые тормоза имеют плоскую форму контактирующих поверхностей, диск в направлении, перпендикулярном плоскости контакта практически не расширяется, конструкция автоматического регулятора тормозных сил очень проста и используется во всех конструкциях дисковых тормозов. Все это позволяет обеспечивать минимальные размеры зазоров во фрикционных парах дисковых тормозов, а, следовательно, меньшее время запаздывания срабатывания тормозного привода.

Время запаздывания срабатывания тормозного привода для автомобилей с механическим и гидравлическим приводом равно $0,2 \dots 0,3$ с (меньшие значения для легковых автомобилей и небольших автобусов, большие – для автобусов общей массой больше 5 т и грузовых автомобилей), для автомобилей с пневматическим приводом тормозов это время равно $0,4$ с.

Поскольку во время запаздывания срабатывания тормозного привода фрикционные пары еще не находятся в контакте, торможение отсутствует и автомобиль продолжает двигаться с прежней скоростью.

Третий этап начинается с момента соприкосновения фрикционных пар в тормозах и длится до момента, когда замедление достигнет максимального значения и называется временем нарастания замедления t_3 . Безусловно, это время в первую очередь зависит от темпа нажатия на педаль тормоза. Но, поскольку мы говорим о безопасности движения, о предотвращении ДТП, мы имеем в виду экстренное торможение. А это означает, что темп нажатия на тормозную педаль максимально возможный.

Время нарастания замедления зависит от конструкции тормозного привода и тормозного механизма. У автомобилей с пневматическим приводом это время больше, чем у автомобилей с гидравлическим. Кроме того, время нарастания замедления зависит от загрузки автомобиля – чем меньше загрузка, тем меньше требуемая тормозная сила, тем быстрее замедление достигнет максимальной величины. Зависит это время и от состояния дорожного покрытия – на мокрой дороге максимальное значение замедления меньше, чем на сухой, значит, и время нарастания замедления будет меньше.

На сухой дороге время нарастания торможения составляет для автомобилей с гидравлическим приводом $0,4$ с, для автомобилей с

пневматическим приводом – 0,6 с.

С момента достижения максимального значения замедления до остановки автомобиля длится четвертый, последний этап торможения – торможение с максимальной интенсивностью.

Время торможения с максимальной эффективностью равно:

$$t_4 = \frac{V_t}{3,6 \cdot j}, \quad (5.1)$$

где j – замедление автомобиля:

$$j = \frac{g \cdot \varphi}{K_3}, \quad (5.2)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

φ – коэффициент сцепления колес автомобиля с дорогой;

K_3 – коэффициент эффективности торможения.

Коэффициент сцепления – одна из основных величин, характеризующих эксплуатационные качества дорожных покрытий, а также взаимодействия колеса с дорогой. Коэффициент сцепления зависит от большого количества факторов и в первую очередь от типа покрытия и его состояния, конструкции и материала шин, давления воздуха в них, нагрузки на колесо, температурных условий, величин скольжения и буксования колес. Он снижается с увеличением скорости. Наиболее высокими сцепными качествами, как в сухом, так и в мокром состоянии, обладают цементобетонные покрытия. Коэффициент сцепления у мало изношенных сухих цементобетонных покрытий $\varphi = 0,7 \dots 0,8$, мокрых – $0,4 \dots 0,6$. Сцепные качества асфальтобетонных покрытий в значительно большей степени зависят от их вида, состояния, срока службы, температуры и т.д.

В принципе все автомобили могут иметь одинаковое максимальное замедление, равное $j = g \cdot \varphi$, при полном использовании коэффициента сцепления. Но в реальных условиях торможения полное использование коэффициента сцепления достижимо редко, поэтому вводится поправка в виде коэффициента K_3 – эффективности торможения, учитывающего эксплуатационные условия, в которых происходит торможение. Этот коэффициент учитывает влияние неодинакового состояния тормозов каждого колеса, шин, коэффициента сцепления каждого из колес с дорогой. При торможении с максимальной эффективностью колеса передней и задней оси, а также правой и левой сторон автомобиля блокируются не одновременно, что также учитывает коэффициент эффективности торможения. На хорошей дороге (при $\varphi = 0,7$) коэффициент торможения полностью загруженного легкового автомобиля равен 1,32, грузового – 1,71.

Общее время торможения с момента возникновения опасности до остановки:

$$T_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (5.3)$$

или

$$T_0 = t_1 + t_2 + t_3 + \frac{V_t}{3,6 \cdot j}. \quad (5.4)$$

Но здесь нам неизвестна скорость автомобиля в начале торможения с максимальной эффективностью. Многочисленные эксперименты показали, что при экстренном торможении замедление в третьем этапе торможения нарастает линейно. На этом основании оказалось возможным вести расчеты исходя из допущения, что половину времени t_3 автомобиль движется с постоянной скоростью, а вторую половину времени – с максимальным замедлением. Тогда формула для определения времени остановки автомобиля принимает вид:

$$T_0 = t_1 + t_2 + 0,5t_3 + \frac{V_a}{3,6 \cdot j}. \quad (5.2)$$

Путь движения автомобиля за время торможения, т.е. путь, необходимый для остановки автомобиля, складывается из пути, который автомобиль проходит за время реакции водителя S_1 , время запаздывания срабатывания тормозного привода S_2 , время нарастания торможения S_3 , и времени движения при установившемся замедлении S_4 :

$$S_0 = S_1 + S_2 + S_3 + S_4. \quad (5.6)$$

Учитывая, что во время реакции, запаздывания и половину времени нарастания торможения автомобиль движется с постоянной скоростью, остановочный путь автомобиля составляет:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j}. \quad (5.7)$$

Правила №13 ЕЭК ООН оговаривают требования к эффективности тормозных систем автомобилей – основной, запасной, вспомогательной и стояночной.

Управляемость автомобиля.

Кинематика поворота автомобиля разрабатывается исходя из условия движения всех колес вокруг общего центра поворота без скольжения. Исходя из этого условия, центр поворота должен лежать на продолжении оси задних колес, а передние, управляемые, колеса должны быть повернуты на различный угол. Поворот этих колес на разные углы обеспечивается рулевой трапецией (рис. 5.2).

Движение автомобиля на повороте характеризуется радиусами траекторий наружного переднего R_n и внутреннего заднего R_v колес. Следует отметить еще наружный габаритный радиус поворота, который характеризует вписываемость автомобиля при повороте. Но для анализа обычно пользуются радиусом поворота, который равен расстоянию между центром поворота и серединой заднего моста. Он равен:

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg} \Theta} \approx \frac{L}{\Theta}, \quad (5.8)$$

где L – база автомобиля;

Θ – средний угол поворота управляемых колес (для малых углов, характерных для углов поворота управляемых колес, особенно на больших скоростях, когда вероятность потери устойчивости автомобиля особенно велика, $\text{tg}\Theta \approx \Theta$).

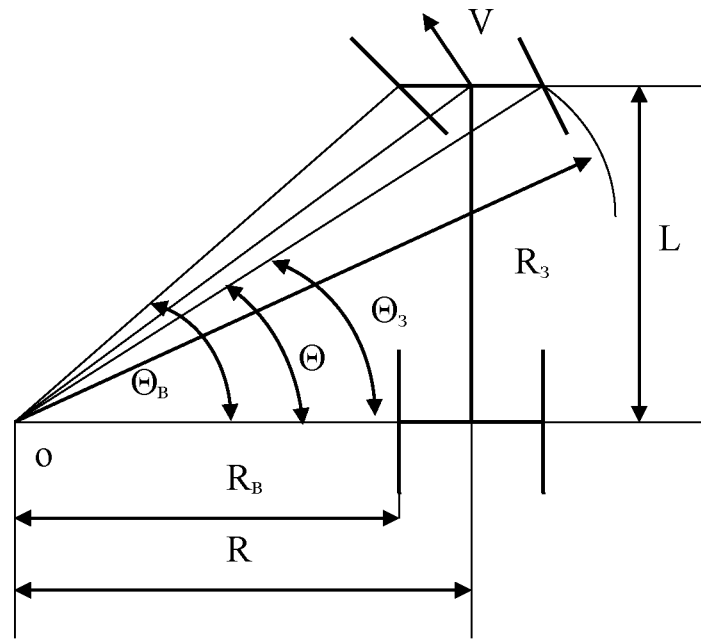


Рисунок 5.2 – Схема поворота автомобиля с жесткими колесами

Указанная кинематика движения автомобиля справедлива, если колеса абсолютно жесткие. В действительности, шины эластичные не только в радиальном и окружном, но и в боковом направлении. А это существенно сказывается на управляемости и устойчивости автомобиля.

Возникающая при повороте, боковом ветре или поперечном уклоне сила $P_y = Y$ стремится сдвинуть колесо вбок. Если эта сила не превышает силы сцепления колеса с дорогой, колесо не сдвигается по поверхности дороги, но смещается в поперечном направлении, деформируя шину. При качении колеса с таким смещением за счет деформации шины направление его движения на дороге отклоняется от плоскости вращения колеса, т.е. колесо катится под углом δ , который называется углом увода.

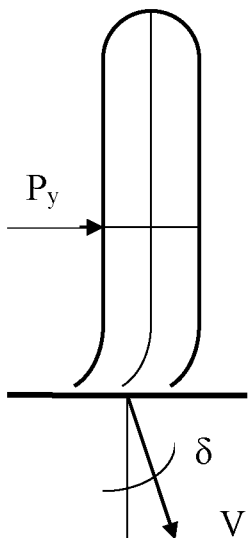


Рисунок 5.3 – Схема качения колеса с боковым уводом

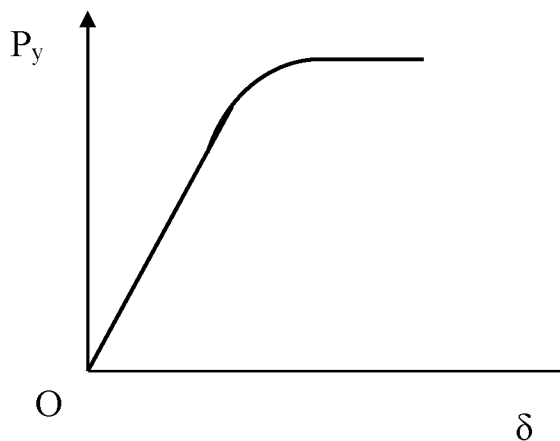


Рисунок 5.4 – Зависимость между боковой силой и углом увода

По мере увеличения боковой силы угол увода сначала растет почти прямо пропорционально, затем начинается частичное проскальзывание шины, переходящее в полное скольжение, когда боковая сила превысит силу сцепления колес с дорогой.

Угол увода зависит от давления в шине, конструкции шины (ее жесткости в поперечном направлении), нагрузки на шину, износа шин и т.д.

Наличие бокового увода коренным образом изменяет характер движения автомобиля на повороте.

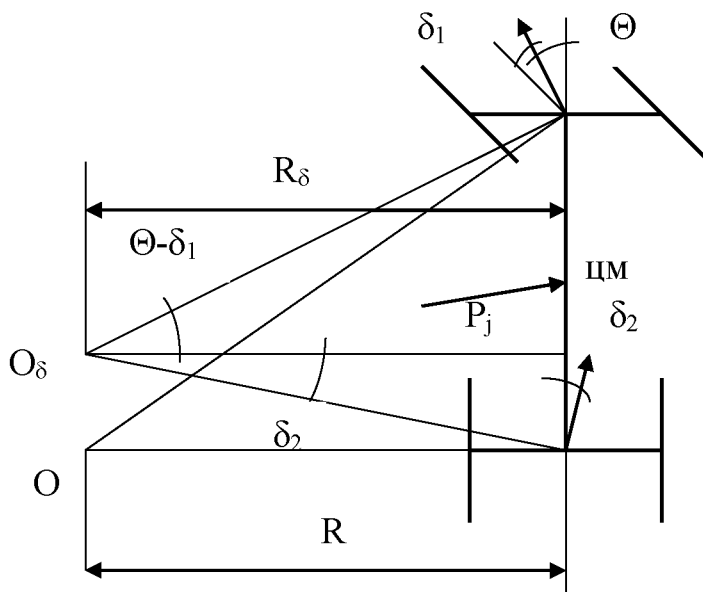


Рисунок 5.5 – Схема движения автомобиля с уводом шин на повороте

При повороте передних колес на угол Θ , из-за увода шин вектор

скорости этих колес будет направлен под углом $(\Theta - \delta_1)$, а задние колеса, которые вообще не поворачиваются – под углом δ_2 . Радиус поворота при этом будет равен:

$$R_\delta = \frac{L}{\Theta - \delta_1 + \delta_2}. \quad (5.9)$$

На продольной оси автомобиля можно найти такую точку, при приложении к которой боковой силы углы увода передних и задних колес будут одинаковыми. Такая точка называется центром бокового увода. Если центр бокового увода и центр масс совпадают, то центробежная сила, возникающая при повороте и приложенная в центре масс (а, следовательно, в центре бокового увода) вызовет одинаковый увод передних и задних колес ($\delta_1 = \delta_2$). В этом случае радиус поворота автомобиля с эластичными колесами будет таким же, как и с жесткими: $R = R_\delta$. Автомобиль с такими параметрами расположения центра масс и центра бокового увода обладает нейтральной поворачиваемостью.

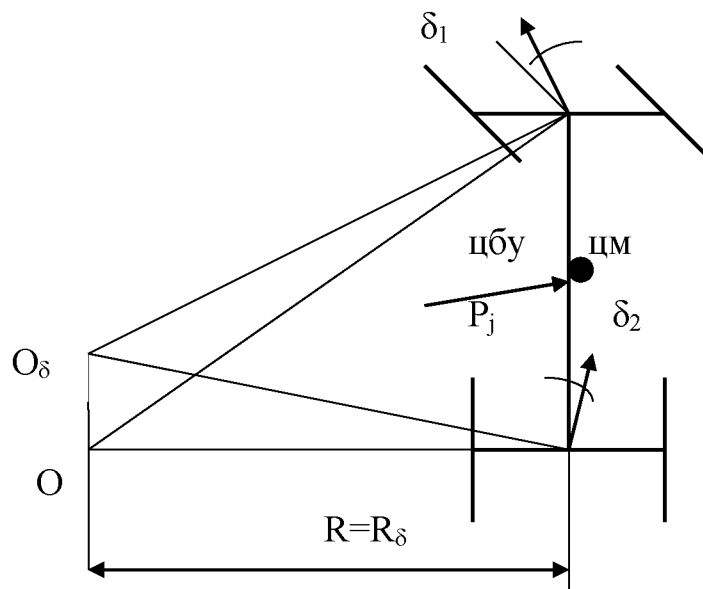


Рисунок 5.6 – Схема движения автомобиля с нейтральной поворачиваемостью на повороте

Если центр масс расположен у автомобиля впереди центра бокового увода, центробежная сила, действующая при повороте, вызовет больший увод передних колес, чем задних ($\delta_1 > \delta_2$). В этом случае при повороте управляемых колес с эластичными и жесткими шинами на один и тот же угол, автомобиль с эластичными колесами будет двигаться по траектории большего радиуса, чем автомобиль с жесткими колесами. (Или, для движения по тому же самому радиусу колеса необходимо поворачивать на больший угол, чем при жестких шинах). Это свойство автомобиля называется недостаточной поворачиваемостью (рис. 5.7).

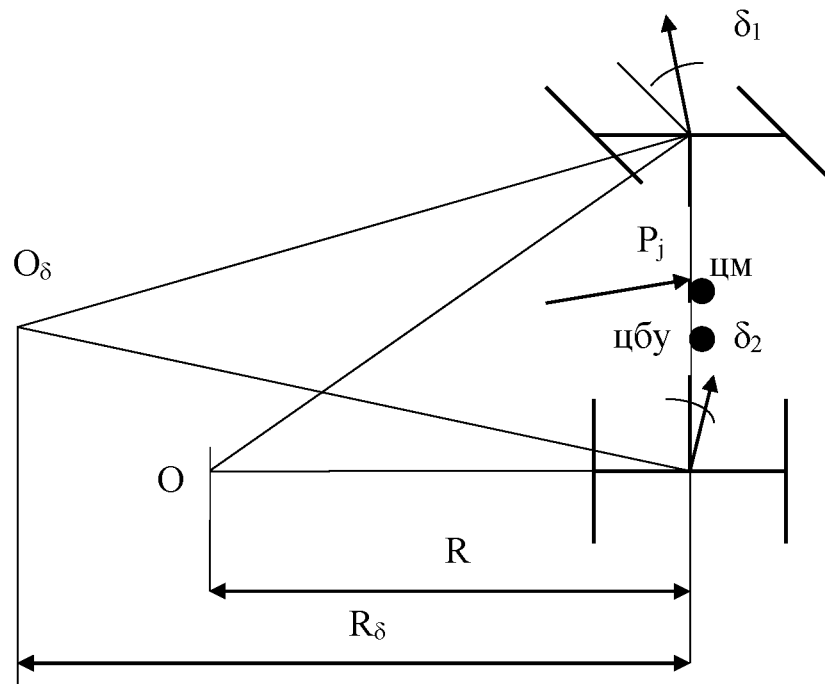


Рисунок 5.7 – Схема движения автомобиля с недостаточной поворачиваемостью на повороте

Если центр масс расположен у автомобиля сзади центра бокового увода, центробежная сила, действующая при повороте, вызовет больший увод задних колес, чем передних ($\delta_1 < \delta_2$). В этом случае при повороте управляемых колес с эластичными и жесткими шинами на один и тот же угол, автомобиль с эластичными колесами будет двигаться по траектории меньшего радиуса, чем автомобиль с жесткими колесами. (Или, для движения по тому же самому радиусу колеса необходимо поворачивать на меньший угол, чем при жестких шинах). Это свойство автомобиля называется избыточной поворачиваемостью.

Центробежная сила в этом случае приводит к увеличению увода шин задних колес, а это приводит в свою очередь к уменьшению радиуса и увеличению центробежной силы. И, если водитель не повернет колеса в противоположную сторону, автомобиль будет двигаться по кривой непрерывно уменьшающегося радиуса, что может привести к его заносу (рис. 5.8).

Таким образом, автомобиль, с недостаточной и нейтральной поворачиваемостью лучше сохраняет направление движения, чем автомобиль с излишней поворачиваемостью. Конструкторы стремятся спроектировать автомобиль так, чтобы при номинальной загрузке он обладал нейтральной поворачиваемостью. Например, по инструкции давление в передних и задних колесах автомобиля «Жигули» разное – пропорционально развесовке. При движении в порожнем состоянии такой автомобиль будет иметь небольшую недостаточную поворачиваемость.

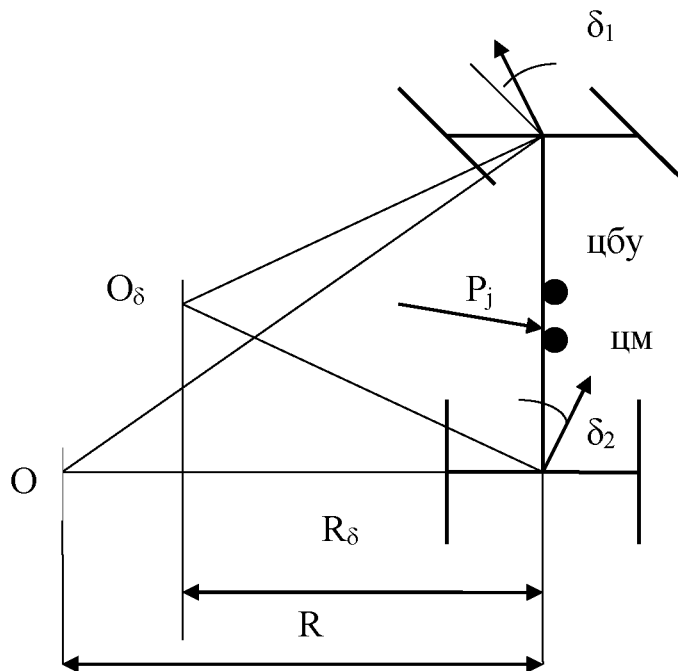


Рисунок 5.8 – Схема движения автомобиля с избыточной поворачиваемостью на повороте

Однако при эксплуатации автомобилей возможны случаи значительного смещения центра масс назад (неправильная установка груза в кузове – со смещением назад, перевозка длинномерных грузов и т.д.), или смещения вперед центра бокового увода (например, вместо двускатной ошиновки задней оси – односкатная). В этом случае автомобиль приобретает излишнюю поворачиваемость и управление таким автомобилем затруднено. При движении с большими скоростями автомобиля с излишней поворачиваемостью, он может стать вообще неуправляемым. Скорость, при которой он становится неуправляемым, называется критической скоростью. При достижении этой скорости достаточно малейшего внешнего бокового воздействия (камешек или ямка на дороге), чтобы автомобиль самопроизвольно начал поворачивать.

Устойчивость автомобиля.

Потеря устойчивости автомобиля может выразиться в виде заноса или опрокидывания. Рассмотрим, при каких условиях автомобиль заносит.

На движущийся на повороте с постоянным радиусом автомобиль действует центробежная сила

$$P_j = \frac{G \cdot V_a^2}{g \cdot 3,6^2 \cdot R}, \quad (5.10)$$

где G – вес автомобиля;

V_a – скорость движения автомобиля;

R – радиус поворота автомобиля.

Под действием центробежной силы может начаться занос автомобиля. Противодействует заносу сила бокового сцепления колес автомобиля:

$$P_{\varphi} = G \cdot \varphi . \quad (5.11)$$

где φ – коэффициент сцепления колес автомобиля с дорогой.

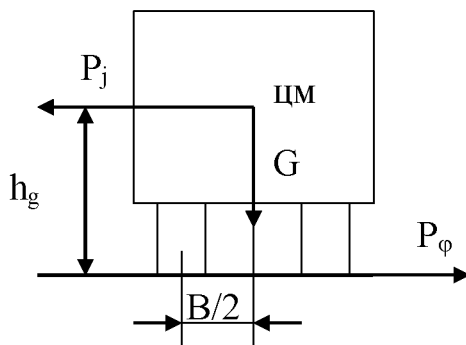


Рисунок 5.9 – Схема сил, действующих на автомобиль при повороте

Занос может возникнуть, когда центробежная сила P_j достигнет по величине предельную силу сцепления колес с дорогой P_{φ} :

$$\frac{G \cdot V_a^2}{g \cdot 3,6^2 \cdot R} = G \cdot \varphi . \quad (5.12)$$

Отсюда, скорость, при которой может наступить занос:

$$V_{зан} = 3,6 \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi} . \quad (5.13)$$

При движении автомобиля на повороте постоянного радиуса он может опрокинуться под действием опрокидывающего момента:

$$M_{опр} = P_j h_g , \quad (5.14)$$

где h_g – высота центра тяжести автомобиля.

η_k – коэффициент, учитывающий поперечный крен поддрессоренных масс автомобиля. Для легковых автомобилей и для грузовых автомобилей с нагрузкой $\eta_k = 0,85$, для грузовых автомобилей без нагрузки $\eta_k = 0,9$.

Препятствует опрокидыванию восстанавливающий момент:

$$M_{в} = G \frac{B}{2} . \quad (5.15)$$

Очевидно, опрокидывание может произойти, если опрокидывающий момент

$$\frac{G \cdot V_a^2 \cdot h_g}{g \cdot 3,6^2 \cdot R} = G \cdot \varphi , \quad (5.16)$$

можно определить скорость, при которой может произойти опрокидывание:

$$V_{опр} = 3,6 \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2 \cdot h_g}} . \quad (5.17)$$

Поскольку занос не столь опасен, как опрокидывание, и в некоторой мере

предохраняет от него, при проектировании автомобилей стремятся обеспечить требование $V_{\text{опр}} > V_{\text{зан}}$:

$$3,6 \sqrt{\frac{B \cdot g \cdot R}{2 \cdot h_g}} > 3,6 \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi}. \quad (5.18)$$

Это условие выполняется при

$$\varphi > \frac{B}{2 \cdot h_g}. \quad (5.19)$$

При номинальной загрузке автомобиля и при средних значениях коэффициента сцепления это требование обеспечивается с достаточным запасом. Поэтому нарушение устойчивости автомобиля наиболее часто выражается в виде заноса.

Например, колея автомобиля ЗИЛ-130 составляет 1800мм, высота центра масс груженого автомобиля при номинальной загрузке – ~1200мм. Соответственно

$$\frac{1800}{2 \cdot 1200} = 0,75$$

Т.е. опрокидывание автомобиля без предварительного заноса возможно при коэффициенте сцепления более 0,75. Однако, загружают автомобиль далеко не всегда по уровень бортов. Очень часто перевозят объемные грузы. Если, например, в кузов этого автомобиля поставить 5-тонный контейнер, высота центра масс достигнет 1600мм. При такой высоте центра масс опрокидывание без предварительного заноса возможно при $\varphi > 0,56$, другими словами, на любой сухой дороге.

Еще один возможный вариант нарушения условия $V_{\text{опр}} > V_{\text{зан}}$ – смещение центра масс относительно продольной оси автомобиля вбок. Это случается, если груз размещают около одного из бортов. Поэтому правилами перевозки грузов оговаривается необходимость расположения груза по центру кузова. Еще один случай смещения центра масс вбок – движение на повороте не полностью загруженного автомобиля – цистерны.

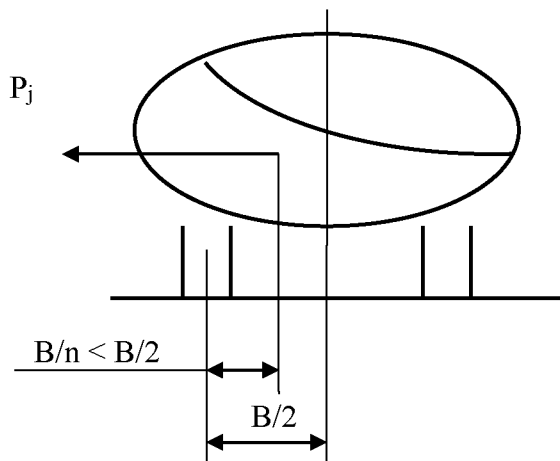


Рисунок 5.10 – Смещение центра масс в сторону при движении на повороте не полностью загруженного автомобиля – цистерны

На повороте жидкость смещается к центру поворота и восстанавливающий момент резко уменьшается, что также может привести к опрокидыванию (перевозка живой рыбы в обычных цистернах).

Бывают случаи нарушения продольной устойчивости автомобиля при движении на подъем по твердой поверхности с малой скоростью, при резком ускорении и т.д. и, как следствие, продольное опрокидывание. Это возможно при условии

$$\varphi \leq \frac{L_2}{h_g}, \quad (5.20)$$

где L_2 – расстояние от центра масс до задней оси автомобиля. У автомобилей с обычной компоновкой это расстояние обычно больше 1 и поэтому указанное условие выполняется с большим запасом, даже при больших коэффициентах сцепления.

Однако, в случае короткой базы и высокого расположения центра масс, характерных для вездеходов, самосвалов и других специальных автомобилей, также при наличии прицепа, опасность продольного опрокидывания значительно возрастает. Следует отметить также, что автомобили с передними ведущими колесами назад не опрокидываются, но эти автомобили могут преодолевать значительно меньшие подъемы, чем автомобили с задними ведущими.

Рассматривая поперечную устойчивость автомобиля, мы предполагали, что при заносе обе оси скользят в поперечном направлении одновременно. Вместе с тем, одновременный занос всех колес автомобиля в общем случае очень редкое явление. Гораздо чаще начинают скользить колеса одной оси – передней или задней. Рассмотрим условия заноса каждой из осей автомобиля.

Предположим, под действием какой – либо боковой силы колеса передней оси автомобиля, движущегося прямолинейно со скоростью V_a начали смещаться вбок со скоростью $V_б$.

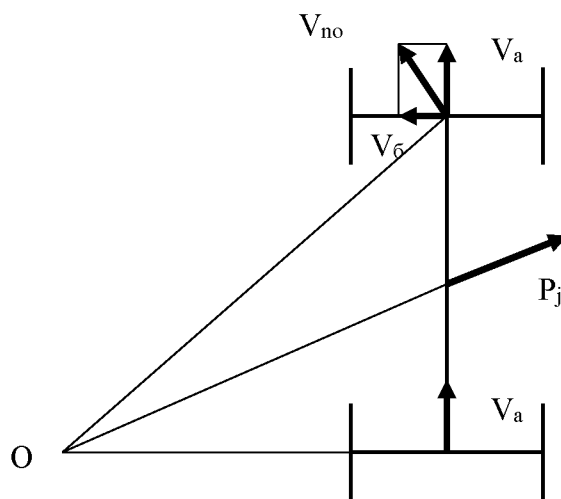


Рисунок 5.11 – Занос передней оси

В результате геометрического сложения скоростей эта ось перемещается в направлении результирующей скорости $V_{\text{по}}$. Поскольку задняя ось продолжает движение в направлении V_a , это приводит к движению автомобиля вокруг мгновенного центра поворота O и возникновению центробежной силы P_j , направленной в сторону, противоположную начавшемуся заносу передней оси. Таким образом, занос передней оси погашается автоматически.

Если происходит смещение задней оси, она начинает двигаться в направлении результирующей скорости V_{30} вокруг мгновенного центра поворота O . Возникающая при этом центробежная сила P_j направлена в этом случае в сторону заноса, приводит к еще большему смещению задней оси и, как следствие, занос становится прогрессирующим. Для того, чтобы погасить начавшийся занос задней оси необходимо поворачивать рулевое колесо в сторону заноса.

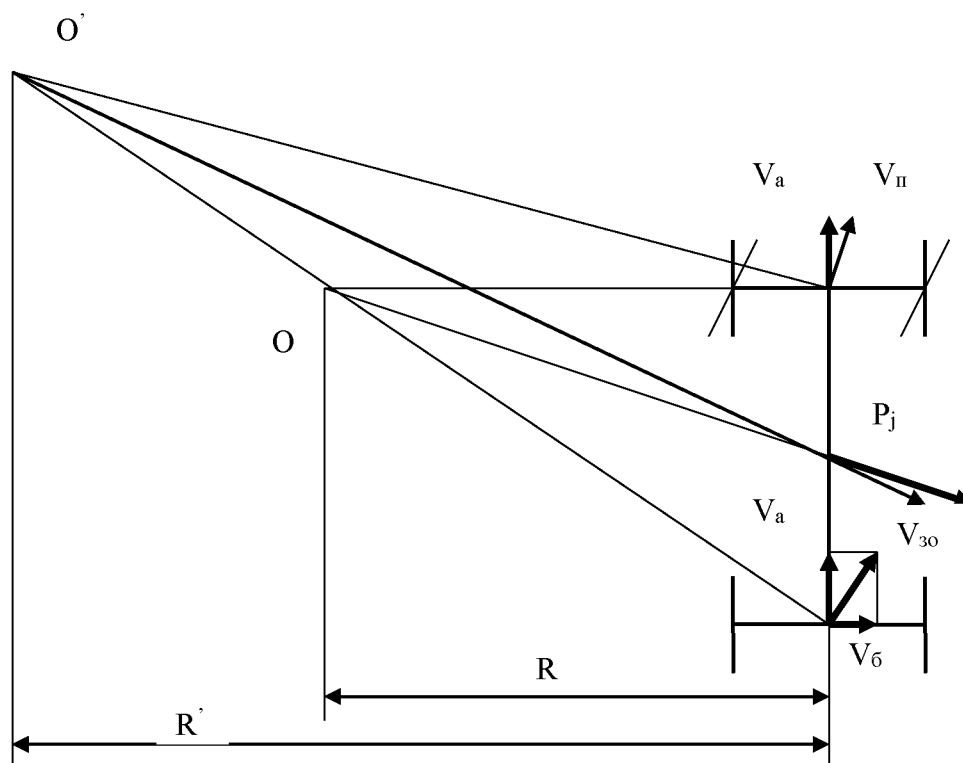


Рисунок 5.12 – Занос задней оси

При этом увеличивается радиус поворота и уменьшается центробежная сила. При повороте передних колес на угол, при котором вектор скорости $V_{\text{п}}$ будет параллелен вектору скорости V_3 , автомобиль перестанет поворачиваться и начнет двигаться поступательно в направлении векторов $V_{\text{п}}$ (V_3). При повороте передних колес на еще больший угол центр поворота окажется расположенным с противоположной стороны автомобиля, центробежная сила будет направлена в сторону, противоположную заносу.

Для того, чтобы началось смещение оси вбок, сила, вызывающая это смещение должна превысить силу сцепления колес этой оси с дорогой, т. е.

иметь достаточно большую величину. Вместе с тем, даже небольшая по величине боковая сила приводит к возникновению увода шин.

Рассмотрим, как отражается боковой увод на устойчивость автомобиля.

Боковая сила может возникнуть не только при повороте автомобиля. Любое боковое воздействие на автомобиль – неровность дороги, поперечный уклон и т.д., действующее на автомобиль, обладающий избыточной поворачиваемостью, приводит к прогрессирующему уводу шин задних колес, который далее может перейти в занос и опрокидывание, если не будут предприняты соответствующие действия со стороны водителя. Этот вопрос был рассмотрен выше.

Очень опасно нарушение устойчивости автомобиля под действием бокового ветра. Особенно, если порыв ветра внезапный, а автомобиль движется с большой скоростью и водитель не располагает достаточным временем для принятия соответствующих мер, предотвращающих возможную аварию. Равнодействующая сил давления воздуха приложена в метацентре – центре тяжести боковой проекции автомобиля.

Если метацентр и центр бокового увода совпадают, то углы увода передних и задних шин будут одинаковыми, автомобиль будет иметь нейтральную поворачиваемость и под действием бокового ветра автомобиль будет двигаться прямолинейно, но под углом δ к первоначальному направлению. Любой водитель, которому приходилось двигаться по дороге, с обеих сторон которой растет лес, а затем заканчивается, ощущал, как автомобиль «переставляет», если дул боковой ветер.

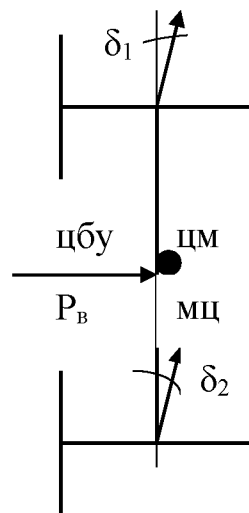


Рисунок 5.13 – Схема движения автомобиля с нейтральной поворачиваемостью под действием бокового ветра.

Конструкторы стремятся при проектировании автомобиля совместить метацентр, центр бокового увода и центр масс. Однако, в процессе эксплуатации автомобиля возможны смещения их относительно друг друга. Возможных вариантов достаточно много, рассмотрим лишь два из них.

Предположим, груз в кузове автомобиля размещен таким образом, что

впереди расположен центр бокового увода, далее – метациентр, еще дальше – центр масс (первый случай) (рис. 5.14).

При таком расположении центра масс, метациентра и центра бокового увода при действии бокового ветра увод шин задних колес будет больше, чем передних и, следовательно, автомобиль обладает излишней поворачиваемостью. Автомобиль начинает двигаться по криволинейной траектории вокруг мгновенного центра O_δ . При этом возникает центробежная сила P_j , направленная в ту же сторону, что и результирующая сил давления воздуха. Поскольку точка приложения этой силы также расположена позади центра бокового увода, она будет приводить к увеличению бокового увода шин задних колес, уменьшению радиуса поворота, следовательно, увеличению величины центробежной силы и т.д. – будет происходить прогрессирующий занос, который может перерасти в занос задней оси.

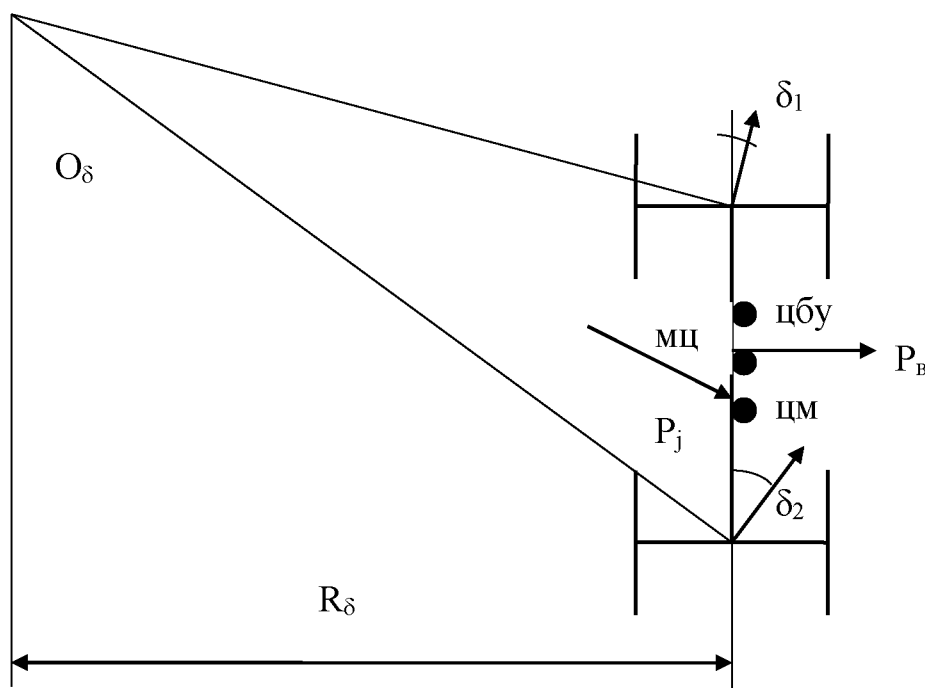


Рисунок 5.14 – Схема движения автомобиля с излишней поворачиваемостью под действием бокового ветра (первый случай).

Но еще более опасным случаем является расположение центров следующим образом: метациентр - центр бокового увода - центр масс (второй случай) (рис. 5.15).

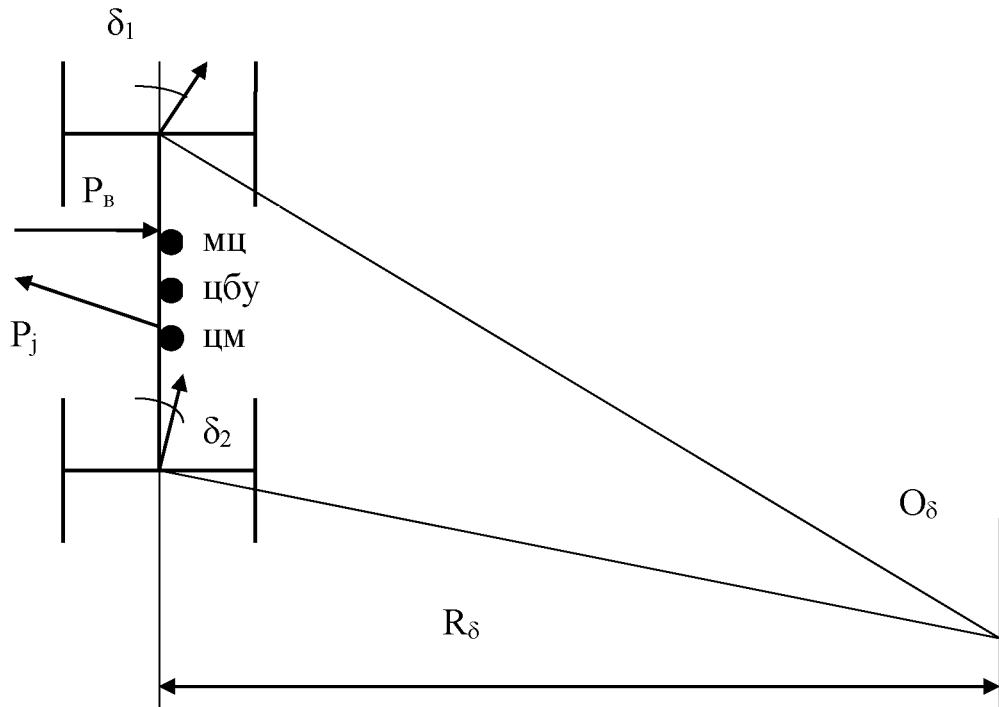


Рисунок 5.15 – Схема движения автомобиля с излишней поворачиваемостью под действием бокового ветра (второй случай)

В этом случае под действием бокового ветра увод шин передних колес будет больше, чем задних, что характерно для автомобилей с недостаточной поворачиваемостью. Если бы центр масс совпадал с метацентром, возникающая при движении автомобиля по криволинейной траектории центробежная сила, которая в данном случае действует в сторону, противоположную результирующей силы давления воздуха, нейтрализовала бы начавшийся увод. Но в данном случае центр масс расположен позади центра бокового увода и силы P_B и P_j создают поворачивающий момент, направленный в сторону вращения автомобиля вокруг мгновенного центра поворота. В результате возможно настолько быстрое нарушение устойчивости автомобиля, что водитель не успевает среагировать.

Лекция 6. Дорожные условия и безопасность движения.

Основные вопросы:

1. Дорога как система и ее элементы.
2. Планировочные характеристики ВДМ.
3. Влияние элементов дороги на безопасность движения.
4. Расстояние видимости и обзорности.

Основными элементами дороги, как системы, являются: план трассы, продольный профиль, поперечный профиль дороги, покрытие дороги, протяженность и плотность улично-дорожной сети, схемы улично-дорожной сети

Влияние элементов дороги на безопасность движения.

1. План трассы.

План трассы – это сочетание прямолинейных и криволинейных участков дороги.

Конечно, план трассы определяется, в основном, рельефом местности. В гористой местности план трассы представляет собой сплошное сочетание криволинейных участков – серпантинов. Вместе с тем даже в таких сложных условиях строители дорог стремятся, где можно, спрямить участки дороги, увеличить радиусы поворотов, расширить ее на особо опасных участках и т.д.

В равнинной местности, в принципе, можно проектировать и строить прямую дорогу. Но с точки зрения безопасности дорожного движения — это тоже плохо. Оптимальная длина прямолинейных участков 4 -4,5км.

2. Продольный профиль.

Продольный профиль – это сочетание горизонтальных участков, подъемов и спусков. Уклоны выражают в процентах или промиллях.

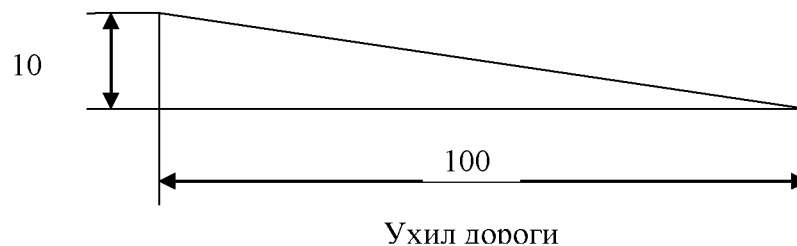


Рисунок 6.1 – Продольный профиль

$10/100 = 0,1=10\%$ (процентов) = $100^0/00$ (промилле. **Промилле** – это одна тысячная часть какого-то вещества, другими словами десятая часть процента) На дорогах высшей категории не рекомендуется выполнять уклоны более 3% или $30^0/00$.

3. Поперечный профиль дороги.

Поперечный профиль дороги характеризуется шириной проезжей части, поперечным уклоном проезжей части, наличием, покрытием и шириной обочин.

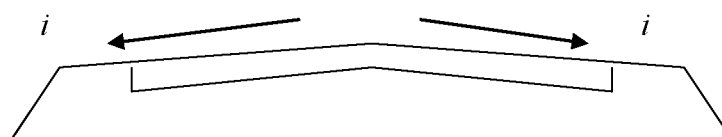


Рисунок 6.2 – Поперечный профиль дороги

Устойчивость автомобиля на повороте увеличивается за счет устройства виражей, т.е. придания проезжей части одностороннего уклона, направленного к

центру виража.

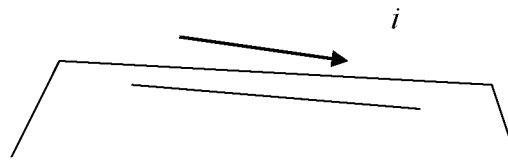


Рисунок 6.3 – Схема виража

На основании исследований, как отечественных, так и зарубежных исследователей, для проезжей части с двумя полосами движения (по одной полосе в каждую сторону) достаточной и безопасной признается ширина проезжей части 7,5м. На криволинейных участках дороги автомобиль требует большей ширины проезжей части. Уширение зависит от радиуса круговой кривой. Величины уширений предусмотрены и установлены СНИПом.

Обочины могут быть укрепленными и не укрепленными.

Большое влияние на эффективность и безопасность дорожного движения оказывает рельеф местности, наличие мостов, тоннелей и других искусственных сооружений.

4. Покрытие дороги.

Покрытие дороги может быть грунтовым, щебенчатым, улучшенным, асфальтобетонным и т.д.

Покрытие дороги влияет на износ деталей автомобиля, в первую очередь шин, шум, вибрацию, сопротивление качению и, что наиболее важно с точки зрения безопасности движения – коэффициент сцепления. Обеспечение высокого значения коэффициента сцепления является одним из основных требований к покрытию. Для основных видов покрытий:

	ϕ	f
- асфальтобетонные, цементобетонные	0,7...0,8	0,01...0,02
- щебенчатые, гравийные	0,6...0,7	0,03...0,05
- грунтовые улучшенные	0,5...0,6	0,04...0,05

5. Протяженность и плотность улично-дорожной сети.

Уровень развития улично-дорожной сети характеризуется протяженностью L_{Σ} и плотностью $g_{л} = L_{\Sigma}/F$ (это так называемая линейная удельная плотность). Мы уже говорили, что эта плотность учитывает не все дороги, а основные магистрали и улицы. Оптимальной плотностью с точки зрения эффективности, комфортабельности и безопасности дорожного движения считается плотность равная $2\text{км}/\text{км}^2$.

Уровень развития дорожной сети оценивают также удельной плотностью: $g_{у} = F_{\text{дороги}}/F$.

6. Схемы улично-дорожной сети.

Города имеют самую разнообразную планировку и, соответственно,

транспортную сеть.

Планировочная структура определяется географическими условиями, историческим развитием и многими другими факторами. От схемы улично-дорожной сети очень сильно зависит эффективность, комфортабельность и безопасность движения. Существует много различных схем улично-дорожной сети. Анализ планировки разных городов позволил выделить несколько принципиальных геометрических схем.

Основные из них представлены на рисунке 6.4.

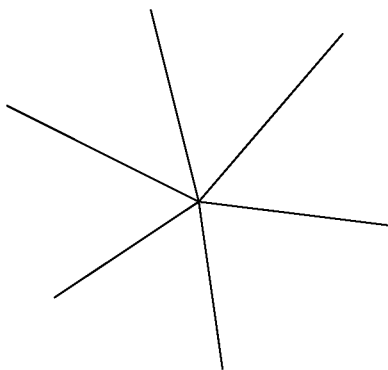
Основным показателем, характеризующим схему планировочной структуры, является коэффициент непрямолинейности. Это отношение фактического расстояния между двумя пунктами (по дороге) к длине линии их соединяющей по воздуху.

$$K_{\text{нп}} = \frac{L_{\text{д}}}{L_{\text{в}}} \quad (6.1)$$

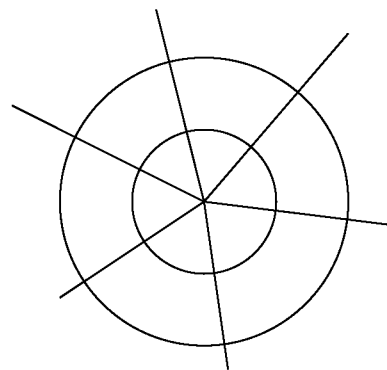
При этом различают 2 коэффициента непрямолинейности:

- $K_{\text{нп1}}$ – между центром и периферийными точками;
- $K_{\text{нп2}}$ – между периферийными точками.

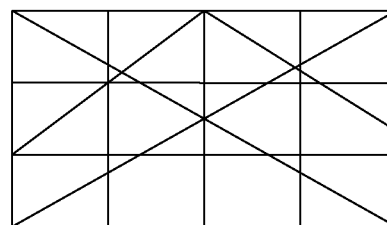
1. Радиальная



2. Радиально-кольцевая



3. Прямоугольная



4. Прямоугольно-радиальная

Рисунок 6.4 – Планировочные структуры

Радиальная схема характерна для старых городов, которые начинали формироваться вокруг центра – храма, чаще всего. Основной недостаток такой

планировочной схемы – плохая связь периферийных районов.

При радиальной схеме связь периферийных районов с центром очень хорошая, $K_{\text{шт1}} = 1$. А вот связь между периферийными районами плохая. Для города размером 12 x 12км. (144км²) коэффициент непрямолинейности $K_{\text{шт2}} = 1,5$.

Радиально-кольцевая схема. С целью уменьшения перепробегов в крупных городах строят кольцевые дороги. Получается радиально-кольцевая схема. Здесь $K_{\text{шт1}} = 1$ и существенно улучшается связь периферийных районов: $K_{\text{шт2}} = 1,08$. Причем он тем ниже, чем больше кольцевых магистралей.

Прямоугольная схема характерна наличием параллельно расположенных городских магистралей и отсутствием ярко выраженных центров. Такая схема характерна для сравнительно новых городов. По ней построены Барселона, Санкт-Петербург, Новосибирск, Ростов на Дону, Чикаго, центр Нью-Йорка и т.д.

Достоинствами такой схемы являются:

- отсутствие четко выраженного центрального транспортного узла;
- сравнительно равномерная транспортная нагрузка всех магистралей;
- достаточно высокая пропускная способность из-за наличия дублирующих связей.

Наличие параллельных магистралей облегчает организацию дорожного движения, позволяет легко вводить одностороннее движения, меньше перепробеги, отсутствуют пробки в центре города и т.д. Коэффициенты непрямолинейности $K_{\text{шт1}} = 1,3$, $K_{\text{шт2}} = 1,25$.

Средний коэффициент непрямолинейности $K_{\text{шт}} = 1,15$.

Если соединить углы города диагоналями, получается прямоугольно – радиальная схема. Здесь $K_{\text{шт}} = 1,08$, как и у радиально-кольцевой.

К недостаткам такой схемы следует отнести отсутствие кратчайших связей по диагональным направлениям: все движение – по катетам. Поэтому в процессе совершенствования появилась

Прямоугольно-диагональная схема.

Если соединить углы города диагоналями, получается прямоугольно – радиальная схема. Здесь $K_{\text{шт1}} = 1,2$, $K_{\text{шт2}} = 1,1$.

Кроме того, существует большое количество комбинированных схем, образовавшихся в процессе исторического развития. Многие города закладывались на берегах больших рек и застраивались вдоль реки. Они имеют большую протяженность (Волгоград 80км вдоль Волги). Кривой Рог – поселки возле карьеров постепенно разрастались, потом слились и образовался самый длинный город в бывшем СССР длиной 120-140км.

Лекция 7. Основные параметры дорожного движения.

Основные вопросы:

1. Интенсивность транспортного потока
2. Состав транспортного потока
3. Плотность транспортного потока
4. Скорость движения
5. Параметры пешеходного движения

Дорожное движение характеризуется:

- интенсивностью транспортного потока;
- составом транспортного потока;
- плотностью транспортного потока;
- скоростью движения;
- задержками движения;
- пропускной способностью автомобильных дорог;
- параметрами пешеходного движения;

Интенсивность транспортного потока.

Интенсивность транспортного потока – это количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги в единицу времени.

В качестве расчетного времени для определения интенсивности может применяться год, месяц, час – в зависимости от поставленной задачи, но чаще всего интенсивность измеряют количеством автомобилей, проходящих через сечение дороги за час: $N_{\text{ч}}$.

Интенсивность движения – величина неравномерная и в пространстве (на различных дорогах или на различных участках одной и той же дороги) и во времени.

Интенсивность движения различна на различных участках улично-дорожной сети. Даже на одной и той же магистрали интенсивность меняется в течение суток, в течение недели, месяца, имеет сезонные колебания. Все эти изменения интенсивности характеризуются коэффициентом неравномерности:

$$K_n = \frac{N_{\text{ф}}}{N_{\text{ср}}}. \quad (7.1)$$

- это отношение фактической интенсивности к средней интенсивности за более длительный период.

Интенсивность движения на городской сети улиц изменяется во времени. Различают колебания сезонные, по дням недели и часам суток. В расчетах часто используют условный показатель – среднесуточную интенсивность движения ($N_{\text{ср}}$), которую определяют расчетом:

$$N_{\text{ср}} = \frac{W_e}{365}, \quad (7.2)$$

где W_e – годовой объем движения, авт.

Характерная кривая изменения интенсивности движения N_r на городских магистралях в течение года.

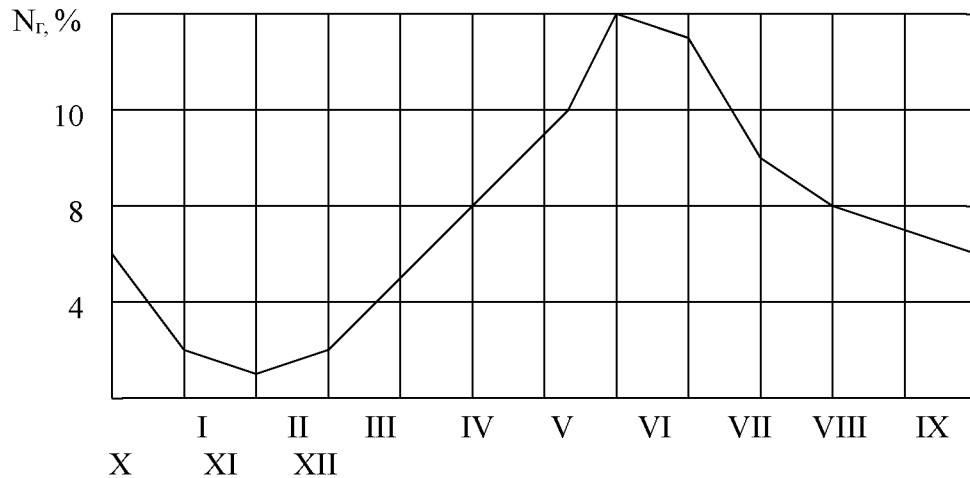


Рисунок 7.1 – Изменение интенсивности по месяцам года

Причинами резкого снижения интенсивности движения в зимние месяцы года являются неблагоприятные погодные условия и ухудшение дорожных условий (скользкое покрытие, сужение из-за отложения снега ширины проезжей части). Интенсивность движения общественного транспорта менее подвержена сезонным колебаниям. Нагрузка на этот транспорт в осеннее - зимний период больше, чем в летний. Спад интенсивности движения в городах в зимний период связан с уменьшением использования в это время личных автомобилей. На летние месяцы приходится около 70% годового участия этих автомобилей в дорожном движении, в зимний период объем движения автомобилей индивидуальных владельцев составляет 1,5 – 2% годового.

Исключением являются южные города, где благодаря короткой и мягкой зиме личный автомобиль можно использовать в течение всего года.

Колебания интенсивности движения в течение года характеризуются коэффициентом годовой неравномерности:

$$K_n = \frac{12N_m}{N_2}, \quad (7.3)$$

где N_m – интенсивность движения в исследуемом месяце,
 N_2 – интенсивность движения за год, авт./год.

В распределении интенсивности по дням недели также имеется закономерность. Она связана с социальными особенностями городов и организацией рабочего времени трудящихся. Наибольшая интенсивность движения в городах наблюдается в пятницу. Около 70% всех индивидуальных владельцев пользуются в этот день личным автомобилем.

Следствием этого является увеличение интенсивности движения на 1,5 – 2% выше среднесуточной за неделю.

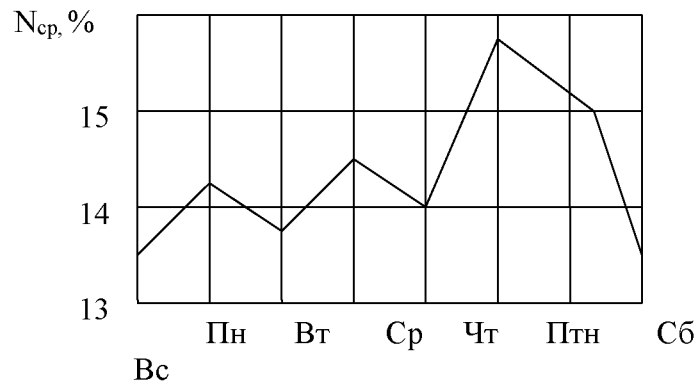


Рисунок 7.2 – Изменение интенсивности по дням недели

Коэффициент суточной неравномерности:

$$K_n = \frac{24N_q}{N_c}, \quad (7.4)$$

где N_q – часовая интенсивность движения авт./час;

N_c – суточная интенсивность авт./сут.

Исследования изменения интенсивности транспортных потоков в течение суток позволили выделить так называемые пиковые часы или периоды, в которые возникают наиболее сложные задачи организации и регулирования движения. В течение часов "пик" происходит 10 – 12% суточного объема движения.

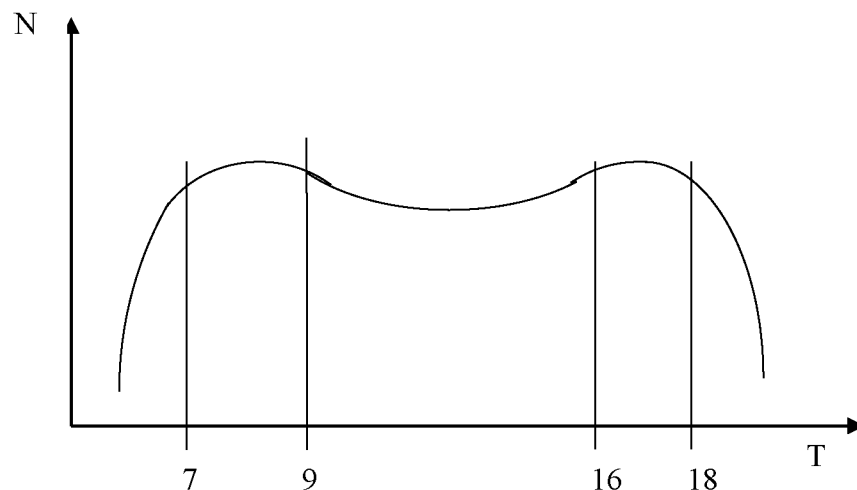


Рисунок 7.3 – Изменение интенсивности в течение суток.

Продолжительность часов "пик" увеличивается с ростом уровня автомобилизации городов и для крупных городов с уровнем 40 – 45 авт. на 1000 жителей может составлять в общей сложности 4 – 4,5 ч.

В городах пиковые нагрузки автомобильного, пешеходного движения и потребности в стоянках автомобилей практически совпадают. Это говорит о необходимости комплексного решения транспортных проблем города.

Если нам известна интенсивность движения в какой-либо час суток, день недели или месяц, используя коэффициенты суточной неравномерности, неравномерности по дням недели или годовой, мы можем рассчитать неравномерность в любой час суток, день недели или месяц.

Для двухполосных дорог со встречным движением интенсивность характеризуется величинами потоков во встречных направлениях, т.к. оба эти потока определяют условия движения, в частности, возможность обгонов. Если дорога имеет разделительную полосу, то интенсивность встречного потока уже не определяет режим движения, для таких дорог интенсивность движения в каждом направлении имеет самостоятельное значение.

Во многих случаях, особенно при решении вопросов регулирования движения в городских условиях, имеет значение не суммарная интенсивность, а интенсивность, приходящаяся на одну полосу движения.

Теоретически определить интенсивность транспортных потоков на той или иной магистрали очень сложно. Достаточно точно эту задачу можно решить для междугородних магистралей, однако для этого необходимо большое количество исходных данных. Еще больше исходных данных необходимо для прогнозирования интенсивности транспортных потоков на дорожно-уличной сети городов. Поэтому для решения конкретных вопросов организации дорожного движения на тех или иных участках дорог используют натурные обследования интенсивности. Существуют различные методы натурных исследований – визуально, с помощью счетчиков, с помощью простейших технических средств и применяя средства автоматической регистрации. С первым методом вы познакомились при проведении лабораторных работ, второй метод предполагает использование механических счетчиков единиц транспортных средств, в последнем используются различные конструкции детекторов транспорта, с которыми я вас познакомлю несколько позже.

Результаты обследований интенсивности транспортных потоков представляются в виде таблиц, эпюр, картограмм и т.д. Графическое представление предпочтительнее из-за наглядности.

Состав транспортного потока.

Состав транспортного потока характеризуется соотношением в нем транспортных средств различного типажа – легковых автомобилей, автобусов, троллейбусов, грузовых автомобилей, автопоездов. Состав транспортного потока оказывает существенное влияние на все параметры, характеризующие дорожное движение, в том числе интенсивность.

Влияние транспортного потока на параметры дорожного движения объясняется разницей в габаритных размерах автомобилей (легковые – 4-5м, грузовые и автобусы до 11м, автопоезда – до 24м), скоростей движения, тормозных качеств.

Для того, чтобы учесть это влияние состава транспортного потока, реальный состав приводят к условному легковому автомобилю длиной 5м. Для этого применяют коэффициенты приведения, $K_{пр}$ установленные СНиП.

Коэффициенты приведения составляют, для:

- мотоциклов – 0,5
- легковых автомобилей – 1,0
- грузовых, грузоподъемностью до 2 т – 1,5
- ----- до 2-4 т – 2,0
- ----- до 4-8 т – 2,5
- ----- > 8 т – 3,5
- автобусов – 2,5
- троллейбусов – 3,0
- автопоездов грузоподъемностью до 6 т – 3,0
- автопоездов грузоподъемностью до 12 т – 4,0
- автопоездов грузоподъемностью до 12-20 т – 5,0
- автопоездов грузоподъемностью до 20-30 т – 6,0

С учетом этих коэффициентов можно получить интенсивность движения в условных приведенных единицах:

$$N = K_M N_M + K_L N_L + K_{Г2} N_{Г2} + K_a N_a + \dots$$

Плотность транспортного потока.

Плотность транспортного потока – это число транспортных средств, находящихся в данный момент времени на участке дороги. Чаще всего длину участка дороги при исследовании и анализе плотности принимают 1 км.

Предельная плотность – заторное состояние может наблюдаться в «пробках», при неподвижном состоянии колонны автомобилей, расположенных вплотную друг к другу. Для легковых автомобилей эта величина составляет 200 авт/км. Максимальная плотность медленно движущейся колонны приведенных легковых автомобилей составляет 90 – 100 авт/км. Но в колонне могут быть и автобусы и грузовые автомобили. В этом случае максимальная плотность может быть приближенно определена:

$$Q_{\max} = 81 + 0,125 n_L, \quad (7.5)$$

где n_L – доля легковых автомобилей в %.

Плотность транспортного потока характеризует загрузку дороги:

$$Z = \frac{q_{\text{факт}}}{q_{\max}}. \quad (7.6)$$

В зависимости от плотности и загрузки дороги, условия движения можно разделить на:

- свободное движение
- частично связанное
- связанное
- колонное движение
- насыщенное
- перенасыщенное движение

Свободные условия движения характерны для очень ограниченного числа дорог, например для подъездов к малым населенным пунктам или сельскохозяйственным предприятиям, а также для периодов спадов движения на дорогах ночью или ранним утром.

При большей интенсивности движения время ожидания возможности обгона возрастает. Создаются группы из двух – трех и более автомобилей, следующих за медленно едущим. Осуществив обгон, они едут в условиях свободного режима движения. Такой режим движения носит название частично связанного.

Чем больше интенсивность движения, тем реже встречаются подходящие для обгона интервалы и выше риск при обгоне. Такой режим движения называют связанным (неустойчивым). В результате помех для обгонов скорость потока автомобилей падает практически по линейной зависимости.

Дальнейший рост интенсивности движения возможен только при увеличении плотности потока автомобилей, без обгонов. Это достигается уменьшением интервалов между автомобилями, образующими колонну. Разница в скоростях автомобилей исчезает и все они едут со скоростью, близкой к средней скорости потока.

Кратковременные отклонения скоростей отдельных автомобилей от средней возможны лишь в результате изменения интервалов между автомобилями и устраняются водителями, как только возникает опасность наезда. В этом случае очень большой интенсивности движения, скорости транспортного потока, называемого плотным, или насыщенным, продолжают уменьшаться.

Дальнейшее насыщение транспортного потока, которое возможно, например, при въезде на узкий мост или ремонтируемый участок дороги с ограниченной шириной проезжей части, характеризуется прерывистым движением потока с периодическими остановками. Перед участком образуются пробки, которые растут за счет подъезжающих автомобилей. Пропускная способность дороги падает. Такое движение является перенасыщенным.

Скорость движения

В курсах лекций по другим дисциплинам вам уже много говорили о скоростях движения. Поэтому я не буду останавливаться на всех – вы знаете скорость сообщения, техническую скорость, эксплуатационную скорость.

Я остановлюсь на тех скоростях, которые вы еще не знаете, но которые нужны нам будут при изучении курса.

1. Мгновенная скорость. Она характеризуется мгновенными фиксированными значениями скорости. Она зависит от динамических качеств автомобиля, условий движения, погоды и других факторов и может изменяться в широких пределах. Анализ мгновенных скоростей используют для изучения закономерностей движения от их условий. Данные анализа используют для установления максимальных и минимальных скоростей на отдельных участках дороги, размещения дорожных знаков, определения длин участков дорог с

запрещенными обгонами.

Средняя мгновенная скорость рассчитывается как средний результат нескольких значений мгновенных скоростей:

$$V_M = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Mi}}{n}, \quad (7.7)$$

где n – количество замеров.

Но мгновенная скорость, как мы отмечали, зависит от большого количества факторов. Давайте замерим мгновенную скорость на улице Петровского в будний день и в выходной. Она будет отличаться во много раз. В будний день намного выше интенсивность, плотность потока.

2. Чтобы иметь возможность от чего-то отталкиваться, ввели понятие скорости свободного движения $V_{св}$: это скорость движения на данном участке дороги, не ограниченная влиянием других транспортных средств. Принято считать движение свободным, если интервал между автомобилями составляет 10 и более секунд. Тогда транспортные средства действительно не мешают друг другу.

С другой стороны, динамические характеристики современных автомобилей позволяют им двигаться с очень высокими скоростями. Если мы с вами в условиях свободного движения в городе заметим мгновенную скорость, она может составлять и 80 и 100 км/ч. Но это уже нарушение ПДД. Поэтому принимают, что скорость свободного движения не должна превышать скорости, ограниченной на данном участке ПДД. Меньше она, конечно, может быть.

3. Когда временной интервал движения меньше 10с, движение считается движением в потоке и говорят о скорости потока. Эта скорость будет отличаться от скорости свободного движения тем больше, чем выше интенсивность движения, плотность потока. Примерная зависимость скорости от интенсивности:

$$V_a = V_{св}(1 - K_N), \quad (7.8)$$

где K_N – коэффициент, учитывающий влияние интенсивности движения на скорость потока. Он изменяется от 0 до 1 и различен для разных условий движения, поэтому здесь он не приведен.

Параметры пешеходного движения.

Обеспечение удобства и безопасности движения пешеходов является одним из важных разделов организации дорожного движения. Сложность здесь заключается в том, что поведение пешеходов труднее поддается регламентации, чем водителей. Этим объясняется, что треть всех ДТП – это наезды на пешеходов, а в городах эта цифра достигает 2/3.

Параметры пешеходного потока характеризуются интенсивностью, скоростью и плотностью.

Интенсивность пешеходных потоков

Интенсивность пешеходных потоков, как и транспортных, - это число

пешеходов, проходящих через поперечное сечение пути за единицу времени. Пешеходное движение, его интенсивность, как и все городское движение, неравномерно во времени. В нем имеется ярко выраженный «пик» - утренний (8-9 ч), дневной (12-14 ч) и вечерний (18-19 ч). Утренний связан с началом работы, занятий. Дневной обусловлен перерывами в работе. В это время наиболее загружены торговые точки – обслуживается 25% всех посетителей за день. Вечерний «пик» обусловлен окончанием работы и началом работы различных культурных заведений.

Пиковые загрузки неравномерны как во времени, так и в пространстве. В жилых районах интенсивность пешеходного движения распределена более или менее равномерно в период с 8 до 19 ч. В промышленных зонах наибольшая интенсивность в утренний час «пик». В общегородских и торговых центрах – в дневное время. На вокзалах – в утренние и вечерние часы.

Если говорить о зонах тяготения, то наибольшие сложности возникают при организации пешеходного движения в районах вблизи зрелищных и спортивных сооружений. Здесь, как правило, пешеходные потоки эпизодические и достигают очень большой плотности (до 6 чел/м²). Интенсивность пешеходных потоков может быть рассчитана:

$$U = \frac{Q}{t_{эв}}, \quad (7.9)$$

где Q – число зрителей;
 $t_{эв}$ – время эвакуации:

$$t_{эв} = \frac{Q_3}{\Sigma \Theta_B}, \quad (7.10)$$

где $\Sigma \Theta_B$ – пропускная способность выходов.

Интенсивность пешеходных потоков вблизи торговых предприятий определяется тем, насколько они крупные, сколько рабочих мест, где расположены. Интенсивность пешеходных потоков здесь рассчитывается (на входе):

$$U = \frac{M \cdot z \cdot k_c \cdot k_r}{\tau}, \quad (7.11)$$

где M – число рабочих мест;

z – количество покупателей на одно рабочее место (в крупных городах, например, для универмагов, расположенных в центре города, $z = 150-250$, продовольственных магазинов – 160-350, промтоваров – 100-200).

k_c – коэффициент суточной неравномерности, $k_c = 1,3 \dots 1,8$;

k_r – коэффициент годовой неравномерности, $k_r = 1,1 \dots 1,2$;

τ – время работы.

Скорость движения пешеходов.

Скорость движения пешеходов зависит от многих факторов: цели передвижения, состава, возраста, плотности, интенсивности и т.д. Колеблется

значение скорости также в зависимости от места, где движутся пешеходы – по тротуару, через дорогу, в парке, по лестнице и т.д.

Нас, конечно в первую очередь интересует скорость движения пешеходов при пересечении ими проезжей части автомобильных дорог. Исследования показали, что в этих условиях основными факторами, влияющими на скорость, являются:

- возраст;
- пол;
- темп движения.

Кроме того, влияет еще множество факторов: идет сам или под руку с девушкой, с коляской или с ребенком на руках, с пустыми руками или несет громоздкие вещи, трезвый или пьяный и т.д.

Соответственно, скорость движения пешеходов может колебаться от 0,75м/с до 4,5м/с. Обычно, для инженерных расчетов скорость движения пешеходов через проезжую часть принимается 1,3...1,4м/с.

Плотность пешеходных потоков.

Плотность пешеходных потоков характеризует удобство передвижения:

$$D = \frac{n_{\Sigma}}{F}, \quad (7.12)$$

где n_{Σ} – число пешеходов, одновременно находящихся на пешеходных путях;

F – суммарная площадь этих путей.

При известной интенсивности и скорости:

$$D = \frac{3,6 \cdot U \cdot b_t}{V_{\Pi}}, \quad (7.13)$$

где U – интенсивность пешеходного потока;

b_t – ширина пешеходного пути (тротуара, пешеходного перехода, лестницы и т.д.)

V_{Π} – скорость движения пешехода.

Площадь, занимаемая одним человеком, зависит от возраста, пола, наличия ноши, времени года и т.д. Взрослый человек занимает площадь летом – 0,1м², зимой 0,13, с ребенком на руках – 0,29, с ношей – 0,25...0,4. Это предельные нормы. Для создания комфортных условий эта площадь должна быть в 2,5...3 раза больше. Максимальная плотность пешеходного потока, при которой еще возможно движение с постоянной скоростью должна быть не более 2чел/м².

Движение пешеходов осуществляется по тротуарам и пешеходным переходам.

Тротуар рассматривается как многополосный пешеходный путь с шириной полосы 0,75м. Пропускная способность одной полосы принимается равной 700-800чел/час.

При известной интенсивности ширина тротуара:

$$b_T = \frac{U}{U_{\text{пол}}} 0,75, \quad (7.14)$$

где U – интенсивность пешеходного движения;

$U_{\text{пол}}$ – пропускная способность полосы движения.

Но эта ширина не может быть меньше норм, установленных СНИП, исходя из функционального назначения улиц. Так, тротуар, идущий вдоль общегородской магистрали не может быть меньше 4,5 м, районной – 3 м.

Лекция 8. Пропускная способность и задержки на элементах транспортной сети

Основные вопросы:

1. Соотношение между основными параметрами дорожного движения.
2. Дистанция безопасности, динамический габарит.
3. Основная диаграмма транспортного потока.
4. Пропускная способность автомобильных дорог.
5. Пропускная способность нерегулируемых перекрестков в одном уровне.
6. Задержки движения.
7. Методы определения задержек движения на элементах транспортной сети.
8. Задержки на нерегулируемых перекрестках.

Пропускная способность автомобильных дорог.

Сначала рассмотрим пропускную способность одной полосы проезжей части.

Пропускной способностью одной полосы проезжей части называется максимальное количество автомобилей, которое может быть пропущено через сечение одной полосы дороги в течение одного часа в одном направлении в условиях обеспечения безопасности движения.

Пропускную способность будем рассматривать, анализируя основную диаграмму транспортного потока.

Мы с вами рассмотрели интенсивность N , плотность q и скорость V транспортных средств. И говорили о взаимном влиянии этих параметров дорожного движения. Между ними существует зависимость:

$$N = q \cdot V. \quad (8.1)$$

Построим зависимость между плотностью и интенсивностью. Если у нас интенсивность N равна 0, очевидно и плотность q также равна нулю. Если плотность настолько велика, что образовался затор ($q_{\text{зат}}$), очевидно, что интенсивность движения будет равна 0. По мере увеличения плотности от нулевого значения интенсивность будет возрастать и иметь реальные значения $N > 0$. При малой интенсивности временной интервал между автомобилями большой, скорость соответствует скорости свободного движения. По мере увеличения плотности скорость снижается. Сначала превалирующим является увеличение плотности и интенсивность увеличивается. Она растет до своего

максимального значения, а затем превалирующим становится снижение скорости и зависимость имеет вид, представленный на рисунке 8.1.

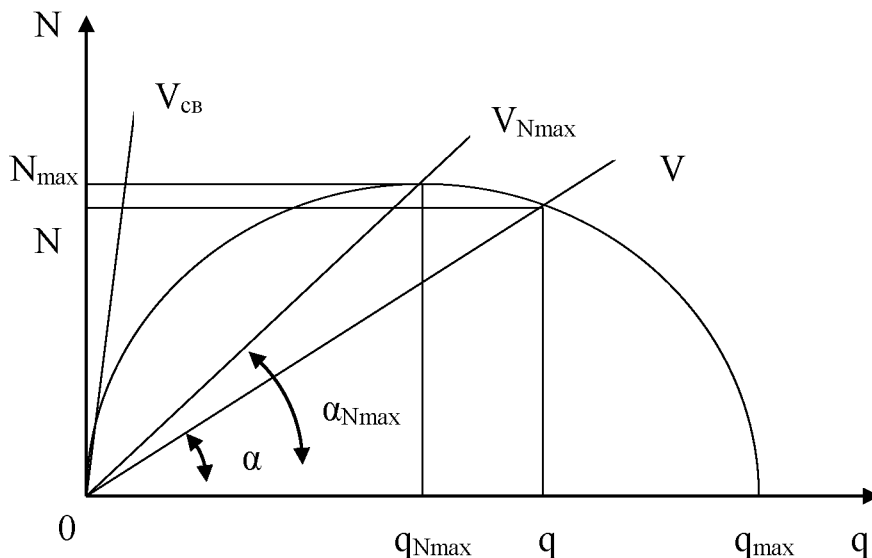


Рисунок 8.1 – Основная диаграмма транспортного потока.

Если из начала координат провести радиус-вектор к какому-либо значению интенсивности, точка пересечения интенсивности и вектора покажет значение интенсивности при данной плотности. А если мы возьмем отношение

$$\frac{N}{q} = V = tq\alpha. \quad (8.2)$$

Таким образом, угол α характеризует скорость движения.

При определенном значении плотности, равной q_{Nmax} интенсивность достигает своего максимального значения N_{max} при скорости движения потока, равной V_{Nmax} .

Каковы же величины скорости и плотности, при которой по дороге может проехать максимальное количество автомобилей и сколько их может проехать? Какова максимальная пропускная способность?

Плотность при определенной скорости определяется исходя из обеспечения безопасности движения. Когда автомобили движутся один за другим, между ними должна сохраняться дистанция безопасности D_b (рис.8.2).

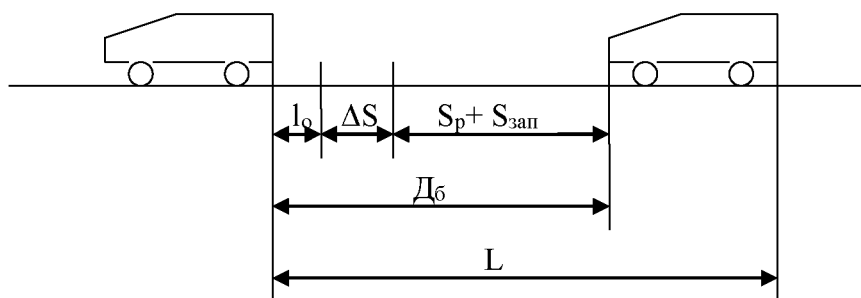


Рисунок 8.2 – Динамический габарит и дистанция безопасности

Когда у впереди идущего автомобиля загораются стоп-сигналы, он уже начинает тормозить. А для идущего сзади автомобиля – это только сигнал опасности. До того, как этот автомобиль начнет тормозить, он проедет расстояние:

$$S_p + S_3 = (t_1 + t_2) \frac{V_a}{3,6}. \quad (8.3)$$

Кроме того, в одном потоке могут двигаться автомобили, имеющие разную эффективность торможения, разное замедление

$$j = \frac{g \cdot \varphi}{K_3}, \quad (8.4)$$

где φ – коэффициент сцепления;

K_3 – коэффициент эффективности торможения.

Коэффициент эффективности торможения различный для разных автомобилей; даже у одной и той же марки автомобиля он может отличаться – в зависимости от загрузки, состояния тормозов и т.д. Поэтому тормозной путь движущихся друг за другом автомобилей тоже будет разным:

$$S_T = \frac{V^2}{26 \cdot j} = \frac{V^2 K_3}{26 \cdot g \cdot \varphi} = \frac{V^2 \cdot K_3}{254 \cdot \varphi}. \quad (8.5)$$

Разница в величине тормозного пути следующих друг за другом автомобилей:

$$\Delta S = S_3 - S_n = \frac{V^2 (K_{33} - K_{3n})}{254 \cdot \varphi}. \quad (8.6)$$

Кроме того, когда автомобили остановятся, между ними должно быть какое-то расстояние – зазор безопасности l_0 . Таким образом, дистанция безопасности должна составлять:

$$D_0 = S_p + S_3 + \Delta S + l_0. \quad (8.7)$$

Общее расстояние, которое занимает один автомобиль на дороге и включает дистанцию безопасности и габаритную длину автомобиля, называют динамическим габаритом

$$L = l_a + l_0 + (t_1 + t_2) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2 (K_{33} - K_{3n})}{254 \cdot \varphi}. \quad (8.8)$$

Зная динамический габарит, мы можем рассчитать плотность – сколько автомобилей может разместиться друг за другом на одном километре дороги:

$$q = \frac{1000}{L}. \quad (8.9)$$

Зная плотность, мы можем определить максимальную интенсивность или пропускную способность дороги.

$$P = N_{max} = q \cdot V = \frac{1000}{L} V_a. \quad (8.10)$$

Если принять $K_{33} - K_{3n} = 0,5$ (смешанный поток транспортных средств), то

на сухой дороге с коэффициентом сцепления 0,7 и суммой габаритной длины автомобиля и зазора безопасности 10 м, получаем:

V_a	L	q	P_{\max}
40	27,8	36	1438
50	33,6	30	1488
60	40	25	1500
70	47,3	21	1480
80	54,6	18	1465

Как видно из полученных результатов, максимальная пропускная способность одной полосы движения при смешанном потоке движения составляет 1500авт/ч при скорости 60км/ч.

Принятое в нашей стране ограничение скорости в населенных пунктах 60км/ч обеспечивает возможность движения транспортных средств с максимальной интенсивностью.

На скоростных городских магистралях выделяют полосы для движения легковых автомобилей с разрешенной скоростью 80 - 100км/ч. Для легковых автомобилей разница в коэффициентах эффективности не превышает 0,2. Выполняя расчет при тех же исходных параметрах, получаем пропускную способность одной полосы в пределах 1800-1840авт/ч.

Реальная пропускная способность одной полосы конечно, ниже: далеко не все автомобили движутся с одинаковой скоростью, и необходимость двигаться в потоке за тихоходным транспортным средством в условиях затрудненного обгона существенно снижает пропускную способность. Уменьшается пропускная способность при ухудшении качества дорожного покрытия, оказывают влияние спуски, подъемы.

Пропускная способность одной полосы движения в городских условиях определяется с учетом факторов, снижающих пропускную способность:

$$P = P_{\max}(k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n), \quad (8.11)$$

где k – коэффициенты, учитывающие факторы, снижающие пропускную способность. Основные из них:

- k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий тип покрытия. Для асфальтобетонного покрытия принимают $k_{\phi} = 1$. Для других типов покрытия – меньше.

- $k_{гр}$ – коэффициент, учитывающий влияние состава транспортного потока на пропускную способность дорог. При изменении количества грузовых автомобилей в потоке от 0 до 40%, $k_{гр}$ снижается от 1 до 0,8.

- k_i – коэффициент, учитывающий влияние уклона дороги на пропускную способность.

Если магистраль имеет не одну, а несколько полос движения, пропускная способность увеличивается не пропорционально количеству полос. Здесь на суммарную пропускную способность оказывает влияние маневрирование автомобилей – перестроения, обгоны и т.д. Для определения пропускной

способности многополосной городской магистрали используют формулу:

$$P = P_n \cdot k_{\phi} \cdot k_{zp} \cdot k_i \cdot k_{мп}, \quad (8.12)$$

где $k_{мп}$ – коэффициент многополосности, зависящий от числа полос движения в одном направлении:

при одной полосе проезжей части $k_{мп} = 1,0$

при двух полосах - $k_{мп} = 1,8$

при трех полосах - $k_{мп} = 2,4$

при четырех полосах - $k_{мп} = 2,9$

Действующие СНиПы на проектирование дорог предусматривают пропускную способность одной полосы движения $P_{п}$:

- 1200авт/ч в каждом направлении для дорог 1 категории;

- 800 – 1200авт/ч для дорог 2 категории.

На пропускную способность городских магистралей оказывает влияние также длина перегона между перекрестками, типы пересечений, величина пешеходных потоков, парковка автомобилей у тротуаров и т.д.

Отношение фактической интенсивности транспортного потока к пропускной способности определяет загрузку дороги.

$$Z = \frac{N}{P_{\max}}, \quad (8.13)$$

За рубежом широко используют понятие об уровнях обслуживания. Таких уровней обычно насчитывают шесть: А, В, С, D, E, F.

Для отечественных условий рекомендуются следующие граничные характеристики уровней обслуживания:

- А – свободное движение – $Z =$ до 0,2;

- В – устойчивое, стабильное движение – $Z = 0,2 \dots 0,5$;

- С - стабильное движение, обгоны затруднены – $Z = 0,5 \dots 0,7$;

- D – сплошной поток – $Z = 0,7 \dots 0,9$;

- E – неустойчивое, колонное – $Z = 0,9 \dots 1,0$;

- F – стесненное – $Z = 0,9 \dots 1,0$;

От уровня загрузки дороги зависит также скорость движения транспортных средств. Если при уровне обслуживания А скорость движения соответствует свободной скорости движения, то при уровнях обслуживания - В – 0,7...0,9; С - 0,55...0,7; D – 0,4...0,55; E и F – 0,35

На основании анализа уровней обслуживания можно сделать вывод, что свободное и устойчивое движение имеет место при интенсивности транспортного потока на одной полосе - 500 – 600авт/ч.

Задержки движения.

Любое снижение скорости по сравнению с оптимальной для данного участка дороги, а тем более перерыв в движении (остановка), приводит к потере времени и, соответственно к экономическим потерям. Оптимальной скоростью мы в данном случае считаем скорость. Обеспечивающую наиболее комфортные, безопасные и экономичные режимы движения. Практически это скорость

свободного движения со всеми разумными ограничениями.

Потери времени транспортных средств в общем виде определяются выражением:

$$\Delta T = \int_{l_1}^{l_2} \left(\frac{1}{V_{\phi}} - \frac{1}{V_o} \right) dl. \quad (8.14)$$

Если оптимальная (разрешенная) скорость составляет 60 км/ч, а фактическая – 30 км/ч, то потери времени на одном километре составят 1 мин. Если участок больше, соответственно больше и потери.

Задержки движения транспортных средств обусловлены большим количеством факторов, Их можно разбить на две основные группы:

- 1) на перегонах дорог
- 2) на пересечениях.

Задержки времени на перегонах дорог могут быть вызваны медленно движущимися или стоящими транспортными средствами на дороге с двухсторонним движением. При достаточно большой интенсивности обгон затруднен. Водителям необходимо либо снижать скорость до скорости медленно движущегося транспортного средства в ожидании возможности обгона. Либо вообще останавливаться за припаркованным автомобилем в ожидании возможности объезда. В результате возникают заторы.

Очень большие задержки имеют место на пересечениях дорог в одном уровне, как регулируемых, так и не регулируемых. В городах задержки на перекрестках составляют до 70% всех потерь времени движения. Время задержки определяется не только непосредственно продолжительностью остановок, но и потерей времени на замедление и разгон транспортных средств.

Потери времени транспортного потока

$$T_n = \Delta T \cdot t \cdot N, \quad (8.15)$$

где N – интенсивность транспортного потока;

ΔT – средняя задержка;

T – время наблюдения.

Рассмотрим движение транспортных средств на нерегулируемых пересечениях дорог в одном уровне. Для обеспечения безопасности движения на таких перекрестках устанавливается определенный порядок проезда. Может быть два варианта.

- Перекрестки равнозначные – в этом случае порядок проезда определяется, в соответствии с ПДД, наличием помехи справа. Такая организация проезда выполняется на пересечениях дорог с малой интенсивностью.

- На пересечениях с достаточно большой интенсивностью пересекающиеся направления делят на главные и второстепенные, а потоки, движущиеся по ним, соответственно на основной и второстепенные. Преимущества проезда предоставлено в этом случае основному потоку.

Организация движения в случае движения транспортных средств с малой интенсивностью сложностей в организации дорожного движения не

представляет. Поэтому подробнее рассмотрим второй случай – пересечение при наличии главной и второстепенной дороги.

Движение по главной дороге обеспечивается практически без задержек.

На второстепенной дороге водитель, не обладающий правом преимущественного проезда, должен для дальнейшего движения в любом направлении (прямо, направо или налево) ожидать приемлемого для него интервала между движущимися по главной дороге автомобилями.

Граничный интервал

Давайте попробуем определить, чему должен быть равен временной интервал для безопасного пересечения главной дороги шириной 7,5м.

Автомобиль, стоящий перед стоп-линией при наличии достаточного интервала должен переместиться из положения 1 в положение 2 (рис.8.3). Учитывая размеры автомобиля, ширину пешеходного перехода, расположение стоп-линии и т.д., он должен для освобождения перекрестка проехать примерно 22м. Трогаясь с места автомобиль движется с ускорением. Среднее эксплуатационное значение ускорения принимается обычно $a = 1\text{м/с}^2$. Считаем, что все время движения через перекресток автомобиль движется с ускорением.

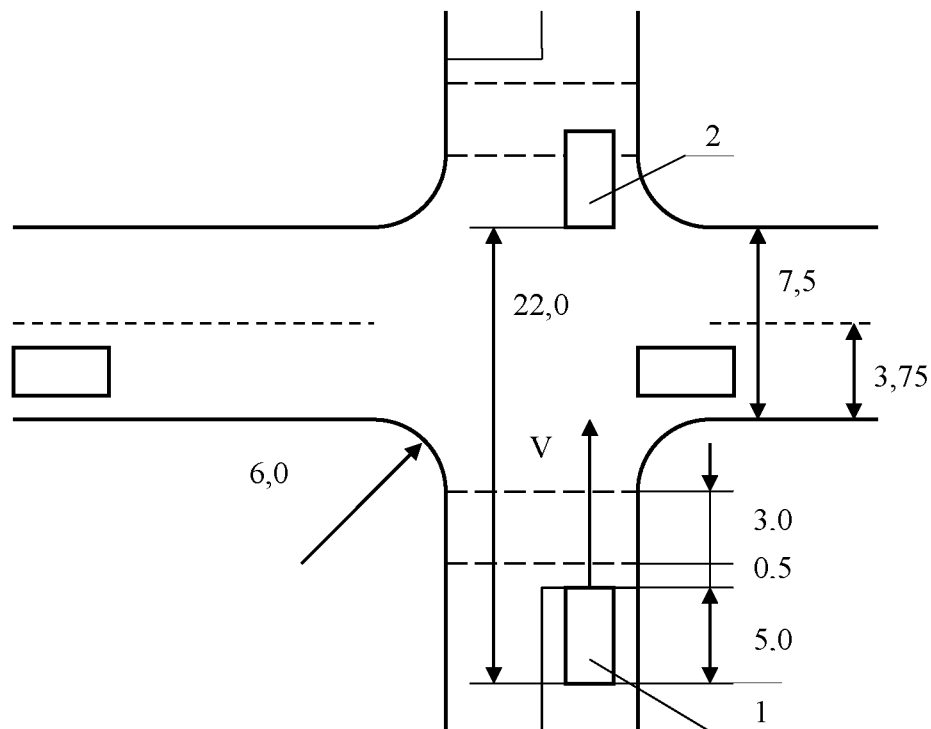


Рисунок 8.3 – Схема пересечения главной дороги

За время t автомобиль проедет расстояние:

$$S = \frac{j \cdot t^2}{2}. \quad (8.16)$$

Отсюда

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot S}{j}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 22}{1}} = 6,88 \text{ с.} \quad (8.17)$$

Этот интервал может быть принят одним водителем и отвергнут другим, который сочтет его недостаточно безопасным. Сравнение принятых и отвергнутых интервалов позволило определить граничный интервал или промежуток времени $t_{гр}$, под которым понимается такой интервал между автомобилями основного потока, который с заданной вероятностью может быть принят для выполнения маневра на пересечении. Наименьшее значение граничного интервала определяется из условия, что он будет приемлем для 50% водителей. Практически это время мы с вами определили. Для практических расчетов используют граничный интервал, равный 85% обеспеченности. При такой обеспеченности значение времени граничного интервала составляет при пересечении дороги шириной 7,5 м – 7...8 с. Если автомобиль совершает левый поворот, ему по дуге необходимо проехать примерно такое же расстояние и, кроме того, вписаться в поток, движущийся по главной дороге (т.е. разогнаться до скорости потока). Граничный интервал при левоповоротном движении составляет 10...13 с; при правых поворотах – 4...7 с.

Чем больше ширина главной дороги, тем больше необходимо время для пересечения дороги и других маневров, тем больше граничный промежуток времени. Рассчитать это время можно по той же методике.

Отступая немного от темы хочу сказать, что, исходя из этого же значения граничного времени установлены международные нормы боковой видимости для пересекаемых главных магистралей слева – 80 м, справа – 120 м (рис. 8.4).

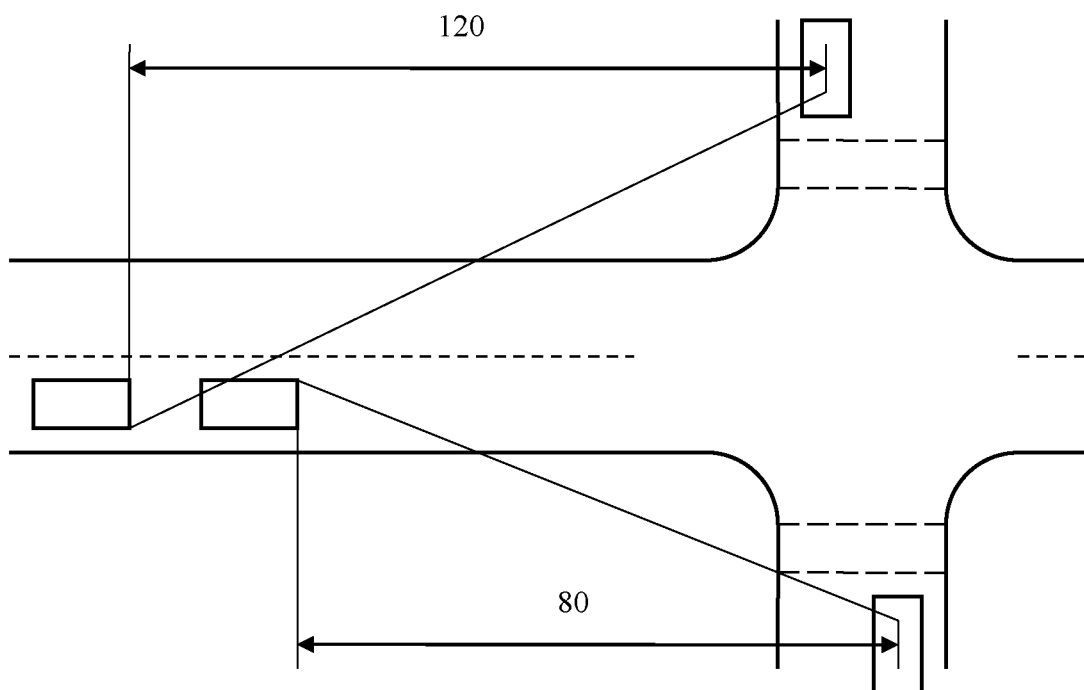


Рисунок 8.4 – Расстояние видимости

Действительно, если автомобилю для пересечения главной дороги требуется 7...8 с (в среднем 7,5 с), то автомобиль, движущийся со скоростью 60км/ч по главной дороге должен быть виден водителю автомобиля, стоящего у стоп-линии второстепенной дороги, на расстоянии:

$$S = V \cdot t = \frac{60}{3,6} \cdot 7,5 = 125 \text{ м.} \quad (8.18)$$

Нормы видимости справа меньше, поскольку автомобилю, пересекающему главную дорогу, нужно пересечь не всю ее, а только ближнюю полосу движения.

Пропускная способность нерегулируемых пересечений в одном уровне.

Термин «пропускная способность пересечения» понимают в несколько ином смысле, чем по отношению к полосе движения. Преимущество имеет поток, движущийся по главной дороге. Он движется без остановок и, если нет поворачивающих потоков, пропускная способность главной дороги будет такой же, как и полосы. Пересечение или вливание в него со стороны второстепенной дороги возможно лишь при достаточно больших интервалах между автомобилями основного потока.

Каждой интенсивности движения по главному направлению соответствует определенное число автомобилей второстепенного направления, которые могут пересечь или влиться в основной поток. В связи с этим, понятие пропускная способность пересечения означает возможные соотношения интенсивностей движения на пересекающихся улицах или дорогах. Это соотношение определяется интенсивностью движения по главному направлению. Число автомобилей, прошедших по второстепенному направлению, зависит от того, насколько полно используются интервалы между автомобилями основного потока. Поэтому различают несколько значений пропускной способности пересечений:

Теоретическая пропускная способность нерегулируемого пересечения – это максимальная интенсивность второстепенного направления (при конкретной интенсивности главного направления), которая может быть достигнута при идеальных условиях движения на пересекающихся направлениях и полном использовании всех интервалов в основном потоке. Это условие выполнимо лишь при наличии на второстепенном направлении постоянной очереди автомобилей в количестве, достаточном для заполнения любого интервала в основном потоке.

Практическая пропускная способность нерегулируемого пересечения – это максимальная интенсивность второстепенного направления (при конкретной интенсивности главного направления), с учетом реальных условий движения на пересекающихся направлениях. При этом могут наблюдаться очереди на второстепенном направлении, но не постоянные и не всегда имеются в наличии

автомобили второстепенного направления для использования интервалов в основном потоке.

Но нас, конечно, будет интересовать теоретическая пропускная способность нерегулируемого пересечения.

Мы установили, что один автомобиль может пересечь дорогу, если временной интервал движения между автомобилями, движущимися по главной дороге равен граничному промежутку времени $\Delta t = t_{гр}$.

Если этот интервал больше, $\Delta t > t_{гр}$, возможно, что главную дорогу смогут пересечь не один автомобиль, а несколько, стоящих в очереди на второстепенной дороге. Для пересечения главной дороги двумя автомобилями необходимо время, а, следовательно, временной интервал движения автомобилей по главной дороге равно

$$\Delta t_{эл}^{(2)} = t_{гр} + \delta t, \quad (8.19)$$

где δt – интервал движения автомобилей из очереди, стоящей на второстепенной дороге нерегулируемого пересечения. Он изменяется в широких пределах – от 2,8с до 5,5с и зависит от состава движения транспортных средств. Для легковых автомобилей он составляет $\delta t = 2,4 \dots 3,6$ с, для грузовых – до 5,5с. Среднее время δt принимается $\delta t = 4$ с.

Очевидно, для пропуска n автомобилей из очереди на второстепенной дороге необходимо время:

$$\Delta t_{эл}^{(n)} = t_{гр} + (n - 1) \cdot \delta t. \quad (8.20)$$

Конечно, возможность пропуска через главную дорогу нескольких автомобилей из очереди на второстепенной будет зависеть от интенсивности движения по главной дороге. Предположим, автомобили по главной дороге в двух направлениях движутся с равномерным интервалом $\Delta t = 8$ с. За один час по главной дороге проедут $N = 3600/8 = 450$ автомобилей в обоих направлениях. Очевидно, что в этом случае и со стороны второстепенной дороги может проехать в два раза большее количество автомобилей за час (парадокс). Если интенсивность на главной дороге больше, чем 450 автомобилей, интервал будет меньше граничного и ни один автомобиль, движущийся по второстепенной дороге, не сможет пересечь главную. Образуется заторовая ситуация.

В реальных условиях ситуация облегчается тем, что автомобили с равномерным интервалом по дорогам не движутся. Как правило, движение происходит с разными интервалами, большей частью «пачками». И, соответственно, интервал между «пачками» резко увеличивается.

Пусть 10 автомобилей движутся с равномерным интервалом 8с. Время их движения составит 80с. За это время главную дорогу с каждого направления смогут пересечь также 10 автомобилей.

А если эти 10 автомобилей по главной дороге движутся «пачкой» со скоростью 60км/ч с динамическим габаритом 25м – они проедут перекресток за 15 с:

$$\frac{10 \cdot 25 \cdot 3,6}{60} = 15 \text{ с}$$

В этом случае интервал между «пачками» составит $80-15=65\text{с}$. За это время дорогу смогут пересечь

$$65=8+(n-1) \cdot 4=8+4n-4$$

Отсюда $n=15$ авт. с каждого направления. Конечно, если была достаточная очередь.

Но и равномерными «пачками» автомобили не движутся.

В теории транспортных потоков вам рассказывали, что характер распределения интервалов в транспортном потоке близок к распределению Пуассона и вероятность распределения интервалов имеет вид:

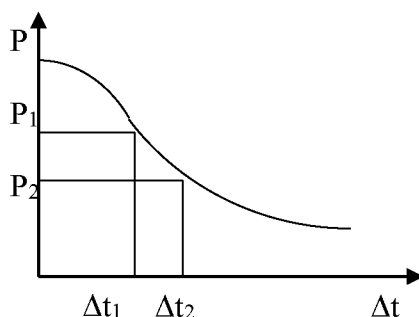


Рисунок 8.5 – Вероятность распределения интервалов в транспортном потоке

Если известно распределение интервалов в транспортном потоке главного направления, можно определить возможную интенсивность на второстепенной дороге. Максимальную интенсивность (пропускную способность) одного направления второстепенной дороги при Пуассоновском распределении интервалов на главной дороге определяется по формуле:

$$M = N \frac{e^{-\frac{N}{3600} t_{cp}}}{1 - e^{-\frac{N}{3600} \Delta t}} . \quad (8.21)$$

Предположим, на главной дороге интенсивность 600авт/ч. Если бы автомобили двигались с одинаковым интервалом, он составлял бы $3600/600=6\text{с}$ и ни один автомобиль с второстепенной дороги не смог бы пересечь главную. Но поскольку интервал не равномерный, а близок к Пуассоновскому, пропускная способность одного направления второстепенной дороги будет равна ($t_{cp}=8\text{с}; \Delta t=4\text{с}$):

$$M = 600 \frac{e^{-\frac{600}{3600} 8}}{1 - e^{-\frac{600}{3600} 4}} = 600 \frac{e^{-1,33}}{1 - e^{-0,66}} = 600 \frac{0,265}{0,488} = 326 \text{ авт./ч}$$

Это для одного направления. Для двух направлений соответственно, в два раза больше, т.е. в этом случае пропускная способность и главной и

второстепенной дорог практически одинакова. Но так будет, если со стороны второстепенной дороги будет постоянный спрос, т.е. там автомобили будут стоять в очереди. В действительности практическая пропускная способность будет ниже. Уменьшается пропускная способность и при высокой интенсивности левоповоротных потоков – в этом случае увеличивается граничный промежуток времени.

Задержки движения транспортных средств на пересечении.

Мы говорили с вами, что по главной дороге автомобили движутся через перекресток без задержек. Но так будет, если нет поворотных потоков, если автомобили движутся только прямо. На таких перекрестках только правый поворот с главной дороги выполняется без помех со стороны других направлений. Для осуществления левого поворота автомобилям нужно ждать разрыва во встречном потоке равного граничному промежутку времени $t_{гр}$. И если проезжая часть двухполосная, это ожидание приводит к задержке всей пачки автомобилей, движущихся по этой полосе главной дороги. Но, как правило, эти задержки невелики.

Задержки на нерегулируемом перекрестке при наличии приоритетного движения (главной дороги) в основном определяются задержками автомобилей, движущихся по второстепенной дороге. Эти задержки в общем случае будут складываться из следующих составляющих:

$$t_3 = t_u + t_o + \Delta t_T + \Delta t_p, \quad (8.22)$$

где t_u – среднее время ожидания приемлемого интервала. Если автомобили по главной дороге движутся с одинаковыми интервалами, равными $(t_{гр} + \delta t) > \Delta t > t_{гр}$, ($t_{гр} + \delta t = 12$ с, а $t_{гр} = 8$ с, т.е. пересечь главную дорогу может только один автомобиль, время $t_u = \Delta t / 2$ – такова вероятность подхода автомобилей). Но поскольку автомобили движутся не равномерно, а временной интервал близок к распределению Пуассона,

$$t_u = \frac{e^{N_{\Gamma} \cdot t_{gp}} - N_{\Gamma} t_{gp} - 1}{N_{\Gamma}}, \quad (8.23)$$

где N_{Γ} – интенсивность движения по главной дороге, авт./сек:

$$N_{\Gamma} = \frac{N_{\Gamma}^{час}}{3600}, \quad (8.24)$$

где $t_{гр}$ – граничный промежуток времени.

t_o – время ожидания в очереди. Определение времени ожидания в очереди основано на методах теории массового обслуживания.

Среднее суммарное время ожидания приемлемого интервала и простоя в очереди t_{uo} равно:

$$t_u + t_o = \bar{t}_{uo} = \frac{t_u}{1 - t_u \cdot N_6}, \quad (8.25)$$

где N_6 – интенсивность транспортного потока на второстепенной дороге.
Если в эту формулу подставить значение t_u , получим:

$$\bar{t}_{uo} = \frac{e^{N_\Gamma \cdot t_{zp}} - N_\Gamma t_{zp} - 1}{N_\Gamma (1 - N_6 \frac{e^{N_\Gamma t_{zp}} - N_\Gamma t_{zp} - 1}{N_\Gamma})}, \quad (8.26)$$

или

$$\bar{t}_{uo} = \frac{e^{N_\Gamma \cdot t_{zp}} - N_\Gamma t_{zp} - 1}{N_\Gamma - N_6 (e^{N_\Gamma t_{zp}} - N_\Gamma t_{zp} - 1)}. \quad (8.27)$$

Но этим задержки не ограничиваются. Подходя к пересечению с главной дорогой, водитель тормозит автомобиль, снижает скорость. Время замедления со скорости V_a до 0:

$$t_T = \frac{V_a}{j_T \cdot 3,6} \quad (8.28)$$

и проходит за это время расстояние:

$$S = \frac{V_a^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j_T}. \quad (8.29)$$

Если бы он ехал с прежней скоростью, это расстояние он бы проехал за время:

$$t_{nocm} = \frac{S \cdot 3,6}{V_a} = \frac{V_a^2 \cdot 3,6}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j_T \cdot V_a} = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j_T}. \quad (8.30)$$

Очевидно, что он потерял в результате торможения время:

$$\Delta t_T = t_T - t_{nocm} = \frac{V_a}{j_T \cdot 3,6} - \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j_T} = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j_T}, \quad (8.31)$$

или

$$\Delta t_T = \frac{V_a}{7,2 \cdot j_T}. \quad (8.32)$$

Рассуждая аналогичным образом, мы можем рассчитать, какое время потерял автомобиль, разгоняясь после начала движения до скорости V_a по сравнению со временем движения с постоянной скоростью:

$$\Delta t_p = \frac{V_a}{7,2 \cdot j_p}. \quad (8.33)$$

Таким образом, суммарное среднее время задержки автомобиля, движущегося по второстепенной дороге на нерегулируемом перекрестке:

$$\bar{t}_3 = \frac{e^{N_{\Gamma} t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1}{N_{\Gamma} - N_{\epsilon} (e^{N_{\Gamma} t_{zp}} - N_{\Gamma} t_{zp} - 1)} + \frac{V_a}{7,2} \left(\frac{1}{j_{\Gamma}} + \frac{1}{j_p} \right). \quad (8.34)$$

где t_{zp} – граничный интервал, с.; в расчетах при русидвижении автомобилей направо граничный интервал принимается $t_{\Gamma P} = 4$ с; прямо, при пересечении двухполосной дороги, – 8 с, на каждую дополнительную пересекающуюся полосу движения добавляется две секунды; при повороте налево – 12 с, на каждую дополнительную пересекающуюся полосу движения добавляется две секунды.

V_a – скорость потока на подходе к пересечению, км/ч; принимается в пределах $V_a=30...40$ км/ч;

j_{Γ} – замедление автомобиля при служебном торможении перед перекрестком, м/с²; принимается в пределах $j_{\Gamma} = 3...3,5$ м/с²;

j_p – ускорение автомобиля после остановки при проезде пересечения, м/с²; принимается в пределах $j_p = 1,0...1,5$ м/с²;

N_{Γ} – интенсивность транспортного потока на главной дороге в обоих направлениях, авт./с;

N_{ϵ} – принимается в пределах на второстепенной дороге в данном направлении, авт./с.

В случае, если при расчете по формуле (8.34) первая составляющая (время ожидания приемлемого интервала и простоя, равное или большее граничного) отрицательная, это указывает на предзаторовую ситуацию и суммарное время задержки одного автомобиля в этом случае следует принимать 120 с.

Суммарную часовую задержку определяют, умножая это время на часовую интенсивность потока.

Лекция 9. Оценка аварийноопасности элементов транспортной сети

Основные вопросы:

1. Оценка опасности перегонов и пересечений.
2. Конфликтные точки.
3. Определение степени сложности транспортного узла.
4. Расчет возможного количества дорожно-транспортных происшествий
5. Метод оценки опасности с помощью коэффициентов аварийности.

Рассматривая на одной из первых лекций тему анализа ДТП, мы говорили о количественном и качественном анализе. Мы вводили понятие относительной аварийности и с помощью этого показателя оценивали общий относительный уровень аварийности на перегонах и перекрестках, оценивали тяжесть последствий ДТП. Эти методы оценки широко применяются, позволяют выявлять наиболее опасные участки улично-дорожной сети, на них внедрять более прогрессивные методы организации дорожного движения, позволяющие снизить количество ДТП.

Вместе с тем, этот метод выявления опасных мест на улично-дорожной сети позволяет делать выводы только по уже случившимся ДТП. А главной задачей организации дорожного движения является их предупреждение.

Исследования показывают, что происшествия чаще всего происходят в определенных местах повышенной опасности. Эти места называют **конфликтными точками**. Выявление потенциальных конфликтных точек и последующая их ликвидация или снижение степени опасности позволяют, не дожидаясь возникновения ДТП, повысить безопасность условий движения.

Особенно типичными в этом отношении являются пересечения автомобильных дорог (перекрестки), где встречаются и пересекаются потоки транспортных средств между собой и с пешеходными потоками. До 25% всех ДТП от общего их количества происходят на пересечениях, а в городах доля происшествий на них достигает 40%.

Рассмотрим методы оценки потенциальной опасности нерегулируемых пересечений.

Анализ конфликтных точек.

Анализ конфликтных точек выполняется с целью оценки и прогнозирования аварийности.

Конфликтная точка – это место, где возможно взаимодействие (конфликт) участников транспортного процесса.

Рассмотрим возможные виды конфликтов транспортных средств между собой.

Для нерегулируемых перекрестков характерно разделение потоков по разным направлениям, слияние потоков, движущихся с разных направлений и пересечение потоков (табл. 9.1).

Переплетение и столкновение характерно для перегонов дорог. Их пока рассматривать не будем.

Если рассматривать четырехсторонний перекресток со всеми разрешенными маневрами для однопотоковых потоков транспортных средств, то можно выделить 32 типичные конфликтные точки, в числе которых 8 отклонений, 8 слияний и 16 пересечений (рис. 9.1).

Число конфликтных точек определяется в общем случае числом полос движения, существующими или разрешенными направлениями движения транспортных средств.

Для сравнительной оценки сложности и потенциальной опасности транспортных узлов применяют различные системы условных показателей. Одна из них предлагает оценку сложности исходя из того, что разные виды конфликтов имеют разную потенциальную опасность.

Наименьшие помехи для движения вызывают ответвления, которые возникают ввиду снижения скорости движения автомобилей перед поворотом, что может привести к наезду сзади и предотвратить его можно снижением скорости основного потока.

Таблица 9.1 – Виды конфликтов

Вид взаимодействия	Схема взаимодействия
Отклонение	
Слияние	
Пересечение	
Переплетение	
Встречное столкновение	
Попутное столкновение	

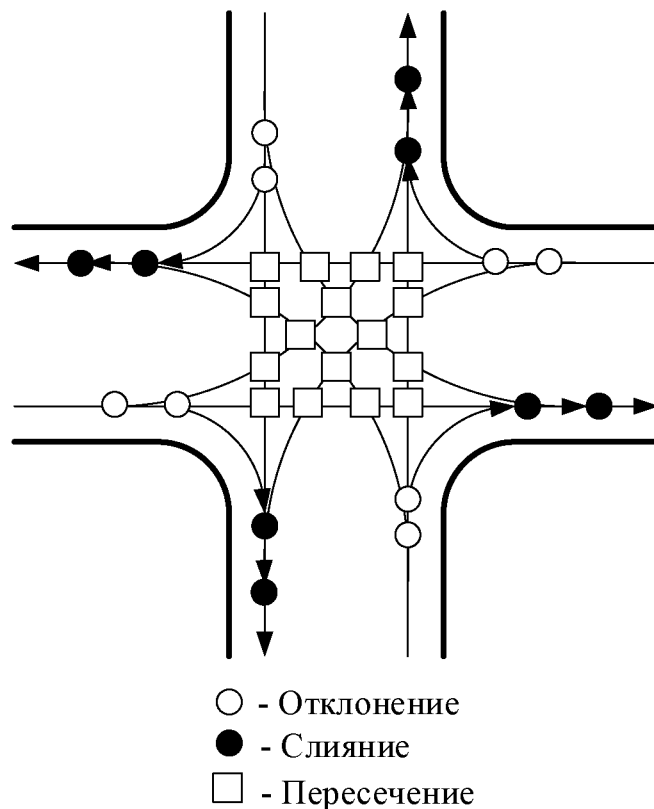


Рисунок 9.1 – Конфликтные точки на пересечении

Значительно большие помехи возникают при слиянии транспортных потоков: здесь возникает опасность столкновения и предотвращение его возможно за счет снижения скорости движения автомобилей основного или поворотного направления.

Наконец, наибольшие сложности связаны с пересечением транспортных потоков, так как здесь опасность столкновений наиболее значительна и для его предотвращения необходима полная остановка автомобилей одного из направлений.

Исходя из этого, за единицу сложности принимают ответвления и приводят к нему другие конфликты к общей системе оценки с помощью коэффициентов приведения. Как мы сказали, для ответвления коэффициент приведения $k_o = 1$, для слияния $k_c = 3$, для пересечения $k_{\Pi} = 5$. Таким образом, степень сложности транспортного узла можно выразить показателем m , который позволяет достаточно объективно оценить сложность перекрестка:

$$m = n_o + 3n_c + 5n_{\Pi}, \quad (9.1)$$

где n_o , n_c и n_{Π} – соответственно количество конфликтных точек отклонения, слияния и пересечения транспортных потоков.

Узел, который мы рассмотрели характеризуется степенью сложности, имеющей величину

$$m = 8 + 3 \cdot 8 + 5 \cdot 16 = 112$$

Могут быть пересечения с большим количеством конфликтных точек и, следовательно, степенью сложности, например, на пятистороннем перекрестке количество конфликтных точек достигнет 75: $15+15+45$, а степень сложности – 285.

В соответствии со степенью сложности транспортный узел является:

- простым при $m < 40$;
- средней сложности при $m = 40 \dots 80$;
- сложным при $m = 80 \dots 150$;
- очень сложным при $m > 150$.

При проектировании городских путей сообщения, разрабатывая схему организации дорожного движения, необходимо стремиться к тому, чтобы степень сложности не превышал 52.

Однако оценка по степени сложности дает лишь приближенную оценку потенциальной опасности перекрестка. Если по пересекающимся магистралям движутся транспортные потоки интенсивностью 400-500авт/ч, вероятность возникновения ДТП будет значительно выше, чем при интенсивности 40-50авт/ч.

Другими словами, потенциальная опасность пересечения пропорциональна интенсивности взаимодействующих транспортных потоков. Поэтому для учета интенсивности вводят в определение показателя сложности **индекс интенсивности транспортных потоков**. Для каждой конкретной конфликтной точки индекс интенсивности может быть рассчитан по формуле:

$$\sigma_N = 0,01(N_i + N_k), \quad (9.2)$$

где N_i и N_k – интенсивности взаимодействующих потоков.

Тогда показатель сложности перекрестка с учетом индекса интенсивности транспортных потоков

$$m_{\sigma_N} = \sum^{n_o} \sigma_{N_i}^o + 3 \sum^{n_c} \sigma_{N_i}^c + 5 \sum^{n_{\Pi}} \sigma_{N_i}^{\Pi}. \quad (9.3)$$

Методика оценки потенциальной опасности по показателю сложности узла позволяет сравнивать различные варианты организации движения в узлах и достаточно широко используется.

Следующий метод, который мы с вами рассмотрим, позволяет оценить не только степень опасности, но и прогнозировать возможное количество ДТП в каждой конфликтной точке. Этот метод основан на статистике ДТП на пересечениях (100% - общее количество ДТП на пересечениях) (табл. 9.2).




Таблица 9.2 – Возможное количество ДТП

Напр. движ.	Схема ДТП	Число ДТП,%	Схема ДТП	Число ДТП,%	Всего ДТП,%
Левый поворот с гл. дор.		8,1		11,2	19,3
Левый поворот с вт. дор.		18,3		26,7	44,0
Правый поворот с гл. дор.		8,1		1,55	9,65
Правый поворот с вт. дор.		4,2		2,8	7,05
Пересечение прямое		5,2		12,6	17,8
Левый и правый повороты		0,4		1,8	2,2
Σ					100

Имея статистические данные о количестве ДТП для конфликтных точек и интенсивности движения были вычислены коэффициенты относительной аварийности для различных случаев взаимодействия транспортных потоков K_i - количество ДТП на 10 млн. автомобилей (ДТП/10млн.авт). Так, например, для нерегулируемого пересечения коэффициенты относительной аварийности для различных случаев взаимодействия транспортных потоков представлены в таблице 9.3.

При других значениях радиуса поворота или угла пересечения величины относительной аварийности будут несколько отличаться от приведенных. При выполнении курсового проекта будете брать их значения из таблицы, приведенной в методических указаниях.

Таблица 9.3 – Коэффициенты относительной аварийности для различных случаев взаимодействия транспортных потоков

Взаимодействие потоков	Схема движения	Радиус движения, м	Относительная аварийность ДТП/10млн.авт.
Слияние при правом повороте		≥ 15	$K_c = 0,004$
Слияние при левом повороте		$10 < R < 25$	$K_c = 0,003$
Разделение при правом повороте		≥ 15	$K_p = 0,006$
Разделение при левом повороте		$10 < R < 25$	$K_p = 0,004$
Пересечение (90°)			$K_{II} = 0,0056$

Зная значения коэффициентов относительной аварийности, мы можем прогнозировать количество ДТП в каждой конфликтной точке, если располагаем данными об интенсивности движения:

$$q_i = \frac{K_i \cdot N_{ik1} \cdot N_{ik2} \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{K_C \cdot K_\Gamma}, \quad (9.4)$$

где N_{ik1} и N_{ik2} – интенсивности конфликтующих потоков, авт/ч;

K_C – коэффициент суточной неравномерности интенсивности транспортных потоков;

K_Γ – коэффициент годовой неравномерности интенсивности транспортных потоков.

Общая опасность пересечения будет равна сумме возможного количества ДТП в каждой конфликтной точке:

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (9.5)$$

где n – количество конфликтных точек на пересечении.

Уровень обеспечения безопасности движения на пересечении оценивают показателем аварийности:

$$K_a = \frac{G \cdot K_c \cdot K_\Gamma \cdot 10^7}{25(N_\Gamma + N_B)}, \quad (9.6)$$

где N_Γ и N_B – часовая интенсивность транспортных потоков на главной и второстепенной дороге.

По этому показателю судят об опасности нерегулируемого пересечения:

- $K_a < 3$ - пересечение не опасное;
- $K_a = 3 \dots 8$ – пересечение малоопасное;
- $K_a = 8 \dots 12$ – пересечение опасное;
- $K_a > 12$ – пересечение очень опасное.

С целью снижения опасности пересечения возможно применение различных схем организации движения транспортных средств на пересечениях:

- обеспечение обзорности на пересечениях;
- расстановка дорожных знаков;
- разметка проезжей части;
- освещение зоны пересечения;
- канализация движения – мягкая, жесткая, частичная, полная и т.д.
- обустройство саморегулируемых пересечений;
- пересечения с принудительным регулированием;
- организация пересечений в разных уровнях.

Все эти мероприятия мы в той или иной мере рассмотрим в нашем курсе. Но независимо от организации движения на пересечении, они должны иметь показатель аварийности менее 8 (т.е. прогнозируемое количество ДТП на пересечении не должно превышать 8 на 10 млн. транспортных средств).

В заключение рассмотрим возможные конфликтные ситуации транспортных средств на перегонах.

На двухполосной дороге опасность возникает, если не выдерживается требуемая дистанция безопасности – в этом случае возможны попутные столкновения, и при объезде или обгоне стоящих, или движущихся по полосе объектов – здесь возможны встречные столкновения и столкновения при слиянии.

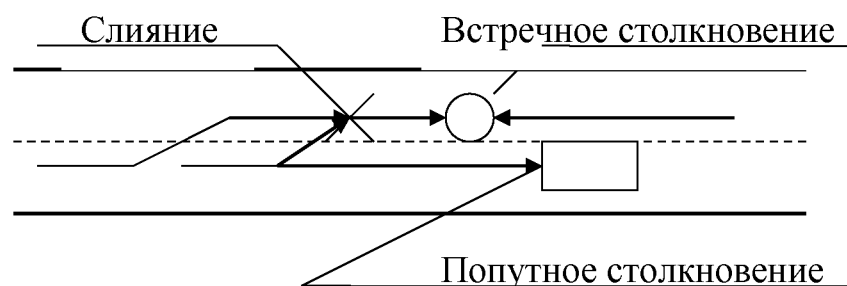


Рисунок 9.2 – Попутное столкновение

На многополосной дороге большая часть ДТП связана с маневрированием при перестроениях.

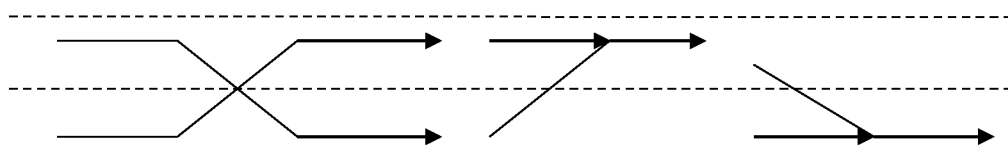


Рисунок 9.3 – Маневрирование

Метод коэффициентов аварийности

Метод коэффициентов аварийности, разработанный проф. Бабковым В.Ф., является одним из основных для оценки безопасности движения и основан на определении итогового коэффициента аварийности $K_{ав}$:

$$K_{ав} = \prod_{i=1}^n K_i \quad (9.7)$$

где K_i – частные коэффициенты аварийности, основанные на результатах анализа статистических данных о ДТП и характеризующие влияние на безопасность движения параметров дорог и улиц в плане, поперечном и продольном профилях, элементов обустройства, интенсивности движения, состояния покрытия и пр.;

n – число частных коэффициентов аварийности, учитываемых при оценке безопасности движения на дорогах или городских улицах различной категории.

Значения частных коэффициентов аварийности для внегородских дорог II – V категорий в равнинной и холмистой местности приведены в таблицах 9.4-9.21. Эти коэффициенты характеризуют ухудшение условий движения, которые вызваны влиянием отдельных элементов плана, продольного и поперечного профиля дороги и придорожной полосы по сравнению с условиями движения потока автомобилей вне населенного пункта интенсивностью 5000 авт/сут. по прямой (радиус в плане не менее 2000 м) горизонтальной (продольный уклон не более 20⁰/₀₀) двухполосной дороге с шириной проезжей части 7,5 м, укрепленными обочинами шириной не менее 3м и шероховатым дорожным покрытием (коэффициент сцепления не менее 0,7).

По значениям итоговых коэффициентов аварийности строят линейный график. На него наносят план и профиль дороги, выделив все элементы, от которых зависит безопасность движения. Под планом и профилем выделяют графы для каждого из учитываемых показателей коэффициента аварийности, выделяя однородные по условиям участка. При выделении участков необходимо учитывать зоны влияния опасного места (таблица 9.22). Значения частных коэффициентов аварийности для разных участков не интерполируют, а принимают ближайšie из приведенных.

На рисунке 9.4 показан пример построения линейного графика итоговых коэффициентов аварийности для участка дороги с усовершенствованным покрытием (коэффициент сцепления – 0,6) шириной 7,5 м, имеющей не укрепленные обочины шириной 1,5 м. Интенсивность движения по дороге 3000авт./сут. Застройки в населенном пункте удалены от дороги на 15 м, имеются пешеходные дорожки и полосы местного движения, мост шириной 7,5 м.

План дороги (ситуация)													
Расстояние, км		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
Продольный уклон, ‰		0,0		50			0,0				70		
Расстояние видимости, м		150					350						
Частные коэффициенты аварийности	$K_{1ав}$ Интенсивность	0,75											
	$K_{2ав}$ Ширина пр. части	1,5											
	$K_{3ав}$ Ширина обочин	1,4											
	$K_{4ав}$ Продольный уклон		2,5							2,8			
	$K_{5ав}$ Радиус кривых в плане						2,25						
	$K_{6ав}$ Видимость	2,7					1,45						
	$K_{7ав}$ Ширина мостов	3,0											
	$K_{8ав}$ Длина прямых	-											
	$K_{9ав}$ Тип пересечения	-											
	$K_{10ав}$ Интенсивность перес.	-											
	$K_{11ав}$ Видимость перес.	-											
	$K_{12ав}$ Число полос движения	1,0											
	$K_{13ав}$ Застройка								5,0				
	$K_{14ав}$ Длина насел. пункта								1,0				
	$K_{15ав}$ Подходы к н.п.						1,5	1,9			1,9		
	$K_{16ав}$ Состояние покрытия	1,3											
	$K_{17ав}$ Разделит. полоса	-											
	$K_{18ав}$ Овраги, обрывы	-											
Номер участка		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
$K_{итог}$		5,5	16,5	13,8	31,1	18,6	5,64	14,8	41,6	15,8			
Эюра Итоговых Коэффициентов аварийности	$K_{итог}$												
	30												
	20												
	10												

Рисунок 9.4 – Пример линейного графика итоговых коэффициентов аварийности

По значениям итогового коэффициента аварийности оценивают безопасность движения на отдельных участках исследуемой дороги:

$K_{ав} = 0 \dots 10$ – участок не опасный;

$K_{ав} = 10 \dots 20$ – участок малоопасный;

$K_{ав} = 20 \dots 40$ – участок опасный;

$K_{ав} \geq 40$ – участок очень опасный;

В приведенном примере два участка требуют реконструкции с целью обеспечения безопасного движения – опасный участок 4, где автомобили движутся по кривой, радиусом 250 м в конце подъема и очень опасный участок 8 в населенном пункте.

Для автомобильных дорог в горной местности значения частных коэффициентов аварийности $K_{ав1}$, $K_{ав5}$, $K_{ав6}, \dots$, $K_{ав10}$, следует принимать в соответствии со специальными таблицами. Оценка опасности производится по значениям итогового коэффициента аварийности:

$K_{ав} = 0 \dots 20$ – участок не опасный;

$K_{ав} = 20 \dots 40$ – участок малоопасный;

$K_{ав} = 40 \dots 100$ – участок опасный;

$K_{ав} \geq 100$ – участок очень опасный;

Значения частных коэффициентов аварийности для городских дорог также определяются из специальных таблиц.

Значения частных коэффициентов аварийности для дорог II – V категорий в равнинной и холмистой местности

Таблица 9.4 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от интенсивности дорожного движения, $K_{ав1}$,

- на двухполосных дорогах

N, тыс. авт/сутки	0,5	1,0	3,0	5,0	6,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	20,0
$K_{ав1}$	0,4	0,5	0,75	1,0	1,15	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	0,6

- на трехполосных дорогах

N, тыс. авт/сутки	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13	15,0	20,0
$K_{ав1}^1$	0,65	0,75	0,90	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
$K_{ав1}^2$	0,94	1,18	1,28	1,30	1,51	1,63	1,45	1,25

$K_{ав1}^1$ – при разметке проезжей части на три полосы движения.

$K_{ав1}^2$ – при разметке осевой линией.

- на дорогах с четырьмя и более полосами движения

N, тыс. авт/сутки	10	15	18	20	25	28	30
$K_{ав1}$	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4

Таблица 9.5 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от ширины проезжей части при неукрепленных и укрепленных обочинах $K_{ав2}$

$B_{пч}$, м		4,5	5,5	6,0	7,0	7,5	9,0	10,5	14-15*
$K_{ав2}$	укрепл. обоч.	2,2	1,5	1,35	1,05	1,0	0,8	0,7	0,6
$K_{ав2}$	н/укрепл. обоч.	4,0	2,75	2,5	1,75	1,5	1,0	0,9	0,8

*- без разделительной полосы.

Таблица 9.6 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от ширины обочин $K_{ав3}$

$B_{об}$, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
$K_{ав3}$ (двухполосные дороги)	2,2	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8
$K_{ав3}$ (трехполосные дороги)	1,37	1,0	0,73	0,65	0,49	0,35

Таблица 9.7 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от продольного уклона $K_{ав4}$

Продольный уклон, ‰	20	30	50	70	80
$K_{ав4}$	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0

Таблица 9.8 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от радиуса кривых в плане $K_{ав5}$

R , м	50	100	150	200-300	400-600	600-1000	1000-2000	>2000
$K_{ав5}$	10	5,4	4,0	2,25	1,6	1,4	1,25	1,0

Таблица 9.9 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от видимости в плане и в продольном профиле $K_{ав6}$

Видимость, м	50	100	150	200	250	350	400	500
$K_{ав6}$ в плане	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
$K_{ав6}$ в профиле	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0

Таблица 9.10 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от различия в ширине проезжей части мостов и дороги $K_{ав7}$

Различие в ширине проезжей части мостов и дороги	Меньше на 1м	Равны	Шире на 1м	Шире на 2м	Равна ширине земляного полотна
	$K_{ав7}$	6,0	3,0	2,0	

Таблица 9.11 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от длины прямых участков $K_{ав8}$

Длина прямых участков, км	До 3	5	10	15	20	25
$K_{ав8}$	1	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0

Таблица 9.12 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от типа пересечения дорог $K_{ав9}$

Тип пересечения	В разных уровнях	Кольцевое	В одном уровне при		
			$N_B = \text{до } 0,1N_T$	$N_B = 0,1N_T \dots 0,2N_T$	$N_B = 0,2 N_T$
$K_{ав9}$	0,35	0,7	1,5	3,0	4,0

Таблица 9.13 – Частные коэффициенты аварийности на пересечении в одном уровне со второстепенной дорогой в зависимости от интенсивности движения по основной дороге, авт/сутки $K_{ав10}$

Интенсивность движения по основной дороге, авт/сутки	До 1600	1600 - 3500	3500 - 5000	5000 – 7000 и более
$K_{ав10}$	1,5	2,0	3,0	4,0

Таблица 9.14 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от видимости пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м $K_{ав11}$

Видимость главной дороги	60	60-40	40-30	30-20	До 20
$K_{ав11}$	1,0	1,1	1,65	2,5	10,0

Таблица 9.15 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от числа полос на проезжей части для прямых направлений движения $K_{ав12}$

Число полос движения	2	3	3	4	4
		без разметки	с разметкой	без разделительной полосы	с разделительной полосой
$K_{ав12}$	1,0	1,5	0,9	0,8	0,65

Таблица 9.16 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от расстояния от застройки до проезжей части и ее характеристика, м $K_{ав13}$

Расстояние до застройки	Характеристика	$K_{ав13}$
Более 50 м	Застройка с одной стороны дороги	1,0
50...20	Застройка с одной стороны дороги, есть тротуар	1,25
50...20	Застройка с двух сторон, есть тротуар и полоса местного движения	2,5
20...10*	Застройка с двух сторон, есть тротуар и полоса местного движения	5,0
10 и менее *	Есть тротуар	7,5
10 и менее *	Полосы местного движения и тротуар отсутствуют	10

*- если населенный пункт находится с одной стороны дороги, значения

$K_{ав13}$ берутся вдвое меньшими.

Таблица 9.17 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от длины населенного пункта, км $K_{ав14}$

Длина населенного пункта, км	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	6,0
$K_{ав14}$	1,5	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0

Таблица 9.18 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от длины участков на подходе к населенным пунктам, км $K_{ав15}$

Длина участков подхода	До 0,2	0,2-0,6	0,6-1,0	Более 1
$K_{ав15}$	2,0	1,5	1,2	1,0

Таблица 9.19 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от характеристики покрытия (коэффициента сцепления) $K_{ав16}$,

Состояние покрытия	Скользкое, грязное	Скользкое	Сухое чистое	Шероховатое старое	Шероховатое новое
Коэффициент сцепления	0,2-0,3	0,4	0,6	0,7	0,75
$K_{ав16}$	2,5	2,0	1,3	1,0	0,75

Таблица 9.20 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от ширины разделительной полосы, м $K_{ав17}$

Ширина разделительной полосы, м	1	2	3	5	10	15
$K_{ав17}$	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,4

Таблица 9.21 – Значения частных коэффициентов аварийности в зависимости от расстояния от проезжей части до обрыва, м, $K_{ав18}$,

- при глубине обрыва 5м и менее

Расстояние до обрыва, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
$K_{ав18}$	2,0	1,75	1,4	1,2	1,1	1,0

- при глубине обрыва более 5м

Расстояние до обрыва, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
$K_{ав18}$ (без ограждения)	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
$K_{ав18}$ (при наличии ограждения)	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0

Таблица 9.22 – Зоны влияния опасного места на прилегающие участки дорог II – V категорий

Элементы дороги	Зона влияния
Подъемы и спуски	100 м за вершиной подъема; 150 м после подошвы спуска.
Пересечения в одном уровне	По 50 м в каждую сторону.
Кривые в плане с обеспечением видимости при $R > 400$ м	По 50 м в каждую сторону.
Кривые в плане с необеспеченной видимостью при $R < 400$ м	По 100 м в каждую сторону.
Мосты и путепроводы	По 75 м в каждую сторону.
Участки в местах влияния боковых препятствий, глубоких обрывов и оврагов	По 50 м в каждую сторону.

Лекция 10. Параметры светофорного регулирования и их расчет

Основные вопросы:

1. Критерии ввода светофорного регулирования
2. пофазного регулирования.
3. Структура светофорного цикла.
4. Выбор схемы пофазного разъезда.
5. Поток насыщения.
6. Фазовые коэффициенты.
7. Расчет промежуточных и основных тактов.

Одним из наиболее эффективных мероприятий, позволяющих повысить безопасность движения транспортных средств на пересечениях является введение светофорного регулирования. Количество точек, где могут конфликтовать транспортные средства между собой, в зависимости от схемы светофорного регулирования, изменяется от 16 до 0. Значительно повышается безопасность движения пешеходов через проезжую часть. Светофорное регулирование исключает возникновение заторов на второстепенной дороге при большой интенсивности на главной. Между тем, при светофорном регулировании уменьшается пропускная способность и возникают задержки транспортных средств также и на главной дороге. Продолжительность этих задержек также зависит от схемы светофорного регулирования. Увеличение количества фаз регулирования позволяет, с одной стороны, улучшить безопасность движения, с другой - это приводит к увеличению продолжительности задержек.

Таким образом, введение светофорного регулирования является компромиссным решением между безопасностью движения и задержками на перекрестке и зависит, прежде всего, от интенсивности конфликтующих потоков и от числа и тяжести ДТП.

Критерии ввода светофорного регулирования

Существует стандарт, который регламентирует условия введение светофорного регулирования на пересечениях (ГОСТ 23457 – 86). В соответствии с этим стандартом светофорное регулирование следует вводить в следующих случаях:

Первое условие задано в виде соотношения интенсивностей на главной и второстепенной дороге. Например, при пересечении дорог, имеющих по одной полосе движения в каждом направлении, светофорное регулирование следует вводить при следующих интенсивностях на главной и второстепенной дорогах:

Главная дорога	Второстепенная дорога
750	75
500	150
380	190

Причем интенсивность транспортных потоков в течение 8 часов должна быть не менее заданной.

Такие же соотношения приводятся для других значений интенсивностей, для дорог с числом полос движения 2 и более.

Эти цифры получены из условия, что при больших значениях интенсивности суммарные задержки транспортных средств на пересечении при отсутствии светофорного регулирования будут превышать задержки после его введения.

Второе условие задано в виде сочетания критических интенсивностей транспортных и пешеходных потоков. Введение светофорного регулирования считается оправданным, если в течение каждого из 8 часов рабочего дня по дороге в двух направлениях движется не менее 600 авт./ч, а дорогу переходит по крайней мере в одном направлении не менее 150чел/ч.

Третье условие заключается в том, что светофорное регулирование вводится, когда условия 1 и 2 целиком не выполняются, но оба выполняются не менее, чем на 80%.

Четвертое условие связано с количеством ДТП. Введение светофорного регулирования считается оправданным, если за последние 12 месяцев на перекрестке произошло не менее 3 ДТП, которые могли бы быть предотвращены при наличии светофорного регулирования и хотя бы одно из условий 1 или 2 выполняется не менее, чем на 80%.

Соблюдение этих условий в принципе должно обеспечить экономическую целесообразность введения светофорного регулирования. Вместе с тем, рассматривая приведенные четыре условия в качестве критериев введения светофорного регулирования, в каждом конкретном случае необходимо проведение технико-экономического анализа. Сущность такого анализа заключается в сравнении годовых суммарных приведенных затрат до и после введения светофорного регулирования.

На нерегулируемом перекрестке суммарные приведенные затраты $PЗ_H$ складываются из потерь народного хозяйства, связанных с транспортными задержками на второстепенной дороге и ущерба от ДТП (Z_3 и $Z_{ДТП}$).

На регулируемом перекрестке суммарные приведенные затраты $PЗ_P$ складываются из потерь от транспортных задержек на главной и второстепенной дорогах, ущерба от ДТП, а также из затрат, связанных со стоимостью установки светофорного оборудования и эксплуатацией технических средств (Z_3 , $Z_{ДТП}$, Z_K , $Z_Э$).

Введение светофорного регулирования на перекрестке является целесообразным, если отношение

$$\frac{PЗ_H}{PЗ_P} \geq 1. \quad (10.1)$$

Структура светофорного цикла

Поочередное представление участникам транспортного процесса права на движение предполагает периодичность или цикличность работы светофоров. Для характеристики его работы существуют понятия цикла, фазы и такта регулирования.

Тактом регулирования называется период действия определенной комбинации световых сигналов. Такты бывают основными и промежуточными. В период основного такта разрешено движение определенной группы транспортных и пешеходных потоков. Во время промежуточного такта выезд на перекресток запрещен, за исключением транспортных средств, водители которых не имели возможности остановиться до стоп-линии. В этот период идет подготовка к передаче прав движения другой группе транспортных и пешеходных потоков.

Фазой регулирования называется совокупность основного и следующего за ним промежуточного такта. Минимальное число фаз равно двум. Наиболее часто применяется двух- и трехфазное регулирование.

Циклом регулирования называется периодически повторяющаяся совокупность всех фаз.

Под режимом светофорного регулирования понимаются длительность цикла, а также количество, порядок чередования и длительность составляющих цикл тактов и фаз. В общем виде режим светофорного регулирования можно представить в виде выражения:

$$T_y = t_{o1} + t_{n1} + t_{o2} + t_{n2} + \dots + t_{on} + t_{nm}, \quad (10.2)$$

где T_y – длительность цикла регулирования;

t_{o1}, \dots, t_{on} – длительность основных тактов;

t_{n1}, \dots, t_{nm} – длительность промежуточных тактов;

n – число фаз регулирования.

Пофазный разъезд транспортных средств.

Пофазный разъезд обеспечивает разделение конфликтующих на перекрестке потоков во времени. Выбор число фаз регулирования является компромиссным решением между обеспечением безопасности движения и минимизацией задержек на перекрестке.

С точки зрения безопасности движения число фаз регулирования должно быть таким, чтобы не было ни одной конфликтной точки транспортных средств между собой и с пешеходами. Вместе с тем, увеличение числа фаз приводит к увеличению длительности цикла, уменьшению пропускной способности и, соответственно, задержкам.

Кроме того, каждой фазе должна соответствовать своя, как минимум, одна полоса движения.

Основные принципиальные схемы пофазного светофорного регулирования

На пересечениях двухполосных дорог, имеющих по одной полосе движения в каждом направлении для движения транспортных средств возможна организация только двухфазного регулирования. В этом случае регулируются только потоки, которые пересекаются в прямом направлении.

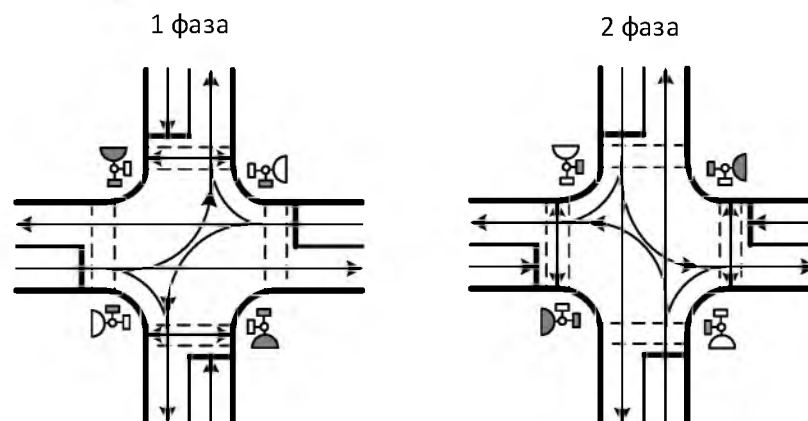


Рисунок 10.1 – Схема двухфазного регулирования

При такой схеме все участники движения делятся на две группы. Очередность их движения резко снижает количество наиболее опасных конфликтных точек на перекрестке.

Транспортное средство, поворачивающее налево при интенсивном встречном транспортном потоке вынуждено находиться в центре перекрестка до конца разрешающей фазы и завершать поворот уже на желтый свет. Как правило, исходя из условия обеспечения безопасности движения, длительность желтого сигнала светофора находится в пределах 3...4с. За это время успевают завершить левый поворот успевают лишь одно-два транспортных средства. Учитывая, что средняя продолжительность двухфазного цикла регулирования составляет примерно 60 с, при таком режиме светофорного регулирования

можно пропустить левоповоротный поток интенсивностью не более 120 авт/ч.

Автомобили, поворачивающие направо, обязаны пропустить пешеходов, для которых в данной фазе горит разрешающий сигнал светофора. При интенсивности пешеходного потока через один пешеходный переход более 900 чел./ч и интенсивности каждого из поворотных потоков, пересекающих этот переход 120 авт./ч резко увеличивается количество ДТП, связанных с пешеходами. Поэтому совмещать такие потоки не рекомендуется.

Потенциальная опасность перекрестка с двухфазным регулированием в два раза меньшая, чем нерегулируемого, но по сравнению с другими схемами пофазного разъезда она наиболее опасная.

Для двухтактного цикла регулирования суммарная продолжительность основных тактов, в течение которых возможное движение транспортных средств через перекресток составляет от 80 до 85%.

Введение третьей фазы позволяет в большинстве случаев ликвидировать конфликты потоков высокой интенсивности. В отличие от двухфазного регулирования, при трехфазном возможно большее количество различных вариантов организации пофазного разъезда. Одна из них представлена на рисунке 10.2.

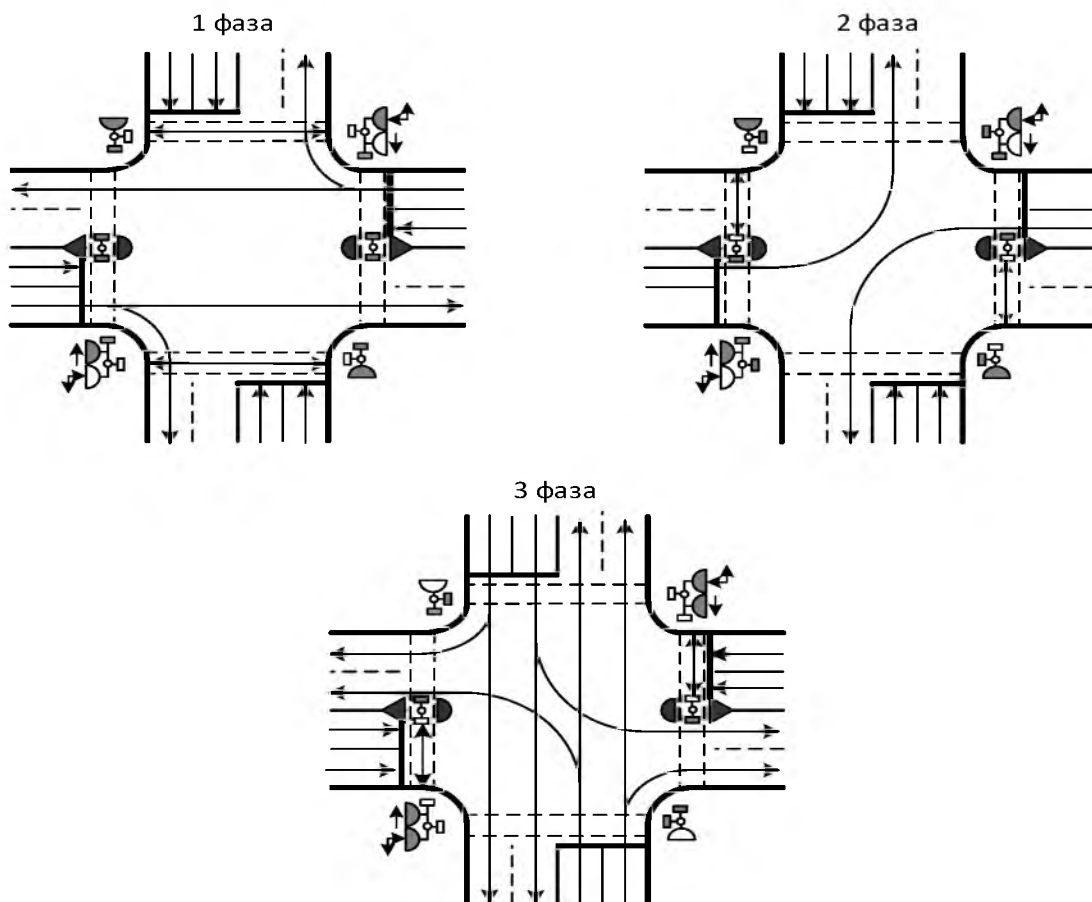


Рисунок 10.2 – Возможная схема трехфазного регулирования (при большой интенсивности левоповоротных потоков)

Такая схема пофазного разъезда применяется при большой интенсивности левоповоротных потоков с главной дороги. Но обязательным условием в этом случае является наличие минимум двух полос в каждом направлении на этой дороге. Если полос для движения в данном направлении больше двух, возможно полное запрещение движения поворотных потоков в первой фазе. В этом случае удастся ликвидировать конфликты транспортных и пешеходных потоков. Главную дорогу пешеходы пересекают поэтапно, во второй и третьей фазе, для чего посередине перехода оборудуется островок безопасности. В первой фазе пешеходы переходят второстепенную дорогу.

При наличии более двух полос на пересекаемых дорогах возможно разделение потоков по полосам (рис.10.3). В этом случае, при организации поэтапного перехода улиц пешеходами, полностью ликвидируются конфликты между ними и транспортными средствами.

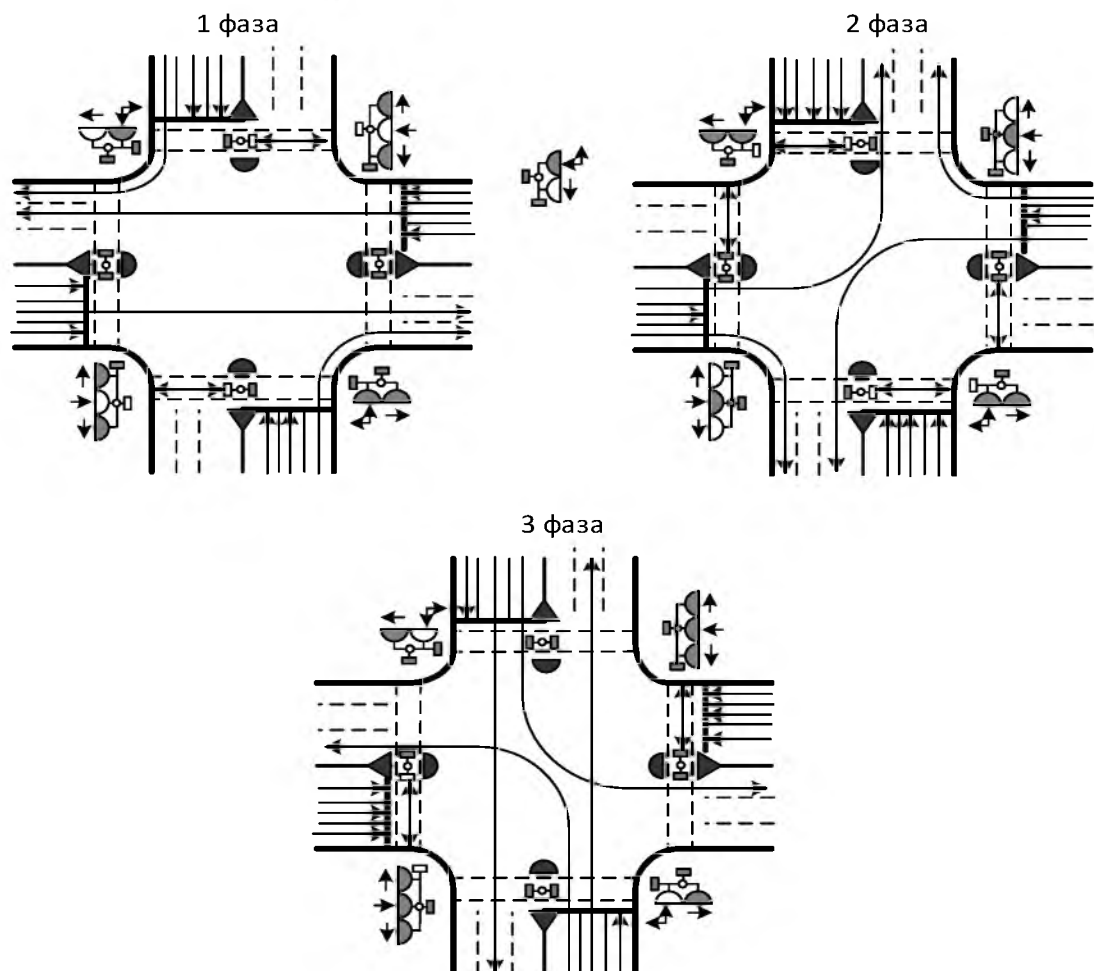


Рисунок 10.3 – Вариант организации трехфазного регулирования (с разделением потоков по полосам)

В случае наличия пешеходных потоков высокой интенсивности, что характерно для центров больших городов, делают трехфазный режим регулирования с третьей пешеходной фазой даже на пересечениях двухполосных дорог (рис. 10.4).

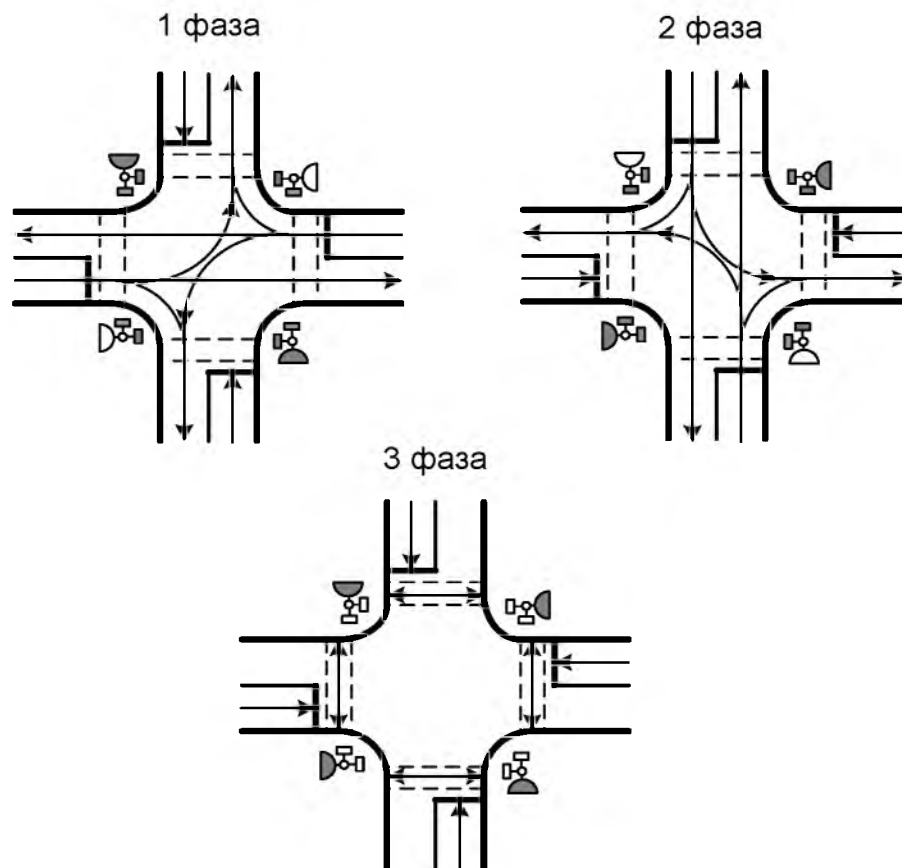


Рисунок 10.4 – Трехфазная схема регулирования с пешеходной фазой

Вариант трехфазной схемы регулирования с пешеходной фазой при большом количестве полос представлен на рис. 10.5.

Безусловно, возможно большое количество других вариантов. В каждом конкретном случае схема трехфазного развязки определяется конкретными условиями.

Применение четырехфазного регулирования (рис. 10.6) является следствием сочетания весьма неблагоприятных условий – высоких интенсивностей потоков, наличие трамвайного движения и т.д. Такая схема возможная при количестве полос в каждом направлении не меньше трех. При этом полностью исключаются конфликты транспортных средств между собой и пешеходными потоками. Однако при этом значительно уменьшается пропускная способность перекрестка, увеличиваются задержки. Поэтому четырехфазное светофорное регулирование используется весьма редко.

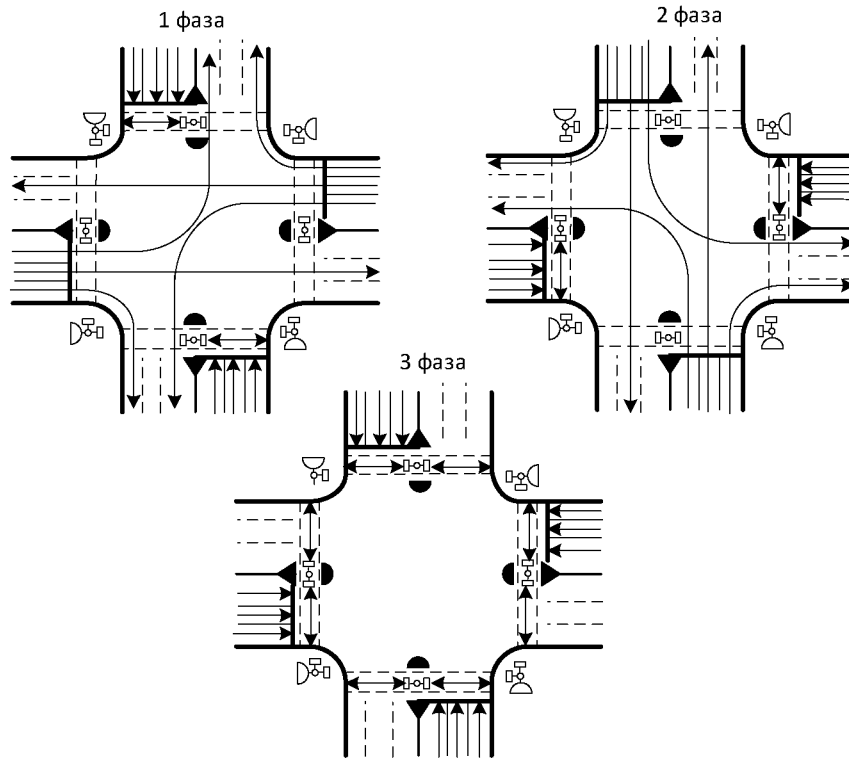


Рисунок 10.5 – Трехфазная схема регулирования с пешеходной фазой при большом количестве полос

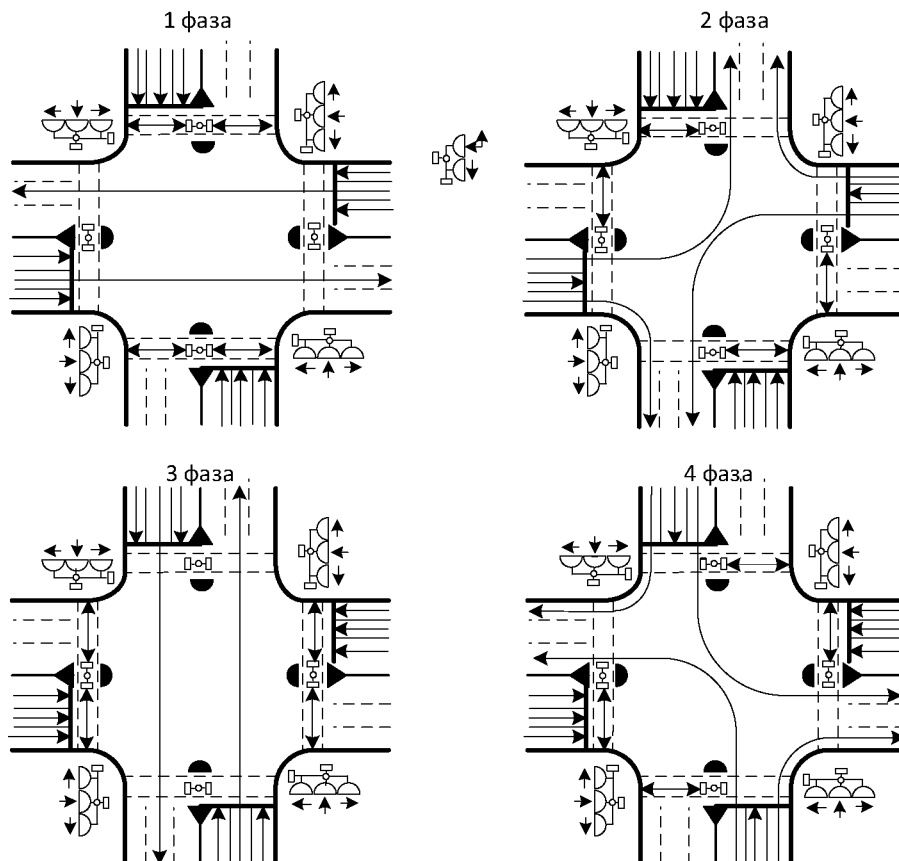


Рисунок 10.6 – Четырехфазная схема регулирования

На трехстороннем (Т-образном) перекрестке возможны две принципиальные схемы светофорного регулирования:

1. Двухтактная схема регулирования регулирует потоки в прямом направлении по главной магистрали и поворот налево со второстепенной (рисунок 10.7). Такая схема может быть введена при незначительной (до 120 авт./ч.) интенсивности потока, который движется налево с главной дороги.

2. Трехфазная схема регулирования используется при больших поворотных потоках с главной дороги, или при введении пешеходной фазы. Одна из возможных схем такой организации регулирования показанная на рисунке 10.8.

Такая схема полностью исключает конфликты транспортных потоков между собой и с пешеходами.

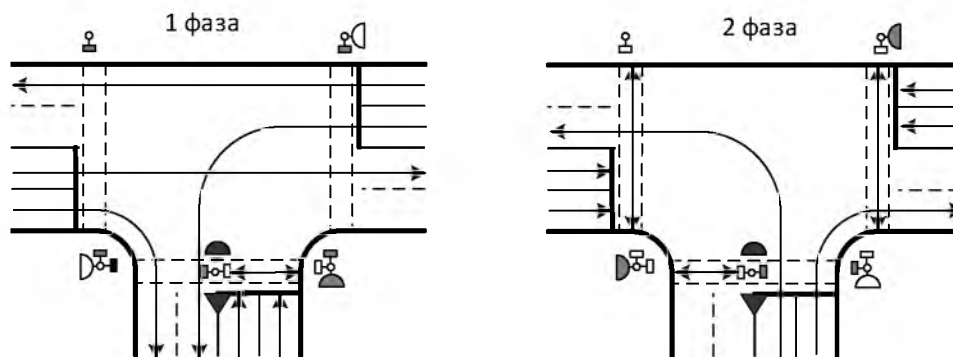


Рисунок 10.7 – Двухфазная схема регулирования на трехстороннем перекрестке

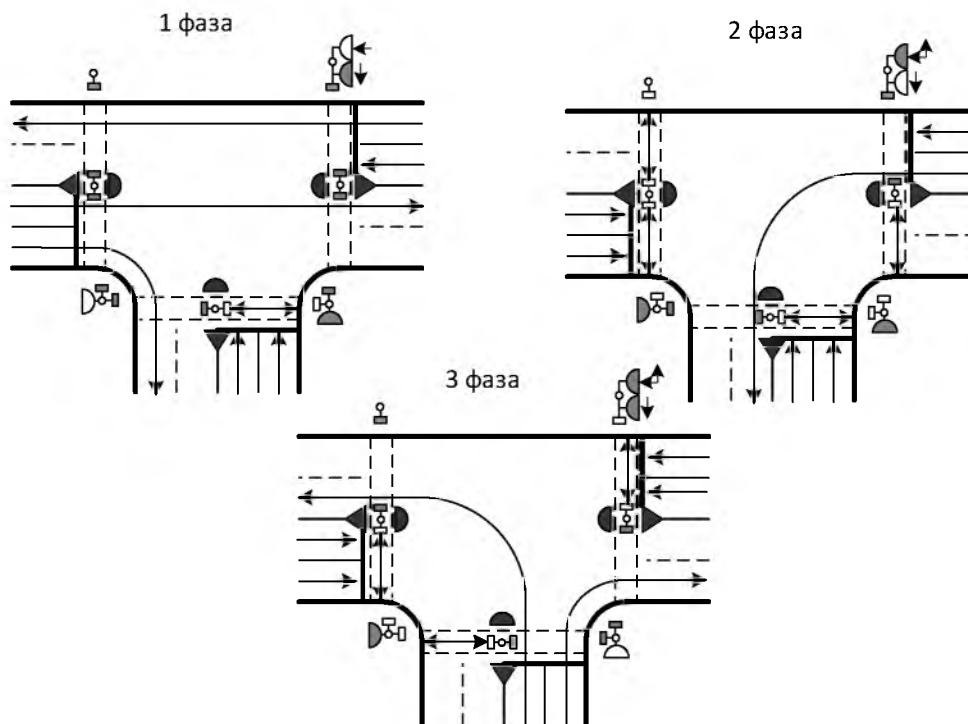


Рисунок 10.8 – Трехфазная схема регулирования на трехстороннем перекрестке

Подводя итоги, можно сформулировать основные принципы пофазного разъезда:

1. Стремиться к минимальному числу фаз в цикле регулирования.
2. Не допускается совмещать в одной фазе левоповоротный поток интенсивностью более 120авт/ч и конфликтующий с ним встречный прямой.
3. Не допускается совмещать пешеходный поток интенсивностью более 900 чел/ч с поворотным потоком транспортных средств интенсивностью более 120 авт/ч.
4. Не выпускать с одной и той же полосы движения транспортные средства, движение которых предусмотрено в разных фазах.
5. Стремиться к равномерной загрузке полос. Интенсивность, приходящаяся на одну полосу движения не должна превышать 600 – 700 авт./ч.
6. При широкой проезжей части (3 и более полос в одном направлении) следует предусматривать возможность поэтапного перехода проезжей части пешеходами в течение двух фаз регулирования.

Расчет длительности цикла и его элементов.

Определение длительности цикла и основных тактов регулирования основано на сопоставлении фактической интенсивности на подходах к перекрестку и пропускной способности перекрестка. При этом необходимо рассматривать интенсивности и пропускную способность отдельно для каждого направления.

Исходными данными для расчета являются планировочные и транспортные характеристики перекрестка:

- ширина проезжей части;
- число и ширина полос движения в каждом направлении движения;
- ширина разделительных полос;
- ширина тротуаров и радиусы их закруглений;
- продольный уклон на подходах к перекрестку;
- состав транспортных потоков;
- интенсивность транспортных потоков по всем направлениям;
- интенсивность пешеходных потоков

Поток насыщения

Давайте рассмотрим процесс движения автомобилей через перекресток, оборудованный светофорами. При этом будем предполагать, что очередь автомобилей перед перекрестком достаточно большая и поток автомобилей не иссякает в течение всего разрешенного времени движения (насыщенная фаза) (рис. 10.9).

Когда включается зеленый сигнал светофора, ожидающие перед перекрестком транспортные средства начинают движение с разгоном. Интенсивность движения в сечении стоп-линии постепенно возрастает (каждый

последующий автомобиль из стоящих в очереди проезжает стоп-линию с большей скоростью) и после проезда двух – трех автомобилей достигает максимального значения M_H . Эта максимальная интенсивность разъезда очереди называется потоком насыщения. Поток насыщения определяется как интенсивность разъезда очереди транспортных средств, ранее остановленных запрещающим сигналом светофора.

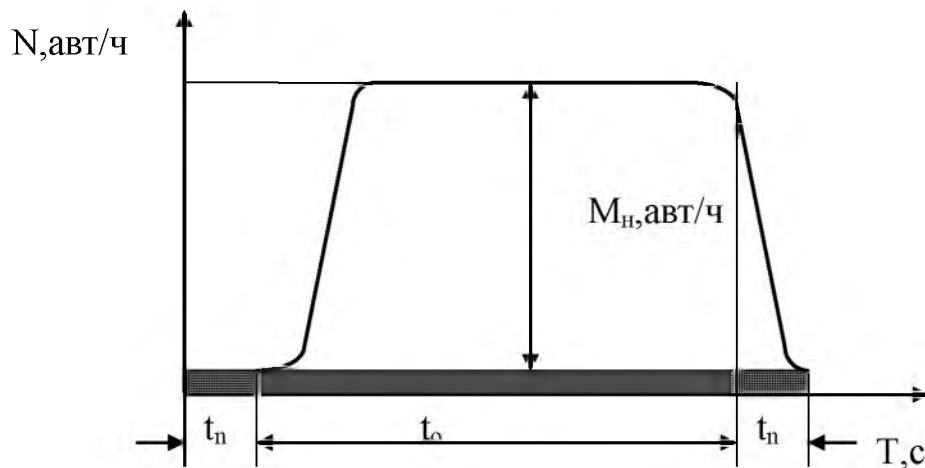


Рисунок 10.9 – Процесс движения автомобилей через перекресток

Потоки насыщения могут определяться как экспериментально, так и теоретически. Понятно, что экспериментально определить поток насыщения мы можем, если перекресток уже оборудован светофорным регулированием. Натурные исследования проводятся в периоды, когда на подходе к перекрестку образуются достаточно большие очереди транспортных средств.

Методика эксперимента следующая:

1. Одновременно с включением зеленого сигнала светофора включается секундомер и регистрируются по видам все транспортные средства, движущиеся по одной полосе и пересекающие стоп-линию;
2. Выключается секундомер в момент пересечения стоп-линии последним автомобилем очереди;
3. Записываются показатели секундомера и подсчитывается число проехавших за это время транспортных средств в приведенных единицах;
4. Замеры повторяются 10 раз.
5. Определяют поток насыщения для данной полосы движения

$$M_{ni} = \frac{3600}{n} \left(\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \dots + \frac{m_n}{t_n} \right), \quad (10.3)$$

где M_{ni} – поток насыщения для данной полосы движения в данной фазе;

m – число приведенных транспортных единиц прошедших через стоп-линию за время t ;

t – показание секундомера, с.;

n – количество замеров.

Поток насыщения зависит от многих факторов: ширины проезжей части (полосы движения), продольного уклона на подходах к перекрестку, наличия в зоне перекрестка стоящих автомобилей и т.д. Для потока легковых автомобилей, движущихся в прямом направлении по горизонтальной дороге и без каких-либо помех эксперименты дали такие результаты: задержек первого стоящего в очереди автомобиля после включения зеленого сигнала светофора не наблюдается; в некоторых случаях он начинает движение даже несколько раньше. Временной интервал между первым и вторым автомобилями составляет в среднем 3,5с, между вторым и третьим – 2,5с и далее автомобили через стоп-линию движутся со средним интервалом 2с. При наличии грузовых автомобилей, автобусов этот интервал, конечно, увеличивается. Учитывая влияние других факторов, поток насыщения для разных перекрестков будет разным, он может отличаться даже для одного и того же перекрестка в разное время суток.

Несмотря на хорошие результаты и достаточную простоту экспериментального метода определения потока насыщения, он не может применяться для вновь проектируемых перекрестков. Для задач проектирования применяется приближенный эмпирический метод определения потоков насыщения. Несмотря на приближенность, он дает достаточно хорошие результаты.

Для случая движения в прямом направлении по дороге без продольных уклонов поток насыщения легковых автомобилей рассчитывается по формуле:

$$M_{Нijпр} = 525 \cdot B_{пч}, \quad (10.4)$$

где $M_{Нijпр}$ – поток насыщения, авт/ч;

$B_{пч}$ – ширина проезжей части.

Формула эта справедлива, если ширина проезжей части в данном направлении находится в пределах $5,4 < B_{пч} < 18$ м. Верхнее значение ширины проезжей части нас вполне удовлетворяет (оно больше реальных величин). А если ширина проезжей части меньше 5,4 м, для расчетов используют следующие данные.

Таблица 10.1 – Определение потока насыщения при ширине проезжей части меньшей 5,4 м

$B_{пч}$	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,1
$M_{Нijпр}$	1850	1875	1950	2075	2475	2700

При промежуточных значениях ширины проезжей части поток насыщения определяется интерполированием.

Если состав потока смешанный, если дорога имеет продольный уклон на подходе к перекрестку, а сама дорога имеет не асфальтобетонное, а булыжное, гравийное покрытие, используют корректирующие коэффициенты:

$$M_{Pijпр} = 525 \cdot B_{пч} \cdot K_c \cdot K_i \cdot K_d . \quad (10.5)$$

Коэффициент K_c учитывает состав транспортного потока. Но обычно мы

заранее, после исследования интенсивности транспортных потоков приводим его к потоку легковых автомобилей и пользуемся уже приведенными значениями.

Коэффициент K_i определяют из условия, что каждый процент уклона на подъеме снижает (при спуске – увеличивает) поток насыщения на 1%.

Коэффициент K_d , зависящий от качества дорожного покрытия, выбирают из таблиц.

До сих пор мы рассматривали поток насыщения для потока, пересекающего перекресток в прямом направлении. Однако в любом узле происходит разделение транспортного потока по направлениям.

Для случая движения транспортных средств прямо, а также направо и (или) налево по одной и той же полосе движения и если интенсивность поворотных потоков составляет более 10% от общей интенсивности движения, поток насыщения определяется по формуле:

$$M_n = M_{\text{Нпр}} \cdot \frac{100}{a + 1,75b + 1,25c}, \quad (10.6)$$

где a – интенсивность движения транспортных средств прямо, %;

b – интенсивность движения транспортных средств налево, %;

c – интенсивность движения транспортных средств направо, %;

Коррекция необходима, поскольку поворачивающие из общей полосы движения автомобили будут задерживать поток прямого направления и снижать поток насыщения.

Если право- и левоповоротные потоки движутся по отдельным полосам, поток насыщения определяется с учетом радиуса поворота R .

$$M_n = M_{\text{нпр}} \cdot K_R = M_{\text{нпр}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1,525}{R}}. \quad (10.7)$$

Фазовые коэффициенты.

В простейшем случае, при равномерном прибытии транспортных средств к перекрестку, длительность цикла и основного такта могут быть определены из следующих соображений. Транспортные средства прибывают к перекрестку весь период, равный циклу регулирования $T_{\text{ц}}$. Всего за время цикла к перекрестку придет $N \cdot T_{\text{ц}}$ автомобилей. Покидают перекресток эти автомобили за время разрешающего сигнала светофора – основного такта t_{0i} с интенсивностью, равной потоку насыщения M_n . Очевидно, справедливо соотношение

$$N_i \cdot T_{\text{ц}} = M_n \cdot t_{0i}. \quad (10.8)$$

Очевидно, что

$$\frac{N_i}{M_n} = \frac{t_{0i}}{T_{\text{ц}}} = y_i. \quad (10.9)$$

По сути, фазовый коэффициент y_i соответствует удельному весу

основного такта в данном направлении от времени цикла.

Фазовые коэффициенты необходимо определять для каждого направления движения транспортных средств в каждой фазе регулирования. В качестве расчетного, определяющего длительность основного такта, принимается фазовый коэффициент, имеющий наибольшую величину.

При пофазном регулировании и пропуске какого-либо потока в течение двух фаз, для него отдельно рассчитывают фазовый коэффициент, и он должен быть не более суммы расчетных фазовых коэффициентов тех фаз, в течение которых этот поток пропускается.

Расчет цикла регулирования

Время цикла равно сумме основных и промежуточных тактов:

$$T_{\text{ц}} = t_{o1} + t_{n1} + t_{o2} + t_{n2} + \dots + t_{on} + t_{nm} , \quad (10.10)$$

или, учитывая, что $t_{oi} = y_i \cdot T_{\text{ц}}$

$$T_{\text{ц}} = y_1 \cdot T_{\text{ц}} + t_{n1} + y_2 \cdot T_{\text{ц}} + t_{n2} + \dots + y_n \cdot T_{\text{ц}} + t_{nm} , \quad (10.11)$$

или

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ц}} \sum_1^n y_i + \sum_1^n t_{ni} . \quad (10.12)$$

если принять $\sum_1^n y_i = Y$, а $\sum_1^n t_{ni} = T_{\text{п}}$, то

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ц}} \cdot Y + T_{\text{п}} \quad (10.13)$$

или

$$T_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{п}}}{1 - Y_{\Sigma}} , \quad (10.14)$$

где Y_{Σ} – сумма расчетных фазовых коэффициентов,

$T_{\text{п}}$ – сумма промежуточных тактов.

На практике равномерное прибытие транспортных средств к перекрестку явление весьма редкое. Обычно для изолированных перекрестков характерным является случайное прибытие (чаще всего интервалы прибытия подчиняются закону Пуассона). Случайному прибытию транспортных средств соответствует формула для определения времени цикла:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5T_n + 5}{1 - Y_{\Sigma}} . \quad (10.15)$$

По соображениям безопасности движения время цикла не должно быть меньше 25с и больше 120с (иначе водитель может посчитать, что светофор не исправен).

В формулу для определения длительности цикла регулирования входит суммарное время промежуточных тактов. Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Длительность промежуточных тактов.

Длительность промежуточных тактов, в соответствии с их назначением,

определяется из двух условий: автомобили должны успеть освободить перекресток, и пешеходы должны успеть выйти из проезжей части дороги данного направления.

Автомобиль, подходящий к перекрестку на зеленый сигнал светофора, при смене сигнала с зеленого на желтый должен либо успеть остановиться у стоп-линии, либо успеть освободить перекресток (миновать конфликтные точки пересечения с автомобилями, начинающими движение в следующей фазе регулирования). Остановиться он сможет, если расстояние от него до стоп-линии в момент смены сигнала светофора будет равным остановочному пути.

$$S_o = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j} = T_{np} \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j}. \quad (10.16)$$

Соответственно, время, необходимое для остановки:

$$T_o = t_1 + t_2 + 0,5 t_3 + \frac{V_a}{3,6 \cdot j} = T_{np} + \frac{V_a}{3,6 \cdot j}. \quad (10.17)$$

где T_{np} – время приведения в действие тормозов.

Для того, чтобы освободить перекресток, автомобиль должен проехать со скоростью, с которой он приближался к перекрестку, расстояние остановочного пути, плюс расстояние от стоп-линии до дальней конфликтной точки и расстояние, равное длине автомобиля:

$$S_{осв} = S_o + S_{дкт} + S_a. \quad (10.18)$$

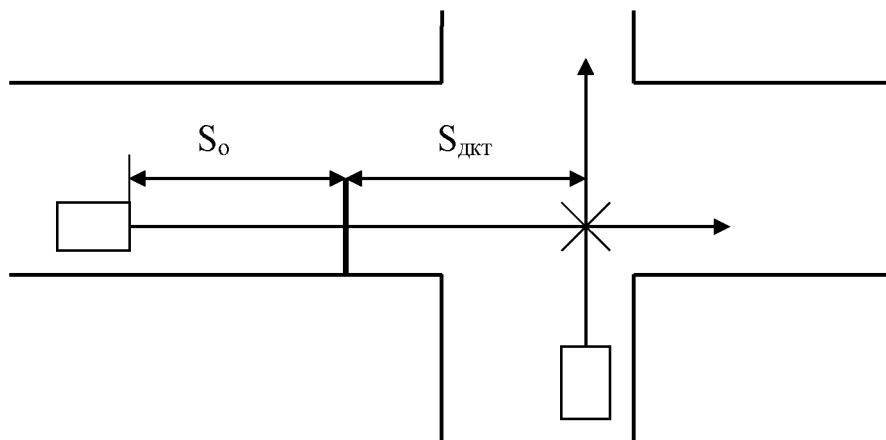


Рисунок 10.10 – Схема определения дальней конфликтной точки

Необходимое для этого время:

$$\begin{aligned} T_{осв} &= \frac{S_o + S_{дкт} + S_a}{V_a} = T_{np} \frac{V_a \cdot 3,6}{3,6 \cdot V_a} + \frac{V_a^2 \cdot 3,6}{2 \cdot 3,6^2 \cdot j \cdot V_a} + \frac{S_{дкт} \cdot 3,6}{V_a} + \frac{S_a \cdot 3,6}{V_a} = \\ &= T_{np} + \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j} + \frac{3,6(S_{дкт} + S_a)}{V_a} \end{aligned} \quad (10.19)$$

С другой стороны, автомобилю, начинающему движение в следующей фазе, также необходимо определенное время, чтобы достигнуть точки конфликта с автомобилем, завершающим движение t_n . Поэтому время

промежуточного такта будет меньше времени, необходимого для освобождения перекрестка на эту величину:

$$t_n = T_{np} + \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j} + \frac{3,6(S_{dкм} + S_a)}{V_a} - t_u. \quad (10.20)$$

Это время, по данным исследований очень близко по величине времени приведения в действие тормозов, поэтому их можно сократить и окончательно:

$$t_n = \frac{V_a}{2 \cdot 3,6 \cdot j} + \frac{3,6(S_{dкм} + S_a)}{V_a}. \quad (10.21)$$

В период промежуточного такта заканчивают движение и пешеходы, которые переходили дорогу на разрешающий сигнал светофора. За время промежуточного такта пешеход, застигнутый сменой зеленого сигнала на красный на проезжей части, должен либо вернуться на тротуар, с которого он начал движение (или вернуться на середину проезжей части – на островок безопасности, центральную разделительную полосу), либо до середины проезжей части (или тротуара). Максимальное время, которое необходимо для этого пешеходу при переходе дороги с одинаковым количеством полос в обоих направлениях:

$$t_{n(mi)} = \frac{B_{пч}}{4 \cdot V_{пш}} , \quad (10.22)$$

где $B_{пч}$ – ширина проезжей части;

$V_{пш}$ - расчетная скорость пешехода при переходе проезжей части; обычно принимается 1,3м/с.

Если количество полос движения в каждом направлении разное, расчет необходимо производить для более широкой части дороги.

В качестве величины промежуточного такта выбирают большее из полученных значений. Однако, исходя из соображений безопасности движения, длительность промежуточного такта должна находиться в пределах от 3 до 4 секунд. Обусловлено это двумя причинами – во-первых, более длительный желтый сигнал может дезориентировать водителей, во-вторых, это делается для предотвращения злоупотреблений водителями правом проезда на желтый сигнал.

Длительность основных тактов

Длительность основного такта t_{oi} в i – той фазе регулирования, как мы с вами только что рассмотрели, пропорциональна расчетному фазовому коэффициенту

$$t_{oi} = y_i \cdot T_u , \quad (10.23)$$

а время цикла

$$T_u = \frac{t_{oi}}{y_i} , \quad (10.24)$$

с другой стороны

$$T_{ц} = \frac{T_{п}}{1 - Y_{\Sigma}}. \quad (10.25)$$

Произведем не хитрые преобразования:

$$\begin{aligned} T_{ц}(1 - Y_{\Sigma}) &= T_{п} \\ T_{ц} - T_{ц} \cdot Y_{\Sigma} &= T_{п} \\ T_{ц} - T_{п} &= T_{ц} \cdot Y_{\Sigma} \end{aligned}$$

подставляя в правой части значение $T_{п}$ из предыдущей формулы, получим

$$T_{ц} - T_{п} = \frac{t_{oi}}{y_i} \cdot Y_{\Sigma},$$

или

$$t_{oi} = \frac{(T_{ц} - T_{п}) \cdot y_i}{Y_{\Sigma}}. \quad (10.26)$$

По соображениям безопасности движения время основного такта не следует принимать менее 7 секунд. В противном случае повышается вероятность цепных ДТП при разъезде очереди на разрешающий сигнал светофора.

Расчетную длительность основных тактов необходимо проверить на обеспечение пропуска в соответствующих направлениях трамвая и пешехода.

Лекция 11. Методы совершенствования светофорного регулирования

Основные вопросы:

1. Многопрограммное светофорное регулирование.
2. Принципы адаптивного регулирования.
3. Принцип координированного управления светофорными объектами.

Многопрограммное жесткое светофорное регулирование.

Исходными данными для расчета режима светофорного регулирования являются параметры перекрестка и интенсивность транспортных потоков. И если параметры перекрестка в общем случае остаются постоянными в течение долгого времени, то интенсивность дорожного движения изменяется и в течение суток и по дням недели, и по месяцам и по величине и по направлению. Поэтому режим работы светофора, установленный для определенного временного периода не соответствует другому, в результате, в одном случае, возрастают задержки транспортных средств, в другом – создаются заторовые ситуации. Например, если расчет режимов был выполнен для интенсивности в пиковый период, то в межпиковый будут неоправданно большие задержки. Если изменение интенсивности в течение суток имеют четкие уровни – например, два: в пиковый и межпиковый период, или три – утренний и вечерний часы «пик» и межпиковый, мы можем обеспечить в течение суток двух- трехрежимный цикл светофорного регулирования (до пяти). Для этого в блоке управления контроллера предусматривается задание нескольких программ

светофорного регулирования, по каждой из которых управление работой светофоров осуществляется в определенные периоды времени суток.

Но в любом случае, мы не можем учесть все возможные случаи изменения интенсивности.

Параметры управления должны учитывать как суточные изменения интенсивности, так и случайные. Это возможно при использовании адаптивного управления, имеющего обратную связь с параметрами транспортного потока.

Адаптивное управление.

Адаптивное управление обеспечивает изменение режима светофорного регулирования в зависимости от параметров транспортного потока. Адаптивное управление возможно при использовании специальной аппаратуры, в первую очередь, детекторов транспорта, расположенных в зоне перекрестка которые обеспечивают непрерывной информацией о параметрах потока, на основании которой устанавливается длительность тактов светофорного регулирования.

Детекторы транспорта.

Детекторы транспорта предназначены для обнаружения транспортных средств и определения параметров транспортных потоков.

Детекторы транспорта классифицируются по назначению, принципу действия чувствительного элемента и специализации – измеряемому параметру.

По назначению детекторы делятся на проходные и присутствия. Проходные детекторы выдают сигнал при появлении транспортного средства в контролируемой зоне. Параметры сигнала не зависят от времени нахождения транспортного средства в этой зоне – фиксируется сам факт появления автомобиля. Детекторы присутствия выдают сигналы в течение всего времени нахождения транспортного средства в зоне, контролируемой детектором. Они применяются для обнаружения заторовых и предзаторовых ситуаций, определения длины очереди, задержек. Для управления они применяются редко.

Любой детектор включает в себя чувствительный элемент, усилитель-преобразователь и выходное устройство.

Чувствительный элемент непосредственно воспринимает факт прохождения или присутствия транспортного средства в контролируемой детектором зоне и вырабатывает первичный сигнал.

По принципу действия проходные детекторы могут быть контактные и бесконтактные.

Работа всех контактных чувствительных элементов основана на том, что сигнал о появлении автомобиля возникает при непосредственном его соприкосновении с чувствительным элементом.

Электромеханические чувствительные элементы представляют собой две стальные полосы, которые замыкаются при наезде колес автомобиля.

Пневмоэлектрический чувствительный элемент представляет собой

резиновую трубку, один конец которой заглушен, а другой связан с пневматическим реле. При наезде колес автомобиля на трубку давление воздуха в ней повышается, действует на мембрану реле, та – перемещается и замыкает контакты.

Пьезоэлектрические.

Основным достоинством контактных чувствительных элементов является простота их конструкции, простота монтажа, что позволяет устанавливать их на любом участке дороги и на любое время. Общий их недостаток – они ведут счет осям, а не автомобилям.

Бесконтактные могут быть – фотоэлектрические, радарные, ультразвуковые, могут быть магнитные и индуктивные.

Видов детекторов очень много. Специализация детектора зависит от параметра транспортного потока, для определения которого он предназначен (интенсивности, плотности, состава, скорости и т.д.). Во времена СССР был даже налажен промышленный выпуск некоторых из них: индуктивных – ДТИ-М; ДТ-6; ультразвуковых – ДТУ-2.

Усилитель преобразовывает первичные сигналы к виду, удобному для регистрации транспортного потока.

Выходное устройство предназначено для передачи и хранения информации.

Принципы управления

На основании информации о параметрах транспортного потока разработано несколько алгоритмов адаптивного управления:

1. Алгоритм, предусматривающий переключение сигналов светофора по информации о состоянии транспортных потоков на перекрестке в данном цикле регулирования.

2. Алгоритм статической оптимизации, позволяющий по информации о состоянии транспортных потоков на перекрестке в данный момент времени определять параметры управления на следующий момент времени на основе вероятностного прогнозирования.

3. Алгоритм случайного поиска. Здесь параметры управления изменяются случайно с одновременным анализом по какому-либо критерию эффективности (задержкам, например). Управление считается оптимальным при достижении минимума или максимума критерия.

Наибольшее распространение получили алгоритмы первой группы. Их тоже достаточно много. Остановимся на одном из них. Рассмотрим принцип адаптивного управления на примере реализации алгоритма поиска разрывов в транспортном потоке.

Основными параметрами управления здесь являются:

- минимальная длительность основного такта t_{omin} (обеспечивается также и t_{mmmin});
- максимальная длительность основного такта t_{omax} ;
- экипажное время (интервал, определяющий разрыв времени в потоке) –

$t_{\text{ЭК}}$. Практически это время прохождения автомобилем расстояния от места установки детектора до стоп-линии. Расстояние это обычно выбирается равным остановочному пути автомобиля при средней скорости подхода к перекрестку.

Если до истечения времени t_{omin} в зоне детектора не появляется ни одного автомобиля, сигналы переключаются с разрешающего на запрещающий. Даже если через секунду после переключения и появится автомобиль, то если он движется со скоростью меньше средней, он остановится, если с большей – успеет проехать перекресток на желтый свет.



Рисунок 11.1 – Минимальная длительность основного такта t_{omin}

Если до истечения t_{omin} в зоне детектора появляется автомобиль, разрешающий сигнал продлевается на время $t_{\text{ЭК}}$, появился следующий – снова продлевается на это время. Если в потоке возникает интервал, равный $t_{\text{ЭК}}$, сигналы переключаются с разрешающего на запрещающий.

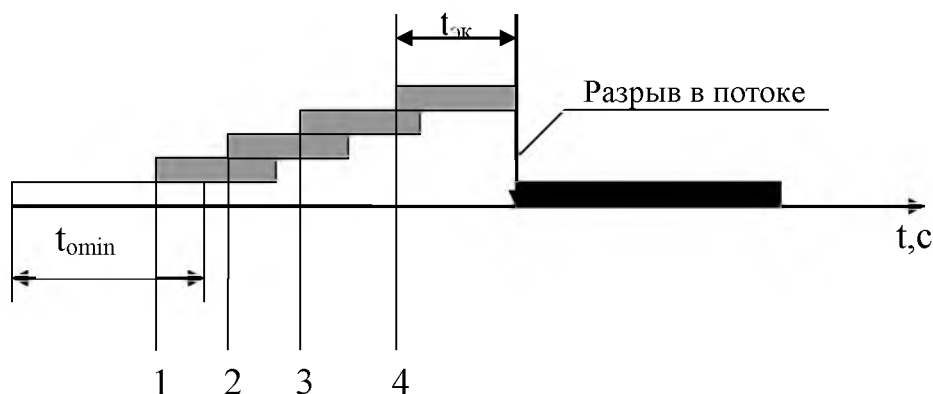


Рисунок 11.2 – Продолжение сигнала на время $t_{\text{ЭК}}$

Но, когда общее время основного такта достигает t_{omax} , независимо от того, есть автомобили или их нет на подходе к перекрестку, сигнал переключается на запрещающий.

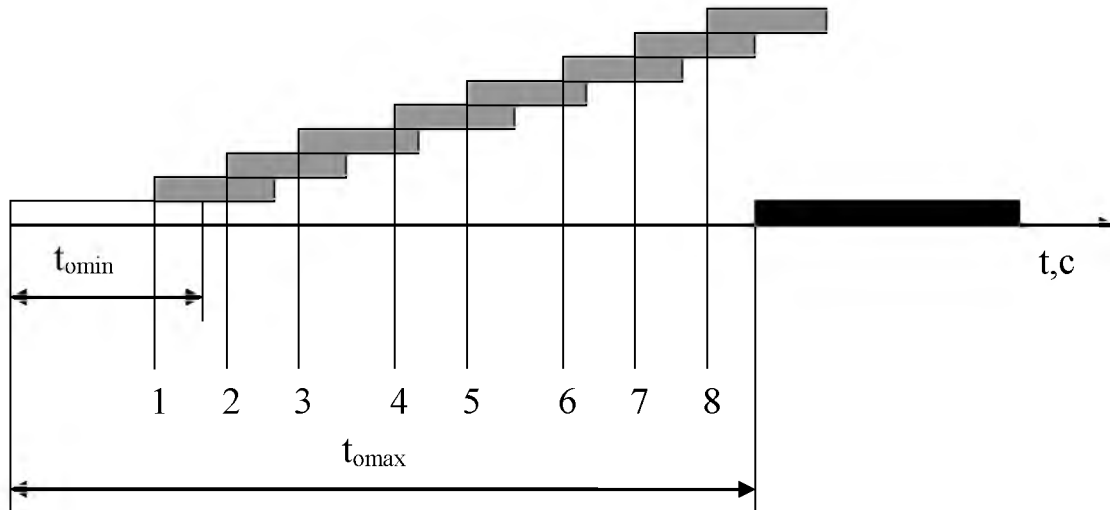


Рисунок 11.3 – Максимальная длительность основного такта t_{omax}

Основные параметры управления рассчитываются следующим образом.

Минимальная длительность основного такта из условия пропуска скопившихся автомобилей:

$$t_{omin} = \frac{3600 \cdot n_o}{M_n}, \quad (11.1)$$

где n_o – среднее число автомобилей, приходящихся на полосу движения, стоящих в ожидании разрешающего сигнала между стоп – линией и детектором (определяется заранее, путем наблюдения);

M_n – среднее значение потока насыщения; исходя из интервала движения через стоп-линию 2с, для приближенных расчетов принимают $M_n=1800$ авт/ч.

Или исходя из времени, необходимого пешеходам для перехода проезжей части (или времени движения до островка безопасности):

$$t_{omin} = 5 + \frac{B_{нч}}{V_{ну}}. \quad (11.2)$$

В качестве расчетного принимают большее значение. Обычно значение t_{omin} лежит в пределах 7-12 с.

Максимальную длительность основного такта принимают больше рассчитанной по общепринятой методике длительности основного такта:

$$t_{omax} = (1,2...1,3) \cdot t_o. \quad (11.3)$$

Это делается для облегчения условий движения в наиболее загруженных направлениях, учитывая, что высокая интенсивность движения (когда длительное время отсутствуют разрывы в потоке) обычно наблюдаются не на всех подходах к перекрестку.

Как мы уже говорили, чувствительные элементы детекторов транспорта необходимо устанавливать на таком расстоянии от стоп-линии, чтобы автомобиль, пройдя контролируемую детектором зону, мог своевременно

остановиться, если уже был подан сигнал на переключение тактов. Самым неблагоприятным случаем является случай, когда в момент прохождения автомобилем контролируемой зоны включается желтый сигнал светофора. Поэтому расстояние от чувствительного элемента детектора до стоп-линии определяется по остановочному пути:

$$T_{\text{ом}} = (t_{\text{р}} + t_{\text{зп}} + 0,5t_{\text{н}}) + \frac{V_a}{26j}, \quad (11.4)$$

где V_a – скорость движения автомобиля, км/ч;

$t_{\text{р}}$ – время реакции водителя, с;

$t_{\text{зп}}$ – время срабатывания тормозного привода, с;

$t_{\text{н}}$ – время нарастания замедления, с;

j – замедление при торможении, м/с²;

Если принять скорость движения 60км/ч, а замедление – 2,5-3 м/с², получим для легкового автомобиля

$$S_{\text{ом}} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j}, \quad (11.5)$$

$$S_{\text{ом}} = (1,0 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,4) \frac{60}{3,6} + \frac{60^2}{26 \cdot (2,5 \dots 3)} = 70 \dots 78 \text{ м}$$

Экипажное время, т.е. время, за которое автомобиль, двигаясь со скоростью 60 км/ч проедет это расстояние составит:

$$t_{\text{эк}} = \frac{3,6 \cdot S_{\text{ом}}}{V_a}, \quad (11.6)$$

$$t_{\text{эк}} = \frac{3,6 \cdot (70 \dots 80)}{60} = 4,8 \dots 4,2 \text{ с}$$

Но мы взяли максимальную скорость движения в населенном пункте; она может быть и ниже. Обычно время $t_{\text{эк}}$ находится в пределах 4...5с.

По сравнению с жестким циклом регулирования, адаптивное обеспечивает снижение задержек на 10...60%. Чем больше снижается интенсивность, по сравнению с той, для которой рассчитано время основного такта, тем больше снижение задержек.

Основы координированного управления.

Координированным управлением называется согласованная работа ряда светофорных объектов с целью сокращения задержек транспортных средств.

Принцип координации заключается в включении на последующем перекрестке по отношению к предыдущему зеленого сигнала светофора с некоторым сдвигом, величина которого зависит от времени движения транспортных средств между этими перекрестками. В результате транспортные средства пребывают к следующему перекрестку в момент, когда там загорается разрешающий сигнал. Этот способ управления еще называется «зеленой

волной».

Впервые в нашей бывшей стране этот принцип был реализован в 1955г. В Москве на участке Садового кольца.

Для организации координированного управления необходимо выполнение следующих условий:

1. Наличие не менее двух полос движения в каждом направлении. Если мы закладываем определенное время сдвига фаз, время движения автомобилей должно ему соответствовать. Любые задержки на перегоне приводят к снижению скорости, увеличению времени и, соответственно, автомобили придут к следующему перекрестку с опозданием. Чем уже проезжая часть, тем больше вероятность задержек. Наличие нескольких полос для движения в одном направлении сводят к минимуму возможные задержки транспортных средств при движении на перегоне и автомобили могут двигаться с расчетной скоростью.

2. На всех перекрестках, входящих в систему координации должен быть одинаковый цикл светофорного регулирования, чем обеспечивается необходимая периодичность смены сигналов светофоров и сохранение необходимого сдвига включения фаз.

3. Расстояние между соседними перекрестками, оборудованными светофорами не должно превышать 800м. Это требование связано с процессом образования группы или пачки автомобилей. Непосредственно за перекрестком интенсивность группы близка к потоку насыщения. Потом группа начинает растягиваться из-за увеличения дистанции между автомобилями. Кроме того, разные автомобили имеют разные динамические характеристики. Примерно через 500-600м длина группы во времени увеличивается в два раза. По данным наблюдений установлено, что группа полностью распадается через 800...1000м. Поэтому прибытие автомобилей к перекрестку, удаленному от предыдущего на такое расстояние, будет иметь случайный характер и взаимосвязь по потоку с предыдущим перекрестком и времени разрешающего сигнала не хватит для пропуска всех автомобилей. Именно групповой характер потоков играет главную роль при организации координированного управления.

Важное значение имеет правильное определение времени сдвига фаз, а следовательно, определение (или задание) средней скорости движения на перегоне. Обычно в качестве расчетной принимается скорость, которую не превышает 85% автомобилей группы. Эта скорость определяется методом натуральных наблюдений. Обычно принимают скорость 50...55км/ч. Задавать максимально разрешенную скорость нельзя, поскольку в этом случае максимальные скорости будут превышать разрешенную.

Если на отдельных перегонах средние скорости движения мало отличаются друг от друга, принимают единую расчетную скорость на всем участке координированного управления – это самый предпочтительный вариант. Но бывают случаи, когда для какого-либо перегона устанавливают свою расчетную скорость.

Это все исходные положения для расчета координированного управления.

Методов расчета достаточно много.

Графоаналитический метод расчета координированного управления.

Сущность графоаналитического метода расчета координированного управления заключается в следующем:

- на основании исходных данных рассчитывают режимы регулирования для всех светофорных объектов как для изолированных перекрестков;

- перекресток, для которого получена максимальная длительность цикла, является наиболее загруженным и называется ключевым;

- учитывая, что при координированном управлении длительность циклов на всех перекрестках должна быть одинаковой, в дальнейшем в качестве расчетного принимается длительность цикла ключевого перекрестка. Таким образом, оптимальный цикл регулирования будет только на ключевом перекрестке, на остальных он будет избыточным;

- после определения единого расчетного цикла для всех перекрестков, входящих в систему координации, определяют соответствующие ему длительности основных тактов для каждого перекрестка;

- на миллиметровой бумаге в координатах «путь»-«время», с соблюдением масштабов, на вертикальной оси наносят схематический план магистрали с указанием расстояний между перекрестками. Вправо от границ перекрестков проводят линии, параллельные горизонтальной оси. На горизонтальной оси, соответствующей ключевому перекрестку, наносят повторяющиеся сигналы светофора;

- от начала зеленых сигналов проводят наклонные к горизонтали линии, угол наклона которых соответствует расчетной скорости движения автомобилей по магистрали.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_p \cdot M_t}{3,6 \cdot M_l}, \quad (11.7)$$

где M_t – масштаб времени, с/см;

M_l – масштаб расстояния, м/см;

- параллельно этим линиям на расстоянии (0,4... 0,5) $T_{ц}$ проводят наклонные линии под тем же углом. Полученная полоса называется «лентой времени». Если график движения автомобиля находится внутри этой ленты, ему гарантировано безостановочное движение;

- аналогичную «ленту времени» той же ширины под тем же углом наносят для встречного направления;

- на горизонтальные линии, соответствующие остальным перекресткам наносят повторяющиеся последовательности сигналов светофора таким образом, чтобы зеленые сигналы охватывали участки, занятые обеими «лентами времени»;

- если участок, занятый обеими «лентами времени» больше зеленого сигнала на каком-либо перекрестке, т.е. одна из «лент времени» попадает

частично на запрещающий сигнал, необходима корректировка графика. Корректировка осуществляется следующими путями :

- 1) уменьшением ширины «ленты времени» (но не менее чем до $0,3T_{ц}$);
- 2) изменением расчетной скорости движения автомобилей (но не более, чем на 10%);
- 3) изменением длительности зеленого сигнала светофоров на перекрестках, не являющихся ключевыми;
 - определяется необходимый сдвиг начала цикла регулирования на всех перекрестках относительно первого (рис.11.4).

Оценка эффективности введения координированного управления.

Оценка эффективности координированного управления определяется обычно после внедрения системы. Показателем является степень снижения времени проезда автомобиля от начального до конечного пункта магистрали, на которой внедряется система координации.

Показателем эффективности может также служить коэффициент безостановочного проезда перекрестка:

$$\beta = \frac{N - Z}{N}, \quad (11.8)$$

где N – интенсивность движения транспортных средств через перекресток

Z – число остановившихся транспортных средств на перекрестке перед запрещающим сигналом светофора.

Координированное управление считается эффективным, если $\beta > 0,8$. Это означает, что 80% транспортных средств проходят перекресток безостановочно.

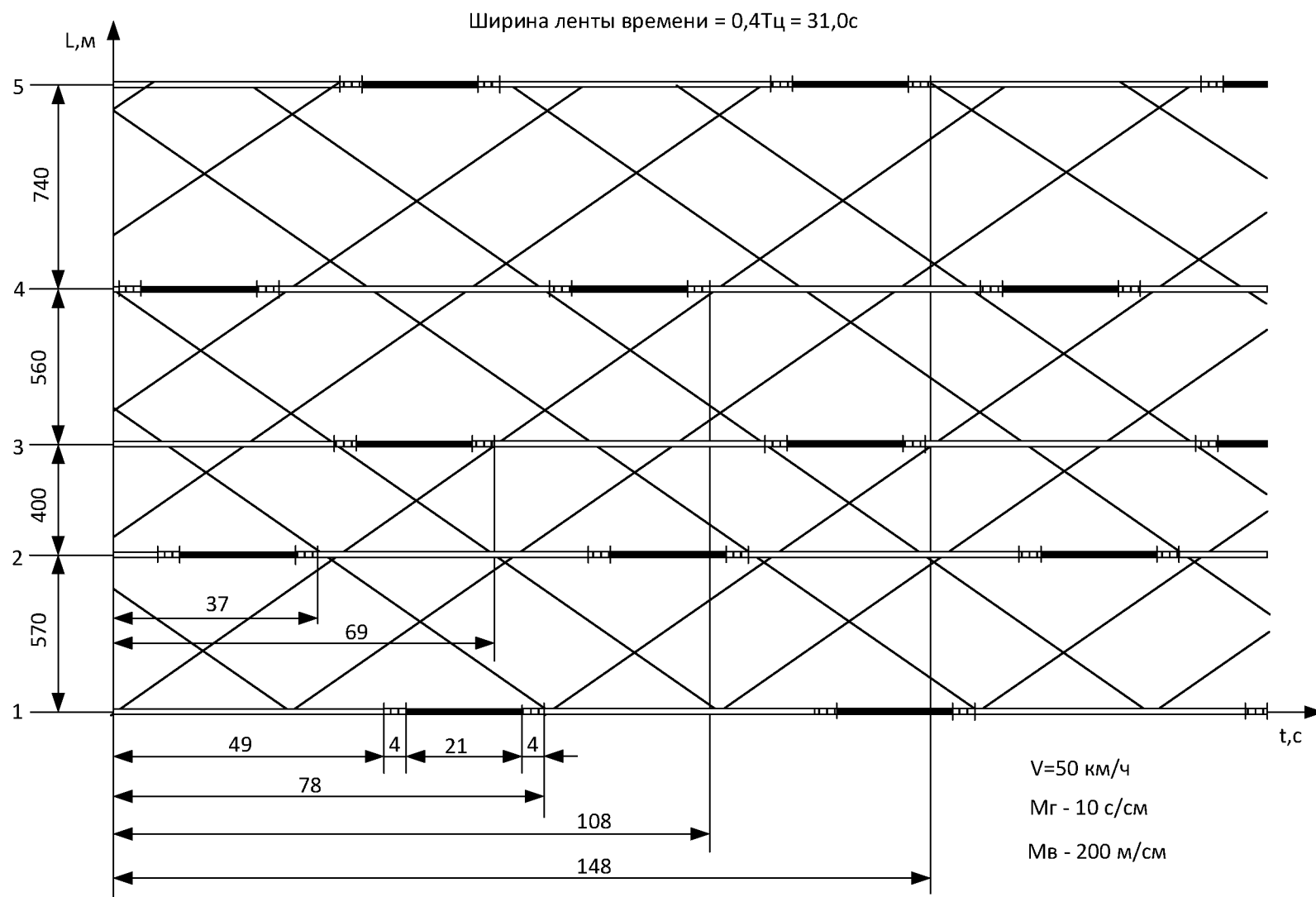


Рисунок 11.4 – График координированного управления

Лекция 12. Оценка организации светофорного регулирования.

Основные вопросы:

1. Оценка опасности регулируемых пересечений.
2. Оценка задержек на перекрестке.
3. Оценка качества схемы организации светофорного регулирования.

Оценка организации светофорного регулирования выполняется по нескольким показателям:

1. Оценка опасности пересечения.
2. Оценка задержек на перекрестке.
3. Качество схемы организации светофорного регулирования.

Оценка опасности пересечения.

Оценка опасности пересечения выполняется с помощью показателей, характеризующие возможное количество дорожно-транспортных происшествий на 10 млн. автомобилей, проехавших через перекресток.

На регулируемом перекрестке возможны следующие виды ДТП:

- столкновения транспортных средств в конфликтных точках;
- наезды на пешеходов;
- столкновения транспортных средств на подъезде к перекрестку (наезды сзади) (табл. 12.1).

Опасность конфликтных точек на пересечении со светофорным регулированием определяется по формуле:

$$q_i = k_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-2}, \quad (12.1)$$

где M_i и N_i - интенсивности транспортных потоков в конфликтных точках;

k_i – относительная аварийность конфликтной точки, ДТП/10млн. авт.

По приведенной формуле, используя указанные значения коэффициентов относительной аварийности, рассчитывают возможное количество ДТП в каждой конфликтной точке.

Рассмотрим, к примеру перекресток с трехфазной схемой светофорного регулирования (рис 12.1).

В первой фазе при такой схеме пофазного разъезда 8 конфликтных точек – 4 конфликтных точки разделения, 2 конфликтных точки пересечения, 2 – слияния. Во второй фазе 2 конфликтных точки разделения и в третьей фазе конфликтные точки отсутствуют. Итого 10 конфликтных точек. При двухфазном регулировании у нас было бы 16 конфликтных точек, а на нерегулируемом пересечении, мы с вами определяли – 32.

Кроме конфликтных точек на самом перекрестке, транспортные средства конфликтуют между собой на подходе к перекрестку – возможны наезды сзади. Причем эта опасность больше, чем в любой конфликтной точке внутри перекрестка. Возможное количество наездов у стоп-линии рассчитывается по

формуле:

$$g_H = K_H \cdot N_{\Sigma n} \cdot 10^{-2}, \quad (12.2)$$

где $K_H = 0,012425$ – относительная аварийность наездов у стоп-линии, ДТП/10млн. авт.;

$N_{\Sigma n}$ – суммарная часовая интенсивность движения через перекресток авт/час.

Таблица 12.1 – Конфликтные точки на регулируемом перекрестке

	Схема	K_i , ДТП/10млн. авт.
1.Разделение транспортных потоков		0,0001
2. Разделение левоповоротного и прямого потока при наличии помех с других полос		0,000102
3. Пересечение левоповоротного потока с прямым		0,000048
4. Пересечение автомобильного потока с трамвайным		0,000207
5. Слияние транспортных потоков		0,000968

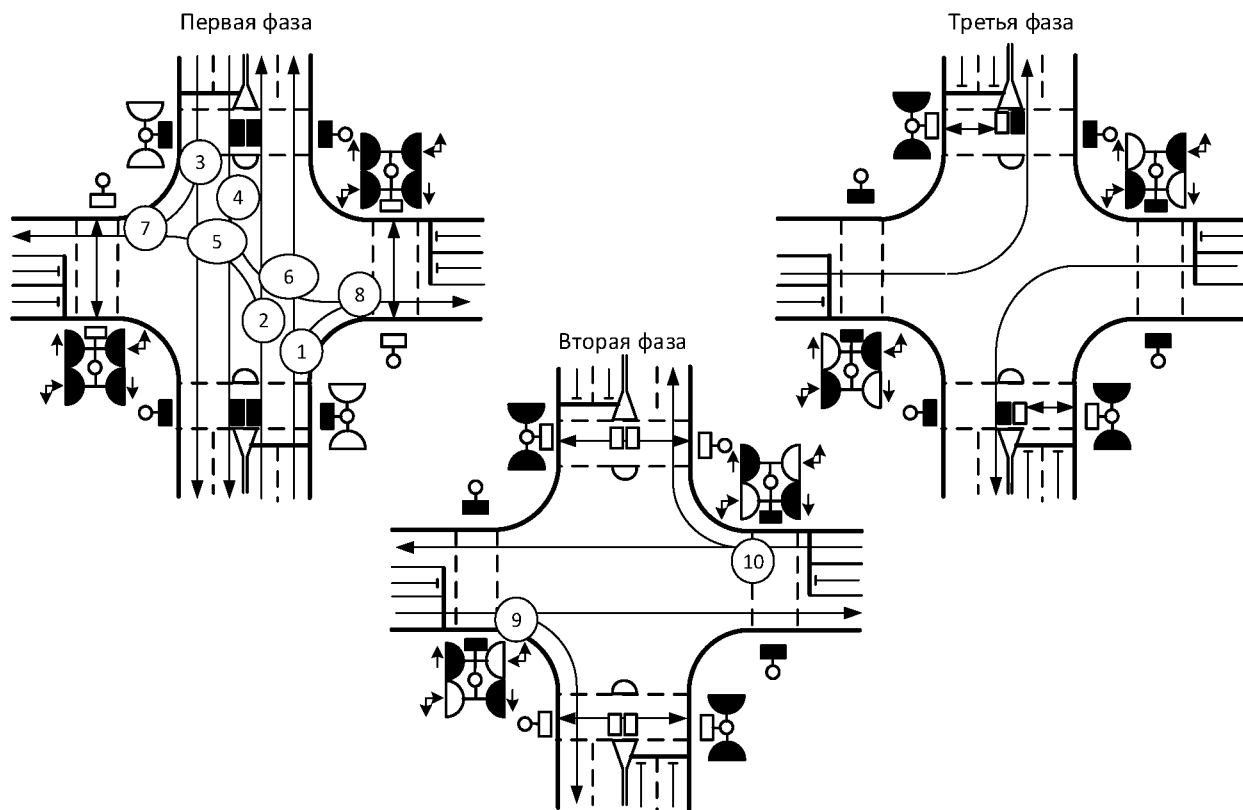


Рисунок 12.1 – Трехфазная схема светофорного регулирования

Как видите, наиболее опасными точками при светофорном регулировании являются наезды у стоп-линии и слияния на одной полосе. При совершенствовании организации движения за счет планировочных решений эти конфликтные точки подлежат устранению в первую очередь.

Возможная аварийность во всех конфликтных точках транспортных средств между собой определяется по эмпирической формуле:

$$G_p = -0,468 + g_H + \sum_{i=1}^n g_i , \quad (12.3)$$

где n – количество конфликтных точек, в которых конфликтуют транспортные потоки на перекрестке.

Кроме конфликтов транспортных средств между собой, они конфликтуют также с пешеходами, если, разумеется не выделяется отдельная пешеходная фаза регулирования, либо при трехфазной схеме (или с большим числом фаз) возможна такая организация транспортных и пешеходных потоков, при которой они не конфликтуют.

Для оценки возможного количества ДТП с пешеходами используется эмпирическая формула, полученная на основе регрессионного анализа:

$$G_{\text{п}} = 0,0025 + 0,0009 \sum_{i=1}^k (N_{\text{Ti}} \cdot \sqrt[4]{N_{\text{пи}}}) , \quad (12.4)$$

де N_{Ti} – часовая интенсивность транспортных потоков

$N_{\text{пи}}$ – часовая интенсивность пешеходного потока в конфликтной точке

пешеходного перехода, авт/час;

k – количество точек, в которых конфликтуют транспортные и пешеходные потоки.

Зная возможное количество ДТП транспортных потоков между собой и с пешеходами, можно определить общее возможное количество ДТП за год:

$$G = G_p + G_n. \quad (12.5)$$

Уровень обеспечения безопасности движения на регулируемом пересечении так же, как и на не регулируемом, оценивается относительным показателем аварийности:

$$K_a = \frac{G \cdot K_n \cdot K_r \cdot 10^7}{25 \cdot N_\Sigma}, \quad (12.6)$$

де N_Σ – суммарная часовая интенсивность движения транспортных средств через перекресток, авт/час;

K_r – коэффициент годовой неравномерности интенсивности движения (если нет уточненных исходных данных, принимается $K_r=0,12$).

K_n – коэффициент неравномерности движения на протяжении суток (если нет уточненных исходных данных, принимается $K_n=0,1$).

По значению относительного показателя аварийности можно сделать вывод о степени опасности пересечения:

Если $K_a < 3$, пересечение считается не опасным,

$3 < K_a < 8$ – пересечение считается малоопасным,

$8 < K_a < 12$ – пересечение считается опасным,

$K_a > 12$ – пересечение считается очень опасным,

Оценка качества организации движения.

Мы говорили с вами, что за время цикла на перекресток прибывает $T_y N_i$ количество автомобилей. Эти автомобили покидают перекресток за время основного такта с интенсивностью потока насыщения $t_{oi} M_{ni}$:

$$T_y \cdot N_i = t_{oi} \cdot M_{ni}. \quad (12.7)$$

Исходя из этого соотношения, мы рассчитывали с вами фазовые коэффициенты. Затем выбирали из них наибольшие и по ним рассчитывали основные такты. Но равенство – это крайний случай. Практически, используя формулу Вебстера у нас время основного такта получается несколько больше и отношение

$$\frac{T_y \cdot N_i}{t_{oi} \cdot M_{ni}} = X < 1 \quad (12.8)$$

будет меньше единицы даже для того направления, по которому выбран фазовый коэффициент. Для направления, где фазовый коэффициент меньше, он может быть существенно меньше 1.

Это отношение называется степенью насыщения направления движения. Т.е. это отношение среднего числа прибывающих автомобилей к перекрестку в течение цикла к максимальному числу автомобилей, которые могут покинуть

его за время основного такта.

Понятно, что степень насыщения направления движения не должна превышать 1 и даже быть ей равной. Это уже заторовое состояние.

Для обеспечения некоторого резерва пропускной способности перекрестка при светофорном регулировании следует стремиться к тому, чтобы значения X не превышали значений 0,85-0,9.

Но чем меньше у нас будет степень насыщения, тем больше будут задержки транспортных средств. Поэтому малые значения степени насыщения тоже плохо.

Задержки транспортных средств.

Задержки транспортных средств зависят от режима работы светофорной сигнализации, от степени насыщения направлений движения.

Как и в случае нерегулируемого пересечения, задержки оцениваются средней задержкой одного автомобиля в рассматриваемом направлении движения.

Если предположить, что прибытие будет равномерным, то задержка будет равна половине времени, в течение которого движение запрещено.

$$t_{\Delta} = \frac{T_{\text{ц}} - t_o}{2}. \quad (12.9)$$

Но мы говорили с вами, что неравномерный интервал прибытия - это не реальный вариант. Это может быть только в случае, если интенсивность очень высокая, близкая к пропускной способности.

Обычно, для изолированного перекрестка прибытие является случайным процессом.

Случайный процесс прибытия учитывает формула Вебстера, которая получила широкое распространение в практике управления дорожным движением:

$$t_{\Delta} = \frac{T_{\text{ц}}(1 - \lambda_i)}{2(1 - \lambda_i \cdot X_i)} + \frac{X_i^2}{2 \cdot N_i(1 - X_i)} - 0,65 \left(\frac{T_{\text{ц}}}{N_i} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot X_i^{(2+5 \cdot \lambda_i)}, \quad (12.10)$$

где $\lambda = \frac{t_{oi}}{T_{\text{ц}}}$ - отношение длительности зеленого сигнала в данной фазе к длительности цикла.

Первое слагаемое позволяет определить задержку при регулярном (равномерном) прибытии автомобилей к перекрестку. При полностью насыщенной фазе, т.е. когда $X = 1$, она превращается в формулу $t_{\Delta} = \frac{T_{\text{ц}} - t_o}{2}$.

Вторая составляющая учитывает случайный характер прибытия автомобилей. Она получена на основе теории массового обслуживания.

Третье слагаемое является корректирующим членом и позволяет учитывать погрешность при расчете задержек по первым двум слагаемым. В среднем эта погрешность не превышает 10% и для практических расчетов

достаточно первых двух.

Для ориентировочных расчетов формула Вебстера может быть упрощена в результате учета только первого члена, а получающаяся погрешность учитывается коэффициентом 0,9

$$t_{\Delta} = 0,9 \frac{T_y(1-\lambda_i)}{2(1-\lambda_i \cdot X_i)} = 0,9 \frac{M_i(T_y - t_{oi})^2}{2 \cdot T_y \cdot (M_i - N_i)} \quad (12.11)$$

после расчетов задержек по каждому направлению рассчитывают среднюю задержку автомобиля, \bar{t}_{Δ} как средневзвешенное значение задержек всех автомобилей для всех направлений:

$$\bar{t}_{\Delta} = \frac{\sum_1^n (t_{\Delta i} \cdot N_i)}{\sum_1^n N_i}, \quad (12.12)$$

где N_i – интенсивность движения транспортных средств в i -ом направлении

$t_{\Delta i}$ – средняя задержка одного автомобиля, который движется в i -ом направлении

n – число направлений.

Далее определяют задержки автомобилей на перекрестке за год:

$$T_{\Gamma} = \frac{365 \cdot N_{\Sigma} \cdot \bar{t}_3}{k_{\text{н}} \cdot 3600}, \quad (12.13)$$

де N_{Σ} – суммарная интенсивность движения на перекрестке, авт./час.;

\bar{t}_3 – среднее время задержек, с;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент суточной ($k_{\text{н}}=0,1$).

Лекция 13. Методы совершенствования ОДД на нерегулируемых пересечениях

Основные вопросы:

1. Саморегулируемые перекрестка.
2. Условия организации кольцевого движения. Преимущества и недостатки кольцевого движения.
3. Пересечение в разных уровнях. Типы пересечений. Преимущества и недостатки.

Саморегулируемые (кольцевые) пересечения

Кольцевое движение применяют в узлах автомобильных дорог, на пересечениях городских улиц и особенно на площадях со сложной конфигурацией и примыканием многих улиц.

Для кольцевого движения характерно устройство центрального островка, вокруг которого происходит одностороннее движение транспортного потока (рисунок 13.1).

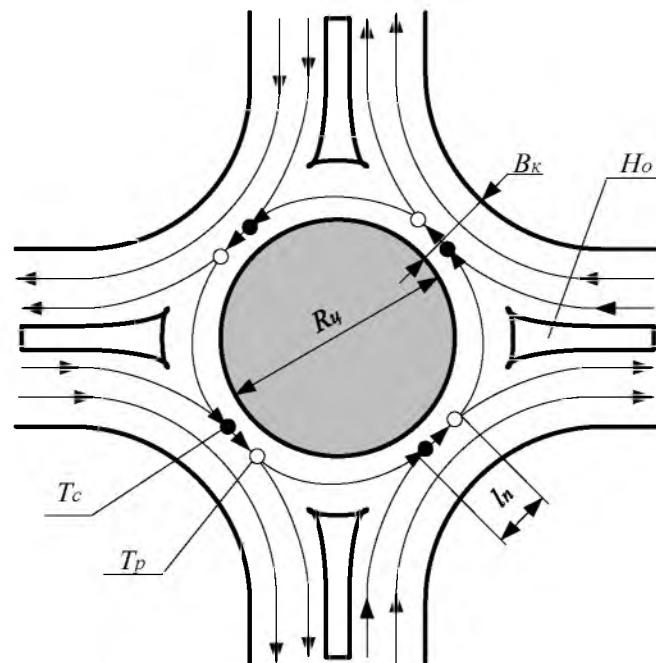


Рисунок 13.1 – Схема элементов развязки с круговым движением: $R_{ц}$ – радиус центрального островка; l_n – линия переплетения; B_k – ширина проезжей части; H_o – направляющий островок; T_c – точка слияния; T_p – точка разделения

Центральный островок может иметь форму не только круга, но и другие формы в зависимости от конфигурации площади и числа входящих на такой узел проездов (как правило, четыре и более – при большем количестве входящих улиц эффект организации кругового движения увеличивается).

Кольцевые пересечения по обеспечению безопасности движения занимают промежуточное положение между нерегулируемыми пересечениями в одном уровне и пересечениями в разных уровнях.

К основным преимуществам кольцевого (саморегулируемого) пересечения относятся:

1. Отсутствие конфликтных точек пересечения и замена их слияниями и разветвлениями потоков при движении транспортных средств в любом направлении. По сравнению с крестообразным нерегулируемым пересечением, на перекрестке с такой организацией движения вместо 32 конфликтных точек остается восемь – 4 слияния и 4 разделения потоков. Дорожно-транспортные происшествия, происходящие при этом, отличаются незначительными последствиями, в связи с чем такие пересечения в одном уровне считаются мало опасными. Опыт эксплуатации показывает, что замена нерегулируемого крестообразного пересечения кольцевым позволяет снизить аварийность в 1,5—3,0 раза.

2. Принудительное снижение скорости транспортных средств на подходе к перекрестку и за счет этого повышение безопасности движения. Зависимость

скорости движения на кольце от радиуса центрального островка представлена в таблице 13.1.

Таблица 13.1 – Зависимость скорости движения от диаметра центрального островка

Радиус центрального островка, м	15	30	40	50	60	70
Расчетная скорость, км/ч.	25	33	38	42	46	48

3. Стабильная надежность работы развязки движения в отличие от регулирования светофорами, подверженного отказам, во время которых нарушается четкость взаимодействия водителей и, как следствие, возможны случаи столкновения транспортных средств.

4. Непрерывность транспортного потока. В отличие от регулируемых пересечений здесь отсутствует принудительное ожидание возможности проезда при отсутствии транспортных потоков в конфликтующем направлении.

5. В отличие от нерегулируемых неравнозначных пересечений входящие потоки вливаются в основной, совершая только правый поворот, при котором граничный интервал минимален и составляет 4...5с. Это обстоятельство наряду с предыдущим преимуществом, существенно сокращает задержки на пересечении.

6. Отсутствие больших капитальных и эксплуатационных расходов, как при введении светофорного регулирования.

Благодаря указанным преимуществам во многих странах кольцевые пересечения в одном уровне получили широкое распространение, поскольку позволяют без значительных капиталовложений значительно улучшить условия движения. К основным недостаткам такой организации движения относятся необходимость достаточной площади для размещения центрального островка и сложность, по сравнению с нерегулируемым перекрестком, организация движения пешеходов.

Строительная площадь перекрестков, в пределах которой возможна организация движения транспортных средств и пешеходов, определяется красными линиями. Мы говорили, что красными линиями определяются в градостроительной документации границы существующих и запроектированных улиц, дорог, площадей, которые разделяют территории застройки и территории другого назначения. Согласно ДБН В.2.3-5-2001 ширину улиц и дорог определяют с учетом их категорий и в зависимости от расчетной интенсивности движения транспорта и пешеходов, типа застройки, рельефа местности, требований охраны окружающей природной среды, размещения подземных инженерных сетей, зеленых насаждений и в пределах красных линий принимают, м:

- магистральные дороги 50-90;

- магистральные улицы:
 - общегородского значения 50-80;
 - районного значения 40-50;
- улицы местного значения (жилые) 15-35;
- поселковые и сельские улицы (дороги) 15-25.

Магистральные дороги составляют незначительную долю общей протяженности городских дорог. Они, как правило, выполняются с пересечениями в разных уровнях. Улицы и дороги местного значения характеризуются значительной протяженностью, но незначительной интенсивностью (до 200 авт./ч на жилых улицах) движения транспортных средств. Магистральные улицы общегородского и районного значения характеризуются значительной протяженностью и большой интенсивностью, до 1200 авт./ч на полосу. С точки зрения организации дорожного движения на пересечениях таких улиц, они являются наиболее проблемными.

Оценим возможность организации саморегулируемого движения на пересечениях магистральных улиц.

В практике проектирования кольцевых пересечений различают кольцевые пересечения с малым (24-30 м) диаметром внешней кромки кольцевой проезжей части, средним (30-50 м) и большим (40-60 м). Согласно рекомендациям на магистральных улицах общегородского и районного значения следует использовать кольцевые пересечения со средним диаметром кольца и 1-2 полосами движения на кольце.

Минимальное расстояние между красными линиями в диагональном измерении при ширине улиц 40 м составляет 56 м, (при 50-70 м) при 80 м – 113 м. (рисунок 13.2). При минимальной ширине тротуаров 5 м на такой строительной площади возможна организация кругового движения с диаметром внешней кромки кольцевой проезжей части от 30 до 100 м.

Диаметр центрального островка определяет скорость движения на кольце. Оптимальная скорость движения на кольце может быть установлена исходя из трех условий: достижения наибольшей пропускной способности, наименьшей величины транспортных потерь и обеспечения безопасности движения.

Расчетная скорость движения на кольце может быть установлена исходя из условий достижения наибольшей пропускной способности, наименьшей величины транспортных потерь и обеспечения безопасности движения.

Наибольшая пропускная способность достигается при использовании для вливания в кольцевой поток предельно малых интервалов между автомобилями. Наименьший граничный интервал на кольцевых пересечениях наблюдается при скорости движения 25...30 км/ч. Транспортные потери будут определяться также разницей скоростей движения на кольце и на подходах к пересечению. Из условия обеспечения безопасности движения скорость на кольце должна быть в пределах 0,6...0,7 от фактической на подходах. В таблице 13.2 приведены значения расчетных скоростей для каждого из рассмотренных условий.

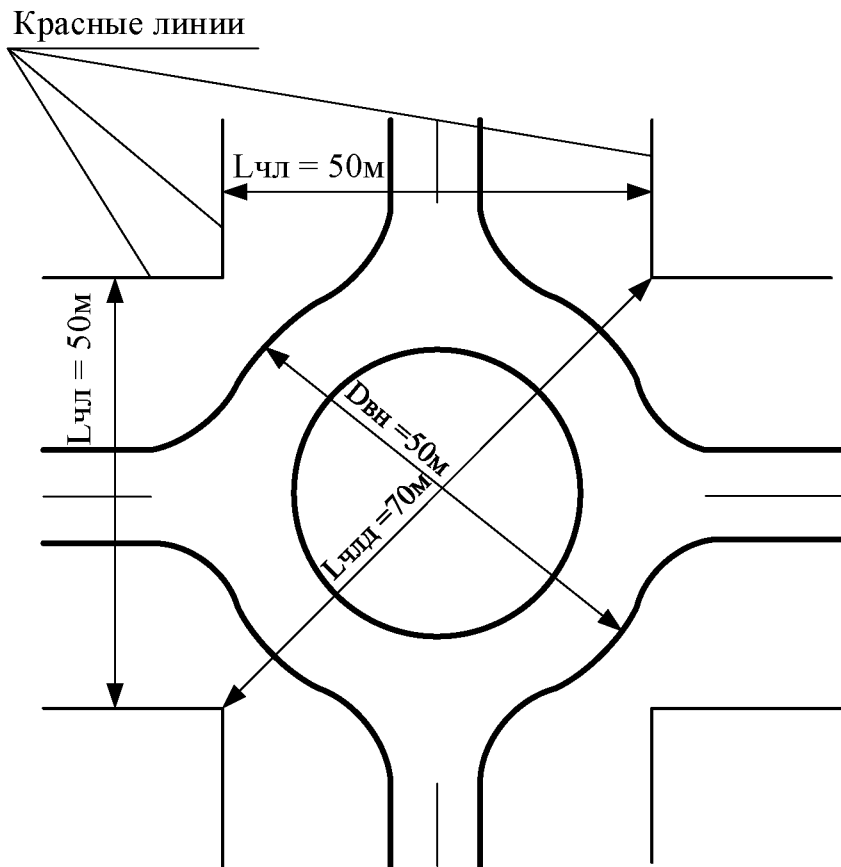


Рисунок 13.2 – Расстояние в красных линиях в диагональном измерении

Для городских условий рекомендуемая скорость движения по кольцу составляет 25...35 км/час. Такая скорость обеспечивается при радиусе центрального островка 25... 35 м.

Кроме указанных условий оптимизации, должно обеспечиваться достаточное расстояние между вливающимися на кольцо улицами для обеспечения необходимых маневров – зоны переплетения.

Таблица 13.2 – Расчетные скорости движения на кольце для различных условий оптимизации

Условие	Расчетная скорость на кольце (км/ч) при скорости движения на подходах, км/ч			
	40	60	80	100
Наибольшая пропускная способность кольца		25 - 30		
Обеспечение безопасности движения	25	36-42	55	70
Наименьшие транспортные потери на пересечении	25	30	40	45

Ширину кольцевой проезжей части выбирают с учетом интенсивности

движения. Вместе с тем, увеличение количества полос движения более двух-трех в городских условиях не целесообразно, поскольку из-за необходимости смены полос на коротких участках переплетения снижается пропускная способность и безопасность движения.

Зона переплетения (слияния) на кольцевом пересечении расположена между соседними вливающимися улицами. В общем виде длина зоны переплетения L может быть рассчитана по формуле

$$L_i = (r_1 - r_2) + \frac{b_1 + b_2}{2} + (n - 1)L_{\text{зп}}, \quad (13.1)$$

где r_1, r_2 – радиусы входа и выхода на кольцо, м;

b_1, b_2 – ширина проезжей части вливающихся дорог, м;

$L_{\text{зп}}$ – длина зоны слияния (или переплетения), м;

n – количество полос движения на кольце.

Если на кольце одна полоса движения, зона перестроения с полосы на полосу отсутствует, и минимальная длина зоны переплетения определяется двумя первыми слагаемыми. При ширине входящих улиц 7 м, радиусах входа и выхода на кольцо – 8 м, и общая длина L при четырех входящих улицах будет составлять 23 м.

Поскольку именно она определяет пропускную способность пересечения, внутренний диаметр кольца определяют через длину этой зоны:

$$D_{\text{цо}} = \frac{1}{\pi} \sum_{i=1}^{l=k} L_i - nb_k, \quad (13.2)$$

где b_k – ширина проезжей части кольца, м;

L_i – расстояние между осями двух соседних вливающихся на кольцо дорог по внешней кромке кольцевой проезжей части, м.

Минимальный диаметр кольца, определенный через длину этой зоны по формуле (13.2), составит при наших исходных данных 27,3 м.

Если на кольце две полосы движения, необходимо определить длину зоны перестроения:

$$L_{\text{зп}} = \frac{b_r}{\text{tg}\gamma}, \quad (13.3)$$

где γ – угол движения при перестроении.

Принимая максимальное значение $\gamma = 10^\circ$ и ширину полосы движения на кольце 3,5 м, получаем длину зоны перестроения 20 м. В этом случае L будет равна 43 м, а необходимый диаметр островка – 48 м. Диаметр кольца по внешней кромке составит 62 м.

Максимальная пропускная способность зоны переплетения $N_{\text{зп}}$ может быть рассчитана по формуле,

$$N_{\text{зп}} = I_{\text{max}} \frac{e^{-(I_{\text{max}}/3600)\Delta t_{\text{сп}}}}{1 - e^{-(I_{\text{max}}/3600)\delta t_{\text{сп}}}}, \quad (13.4)$$

где I_{max} — большая из интенсивностей движения на соседних полосах в зоне переплетения;

Δt_{cp} — минимальный интервал движения на одной полосе, принимается для легковых автомобилей, 2,0 с, для грузовых – 2,5 с.

Основные недостатки кольцевых пересечений:

- сложность организации пешеходного движения. При большой интенсивности транспортных пешеходных потоков необходимо строительство внеуличных пешеходных переходов;
- неприменимость кольцевой схемы при наличии трамвайного движения;
- ограниченность пропускной способности кольцевого узла пропускной способностью «линии слияния»;
- необходимость значительной свободной территории.

Пропускная способность кольцевого пересечения является сложным показателем, зависящим от совместного влияния многих факторов, главным образом от величины геометрических элементов пересечения и параметров транспортного потока.

Пропускная способность кольцевых пересечений

Пропускной способностью кольцевого пересечения называется максимальное число автомобилей, которое может проехать через кольцевое пересечение за единицу времени. Она определяется пропускной способностью въездов на пересечение. Пропускная способность въезда – это максимальное число автомобилей, которое может въехать на пересечение при заданной интенсивности движения на кольце.

На пропускную способность кольцевого пересечения существенное влияние оказывает распределение потоков по направлениям. С увеличением количества автомобилей, проезжающих в прямом направлении и совершающих левый поворот, пропускная способность кольцевого пересечения снижается.

Пропускная способность въезда на кольцевое пересечение определяется главным образом:

- шириной въезда (числом полос движения на въезде);
- формой въезда;
- интенсивностью движения на кольце;
- составом движения.

Длина зоны слияния (переплетения) и диаметр центрального островка не оказывают существенного влияния на пропускную способность въезда кольцевых пересечений.

Пересечения в разных уровнях

Пересечения автомобильных дорог и городских улиц в разных уровнях позволяют повысить пропускную способность пересечения, снизить транспортные потери и обеспечить безопасность движения на нем. Необходимая пропускная способность на таком пересечении обеспечивается за счет пропуска

потоков в прямых направлениях в разных уровнях и строительства специальных съездов для поворачивающих потоков. Все это позволяет устранить очереди ожидающих у пересечения автомобилей, уменьшить транспортные затраты при автомобильных перевозках. Более высокая по сравнению с пересечениями в одном уровне безопасность движения на пересечениях в разных уровнях обеспечивается за счет исключения по наиболее загруженным направлениям самых опасных конфликтных точек пересечения.

Стоимость пересечений в разных уровнях очень высокая и может различаться в несколько раз в зависимости от полноты развязки и уровня обеспечения удобства движения. Экономическая целесообразность развязки определяется сопоставлением затрат на строительство и экономией за счет сокращения транспортных потерь и числа ДТП на пересечении.

Пересечения классифицируют по полноте развязки поворачивающих потоков, по числу уровней пересечения потоков и по схеме организации левоповоротного движения.

По полноте развязки поворачивающих потоков пересечения бывают полные и неполные. Пересечения в разных уровнях называют полными, если на них отсутствуют конфликтные точки пересечения потоков и каждый из поворачивающих потоков движется по отдельному съезду. При отсутствии хотя бы одного из лево-поворотных съездов пересечение относится к неполным, так как на нем либо не обеспечивается движение по всем направлениям, либо имеются конфликтные точки пересечения.

По числу уровней, пересечения потоков перекрестки разделяют на развязки в двух, трех и четырех уровнях. Наиболее распространены развязки в двух уровнях. Транспортная развязка в трех уровнях в 2,5—3,0 раза дороже развязки в двух уровнях.

По схеме организации левоповоротного движения пересечения в разных уровнях делят на

Клеверные (рис. 13.2) – устраиваются при небольших радиусах и при сравнительно малом левоповоротном движении.

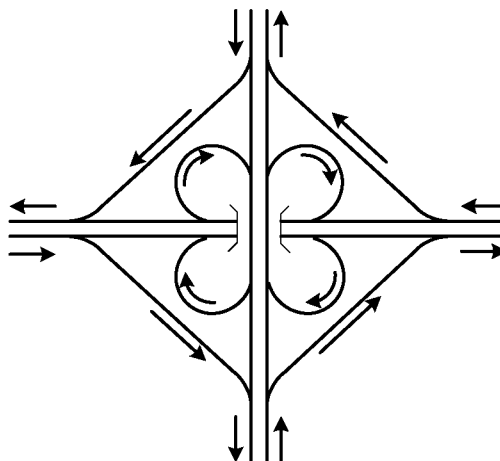


Рисунок 13.2– Развязка «клеверный лист»

Кольцевые (рис. 13.3) – устраиваются при больших радиусах поворотов и значительных размерах движения, требуют сооружения дополнительных путепроводов и занимают большую территорию.

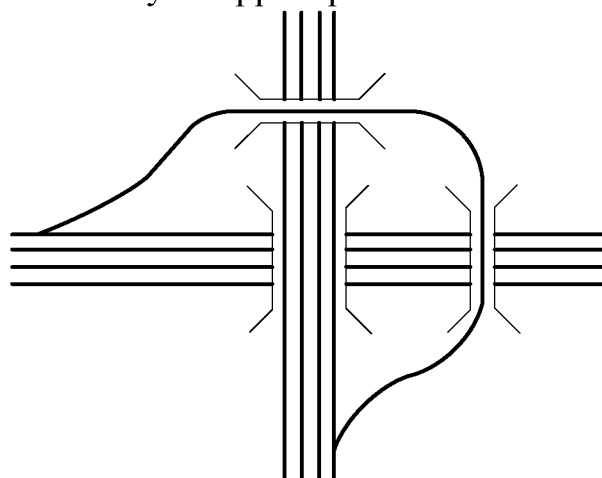


Рисунок 13.3 – Кольцевая развязка в разных уровнях

Петлевые (рис. 13.4) – осуществляются при небольших радиусах и значительных размерах потоков, требуют сооружения дополнительных путепроводов и занимают большую территорию.

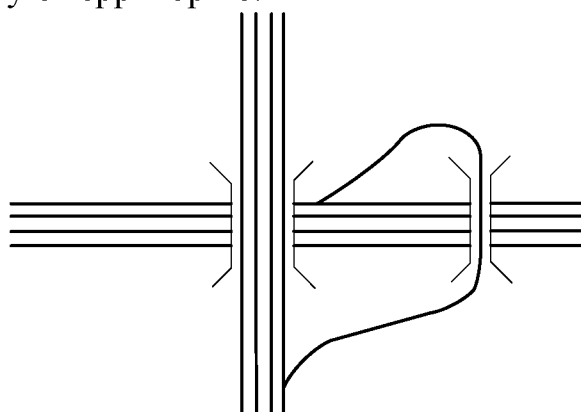


Рисунок 13.4 – Петлевая развязка в разных уровнях

Через центр пересечения (рис. 13.5) – осуществляются при больших радиусах и потоках, превышающих 30% основного направления, занимают небольшую территорию, но требуют сооружения при двух левых поворотах третьего уровня, а при трех и четырех левых поворотах – четвертого уровня. Сооружение для пропуска левоповоротного потока может быть расположено как в одном сечении с сооружением для пропуска прямых пересекающихся потоков, так и с некоторым смещением.

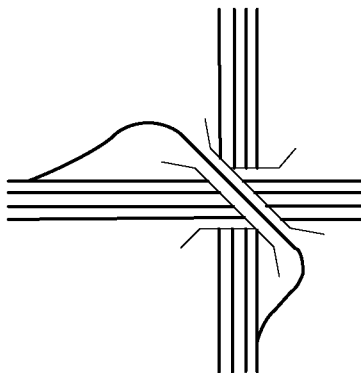


Рисунок 13.5 – Развязка в разных уровнях через центр пересечения

Большое распространение на автомобильных дорогах и в городах получили неполные пересечения. Из полных пересечений наиболее распространены развязки типа «клеверный лист».

Одна из главных трудностей выбора схемы и проектирования транспортной развязки – организация левоповоротного движения, обеспечить непересекающиеся левоповоротные потоки.

Все левоповоротные съезды по характеру создаваемых ими конфликтных точек можно разделить на типы (рис. 13.6):

- 1 – съезд на неполных развязках;
- 2 – петлевой съезд;
- 3, 4 – съезд с использованием кольца (либо в 2-х, либо в 3-х уровнях);
- 5, 6 – полупрямые съезды (с правой полосы, но без петли);
- 7, 8 – прямые съезды (с левой полосы данного направления, мост через встречную полосу, широкая разделительная полоса)

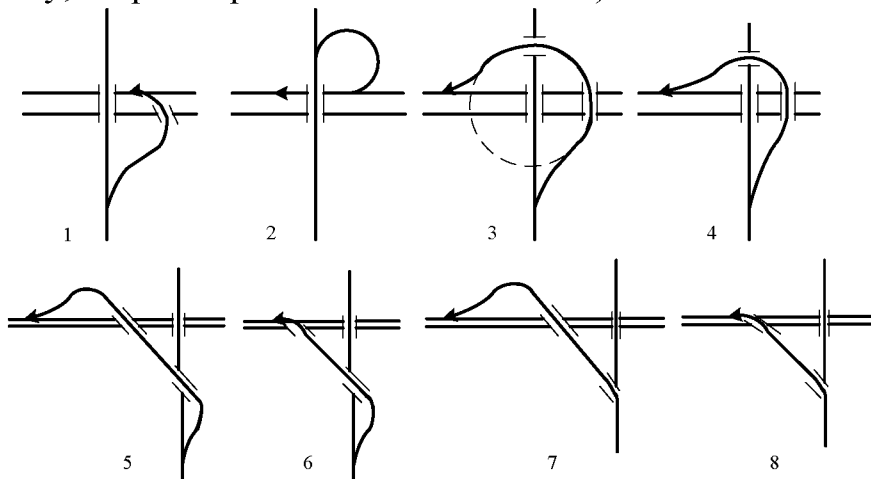


Рисунок 13.6 – Типы левоповоротных съездов на транспортных развязках

Транспортная развязка «клеверный лист».

Развязки этого типа являются самыми распространенными как на автомобильных дорогах, так и на городских магистралях.

Главное их достоинство – полная развязка движения с помощью одного путепровода. Левоповоротные съезды выполнены по петлевой схеме и

расположены внутри угла, образованного двумя пересекающимися дорогами. Правоповоротные съезды проходят по кратчайшему направлению.

Пропускная способность отдельных направлений движения на развязке «клеверный лист» неодинакова. Наибольшая пропускная способность обеспечивается на прямом направлении на обеих пересекающихся дорогах. Она ограничивается только числом полос движения.

Пропускная способность правоповоротных съездов ограничивается зоной слияния потоков в месте примыкания съезда к главной дороге. Пропускная способность этой зоны может быть увеличена за счет устройства переходно-скоростных полос или дополнительной полосы проезжей части главной дороги, продолжающей правоповоротный съезд.

Пропускная способность левоповоротных съездов ограничивается двумя зонами: переплетением потоков на межпетлевом участке и зоной слияния с главной дорогой. Ограничение это может быть уменьшено за счет устройства переходно-скоростных полос, но полностью устранить, особенно зону переплетения, не удастся. Поэтому развязки «клеверный лист» применяют при относительно невысокой интенсивности левого поворота (до 400 авт./ч) и равномерной загрузке всех направлений движения или при пересечении двух сильно различающихся по интенсивности поворачивающего движения дорог, но с нагрузкой на зону переплетения не более 800 авт./ч.

Обжатый «клеверный лист» (рис. 13.7), или сплюснутый «клеверный лист» – очень распространенный в городских условиях тип транспортного пересечения в двух уровнях, когда необходимо обеспечить непрерывный режим движения по двум направлениям.

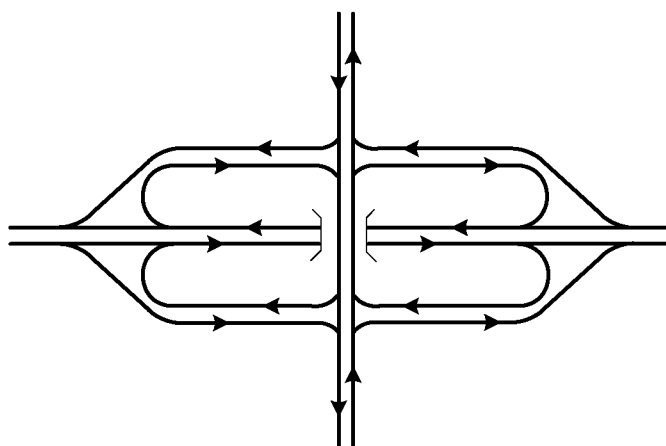


Рисунок 13.7 – Обжатый «клеверный лист»

В городских условиях в транспортной развязке «клеверный лист» сохраняется лишь схема организации левоповоротного движения – петлевые съезды. Планировка всего пересечения претерпевает очень серьезные изменения.

Особенность пересечения типа обжатый «клеверный лист» состоит в том, что право- и левоповоротные съезды вытягиваются вдоль пандуса

искусственного сооружения. На пересечениях этого типа назначаются минимально допустимые радиусы круговых кривых на съездах и въездах от 15 до 20 м. Недостаток пересечений этого типа – в значительном снижении скорости при движении транспортных средств по съездам (до 15-20 км/ч). В то же время, несомненно, важным преимуществом такого пересечения является небольшая потребность территории – 2-3,5 га.

Примыкания типа «труба».

Применяется на Т-образных пересечениях. В транспортной развязке на таких примыканиях один из левых поворотов выполняется по петлевой схеме. Это позволяет развязать движение с помощью только одного путепровода (рис. 13.8). В схеме развязки два лево-поворотных съезда – петлевой и полупрямой. Петлевой съезд располагают по менее напряженному направлению, поскольку условия движения на нем менее удобны, чем на полупрямом съезде: меньший радиус кривой в плане, поворот на 270° , малая скорость движения на входе на съезд. Полупрямой левоповоротный съезд позволяет двигаться с большей скоростью и обладает более высокой пропускной способностью, чем петлевой.

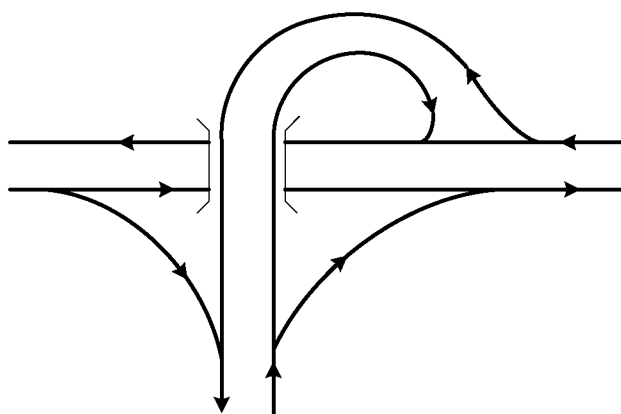


Рисунок 13.8 – Примыкания типа «труба»

На пропускную способность съездов угол пересечения влияния не оказывает.

Пропускная способность главной дороги (имеющей продолжение в обе стороны от развязки) ограничивается только числом полос движения. Помехи от поворачивающего движения испытывают только крайние правые полосы. Эти помехи могут быть уменьшены за счет строительства переходно-скоростных полос или продолжением съездов самостоятельной полосой проезжей части.

Пропускная способность правых поворотов ограничивается зоной слияния с главной дорогой и может быть увеличена за счет переходно-скоростных полос. Возможно ограничение пропускной способности из-за наличия в плане съезда кривых малых радиусов, снижающих скорость движения поворачивающего потока ниже 40 км/ч.

На пропускную способность петлевого съезда оказывают влияние те же факторы, что и на развязке «клеверный лист», за исключением зоны переплетения, которая на развязке «труба» отсутствует.

Пропускная способность полупрямого съезда ограничивается только зоной слияния с главной дорогой. При продолжении этого съезда отдельной полосой пропускная способность его будет зависеть только от числа полос движения и, как минимум, будет равна при однополосном съезде пропускной способности одной полосы при свободном движении.

При очень высокой интенсивности левоповоротных потоков на примыканиях (разветвлениях) дорог высших категорий оба левоповоротных съезда могут быть выполнены по схеме полупрямого или прямого поворота.

В городских условиях развязка «труба» так же, как «клеверный лист», сохраняет схему движения, но изменяет планировку: малая ширина улиц прижимает съезды к основному транспортному сооружению. Радиусы левоповоротных съездов при этом уменьшаются до 10-15 м. Повышение пропускной способности поворачивающих направлений возможно на таких развязках только за счет увеличения числа полос движения на съездах и устранения зон слияния.

Для размещения развязки «труба» необходима ширина улицы в красных линиях более 50 м.

Транспортная развязка с распределительным кольцом.

В развязках этого типа реализована схема организации левого поворота на кольцевых пересечениях (рис. 13.9). Достоинствами этой схемы развязки являются простота ее планировочного решения, понятность для водителя. В зависимости от интенсивности движения по второстепенной дороге эта развязка может иметь два путепровода с выходом на распределительное кольцо всего потока с второстепенного направления и пять путепроводов с выходом на распределительное кольцо только поворачивающих потоков. Потоки прямых направлений в последнем случае проходят без помех.

Основной недостаток этих развязок – малая пропускная способность левоповоротных направлений. Это вызвано ограничением пропускной способности зон переплетения на распределительном кольце. Даже при больших диаметрах распределительного кольца пропускная способность зоны переплетения не достигает 1000 авт./ч. Это означает, что на пересечении двух равнозначных дорог при распределительном кольце с двумя путепроводами пропускная способность левоповоротных направлений будет составлять не более 250 авт./ч, а с пятью путепроводами – не более 400 авт./ч.

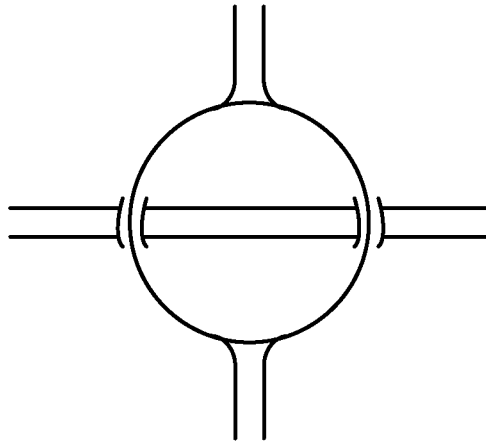


Рисунок 13.9 – Транспортная развязка с распределительным кольцом

Распределительное кольцо в транспортной развязке целесообразно при пересечении дороги высокой категории на небольшом расстоянии сразу с несколькими дорогами более низких категорий. При пересечении двух равнозначных дорог развязка с распределительным кольцом по своим транспортно-эксплуатационным показателям может конкурировать только с неполными транспортными развязками.

В городских условиях транспортная развязка с распределительным кольцом (рис. 13.10) применяется довольно широко, особенно на пересечении магистральной улицы с улицами местного значения. Распределительное кольцо позволяет вывести на развязку несколько улиц. Пропускная способность кольца может быть увеличена введением светофорного регулирования и увеличением числа полос движения.

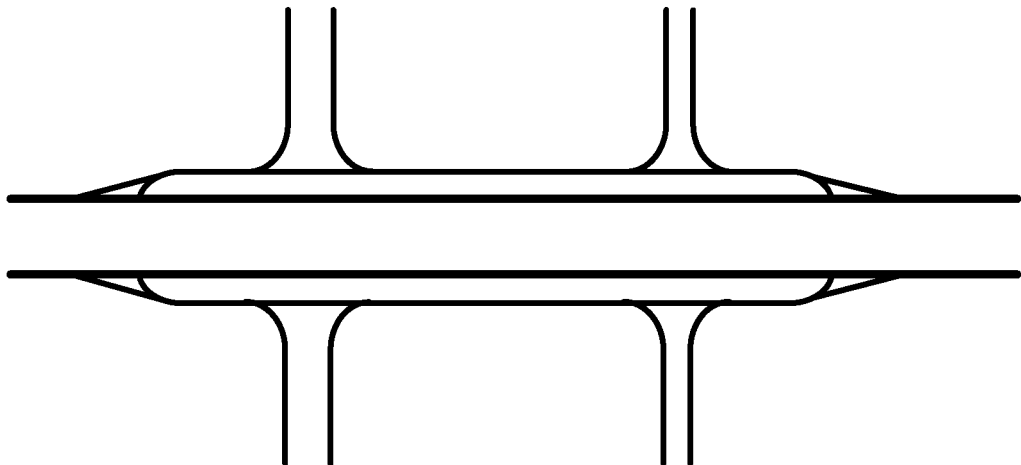


Рисунок 13.10 – Транспортная развязка с распределительным кольцом в городских условиях

Для размещения развязки с распределительным кольцом необходима ширина улицы в красных линиях более 50 м.

Пропускная способность пересечений с развязкой движения в разных уровнях

Одного показателя, характеризующего пропускную способность всей транспортной развязки, нет. Пропускные способности съездов и прямых направлений оценивают обычно отдельно. Это объясняется тем, что, во-первых, закономерности формирования движения прямых и поворачивающих потоков неодинаковы, и, во-вторых, пропускная способность съездов во многом определяется интенсивностью и режимом движения основного направления, а пропускная способность прямого направления – дорожными условиями, существующими на пересекающихся дорогах.

Пропускная способность прямых направлений на транспортной развязке зависит от числа полос движения проезжей части и планировочного решения развязки. На полных транспортных развязках пропускная способность прямого направления рассчитывается так же, как и для улиц непрерывного движения, с учетом состава потока и многополосности движения. Исключение составляет правая крайняя полоса, с которой сопрягаются съезды развязки.

С учетом реальных условий пропускная способность одной полосы движения прямого направления транспортных развязок на автомагистралях составляет 1100-1200 авт./ч, в городских условиях – не более 1000 авт./ч.

Пропускная способность съезда определяется пропускной способностью трех его участков – входа, полосы движения на съезде, выхода на главную дорогу – и равна меньшему из этих трех значений.

Если вход на съезд осуществляется с отдельной полосы основного направления (точка *A* на рис. 13.11), то пропускная способность входа будет равна пропускной способности этой полосы. В расчетах эта пропускная способность может изменяться в зависимости от продольного уклона от 600 до 800 авт./ч.

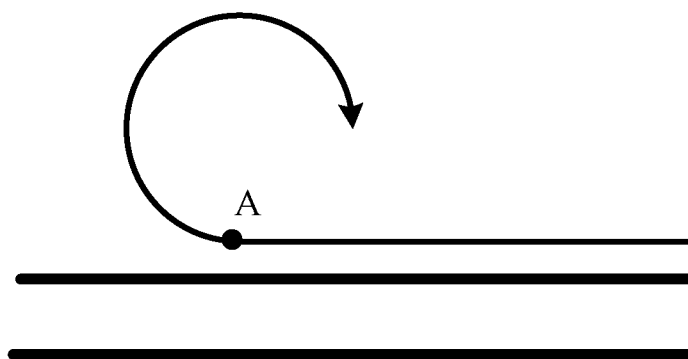


Рисунок 13.11 – Расположение точки входа на съезд с отдельной полосы основного направления

Если вход на съезд осуществляется с зоны переплетения (точка *B* на рис. 13.12), пропускная способность входа будет определяться пропускной способностью зоны переплетения.

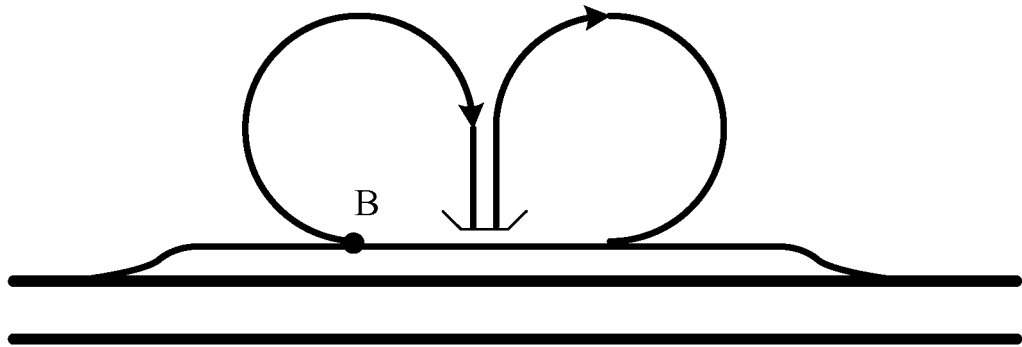


Рисунок 13.12 – Расположение точки входа на съезд с переходно-скоростной полосы с зоной переплетения

Если зона переплетения расположена на переходно-скоростной полосе, то максимальное число автомобилей, которые могут войти на съезд,

$$N_{\text{вх}} = N_{\text{пер}} - N_B, \quad (13.5)$$

где $N_{\text{пер}}$ – пропускная способность зоны переплетения;

N_B – число автомобилей, выходящих со съезда в точке B .

Если переходно-скоростная полоса отсутствует и съезды сопрягаются непосредственно с проезжей частью основного направления, пропускная способность входа на съезд (точки C на рис. 13.13) определяется с учетом интенсивности движения $N_{\text{П}}$ по правой полосе основного направления:

$$N_{\text{вх}} = N_{\text{пер}} - N_n - N_B \quad (13.6)$$

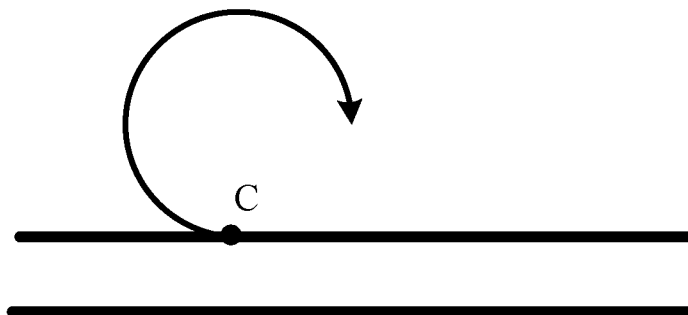


Рисунок 13.13 – Расположение точки входа на съезд при отсутствии переходно-скоростной полосы из основного потока

В реальных условиях при неограниченном входе и выходе пропускная способность полосы петлевого съезда составляет 600-650 авт./ч при скорости движения 25-40 км/ч и 380-450 авт./ч при скорости движения 10-25 км/ч. Увеличение числа полос движения на съезде не дает увеличения его пропускной способности, если выход со съезда организован по одной полосе.

Лекция 14. Организация дорожного движения на участках сети

Основные вопросы:

1. Организация одностороннего движения.
2. Условия организации одностороннего движения. Преимущества и недостатки.
3. Условия организации одностороннего движения.
4. Канализация движения.
5. Влияние канализации на безопасность движения.

Одностороннее движение транспортных средств

Введение одностороннего движения на улично – дорожной сети городов является одним из наиболее эффективных мероприятий как с точки зрения обеспечения безопасности движения, так и с точки зрения снижения задержек, т.е. повышения скоростей сообщения. Рассмотрим два эти положения подробнее.

Повышение безопасности движения

На перегонах повышение безопасности движения обусловлено устранением возможности встречных столкновений. При двустороннем движении на двухполосной дороге любой маневр транспортных средств, связанный с обгоном, объездом препятствия, стоящего автомобиля, поврежденного или ремонтируемого дорожного покрытия и т.д. связаны с выездом на встречную полосу движения и потенциально опасен: может привести к встречному столкновению (рис. 14.1).

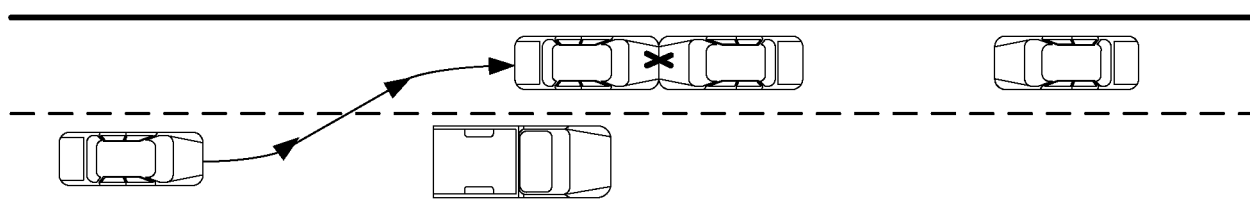


Рисунок 14.1 – Схема встречных столкновений

При одностороннем движении такая опасность полностью устраняется, хотя остается опасность ДТП при слиянии (рис. 14.2).

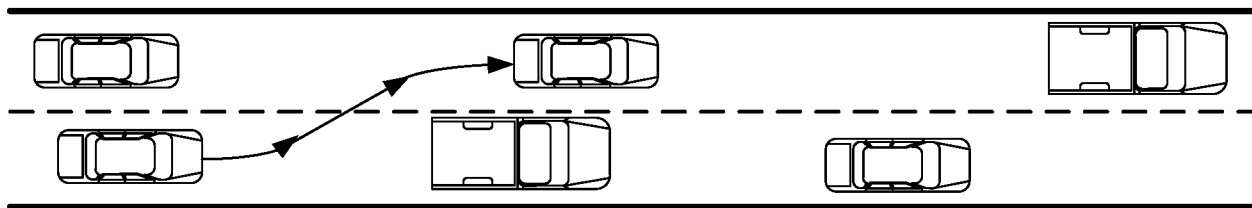


Рисунок 14.2 – Отсутствие встречных столкновений при одностороннем движении

Однако степень опасности ДТП при встречном столкновении намного выше, чем при слиянии на одной полосе.

Повышается также безопасность движения транспортных средств в темное время суток из-за отсутствия ослепления водителей светом фар встречных автомобилей.

Снижается степень опасности пересечений дороги с односторонним движением с дорогами как с двусторонним, так и с односторонним движением. Из предыдущих лекций вы помните, что при пересечении двух дорог с двусторонним движением насчитывается 32 конфликтные точки (рис. 9.1) с суммарным показателем сложности 112. Такое пересечение считается сложным.

При пересечении дорог – одной с односторонним движением, другой с двусторонним, получаем 14 конфликтных точек с суммарным показателем сложности 41. Такое пересечение считается пересечением средней сложности.

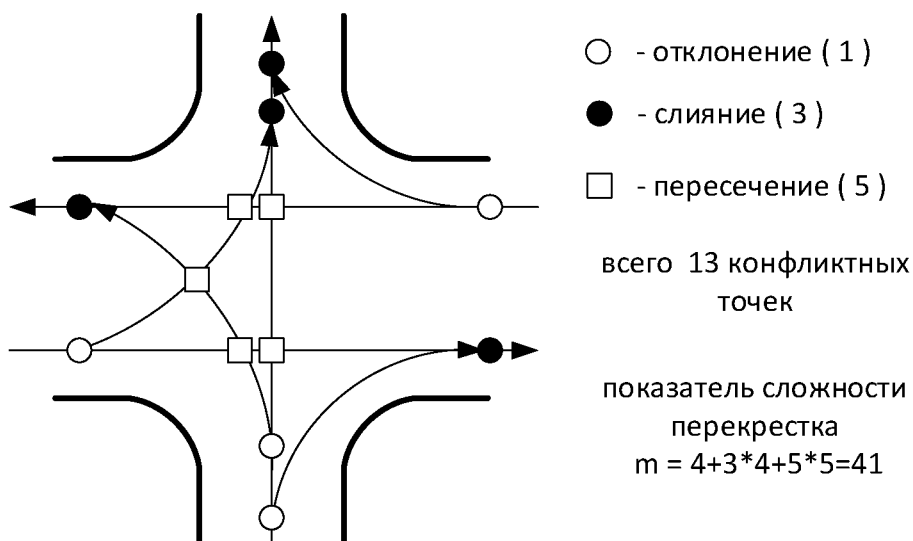


Рисунок 14.3 – Конфликтные точки и сложность перекрестка при пересечении дороги с односторонним движением с дорогой с двусторонним движением

При пересечении двух дорог с односторонним движением количество конфликтных точек снижается до 5, суммарный показатель сложности до 13. такое пересечение считается простым.

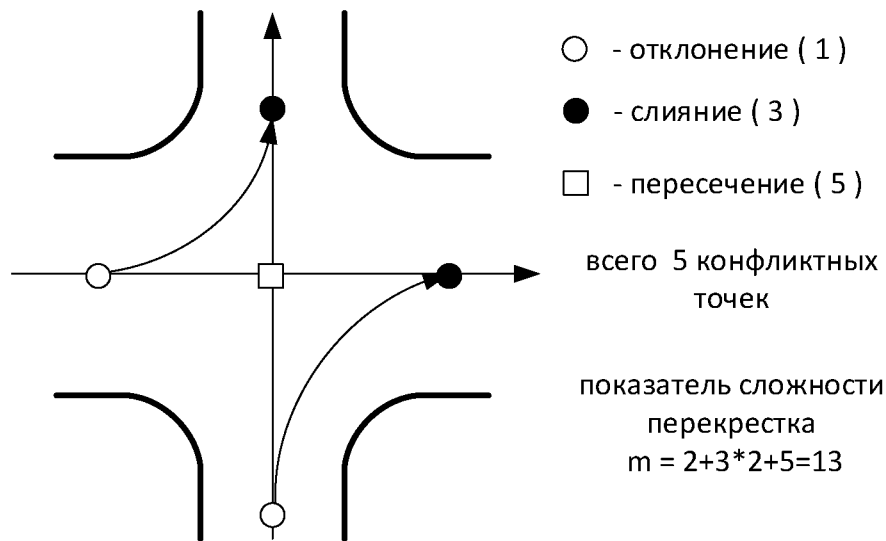


Рисунок 14.4 – Конфликтные точки и сложность перекрестка при пересечении дорог с односторонним движением

Как следствие снижения потенциальной опасности при введении одностороннего движения реальное сокращение ДТП на таких дорогах составляет от 20 до 50%. Это данные и нашей страны и ближнего и дальнего зарубежья.

Уменьшается при введении одностороннего движения и число наездов на пешеходов. Связано это с рядом факторов, в том числе с уменьшением количества конфликтных точек между транспортом и пешеходами; отсутствием встречных транспортных потоков, между которыми может оказаться пешеход; при наличии светофорного регулирования – движения автомобилей пачками, между которыми создаются разрывы, достаточные для перехода лороги.

Вместе с тем, снижение наездов на пешеходов не столь очевидно. В первое время при введении одностороннего движения может наблюдаться некоторое увеличение аварийности. Это связано с несколькими факторами:

- необычным направлением движения транспорта для пешеходов, переходящих улицу с левого по ходу тротуара (мы привыкли: переходя улицу – посмотри налево);

- при организации одностороннего движения на достаточно широкой улице пешеход лишен возможности ожидать проезда транспорта на осевой линии или островке безопасности;

- определенную опасность представляет увеличение скорости движения транспортных средств, особенно на левой полосе движения, непосредственно примыкающей к левому тротуару.

Однако после того, как пешеходы привыкают к новой организации движения, количество ДТП, как показывает опыт, становится меньше, чем при существовавшей, двусторонней. Кроме того, дальнейшего снижения аварийности можно добиться введением дополнительных организационно – технических мероприятий, на которых мы остановимся ниже.

Повышению безопасности движения способствует также снижение эмоциональной напряженности водителей на дорогах с односторонним движением по сравнению с двусторонним. По данным американских исследователей, напряжение водителей на таких дорогах снижается вдвое, что связано с уменьшением числа ситуаций, вызывающих повышенную напряженность из-за отсутствия встречного потока транспорта.

Повышение скорости сообщения.

Повышение скорости сообщения при введении одностороннего движения связано с увеличением пропускной способности дороги и уменьшением задержек на регулируемых пересечениях.

Увеличение пропускной способности дороги при введении одностороннего движения можно проиллюстрировать данными фактических исследований, приведенных в книге Метсона Т.М., Смита В.С. и Харда В.Ф. «Организация движения» о пропускной способности (авт/ч) трехполосной дороги шириной около 13 м с различными вариантами организации движения и разрешенного режима стоянки на ней:

- при двустороннем движении и разрешенной стоянкой с двух сторон1200
- при одностороннем движении и разрешенной стоянкой с двух сторон... 1600
- при двустороннем движении и стоянке с одной стороны.....1800
- при одностороннем движении и стоянке с одной стороны.....2300
- при двустороннем движении и полном запрещении стоянки.....2800
- при одностороннем движении и полном запрещении стоянки.....3400

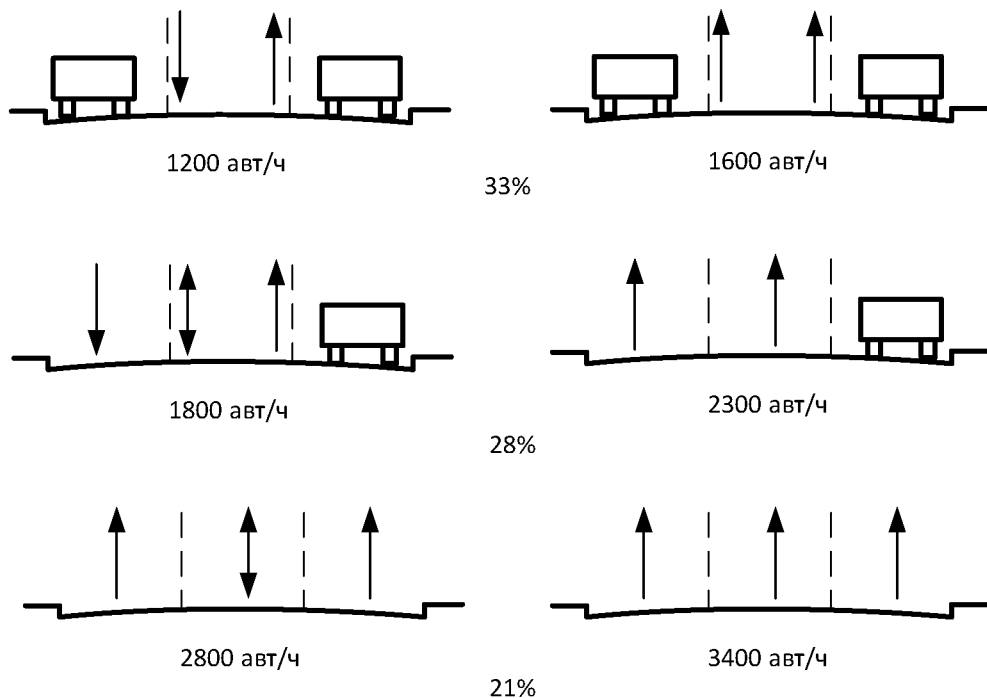


Рисунок 14.5 – Повышение пропускной способности при введении одностороннего движения

На более узких дорогах пропускная способность при введении одностороннего движения увеличивается еще больше – до 50%. На них при парковке автомобилей с двух сторон дороги с двухсторонним движением автомобилям приходится останавливаться для пропуска встречных.

Если движение одностороннее, даже при парковке автомобилей с двух сторон, остается достаточно широкая полоса движения для движения автомобилей, не говоря уже об односторонней парковке.

При наличии двух и более полос для одностороннего движения увеличение пропускной способности обусловлено еще и более четким распределением автомобилей по полосам в соответствии с их скоростными данными. В этом случае движение автомобилей с более высокими скоростями происходит без помех со стороны медленно движущихся.

Задержки на перекрестках, как регулируемых, так и нерегулируемых уменьшаются на дорогах с односторонним движением в среднем в 2-3 раза.

На перекрестках улиц с односторонним движением увеличение количества полос помогает расчленению транспортного потока по направлениям дальнейшего движения. Значительно упрощается выполнение левого поворота, который происходит без помех со стороны встречного потока, движущегося в прямом направлении. В результате резко сокращаются задержки при выполнении этого маневра, уменьшается время освобождения перекрестка.

На нерегулируемых пересечениях снижается время ожидания транспортных средств движущихся в прямом направлении по второстепенной дороге (даже если она двусторонняя – главной на таких пересечениях, как правило, является односторонняя). Объясняется это большей вероятностью появления граничного интервала времени для пересечения главной дороги.

На регулируемых пересечениях уменьшение времени освобождения перекрестка делает возможным снизить время основного такта, что также приводит к уменьшению задержек. Этому способствует также возможность четкой канализации движения по направлениям.

При введении одностороннего движения легче осуществить координированное светофорное управление. В этом случае различное расстояние между перекрестками не создает никаких осложнений (в отличие от двустороннего движения) и легко компенсируется соответствующим сдвигом фаз регулирования. При одностороннем движении длительность зеленого сигнала полностью соответствует «ленте времени», тогда как при двустороннем движении она часто получается значительно большей, чем «лента времени». А это, в свою очередь позволяет снизить время цикла и, соответственно, увеличить пропускную способность перекрестка и снизить задержки как на главном, так и на второстепенном направлении.

В целом, увеличение пропускной способности дороги и снижение задержек на перекрестках позволяет увеличить техническую скорость на величину от 20 до 100%, в зависимости от применяемых организационно-технических мероприятий.

Таким образом, основные преимущества введения одностороннего

движения:

- 1) повышение безопасности движения;
- 2) увеличение пропускной способности;
- 3) снижение задержек;
- 4) повышение технической скорости;
- 5) облегчение введения координированного движения;
- 6) снижение эмоциональной напряженности водителя;
- 7) повышение экологической безопасности (снижение выбросов) за счет более стабильного режима движения; повышение пропускной способности дорожно-транспортной сети за счет введения одностороннего движения обходится в 150-500 раз дешевле, чем реконструкция (расширение) или строительство новых улиц.

Вместе с тем, введение одностороннего движения не свободно от недостатков. Основные из них следующие.

При введении одностороннего движения может увеличиться длина маршрута, а следовательно, может появиться перепробег, увеличится время поездки, расход топлива. Хотя и время поездки, и увеличение расхода топлива с лихвой могут быть компенсированы увеличением скорости движения, снижением задержек и более стабильным режимом движения. Здесь в каждом конкретном случае необходим сравнительный анализ.

При введении одностороннего движения затрудняется ориентировка водителей, особенно тех, кто не знаком с транспортной сетью данного района. Чтобы обеспечить хорошую ориентировку, уменьшить количество нарушений ПДД, необходимо снабжать водителей более полной информацией.

Введение одностороннего движения требует обязательной установки дополнительного регулировочного оборудования (знаков, указателей, разметки и т.п.).

При введении одностороннего движения остановки общественного транспорта удаляются друг от друга по крайней мере, на квартал. При большом расстоянии между улицами с односторонним движением возрастает длина пути, который пассажиры должны преодолевать к остановкам общественного транспорта или от них.

Вместе с тем, этот недостаток проявляется только в том случае, если до введения одностороннего движения маршруты общественного транспорта проходили по обеим параллельным улицам двустороннего движения. Если же маршрут общественного транспорта проходил по одной из них, после введения одностороннего движения потенциальные пассажиры окажутся в одинаковых условиях.

О неудобствах для пешеходов при пересечении улиц с односторонним движением мы уже говорили. Это еще один недостаток, который проявляется на первых порах введения одностороннего движения.

Учитывая возможные преимущества и недостатки одностороннего движения, решение о целесообразности его введения может быть принято только после тщательной инженерной и экономической оценки. Она должна

включать:

- изучение интенсивности движения транспортных потоков на сети;
- определении скоростей движения и задержек транспортных средств;
- изучением мест парковок транспортных средств;
- сравнение пропускной способности улиц при различной организации движения и парковки;
- оценку перепробега транспортных средств;
- изучение условий движения и размещения остановок общественного транспорта;
- изучение пешеходного движения и оценку безопасности пересечения ими проезжей части;
- сравнительную оценку потенциальной опасности движения транспортных средств на перегонах и перекрестках.

На основании собранных данных сравниваются технико-экономические показатели вариантов организации движения.

Вместе с тем, опыт введения одностороннего движения у нас в стране, ближнем и дальнем зарубежье позволил сформулировать определенные условия, которыми следует руководствоваться на ранней стадии проектирования.

1. Наиболее благоприятной для введения одностороннего движения является прямоугольная планировка. При такой планировке образуется сеть параллельных улиц, удобных для организации такого движения.

Значительно сложнее его организовать, если планировка радиальная. Здесь его можно организовать на паре смежных радиальных улиц, но на небольшом расстоянии, т.к. при удалении от центра расстояние между улицами увеличивается и возможны большие перепробеги.

2. Наибольший эффект введение одностороннего движения дает при сравнительно малой (6-9м) ширине проезжей части и невозможности ее расширения. Такие условия чаще всего встречаются в центральной части городов старой застройки. В новых районах центральные транспортные магистрали делают достаточно широкими, где разделение транспортных потоков по направлениям обеспечивается эффективной разделительной полосой.

3. Расстояние между параллельными улицами с движением в разных направлениях не должно превышать 250-350 м.

4. Введение одностороннего движения целесообразно при достаточно высокой интенсивности.

5. Опыт показывает, что при наличии нескольких параллельных улиц целесообразно внедрение одностороннего движения в сочетании с магистралями двухстороннего движения. (Сумская, Чернышевского, Артема, Пушкинская.) При этом преследуются следующие цели: разгрузка центральной магистрали, отделение маршрутного транспорта общего пользования, движение которого организуют на магистрали с двусторонним движением, от транзитного потока, специализация улиц по типам транспортных средств (на улицах с двусторонней организацией запрещают движение грузового транспорта) и т.п.

Остановимся еще на одном вопросе, который возникает при организации

одностороннего движения на двух параллельных улицах – направлении движения. Возможны два варианта организации – условно-правостороннее и левостороннее (рис. 14.6).

В нашем районе по первой схеме организовано движение по ул. Артема и Чернышевского (рис. 14.7), по второй – по улицам Данилевского и Культуры (рис. 14.8). Какая схема более рациональная?

Оценим конфликтные точки поворотных потоков с улиц одностороннего движения к объектам улицы с двусторонним движением, расположенным между ними. Например, к ХНАДУ с и выезд от нашего университета на эти улицы.

При существующей организации одностороннего движения на каждом из перекрестков поворотные потоки имеют по два отклонения, два слияния и три пересечения. Если изменить направление движения по этим улицам, конфликтных точек пересечений не будет.

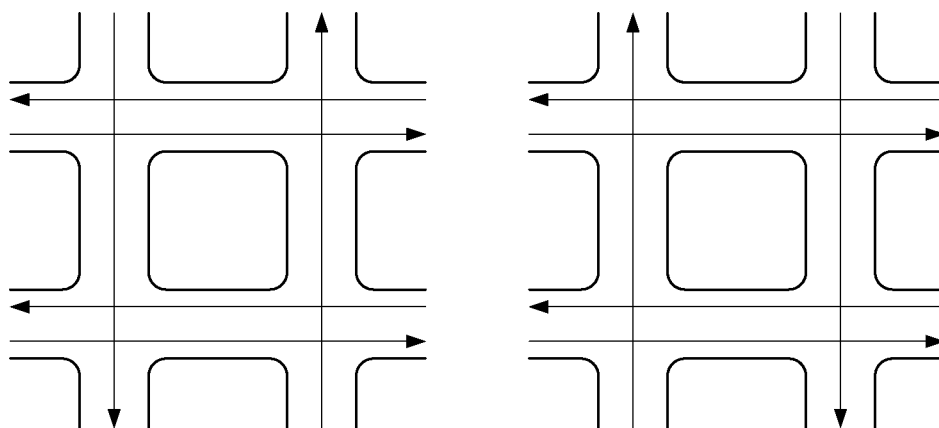


Рисунок 14.6 – Варианты организации одностороннего движения – условно-правостороннее и левостороннее

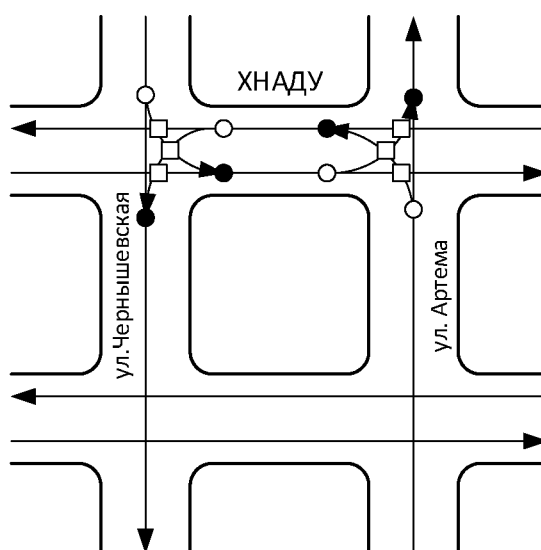


Рисунок 14.7 – Вариант организации одностороннего движения в районе ХНАДУ – условно-левостороннее

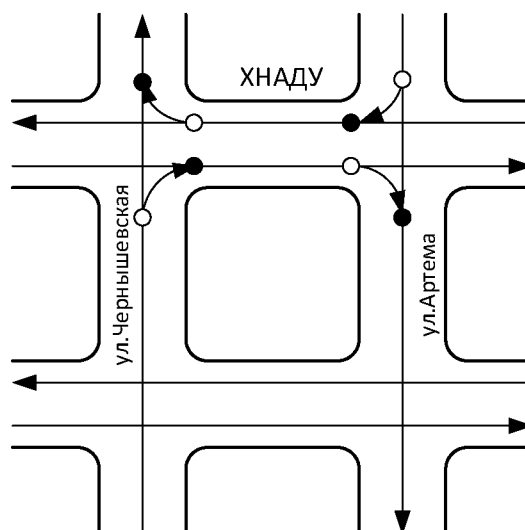


Рисунок 14.8 – Вариант организации одностороннего движения в районе ХНАДУ – условно-правостороннее

Например, если нам нужно подъехать со стороны ул. Культуры ко Дворцу Бракосочетаний или отъехать от него на ул. Данилевского, автомобили совершают только правые повороты.

Таким образом, «левосторонняя» организация одностороннего движения с точки зрения безопасности предпочтительней. Принятая сейчас схема организации движения по ул. Чернышевского и Артема связана с большими сложностями в организации развязки движения на въезде и выезде на этих улицах в районе ипподрома, если использовать рациональную схему.

Существует несколько разновидностей введения одностороннего движения:

1. Полное постоянное. Это наиболее распространенный вариант организации.
2. Полное временное. В этом случае одностороннее движение устанавливается на определенное время. Например, для часа «пик», если в это время в одном направлении движется не менее 80% общего потока транспортных средств. В остальное время движение двустороннее.
3. Реверсивное – если направление основного потока резко меняется во времени, например, в утренний и вечерний час «пик».
4. Неполное. Иногда при введении одностороннего движения выделяется полоса для движения транспорта общего пользования во встречном направлении.

Введение на улицах одностороннего движения требует, для повышения безопасности движения, проведения ряда организационно-технических мероприятий. При этом должны учитываться особенности движения по ним транспортных средств и пешеходов, характерных для таких улиц.

Одной из главных задач при этом является обеспечение безопасности условий перехода улиц с односторонним движением.

В местах нерегулируемых пешеходных переходов через дорогу с несколькими полосами движения необходимо выполнять сплошную разметку проезжей части для более четкого обеспечения рядности. Несмотря на требования ПДД пропускать пешеходов на переходах, в случае, если пешеход будет застигнут на проезжей части группой автомобилей, он будет достаточно уверенно чувствовать себя в зазоре между рядами автомобилей.

При наличии встречной полосы для движения транспорта общего пользования на перекрестках, не оборудованных светофорным оборудованием, а также на участках перегонов, где происходит безостановочное движение транспортных средств, целесообразно размечать островки безопасности шириной 9,75м и предшествующий им отгонный клин длиной 30м.

На регулируемых перекрестках по условиям безопасности и удобства движения целесообразно устраивать пешеходные переходы перед перекрестком по ходу движения транспортных средств.

В целях повышения безопасности движения левый тротуар по ходу движения автомобилей следует отделять от проезжей части ограждением.

Необходимость такого ограждения связано с тем, что обычно по левой полосе автомобили движутся с наибольшими скоростями и определяется шириной тротуара и интенсивностью пешеходного движения. Исследования показывают, что ограждение необходимо при следующих их соотношениях:

Ширина тротуара, м	Интенсивность пешеходного движения, чел/ч
1,5	500
2,25	1200
3,0	1900

При таком соотношении ширины тротуара и интенсивности пешеходного движения резко повышается вероятность выхода пешеходов с тротуаров и движения вдоль него по проезжей части.

Для успешного действия системы одностороннего движения улицы необходимо оборудовать соответствующими дорожными знаками.

Реверсивное движение

В часы пик на городских автомагистралях поток автомобилей, движущийся в одном из двух направлений, как правило, гораздо больше, чем встречный. По этой причине пропускная способность автомагистрали не используется полностью. Лучшему использованию таких улиц способствует организация реверсивных полос движения.

Реверсивные полосы движения предусматривают использование одной или более полос для движения в одном направлении в определенное время суток и в противоположном направлении в другое время суток. Например, на дороге с тремя полосами движения средняя полоса обычно используется для движения автомобилей, следующих в одном из противоположных направлений, водители

которых намереваются осуществить левый поворот, а в часы пик она используется для движения только в одном направлении, а именно, в направлении движения преобладающего потока автомобилей. Очевидно, что использование реверсивных полос движения имеет целью обеспечить дополнительную полосу или дополнительные полосы для движения в направлении преобладающего потока автомобилей.

Критерии необходимости применения реверсивных полос движения. Определенные критерии использования реверсивных полос движения отсутствуют; однако сама идея преследует цель обеспечить, используя либо одну, либо несколько полос движения, либо всю ширину улицы, соответствующую пропускную способность для преобладающего потока автомобилей. При этом необходимо обеспечить соответствующую пропускную способность и для встречного направления.

Преимущества. Использование реверсивных полос движения представляет собой эффективный метод увеличения пропускной способности существующих улиц в часы пик. При минимуме капитальных затрат он позволяет использовать избыточную пропускную способность для слабого потока автомобилей путем предоставления одной или более полос движению в противоположном направлении – в направлении преобладающего потока автомобилей. Результат – лучшее использование всех полос движения.

Недостатки системы состоят в следующем:

- в часы пик может быть уменьшена пропускная способность улицы для более слабого потока автомобилей;
- в конечных пунктах реверсивных полос зачастую возникают проблемы регулирования движения;
- со стороны водителей потребуется повышенное внимание к организации движения.

Целесообразность системы. При определении целесообразности использования системы реверсивных полос движения следует принимать во внимание несколько факторов.

Состояние перегруженности улицы. Улица или автомагистраль считается перегруженной, если средняя скорость движения транспортных средств по ней на определенных участках снижается по крайней мере на 25% по сравнению со скоростью движения на других участках или если перед регулируемым перекрестком образуются значительные очереди автомобилей.

Периодичность состояния перегруженности улиц. Состояние перегруженности улиц должно быть периодическим и предсказуемым, поскольку направление движения по реверсивным полосам обычно изменяется в определенное время суток.

Соотношение интенсивности встречных потоков. Соотношение интенсивности движения между преобладающим и противоположным ему потоками автомобилей должно быть в пределах 2:1...3:1.

Пропускная способность в конечных пунктах системы. Пропускная способность в конечных пунктах системы реверсивных полос движения должна

быть достаточной для обеспечения движения транспортных средств по участкам улиц, находящимся между участками с обычным и реверсивным движением.

Отсутствие альтернативы. Рамки генерального плана улиц исключают возможность расширения существующей проезжей части или строительства автомагистрали.

При организации реверсивного движения применяются следующие технические средства: специальные светофоры, размещенные над каждой полосой движения; дорожные знаки, информирующие водителей об изменениях в режиме движения и о том, в какое время эти изменения имеют место; различные физические барьеры, такие, как переносные конусы, временные дорожные знаки и передвижные разделительные полосы.

Главным образом реверсивные полосы движения вводятся на существующих улицах и дорогах. Но они могут также предусматриваться и в проектах новых автомагистралей.

Канализация движения

Безопасность движения и пропускная способность пересечений зависят от четкости организации на них движения. Оптимальным является планировочное решение, обеспечивающее для каждого направления движения отдельную проезжую часть, ширина которой определяется интенсивностью движения. Транспортные потоки должны двигаться по выделенным для них полосам движения как по каналам: траектория движения должна располагаться только в пределах этого канала, а вход и выход возможны только в строго определенных местах. Такая организация движения носит название канализования движения (от слова канал).

Канализование движения на пересечениях сводится к разделению транспортных потоков, следующих по разным направлениям, выделению для каждого из них самостоятельной полосы движения, рассредоточению, по возможности, конфликтных точек пересечения транспортных потоков. Полосы движения выделяют разметкой или устройством возвышающихся островков, препятствующих движению в неправильных направлениях. Направляющие устройства могут быть стационарными (островки, светящиеся маяки, ограждающий брус, часто выполняющий функцию разделения встречных потоков на мостах, путепроводах) и временными (резиновые и пластмассовые конусы, специальные переносные стойки, применяемые для временного обозначения рядов движения, островков безопасности).

Если элементы, канализующие движение есть только на одной из пересекающихся улиц (дорог), пересечение называется не полностью канализованным, если движение канализовано на обеих улицах (дорогах) – полностью канализованным.

Наиболее опасными являются пересечения двух дорог в одном уровне и перекрестки Т-образного типа, особенно примыкания под острым углом.

Общие правила организации на них движения транспортных потоков

следующие.

- Большие зоны пересечения транспортных потоков способствуют осуществлению транспортными средствами и пешеходами опасных маневров. Поэтому площадь зоны пересечения потоков нужно сокращать.

- Если транспортные потоки пересекаются без слияния или переплетения, пересечение желательно осуществлять под прямым или близким к нему углом.

- Слияние транспортных потоков нужно осуществлять под небольшими углами ($10...15^\circ$).

- Следует принимать меры для уменьшения скорости движения второстепенного потока, например, за счет отклонением его траектории движения или устройства островков конической формы. Отклонения основного транспортного потока следует избегать.

- Для потоков, которые пересекают другой поток или осуществляют поворот, нужно обеспечить защиту транспортных средств оборудованием островков соответствующей формы.

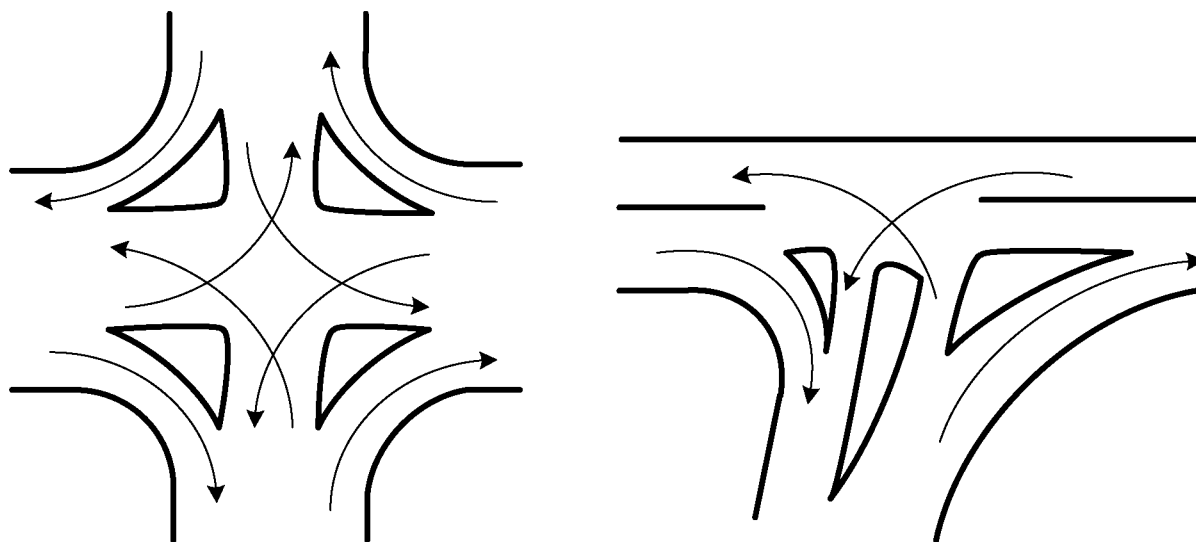


Рисунок 14.1 – Примеры схем канализации движения.

При выборе схем канализации необходимо строго соблюдать принципы организации движения на пересечении, обеспечивающие безопасность движения. Эти принципы следующие.

1. Транзитное движение на обеих дорогах следует отделять от поворачивающего.

2. Планировка пересечений всех типов должна быть зрительно ясной и простой и при этом подчеркивать главное направление движения, имеющее преимущество проезда

3. Количество островков должно быть минимально необходимым.

4. Полосы движения, выделенные для какого-либо направления, должны подчеркиваться планировкой пересечения и легко прослеживаться взглядом.

5. Планировка пересечения должна обеспечивать оптимальные углы пересечения транспортных потоков.

6. Планировка пересечения должна по возможности предусматривать удаление друг от друга конфликтных точек, хотя это и увеличивает площадь, занимаемую пересечением.

7. Для стоянки автомобилей в ожидании возможности левого поворота следует выделять специальные полосы движения.

8. Поворачивающие автомобили желательно прикрывать островками от встречного движения.

9. Для транзитных автомобилей на основной дороге должна быть обеспечена скорость свободного движения на прилегающих участках дороги.

10. Полоса движения для перехода с главной дороги на второстепенную должна обеспечивать постепенное снижение скорости.

11. Вблизи от населенных пунктов на пересечении должны быть обозначены разметкой места пешеходных переходов и пути для велосипедистов.

12. Островки должны иметь обтекаемое, каплеобразное очертание.

Задачи, которые могут быть решены методами канализирования движения:

- 1) разделение попутных и встречных потоков;
- 2) исключение лишней ширины проезжей части из движения;
- 3) обеспечение правильного исходного и конечного положения автомобиля при выполнении маневра на перекрестке;
- 4) обеспечение наиболее желательной траектории движения по пересечению;
- 5) защита транспортного средства, ожидающего выполнения маневра;
- 6) защита пешеходов и средств регулирования движения;
- 7) принудительное снижение скорости транспортного потока.

Лекция 15. Организация дорожного движения в специфических условиях

Основные вопросы:

1. Организация дорожного движения в темное время суток.
2. Организация движения при реконструкции и ремонте участков автомобильных дорог.
3. Организация движения на железнодорожных переездах

Обеспечение безопасности движения в темное время суток

Статистика ДТП показывает, что в темное время суток резко повышается опасность движения: доля ДТП в темное время суток составляет 40—60% несмотря на то, что суммарная интенсивность движения в этот период в 5—10 раз ниже, чем в светлое время (табл. 15.1).

Таблица 15.1 – Статистика ДТП в темное время суток

ДТП	Распределение ДТП, %	
	днем	ночью
Наезды на пешеходов, идущих по краю проезжей части	10	90
Наезды на велосипедистов, едущих попутно	28	72
Столкновения транспортных средств	64	36
Опрокидывание автомобилей	71	29
Наезды автомобилей на неподвижное препятствие	38	62

Большинство ДТП в темное время суток произошли при отсутствии или крайне низком качестве стационарного наружного освещения. ДТП, происходящие в темное время, характеризуются большей тяжестью последствий, особенно при наездах на пешеходов. Основной предпосылкой повышения опасности движения в темное время суток является резкое снижение эффективности зрительного восприятия водителями, обусловливаемое физиологическими особенностями человеческого зрения.

Видимость объекта в темноте определяется: яркостью дорожного покрытия (поля адаптации) L_d , яркостью объекта наблюдения L_0 и яркостным контрастом объекта наблюдения с дорожным покрытием K , определяемым относительной разностью яркости:

$$K = (L_0 - L_d) / L. \quad (15.1)$$

Основной задачей повышения безопасности движения ночью по дорогам является создание таких условий видения, при которых водитель может:

- 1) легко различать дорогу и ее направление
- 2) своевременно обнаружить необходимую информацию о появляющихся в поле зрения препятствиях.

Важнейшим средством обеспечения безопасности в темное время суток является устройство и совершенствование стационарного освещения в городах, населенных пунктах, а также на наиболее загруженных движением участках загородных дорог.

Для предотвращения или снижения вероятности ослепления водителей при организации дорожного движения могут быть применены в настоящее время следующие меры:

- взаимное удаление встречных потоков транспортных средств или их полная изоляция (одностороннее движение),
- установка противоослепляющих устройств на полосе, разделяющей встречные потоки. Высота ограждения должна быть не менее 1600 мм, а нижнего края не более 450 мм от поверхности дороги; ограждение не должно пропускать световой поток фар встречных автомобилей при угле действия его в пределах от 0 до 20°. В качестве элементов противоослепляющих устройств известно применение сеток, экранов из алюминиевых планок или пластмассовых

профилей, а также посадка специальных кустарников;

- контроль на дорогах за регулировкой фар и правильностью пользования ими водителями;

- контроль за состоянием стационарного освещения, в том числе применения прожекторов на складах, строительных площадках, расположенных поблизости от улиц и дорог;

- создание широких разделительных полос. Предлагается ширина полосы, равная 20 м для автомагистралей и 7 м – для дорог в городах и горных районах.

На улицах и дорогах, не имеющих стационарного освещения, для обеспечения безопасности применяют оптическое ориентирование водителей. К средствам оптического ориентирования можно отнести продольную разметку проезжей части, выполненную светоотражающей краской или дополненную рефлектирующими приспособлениями, встроенными в поверхность дороги. Световозвращающие элементы необходимо также применять на вертикальных направляющих устройствах, применение которых предусмотрено ГОСТ 23457-59.

Недостаток этих простейших средств заключается в их подверженности загрязнению. Поэтому на дорогах с плохо укрепленными обочинами очень важно дополнять разметку применением направляющих столбиков.

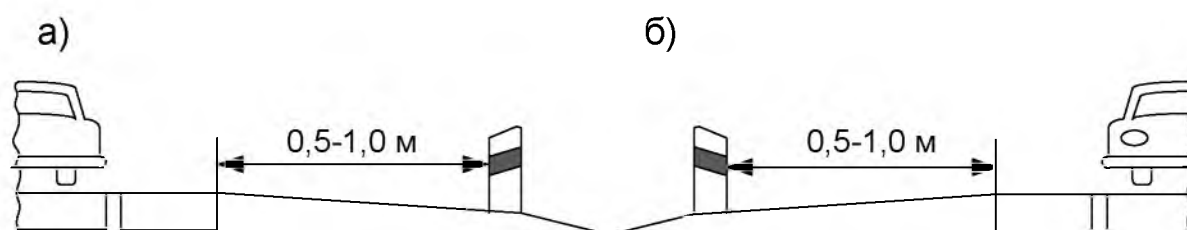


Рисунок 15.1 – Схема размещения направляющих столбиков

Размещение направляющих столбиков показано на рис. 15.1. Светоотражающие элементы на столбиках справа должны быть красными, а на левых – белыми или желтыми. Такое расположение соответствует общему цветовому порядку, который обеспечивается светосигнальными приборами автомобилей. Правая сторона дороги обозначается красными сигналами задних габаритных огней, а левая – белыми или желтыми габаритными огнями и фарами встречных автомобилей.

Введение стационарного освещения также не исключает необходимости в средствах оптического ориентирования.

Особенно необходимо применение светящихся маячков на островках безопасности перед въездами в тоннели и на эстакады.

Важнейшим условием четкости и безопасности дорожного движения в темное время суток является своевременное восприятие водителями управляющей информации от дорожных знаков. Различение знаков в темноте возможно лишь при условии, что они имеют собственное внутреннее или

наружное освещение, либо выполнены с применением световозвращающих материалов (пленок).

Наружное освещение городских улиц и дорог

Основными характеристиками освещения являются освещенность и яркость поверхности.

Освещенность поверхности – показатель светораспределения, измеряемый отношением светового потока к равномерно освещаемой площади; единица измерения – люкс (1 лк равен освещенности, создаваемой световым потоком 1 лм на поверхность 1 м²).

Яркость поверхности характеризует количество отражаемого света (или излучаемого света, если речь идет об источниках света). Единица измерения яркости – кандела на квадратный метр, численно равна силе света в 1 кд с 1 м² площади светящейся поверхности на плоскость, нормальную к направлению излучения.

Средняя яркость покрытия определяется для участка дороги, удаленной от наблюдателя на расстояние 60-160 м, при высоте глаз наблюдателя 1,5 м.

Показатель ослепленности – критерий оценки слепящего действия осветительной установки. Для городских улиц и дорог он должен быть не менее 150. Зависит от яркости фона, числа светильников, высоты установки светильников, расстояния между рядом светильников и середины проезжей части, высоты глаз наблюдателя над проезжей частью.

Показатель ослепленности можно регулировать за счет изменения высоты подвеса светильников. Уменьшение высоты подвеса светильников позволяет снизить стоимость опор, но приводит к увеличению их числа. Увеличение высоты подвеса светильников требует большей мощности ламп, более дорогих опор, но позволяет уменьшить число светильников и снизить количество потребляемой энергии.

Расстояние между фонарями или отдельными светильниками в одном ряду по линии их расположения вдоль оси улицы называется шагом фонарей (светильников). Для магистральных улиц шаг расположения осветительных опор составляет 30-60 м. Отношение шага опор к высоте подвеса светильников должно быть не более 5:1 на улицах всех категорий (при одностороннем, осевом или прямоугольном размещении). Исключение составляет шахматная схема размещения, для нее допустимое соотношение 7:1. При ширине проезжей части 12-15 м и нормативной яркости 0,6 кд/м² и выше допускается двустороннее освещение проезжей части. При ширине проезжей части 15 м и более двустороннее расположение фонарей является обязательным.

Качество освещения зависит от правильности размещения светильников. Основные схемы размещения светильников представлены на рис. 15.2.

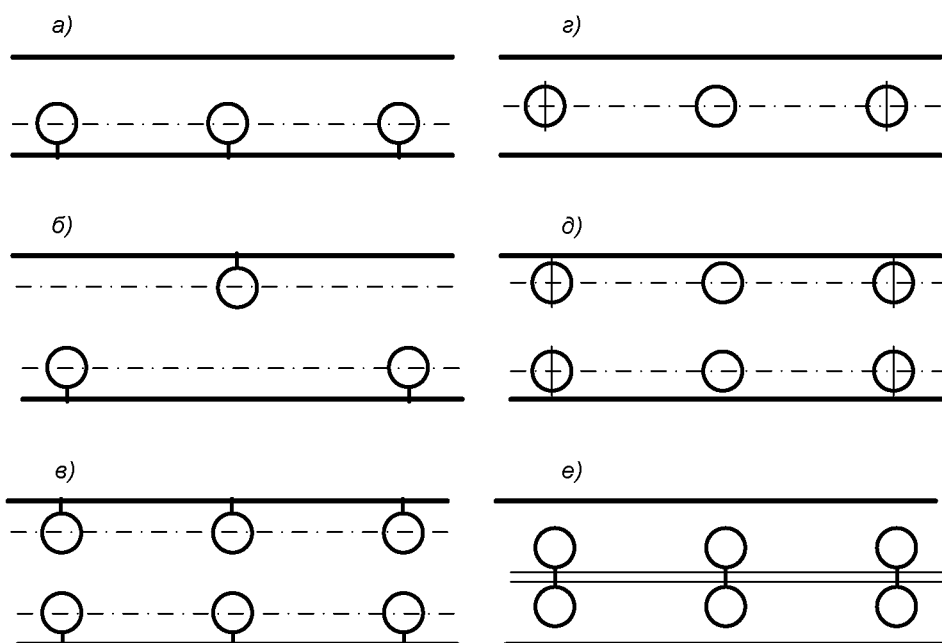


Рисунок 15.2 – Основные схемы размещения светильников:

а – односторонняя; б – двухрядная в шахматном порядке; в – двухрядная прямоугольная; г – осевая; д – двухрядная прямоугольная по осям движения; е – двухрядная прямоугольная по оси улицы

На транспортных развязках наилучшие результаты достигаются при освещении мощными светильниками, установленными на высоте 25—30 м. При использовании стандартных светильников особое внимание следует уделить освещению конфликтных зон на входах на съезды и выходах с них, а также зон переплетения потоков.

Осветительные опоры должны располагаться на расстоянии не менее 0,6 м от лицевой грани бортового камня до наружной поверхности (цоколя опоры). На жилых улицах это расстояние может быть уменьшено до 0,3 м. На закруглениях и съездах опоры должны располагаться не ближе 1,5 м от начала кривой.

Высота подвеса светильников зависит от функционального назначения освещаемой поверхности. Над проезжей частью улиц и площадей высота подвеса должна быть не менее 6,5 м, над контактной сетью трамвая – не менее 8 м от головки рельса, для троллейбуса – 9 м от уровня проезжей части.

Размещение светильников в зоне перекрестков должно предусматривать обеспечение большей яркости на них, чем на подходах к ним, и хорошую видимость таких важных элементов, как пешеходные переходы, закругления, карманы для левоповоротного движения и т.д (рис. 15.3).

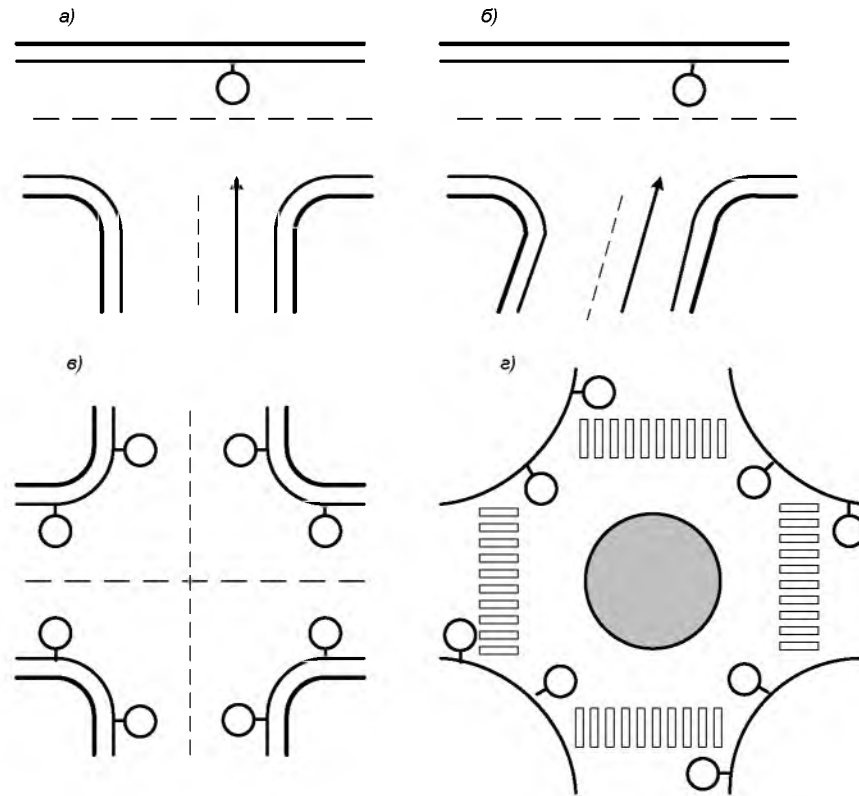


Рисунок 15.3 – Схемы освещения пересечений улиц:
 а, б – примыкания; в – пересечения; г – кольцевые развязки

Схемы расположения светильников вдоль улицы могут быть разнообразными (рис. 15.4).

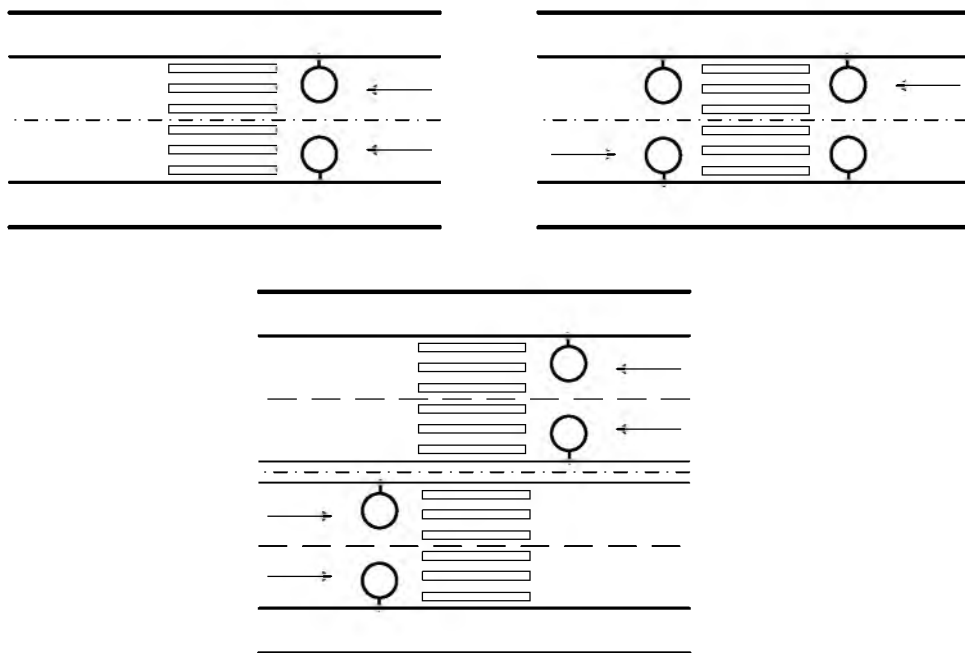


Рисунок 15.4 – Схемы расположения светильников на пешеходных переходах
 (стрелками показано направление движения)

Серьезным препятствием качественного освещения проезжей части являются разросшиеся кроны деревьев, приближенных к проезжей части. Для обеспечения качества освещения в этих условиях согласно СНиП Н-60-75 рекомендуется применять тросовый подвес светильников или удлиненные кронштейны, сократить шаг расположения светильников не менее чем в 1,2 раза, тем самым увеличить световой поток не менее чем в 1,2 раза. Для выделения пешеходных переходов и транспортных пересечений рекомендуется использовать светильники с источниками света, отличающимися по цветности от остальных.

Опоры осветительных установок могут представлять опасность, поэтому они должны удаляться от кромки тротуара, как правило, не менее чем на 0,6 м. При расположении по оси разделительной полосы, шириной менее 5 м, опоры должны быть обязательно защищены дорожными ограждениями, установленными на расстоянии не менее 1 м от края разделительной полосы.

Организация движения при реконструкции и ремонте участков автомобильных дорог

Строительные работы при реконструкции участков автомобильных дорог и ремонтные работы на проезжей части дорог и улиц нарушают дорожное движение и могут послужить причиной ДТП. Строительные работы при реконструкции могут быть весьма продолжительны. Радикальное решение вопроса требует, чтобы на весь этот период был предусмотрен объезд, обеспечивающий безопасное движение транспортных потоков с достаточно высокими скоростями.

В случае хорошо развитой сети автомобильных дорог движение с участка, где ведутся строительные или ремонтные работы, можно переключить на параллельные маршруты. При малой плотности дорожной сети такое решение может привести к значительному перепробегу транспортных средств.

Объезды застраивают на самостоятельном земляном полотне с дорожными одеждами простейшего типа. Необходимо, чтобы проезжая часть объезда обеспечивала движение со скоростью не менее 30 км/ч.

Для поддержания проезжей части объезда в удовлетворительном состоянии ее необходимо систематически ремонтировать. При интенсивности движения 1000 авт./сут. и более требуется устройство дорожной одежды объезда более капитальных типов. При устройстве объездов целесообразно использовать сборно-разборные конструкции дорожных одежд.

Перевод движения на объезд допускается лишь при условии, что он не создает затруднений и опасности для дорожного движения. В некоторых случаях, когда удовлетворение этого требования связано с большими затратами и капитальными работами, может быть принято решение о строительстве нового участка дороги, параллельного намеченному к реконструкции. В этом случае реконструкция участка будет осуществлена без перерыва движения, а функции

объезда возлагаются на существующую дорогу.

Общее требование к строительным, ремонтным и монтажным работам на проезжей части дорог и улиц, а также на тротуарах заключается в том, чтобы они выполнялись в сжатые сроки и в такой период, когда оказывают наименьшее влияние на организацию дорожного движения.

Мероприятия по организации дорожного движения в период ремонтно-строительных работ должны включать в себя:

- расчет и проверку пропускной способности проезжей части, которую можно выделить для пропуска транспортных средств без устройства объездов;
- в случае недостаточной пропускной способности определение маршрутов объездов по существующей дорожной сети и по вновь построенным участкам объездов;
- разработку системы управления движением;
- меры безопасности для пешеходов;
- меры по оповещению участников движения о начале ремонтно-строительных работ и о новых маршрутах движения; для предварительного оповещения следует использовать средства массовой информации.

Нередко ремонтно-строительные работы производятся поочередно на части ширины дороги с использованием оставшейся части для пропуска движения. В зависимости от интенсивности движения и оставшейся ширины проезжей части возможна организация двустороннего или челночного движения. На двухполосных дорогах в этом случае возможен только попеременный пропуск встречных потоков по одной полосе.

Регулирование движения при челночном пропуске встречных потоков осуществляют регулировщики, между которыми установлена телефонная или радиосвязь, а также светофоры, работающие по твердой программе или снабженные счетчиками транспортных средств.

В темное время суток и в транспортных туннелях в течение всего времени участки ремонтно-строительных работ необходимо обозначать световыми сигналами. Габаритные сигнальные огни должны быть хорошо видны на расстоянии не менее 100 м.

Перед началом работ необходимо согласовать с Госавтоинспекцией схему организации движения транспортных средств и пешеходов на период ремонтно-строительных работ. В схеме должны быть указаны маршруты объездов, средства регулирования движения: дорожные знаки, разметка, светофоры, ограждения. Начинать работы можно только после полного обустройства ремонтно-строительного участка всеми необходимыми ограждениями и дорожными знаками.

Организация движения на железнодорожных переездах

Под железнодорожным переездом подразумевают пересечение в одном уровне путей железной дороги и автомобильной дороги или улицы.

Столкновения автомобилей с подвижным составом железных дорог

являются одним из наиболее тяжелых видов ДТП.

Пересечения автомобильных магистралей с железнодорожными путями во многих случаях являются «узким местом», резко ограничивающим пропускную способность автомобильной дороги.

Применяемый термин «железнодорожный переезд» является условным, так как включает не только устройства для переезда через железную дорогу автомобилями но и пешеходные пути.

Безопасность и наибольшая пропускная способность железнодорожного переезда обеспечивается следующими основными условиями:

- достаточным расстоянием видимости переезда для водителей автомобилей и машинистов локомотивов;
- ровностью дороги и настилов на подходах и непосредственно на пересечении рельсовых путей при достаточном их коэффициенте сцепления;
- достаточной шириной полосы движения и числом полос на переезде;
- устройством специальных дорожек для движения пешеходов;
- наличием и исправностью предупредительной информации и сигнализации на переезде (дорожных знаков, светофоров, шлагбаумов, звуковой сигнализации);
- автоматизацией управления сигнализацией и полушлагбаумами;
- соблюдением водителями и пешеходами установленных правил.

Условия видимости на переезде обеспечиваются правильным расположением пересечения и достаточным удалением объектов, закрывающих видимость.

Водитель автомобиля, приближающегося к переезду, должен увидеть локомотив, находящийся на расстоянии не менее 400 м от переезда. В свою очередь, машинист должен иметь возможность видеть место железнодорожного переезда при своем удалении от него на 1000 м. В пределах треугольника видимости не должно быть никаких ограничивающих видимость препятствий (деревьев, строений, заборов и т. д.). Такая видимость совершенно обязательна на переездах, не оборудованных автоматическим управлением, шлагбаумами или светофорами.

В стесненных условиях расположения переездов (непосредственно около железнодорожных станций или в населенных пунктах) необходимо обеспечить достаточную дальность видимости и четкость восприятия сигналов светофорной предупредительной сигнализации и шлагбаумов водителями. Расстояние их видимости для водителей при приближении к переезду должно быть не менее 100 м. Если это не обеспечивается, то на подъезде к переезду должно быть введено соответствующее дальности видимости ограничение скорости.

Ровность покрытия на подходах и настилов на переезде влияет на безопасность движения, на величину задержек автомобилей. Необходимо обеспечивать на переезде движение со скоростью не менее 30 км/ч.

Скорость и безопасность движения на железнодорожном переезде также зависят от коэффициента сцепления шин с дорогой. Поэтому необходимо принимать меры для борьбы с обледенением дороги на подходах. Оптимальная

ширина настила на переезде и проезжей части на подходах к переезду должна как минимум обеспечивать беспрепятственное одновременное движение через переезд двух встречных транспортных средств, чтобы исключить вынужденную остановку в зоне переезда и обеспечить достаточную скорость движения. Согласно рекомендациям СНиП, ширина проезжей части на пересечениях в одном уровне с железными дорогами должна быть не менее 6 м на расстоянии 200 м в обе стороны от переезда.

На переездах с частым движением поездов основной мерой повышения пропускной способности является увеличение числа полос движения. В этом случае перед переездом должна быть сделана продольная разметка проезжей части, определяющая число полос, и установлены дорожные знаки «Направление движения по полосам», указывающие водителям возможность движения в два или более ряда в каждом направлении.

На всех переездах с интенсивным пешеходным движением необходимо устраивать самостоятельные пешеходные дорожки для разделения транспортных и пешеходных потоков. Пешеходные дорожки устраивают из железобетонных плит или из деревянного настила.

На станционных пешеходных переходах в одном уровне с рельсовыми путями, где наблюдаются интенсивные пешеходные потоки, необходимо обеспечивать светофорную и звуковую сигнализацию для пешеходов, а также использовать оповещение пешеходов по радио о приближении поездов. Устройство автоматического управления сигнализацией на переезде (светофором, автоматическим шлагбаумом) существенно снижает задержки автомобилей у переезда.

Включение запрещающих сигналов светофоров автоматической переездной сигнализацией и закрытие автоматических шлагбаумов осуществляют приближающиеся поезда. Опережение включения сигнализации должно быть таким, чтобы самый длинный и медленно движущийся автомобиль, въехавший на переезд в момент включения, имел бы достаточно времени для освобождения переезда до того, как самый быстрый поезд пройдет расстояние от места срабатывания автоматической сигнализации до переезда.

Для предупреждения водителей, которые уже въехали в зону невидимости светофора на переезде, с приближением поезда служит звуковая сигнализация. Продолжительность времени извещения водителей автомобилями определяют исходя из длины опасной зоны на переезде. В табл. 15.2 приведены значения опасной зоны для пересечения под прямым углом. Для переездов с пересечением под углом длина участков должна быть рассчитана в соответствии с конкретными размерами и условиями видимости железнодорожного пути и дороги.

Минимальное время извещения водителей транспортных средств о приближении железнодорожного состава рассчитывают исходя из минимальной скорости движения транспортных средств на переезде, равной 1,4 м/с. Для повышения безопасности движения транспортных средств к нему добавляют добавочное (гарантийное) время, которое принимают с учетом местных условий.

Время извещения должно быть не менее 30 с при автоматической светофорной сигнализации или автоматических полушлагбаумах и 40 с при электрических и механизированных шлагбаумах и оповестительной сигнализации.

Таблица 15.2 – Значения опасной зоны для пересечения под прямым углом

Оснащение переезда	Длина опасной зоны, м, для переездов			
	однопутного	двухпутного	трехпутного	четырепутного
Автоматическая сигнализация или полушлагбаум	23	27	33	37
Электрические или механизированные шлагбаумы и оповестительная сигнализация	26	30	35	39

На переездах с пересечением путей не под прямым углом время извещения может увеличиться до 50 с.

Для предотвращения въезда водителей на переездах, по левой стороне перед переездом на расстоянии не менее 20 м должна быть нанесена сплошная осевая линия. На переездах с двумя рядами движения в каждом направлении для этой цели можно также применять разграничительный брус, выступающий на 200-300 мм над поверхностью.

Лекция 16. Грузовое и пассажирское движение в городах. Автомобильные стоянки

Основные вопросы:

1. Грузовой движения в городах.
2. Движение маршрутного пассажирского транспорта.
3. Автомобильные стоянки

Грузовое движение в городах

Проблема организации грузовых перевозок в городах неизбежно обостряется по мере роста города, развития его промышленности, увеличения численности населения. Грузовые автомобили обеспечивают работу промышленных предприятий, строительство в городе, снабжение магазинов продовольственными и промышленными товарами. Содержание и уборка городских территорий также выполняются грузовыми автомобилями.

По характеру выполняемой работы грузовое движение можно разделить на следующие группы:

первая – коммунально-бытовое и торговое обслуживание городской

территории. Грузовые автомобили при этом должны иметь доступ во все районы города.

вторая – перевозка промышленных и строительных грузов. Для перевозок этих грузов используют большегрузные автомобили или тягачи с прицепами и полуприцепами.

третья – внешнее транзитное движение через город. Это движение к городскому транспорту отношения не имеет, поэтому всегда рассматривается как крайне нежелательное и подлежит выводу из города на обходные или внешние кольцевые дороги.

В современном градостроительстве первые две группы грузового движения рассматриваются как обязательный элемент городского движения. При высокой интенсивности движения грузовых автомобилей, особенно второй группы, для них в генплане города необходимо предусматривать специальные магистрали.

При прокладке маршрута движения грузовых автомобилей следует принимать во внимание несколько факторов:

- выбор районов города, через которые будет проходить будущий маршрут для грузовых автомобилей. Нежелательно прокладывать такой маршрут через жилые кварталы, если его можно проложить через район товарных складов или промышленных предприятий;

- конкретные нужды организаций, осуществляющих грузовые автомобильные перевозки, и промышленных предприятий, пользующихся их услугами;

- ширину улиц, наличие стоянок, число поворотов, радиус кривой при повороте на перекрестках и другие факторы, имеющие значение для движения грузовых автомобилей по намеченному маршруту, а также проблемы, которые могут быть созданы грузовыми автомобилями на узких улицах.

Эффективность работы грузовых автомобилей зависит от режима их движения. Оптимальным является непрерывное движение с постоянной скоростью.

По функциональному назначению магистралей и расположения их в системе городских улиц и дорог различают специальную грузовую магистраль, изолированную от жилой застройки, скоростную городскую дорогу и магистральную улицу преимущественно грузового движения.

Методы устранения грузовых перевозок по основным магистралям города:

- ограничение въезда грузовых автомобилей на улицу в периоды суток, когда на этой улице наиболее интенсивное движение легковых автомобилей и общественного транспорта.

- запрещение сквозного проезда. Такой запрет исключает транзитное движение, но не ограничивает подъезд к обслуживаемым зданиям. Это снижает интенсивность не только транзита, но и всех грузовых автомобилей.

- строительство или выделение специальных дорог для грузового движения (экономически целесообразно при доле грузовых автомобилей в потоке более 40%). Число грузовых магистралей в городах не должно быть большим.

Равномерность грузовых перевозок позволяет локализовать их, выделив на

магистральных улицах специальные полосы движения. Интенсивность грузового движения на таких полосах может достигать 400-600 авт./ч при непрерывном движении и 150-200 авт./ч при регулируемом. Это будет соответствовать доли грузовых автомобилей в движении по магистрали 10-15 % и существенного влияния на ее пропускную способность не окажет.

Грузовые перевозки через центр города возможны и осуществляются во многих малых и средних городах. В крупных городах целесообразна организация специальных кольцевых распределительных магистралей.

В городах со сложившейся застройкой проблема грузового движения решается переводом промышленных улиц и районных магистральных улиц, расположенных на границах селитебных районов, в категорию магистралей преимущественно грузового движения.

При проектировании изолированных грузовых городских дорог расчетную скорость принимают для регулируемого движения 70 км/ч и для непрерывного – 100 км/ч. При трассировании этой дороги в промышленно-складской зоне расчетную скорость снижают до 60 км/ч.

На магистралях непрерывного движения рекомендуется обеспечивать уровень загрузки полос движения не более 0,5.

Центральную разделительную полосу на грузовых магистралях целесообразно проектировать в одном уровне с проезжей частью. В этом случае она может использоваться как реверсивная полоса. Ширина ее должна быть не менее 4 м.

Ширина тротуаров на грузовых магистралях принимается равной 3 м на первую очередь строительства и 6 м на перспективу. При строительстве первой очереди из отведенных под тротуар 6 м не менее 3 м используют для устройства полос озеленения с посадкой деревьев и кустарников. По возможности ширину этих полос желательно делать кратной 2 м, так как каждое дополнительное уширение на 2 м позволит разместить еще один ряд деревьев. Зеленые полосы располагают между проезжей частью и тротуаром.

Движение маршрутного пассажирского транспорта

Массовые перевозки пассажиров на городском транспорте, их быстрота, безопасность и экономичность имеют решающее значение для удобства населения. Эффективность этих перевозок зависит от:

- качества их организации транспортными предприятиями;
- общего уровня организации дорожного движения.

Необходимыми условиями обеспечения безопасности массовых пассажирских перевозок являются:

- исправные пассажирские транспортные средства, соответствующие дорожным условиям и объему перевозок;
- высокая квалификация и дисциплинированность водителей и, всего служебного персонала;
- исправные дороги с необходимым обустройством;

- рациональная организация движения с предоставлением необходимого приоритета общественному маршрутному транспорту.

Развитие маршрутного пассажирского транспорта и четкая организация его работы позволяет сократить пользование индивидуальными автомобилями и этим снизить загрузку улично-дорожной сети.

В центральных частях больших городов путем эффективного развития автобусного транспорта обеспечивается ввод ограничения для движения индивидуальных автомобилей в наиболее загруженных движением районах.

Степень влияния разных типов маршрутного пассажирского транспорта на безопасность и другие характеристики движения обусловлена комплексом свойств: маневренность, тормозные качества, интенсивность разгона, условия труда водителей, степень шумности и отравления воздушной среды, специфические требования к остановочным пунктам.

При организации движения маршрутного пассажирского транспорта необходимо учитывать, что одной из главных задач транспортного обслуживания населения является обеспечение затраты времени на передвижение от мест проживания до работы для 80-90% пассажиров не более 40 мин. в крупнейших и крупных городах и не более 30 мин. – в остальных городах.

Основной целью мероприятий по организации движения является высокая скорость сообщения при обеспечении безопасности движения.

Улучшение организации движения в городах должно предусматривать:

- обязательный перевод трамвая на обособленное полотно и повсеместное снятие трамвайных путей с проезжей части магистральных улиц. Линии троллейбусного транспорта не должны прокладываться по магистралям с повышенным скоростным режимом, в туннелях и на эстакадах, а также с левым поворотом или разворотом в узлах с интенсивным движением.

- строительство автобусных дорог. Преимущества:

1. При умеренных затратах они могут обеспечить движение автобусов-экспрессов там, где это было бы невозможно сделать путем выделения полосы движение исключительно для автобусов на новых или старых автомагистралях.

2. Используя потерявшую свое значение или мало эксплуатируемую железную дорогу, или другую, узкую трассу, они могут вписаться в городской ландшафт; не занимая большой площади.

3. Они могут использоваться для движения городского транспорта-экспресса, организация которого может потребоваться впоследствии в связи с увеличением числа пассажиров.

Конкретные критерии необходимости строительства автобусных дорог отсутствуют.

- обеспечение приоритетного режима движения для автобусов за счет: предоставления автобусам права беспрепятственного въезда на скоростные автомагистрали; закрытия съездов и выездов для всех транспортных средств, за исключением автобусов и автомобилей оперативной государственной службы; выделения полос движения для автобусов и некоторых других транспортных

средств; предоставления правой крайней полосы движения автобусам и транспортным средствам, поворачивающим направо; установки систем сигнализации, приводимых в действие при проезде автобусов (адаптивное регулирование); введения специальной фазы в цикле светофорного регулирования на пересечениях; выделения полос движения, предназначенных исключительно для автобусов (оправдано в том случае, если по ней будет перевозиться большее число пассажиров, чем при обычных условиях)).

- для сохранения общей пропускной способности улиц и дорог необходимо в зоне остановочных пунктов предусматривать местное уширение проезжей части (устройство заездных карманов) или вынесение остановочного пункта полностью за пределы основной проезжей части.

Размещение остановочных пунктов

При выборе мест для размещения остановочных пунктов надо находить оптимальные решения при противоречивых требованиях удобства пассажиров, с одной стороны, и минимальных помех для транспортных потоков – с другой.

Основные условия, которые должны обеспечиваться при выборе места остановочного пункта: безопасность движения основного потока людей, пользующихся данным маршрутом транспорта, минимальные помехи для преобладающих направлений транспортных потоков, сокращение расстояния пешеходного подхода к основным объектам тяготения (ОТ).

При наличии многорядного движения для нерельсового пассажирского транспорта, большую безопасность пассажиров, направляющихся на переход, обеспечивает остановочный пункт, расположенный за пересечением улиц и пешеходным переходом. Однако при наличии мощного объекта тяготения, или явно выраженного пересадочного пассажиропотока целесообразным будет расположение остановочного пункта перед пересечением улиц.

Расстояние между остановочными пунктами на маршруте пассажирского транспорта в соответствии с рекомендациями СНиП не должно превышать 600 м, а для экспрессных маршрутов – 1200 м. Вместе с этим во избежание резкого понижения скорости V_c расстояние между остановочными пунктами не должно быть меньше 300 м.

Остановочные пункты трамвая, путь которого проложен посередине улицы, по условиям безопасности следует располагать перед пересечением улиц. Если при этом необходимо разместить и остановочные пункты нерельсового маршрутного транспорта, то их следует отодвигать от остановочного пункта трамвая не менее чем на 30 м, а от перекрестка соответственно на расстояние до 100 м. При смещенных к одной стороне улицы трамвайных путях может быть устроена совмещенная посадочная площадка рельсового и безрельсового маршрутного транспорта, обслуживаемая одним пешеходным переходом. Если на магистрали устроены пешеходные переходы в разных уровнях, остановочные пункты должны быть к ним максимально приближены и должны сообщаться достаточным по ширине тротуаром, а на подходах к остановочному пункту

устанавливают направляющие ограждения.

Удобство и быстрота посадки и высадки пассажиров повышается, если разность высоты подножки автобуса (троллейбуса, трамвая) и площадки ожидания – минимальна. Высадка и посадка пассажиров должна осуществляться либо непосредственно с тротуара, приподнятого над уровнем проезжей части, либо со специальной посадочной площадки, приподнятой на 0,15-0,2 м. Ширина площадки должна быть 1,5-3,0 м. Длина посадочной площадки (зоны тротуара, занимаемой остановочным пунктом) должна соответствовать преобладающему типу эксплуатируемых транспортных средств и частоте движения: для одиночных автобусов и троллейбусов при частоте движения до 15 ед./ч достаточна длина 15 м, при частоте свыше 15 ед./ч и в случае прибытия одновременно двух единиц подвижного состава, длина должна быть увеличена до 35-40 м. При использовании сочлененных троллейбусов и автобусов минимальная длина посадочной площадки должна быть увеличена до 20-22 м, а при расчете на две одновременно останавливающиеся единицы – до 45-50 м.

Для устранения влияния стоящего на остановке автобуса (троллейбуса) на проходящий транспортный поток, он должен быть удален от правого края полосы движения на величину $b_k=1,5$ м. Необходимая ширина заездных карманов на остановках – 4,2 м или общее уширение проезжей части на такую величину.

Для сокращения влияния на транспортный поток стоящего на остановке, подъезжающего к ней (тормозящего) и выезжающего с нее (разгоняющегося) маршрутного транспортного средства следует устраивать переходно-скоростные полосы, протяженность которых необходимо определять с учетом уровня скорости транспортного потока на данной магистрали, интенсивности движения и динамических качеств подвижного состава.

В крупных пересадочных узлах, где сходятся несколько маршрутов и наблюдается высокая частота движения рационально устройство внеуличных станций, изолированных от транзитного движения.

Варианты конкретного расположения автобусных остановок:

- когда далее по ходу маршрута предстоит поворот автобуса налево, целесообразно устраивать остановку за перекрестком;
- когда далее предстоит поворот автобуса направо при малом радиусе закругления, предпочтительно размещать остановки в глубине квартала;
- при наличии интенсивного правоповоротного движения на перекрестке остановку следует располагать за этим перекрестком;
- при наличии периодического скопления автобусов, выходящего за пределы отведенной остановки, следует воздерживаться от размещения остановки за перекрестком, ее нужно располагать перед перекрестком;
- на сложных перекрестках часто следует располагать остановки за перекрестком;
- в зоне пересадки с одного автобусного маршрута на другой рекомендуется размещать остановку первого маршрута перед перекрестком, а второго – за перекрестком. В этом случае обе остановки будут располагаться на

одном углу перекрестка и необходимость перехода улицы пассажирами будет сведена к минимуму;

- при наличии большого процента пассажиров, выходящих на остановке для посещения одного крупного генератора пассажиропотока, автобусную остановку следует располагать так, чтобы свести к минимуму переход перекрестка пешеходами. При этом возможно расположение остановки перед перекрестком или за ним.

Автомобильные стоянки

Территории для хранения автомобилей делят по способу хранения и продолжительности нахождения на них автомобилей на несколько типов.

Автостоянки для постоянного хранения автомобилей.

Такие стоянки могут быть двух типов.

1) Автотранспортные предприятия – грузовые, пассажирские, смешанные. На их территории обеспечивается не только хранение транспортных средств, но и их обслуживание, ремонт, заправка, здесь же располагаются административные здания.

2) Стоянки у жилых домов, в жилых кварталах, на межрайонных территориях. Продолжительность хранения более 1 сут. Эти автостоянки используют для хранения автомобилей, принадлежащих гражданам. В зависимости от уровня обслуживания такие стоянки могут быть платными с закреплением мест за гражданами и бесплатными, свободного пользования.

Автостоянки большой продолжительности хранения у предприятий, учреждений и городских комплексов для размещения автомобилей, принадлежащих рабочим, служащим и посетителям, продолжительностью более 8 ч. Эти автостоянки в зависимости от типа учреждения могут быть общего пользования или только для служебных автомобилей. Последнее оправдано только в части города со сложившейся тесной застройкой, как правило, в центральной или старой части города.

Автостоянки средней продолжительности хранения у зданий и сооружений, периодически собирающих большие массы людей (стадионы, театры, киноконцертные залы, рестораны, крупные торговые центры), на период 2-4 ч.

Автостоянки кратковременной продолжительности хранения у вокзалов, универсальных магазинов, рынков, спортивных сооружений для хранения автомобилей до 2 ч.

Последние два типа автостоянок должны быть общего пользования.

Автомобильные стоянки располагают:

- на проезжей части улиц;
- на открытых площадках;
- на крышах зданий;
- в подземном пространстве под жилыми и производственными зданиями, дорогами, парками и т.д. Они могут быть одноярусными и многоярусными.
- в специальных гаражах – стоянках – одноярусных, многоярусных.

Специально оборудованные площадки для хранения автомобилей на территории города располагаются вне уличной сети.

При частом расположении стоянок требуются большие площади для их размещения, укрупнение автостоянок приводит к уменьшению их числа и удалению от объектов обслуживания. Приходится для размещения автомобилей использовать местную улично-дорожную сеть. Пропускная способность улиц после размещения на них автостоянок снижается на 20...50% и приводит к снижению технической скорости движения.

Гаражи – это специальные здания, предназначенные для хранения и обслуживания автомобилей. Они могут размещаться под землей, на поверхности земли (как правило, многоэтажные), занимать часть зданий другого назначения. Это наиболее перспективный способ хранения автомобилей, позволяющий на малой поверхности города хранить большое число автомобилей. Недостатком гаражей является их высокая стоимость.

Расчет потребности в автомобильных стоянках

Различные зоны города привлекают неодинаковое число автомобилей.

Точный расчет вместимости автостоянок выполняют с учетом данных о составе предприятий, численности работающих, ожидаемого числа посетителей, уровня развития общественного пассажирского транспорта. Особое внимание следует уделять обеспечению автостоянками большой продолжительности хранения автомобилей в жилых районах. Здесь предусматривают в жилых районах выделение территорий для размещения не менее 100...70 % автомобилей, принадлежащих гражданам, проживающим в данном микрорайоне. Расчет необходимой вместимости автомобильных стоянок и размещение их должны быть предусмотрены на стадии разработки генерального плана города и осуществлены на стадии проекта детальной планировки.

В промышленных и коммунально-складских районах на автостоянках временного хранения легковых автомобилей у предприятий и учреждений должно размещаться до 25 % расчетного парка автомобилей города. В общегородском общественном центре суммарная вместимость автостоянок кратковременной продолжительности хранения крупных и крупнейших городах должна быть не менее 5-8 % общего расчетного парка легковых автомобилей в городе, а в больших и средних городах – не менее 10-15 %.

В пригородных зонах массового отдыха вместимость автомобильных стоянок средней и кратковременной продолжительности хранения должна быть не менее 25-35 % общего расчетного парка легковых автомобилей в городе.

Требования к размещению стоянок

Общие требования, которые должны учитываться при выборе места и при планировке как уличной, так и внеуличной стоянки, сводятся к обеспечению: минимальных помех для транспортного потока при въезде на стоянку и выезде с

нее, удобства и безопасности пользования стоянкой водителями и пассажирами автомобилей. Рекомендуется, чтобы длина подходов к стоянкам не превышала для вокзалов, торговых центров, входов в метрополитен 150 м, а для прочих объектов – 300 м.

Гаражи и автостоянки в микрорайонах располагают таким образом, чтобы они были в зоне пешеходной доступности: обычно не далее 800 м, а в крупных и крупнейших городах – до 1500 м. Вокруг участков гаражей и автостоянок располагают полосы зеленых насаждений шириной не менее 10 м. Эти полосы выполняют роль противозвуковой защиты и препятствуют распространению вредных выбросов автомобилей по территории микрорайона.

Наименьшие расстояния до въездов в гараж или на автостоянку для обеспечения безопасности движения принимают: от пересечений с магистральной улицей 100 м, от улиц местного значения 20 м, от остановочных пунктов пассажирского общественного транспорта 30 м. От подъездов жилых домов до границ автостоянок расстояние должно быть не менее 50 м.

Въезды и выезды на открытых автостоянках для краткосрочного хранения автомобилей могут быть объединены при вместимости стоянки до 20 автомобилей. При большей вместимости выезды и въезды должны быть раздельными. Ширина двухполосного проезда на стоянку должна быть не менее 6,0 м, однополосного – 4,5 м.

Література

1. Закон України «Про дорожній рух». – К., 1993.
2. Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко та ін. – К.: Знання України, 2005. – 452 с.
3. Горбанев Р.В. Городской транспорт: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1990. – 212 с.
4. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения: пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа. 1980. – 296 с.
5. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения. Ученик для вузов – К.: Вища школа, 1986. – 271с.
6. Самойлов Д.С., Юдин В.А., Рушевский П.В. Организация и безопасность городского движения. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. школа. 1981. – 256 с.
7. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.
8. Лобанов Е.М. транспортная планировка городов. Учебник для студентов вузов. – М.: 1990. – 240 с.
9. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения. Учебник для автомобильно-дорожных вузов и факультетов. – М.: Транспорт, 1992. – 240 с.
10. Буга П.Г., Шелков Ю.Д. Организация пешеходного движения в городах: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа. 1980. – 232 с.
11. Аксенов В.А., Попова Е.П., Дивочкин О.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. –М.: Транспорт, 1980. – 127 с.
12. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. Учебник для вузов – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.
13. Кременец Ю.А. Технические средства организация дорожного движения. Учебник для вузов – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
14. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
15. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ./ В.У.Рэнкин, П.Клафи, С.Халберт и др. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
16. Петров В. В. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 104с.
17. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Організація та безпека дорожнього руху” для студентів спеціальностей 7.100401-7.100403 (вибіркова частина)/ Є. Б. Решетніков, Н. О. Семченко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 29 с.