

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Экономика и управление на транспорте»

Н.Н. Пилипук

### МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению курсовой работы и дипломному проектированию  
по дисциплине «Экономика транспорта»  
для студентов дневной и заочной форм обучения специальности  
1-44 01 02 «организация дорожного движения»

М и н с к 2 0 0 5

УДК 656.13:651.01(075.8)

ББК 39.9 я 7

П 32

Рецензенты:

А.С. Савич, А.Д. Молокович

**Пилипук, Н.Н.**

П 32      Метод. пособие к выполнению курсовой работы и дипломному проектированию по дисц. «Экономика транспорта» для студ. дневной и заочной форм обучения спец. 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» / Н.Н. Пилипук. – Мн.: БНТУ, 2005. – 80 с.

ISBN 985-479-127-0.

В методическом пособии приведены расчеты к экономическому обоснованию предложений по совершенствованию организации дорожного движения в районе Червенского рынка, организации магистрального движения на Партизанском проспекте и улице Ангарской г. Минска, оценке безопасности нерегулируемых перекрестков по критерию видимости, исследованию опасности межфазных конфликтов на регулируемых перекрестках, исследованию опасности регулируемых перекрестков при работе в нерегулируемом режиме.

УДК 656.13:651.01(075.8)

ББК 39.9 я 7

ISBN 985-479-127-0

© Пилипук Н.Н., 2005

© БНТУ, 2005

## Введение

На безопасность дорожного движения оказывает влияние большое число различных факторов, – объективных (конструктивные особенности, техническое состояние, конструктивные параметры транспортных средств, дороги, интенсивность движения транспортных средств и пешеходов, обустройство дорог различными сооружениями и средствами регулирования, время года, суток), и субъективных (состояние водителей и пешеходов, соблюдение ими установленных правил движения и пр.). На дорогах существует сложная динамическая система, представляющая собой совокупность движения пешеходов и различных типов транспортных средств, управляемых людьми, которое называется *дорожным движением*.

Для организации дорожного движения необходим комплекс инженерных и организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности движения транспортных и пешеходных потоков. Мероприятия по организации дорожного движения требуют значительных затрат денежных средств, поэтому необходимо их тщательное технико-экономическое обоснование. Что будет способствовать повышению эффективности организации дорожного движения.

Необходимость в технико-экономическом обосновании мероприятий по улучшению условий движения возникает всегда, когда требуется определить экономическую эффективность капиталовложений.

Одним из важнейших методических положений, которое следует учитывать при организации дорожного движения, является необходимость сравнительной оценки эффективности принимаемых решений. При этом оценка разработок должна соответствовать общепринятым положениям определения эффективности мероприятий внедряемых, в народное хозяйство.

Для решения многообразных технико-экономических и социальных задач в данном методическом пособии приведены конкретные расчеты к экономическому обоснованию предложений по совершенствованию организации дорожного движения в различных районах г. Минска.

Учитывая наличие в данной области широкого диапазона мероприятий, по которым возникает необходимость технико-экономи-

ческих расчетов, следует использовать и другие нормативные документы и утвержденные методики ведомственного и общего государственного значения.

## **1. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (ОДД) В РАЙОНЕ ЧЕРВЕНСКОГО РЫНКА В Г. МИНСКЕ**

По ряду причин сложилось такое положение, при котором специалисты по дорожному движению не могут представить его издержки в экономических категориях, т.к. плохо знают экономику. С другой стороны, специалисты по экономике также не могут этого сделать, потому что плохо знают дорожное движение. В результате исследование потерь в системе дорожного транспорта или не выполняется совсем, или выполняется очень плохо, что приводит к тяжелым последствиям. В данной работе делается посильная попытка изменить это положение. Ниже излагаются некоторые взгляды на экономику дорожного транспорта и дорожного движения. Это поможет понять многие предлагаемые подходы, основанные именно на экономической оценке вариантов решений.

Дорожное движение можно условно разделить на два этапа – *подготовка к движению и процесс движения*. На первом этапе происходит создание необходимых предпосылок для движения – строительство и содержание дорог, производство или приобретение транспортных средств, создание систем управления, подготовка кадров и т.д.; на втором этапе – перемещение людей и грузов в созданных для этого условиях. Очевидно, что на первом этапе требуются весьма значительные затраты – так называемые *затраты в инфраструктуре*. На втором этапе неизбежны не менее значительные издержки – *издержки движения*: потери времени, расход топлива, износ транспортных средств и дорог, выбросы в атмосферу, аварии и т.д.

Указанные издержки и затраты очень разнообразны и проявляются в самых различных формах, – например, в стоимости земельных участков, безопасности движения, материально-финансовых ресурсах, законопослушании участников движения и т.д. Поэтому их сопоставление дается очень трудно и является довольно условным. Тем не ме-

нее, всегда можно говорить, что существует некая приведенная сумма издержек и затрат, которая характеризует стоимость транспортного обслуживания. Она складывается из двух основных составляющих – затрат в инфраструктуре и издержек движения:

$$C = Z + И, \quad (1.1)$$

где  $C$  – стоимость транспортного обслуживания;

$Z$  – затраты в инфраструктуре;

$И$  – издержки движения. Эта сумма выражается в денежных единицах, например, в рублях, или, как принято, в руб./ год).

Если исследуемая стоимость близка к минимально возможной, считается, что система работает в оптимальном режиме. Если она не минимальна, имеют место потери, под которыми понимается превышение исследуемой стоимости над минимальной:

$$П = C_{и} - C_{мин}, \quad (1.2)$$

где  $П$  – потери в исследуемой системе;

$C_{и}$  – исследуемая стоимость;

$C_{мин}$  – минимально возможная стоимость.

Например, если, затраты на строительство и содержание дороги будут ниже оптимальных, издержки движения существенно возрастут, и суммарная стоимость окажется выше минимальной. Наоборот, если затраты на дорогу будут существенно выше оптимальных, то, хотя издержки и окажутся несколько меньшими, общая стоимость опять-таки превысит минимальную. В обоих случаях общество понесет убытки, т.е. будут иметь место потери в системе дорожного транспорта.

**Экономические потери** в дорожном движении связаны с остановками, задержками (снижением скорости в сравнении с нормативной) и перепробегом транспорта, задержкой и перепроходом пешеходов, перерасходом топлива, износом или повреждением транспортных средств и т.д. Сюда же относятся потери прибыли участниками движения и потери в смежных отраслях из-за невыполнения принятых обязательств, например, из-за опаздываний и т.д. Экономические потери характеризуются тем, что они почти равномерно раскладываются на всех членов общества и маскируются, сливаясь с действительно неизбежными издержками.

**Экологические потери** – это выбросы вредных веществ в атмосферу, загрязнение воды и почвы, воздействие шума и вибрации. Основными причинами повышенного уровня экологических потерь являются перегрузки отдельных участков дороги; повышенный уровень маневрирования интенсивных транспортных потоков, включая торможения, остановки и разгоны; вынужденное снижение скорости и движение на неэкономичных режимах; перепробег в любых его проявлениях; неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств и т.д. Даже, казалось бы, такие «полезные» начинания, как понижение установленного предела скорости движения в населенных пунктах или обязательное включение головного света в дневное время, приводит к повышенному расходу топлива и увеличению экологических потерь (не говоря уже об экономических).

В экологических потерях следует различать **произведенный** и **потребленный вред**. Одно дело, например, если нагруженная городская магистраль проложена через незаселенную промышленную зону, и совсем другое дело, – когда эта же магистраль проходит через густонаселенные жилые районы с вплотную примыкающими жилыми зданиями, многолюдными торговыми центрами и т.д. Очевидно, при одинаковом произведенном вреде потребленный вред во втором случае будет несопоставимо большим.

Экологические потери характеризуются тем, что их действие отложено во времени на довольно значительный период. В результате сегодняшнее поколение пожинает плоды экологической деятельности прошлых поколений и плоды нашей деятельности будут пожинать потомки. Опасность заключается в том, что результаты могут оказаться непредсказуемо страшными, – к примеру, исчезновение озонового слоя или генетические изменения в самом человеке.

Под **аварийными** понимаются потери от аварий любых видов и любой тяжести последствий, а также судебные и иные издержки, связанные с рассмотрением дел об авариях. Аварийные потери имеют принципиальное отличие от экономических и экологических, в которых ущерб наносится обществу в целом, и участники движения воспринимают его постольку, поскольку являются членами общества. В аварийных потерях ущерб наносится, в первую очередь, отдельным участникам движения, а общество воспринимает его постольку, поскольку эти участники являются его членами.

Легко увидеть, что аварийные потери для участников движения гораздо чувствительнее, чем другие виды потерь, чего нельзя сказать об обществе: что бы оно ни заявляло по этому поводу, – объективно его отношение проявляется только в результатах.

Под **социальными** понимают потери, связанные с нарушением прав человека, закононепослушанием и духовным развращением личности. Это могут быть потери, связанные с произволом, недобросовестностью или некомпетентностью властно-распорядительных структур; неподчинением участников установленным правилам поведения; нелепостью или невыполнимостью отдельных положений этих правил; принуждением или подстрекательством к невыполнению общепринятых правил и т.д.

Все виды потерь являются социально-экономическими и имеют две составляющие — экономическую и социальную.

**Экономическая составляющая, или прямые потери**, — это та часть потерь, которая имеет однозначный денежный эквивалент. Например, перерасход топлива, повреждение машин или грузов при аварии, оплата листов нетрудоспособности из-за экологических воздействий на человека и т.д.

**Социальная составляющая, или косвенные потери**, не имеет однозначного денежного эквивалента и характеризует ту часть потерь, которая отражается на полноценности отдельного человека или общества в целом. Это – потери, связанные с гибелью человека, со здоровьем, в т.ч. и психическим, окружающей среды, состоянием общества, воспитанием детей и т.п. Экономическая оценка этих потерь производится опосредованно, через систему страховых отношений, общественных приоритетов, моральных укладов и т.д. И хотя она очень нежесткая и приблизительная, она все же есть и позволяет сопоставить между собой различные виды потерь.

Очевидно, что в так называемых экономических потерях социальная составляющая незначительна. Это могут быть потери из-за срыва обязательств (например, опоздание на поезд из-за незапланированного простоя в уличной пробке), увеличение выбросов в атмосферу из-за излишнего пробега и т.д. Поскольку численные значения социальной составляющей в этих потерях пока не установлены, считается, что они несущественны, и социальный коэффициент  $K_{с3} = 1$ .

Очевидно также, что и в социальных потерях экономическая составляющая незначительна. Более того, здесь иногда трудно определить, где и для кого – экономическая потеря, а где – выигрыш. Куда, например, отнести сумму несправедливо взысканного штрафа или выигрыш в скорости из-за нарушения правил обгона? Поэтому считается, что любые проявления экономической составляющей в социальных потерях следует относить к потерям и суммировать их. Следовательно, упомянутые штраф и выигрыш времени при обгоне, полученные незаконным путем, следует считать экономическими потерями. Однако, поскольку экономическая составляющая здесь количественно не определена, социальные потери, пока не определяются и не суммируются с другими видами потерь, причем это делается не по принципиальным соображениям, а по чисто техническим причинам – из-за отсутствия методики и необходимых данных.

Экономические и социальные составляющие экологических и аварийных потерь соизмеримы. Эти потери в классическом понимании являются социально-экономическими. Экономическая составляющая экологических потерь проявляется в виде затрат на лечение и выплат по листам нетрудоспособности из-за болезней граждан; затрат на восстановление зеленых и лесных насаждений из-за их болезней и порчи; затрат на восстановление зданий и сооружений из-за вибрации, на восстановление крыш из-за кислотных дождей и т.д; социальная составляющая – в виде потери здоровья отдельным и гражданами и нацией в целом, разрушения окружающей среды, нарушения экологического равновесия, которое может привести к непредсказуемым последствиям, и т.д.

Экономическая составляющая аварийных потерь – это потеря части национального дохода, связанная с гибелью или ранения людей, повреждением машин и грузов, расходами на лечение, пенсии, пособия и т.д; социальная составляющая – это душевная боль из-за гибели или увечья близких людей, крушения планов и надежд, изменения привычного образа жизни и т.д.

Расчет суммарных экономических потерь включает следующие параметры:

1. Стоимость строительно-монтажных работ.
2. Издержки движения транспорта и пешеходов, в т.ч.:
  - 1) задержки транспорта;
  - 2) остановки транспорта;



- 3) задержки пешеходов;
- 4) перепроход пешеходов, связанный с отсутствием переходов по кратчайшему направлению либо с необходимостью спуска и подъема при подземном переходе.

3. Ориентировочный объем издержек от аварийности.

4. Объем ущерба от дополнительного выброса отработавших газов, связанного с простоем транспортных средств при запрещающих сигналах светофора.

**Суммарные экономические потери**  $P_3$  в курсовом проекте определяются как сумма потерь от задержек транспорта  $P_{3т}$ , остановок транспорта  $P_{от}$ , перепробега транспорта  $P_{пт}$ , задержек пешеходов  $P_{3п}$  и перепрохода пешеходов  $P_{пп}$ .

В связи с нестабильностью национальной денежной единицы все расчеты производятся не в белорусских рублях, а в эквивалентной денежной единице – у.е., которая относительно стабильна и по стоимости близка к американскому доллару. В случае необходимости оценки потерь или иных экономических показателей в национальной валюте необходимо перевести э.д.е. в национальную денежную единицу по соответствующему курсу на момент исследования или оценки.

Потери от задержек транспорта определяются по формуле

$$P_{3т} = Z_{уд} \cdot I_d \cdot K_{пэ} \cdot \Phi_{Г} \cdot C_ч / 3600, \quad (1.3)$$

где  $Z_{уд}$  – удельная задержка, с,

$$Z_{уд} = 0,45 \cdot [C \cdot (1 - D_{зс})^2 / (1 - D_{зс} \cdot K_3) + K_3^2 / I_d (1 - K_3)], \quad (1.4)$$

где  $C$  – продолжительность светофорного цикла, с;

$D_{зс}$  – доля зеленого сигнала в цикле,

$$D_{зс} = B_2 / C, \quad (1.5)$$

$B_2$  – время горения зеленого сигнала;

$K_3$  – коэффициент загрузки полосы движением,

$$K_3 = I_d / P_n \cdot D_{зс}, \quad (1.6)$$

$I_d$  – интенсивность движения на полосе, а/ч;  
 $\Pi_n$  – поток насыщения;  
 $K_{пз}$  – коэффициент приведения экономической (см. табл. 1.2);  
 $\Phi_r$  – годовой фонд времени, ч. /год, принимается:  $\Phi_r = 3000$  – для слабнонагруженных объектов;  $\Phi_r = 3600$  – для средненагруженных объектов;  $\Phi_r = 4200$  – для сильнонагруженных объектов;  
 $C_q$  – стоимость 1 часа задержки легкового (приведенного) автомобиля, принимается  $C_q = 1,8$  у.е./ч.

Потери от остановок транспорта определяются по формуле

$$\Pi_{от} = O_y \cdot I_d, \quad (1.7)$$

где  $O_y$  – удельная остановка, ост./авт.,

$$O_y = (1 - D_{зс}) \cdot \Pi_n / (\Pi_n - \Pi_d), \quad (1.8)$$

$C_o$  – стоимость одной остановки легкового (приведенного) автомобиля, у.е./ост., принимается  $C_o = 0,01$  у.е./ост.

Потери от пере пробега транспорта определяются по формуле

$$\Pi_n = \Pi_y \cdot I_d \cdot K_{пз} \cdot \Phi_r \cdot C_p, \quad (1.9)$$

где  $\Pi_y$  – удельный перепробег, км/а;

$C_p$  – стоимость 1 км перепробега легкового (приведенного) автомобиля, руб./км., принимается:  $C_p = 0,08$  у.е./км – за городом;  $C_p = 0,10$  у.е./км – в городе.

Результаты расчетов сводятся в табл. 1.1.

Расчет *экологических потерь* от выбросов в атмосферу далее проводится по методике, предложенной доцентом кафедры «ОАПДД» БНТУ Ю.А. Врубелем

Ускорение в зоне влияния перекрестка определяется по формуле

$$a = 3 / K_{п}, \text{ м/с}^2, \quad (1.10)$$

где  $a$  – ускорение;

3 – заземление;

$K_{п}$  – коэффициент приведения.

Протяженность зоны влияния определяется по формуле

$$S = 2V_0^2 / 2a + S_{н-к}, \text{ м}, \quad (1.11)$$

где  $V_0$  – начальная скорость, м/с;

$S_{н-к}$  – расстояние между начальными и конечными стоп-линиями.

Скорость поворотных потоков на пересечении

$$V_n = 0,33 \cdot R_n, \text{ м/с}, \quad (1.12)$$

где  $R_n$  – радиус поворота.

Расчет задержек на пересечении производится по формуле Вебстера

$$Z_n = 0,45 \cdot [C (1 \cdot D_{зс})^2 / (1 - D_{зс} \cdot K_3) + K_3^2 / I_d (1 - K_3)], \text{ с/авт.}, \quad (1.13)$$

где  $K_3$  – коэффициент загрузки полосы движением.

Годовые экологические потери от выбросов определяются по формуле

$$\begin{aligned} \Pi_{э\text{кв}} = & (K_{пн} (K_{ивс} \cdot K_{ивд} - 1) + \\ & + K_{втс} \cdot K_{ивс} \cdot K_{ивд}) \cdot I_d \cdot \Phi_r \cdot S \cdot m \cdot K_{сз}, \end{aligned} \quad (1.14)$$

где  $K_{ивс}$  – коэффициент изменения выбросов от скорости;

$K_{ивд}$  – коэффициент изменения выбросов от дисперсии скорости;

$K_{втс}$  – коэффициент возраста транспортных средств, принимается 0,621.

$K_{сз}$  – социальный коэффициент экономических потерь;

$K_{пн}$  – коэффициент нормативных потерь;  $Z m$  – базовое значение суммарных приведенных выбросов автомобиля, кг/км.

Полученные результаты сводятся в табл. 1.1, 1.2, 1.3.

Расчет **потерь от аварийности** производится на основании данных об аварийности на участке дорожного движения исследуемого района за период 1998 – 2000 г. г. и расчетной стоимости потерь в дорожном движении.

Расчет потерь от аварийности после проведения планировочных решений, направленных на совершенствование ОДД, проводится по нижеприведенной методике.

Ожидаемое число аварий после внедрения мероприятий определяется по формуле

$$Ч_{ав} = Ч_a \cdot (1 - K_{ca}), \text{ ав./год}, \quad (1.15)$$

где  $Ч_a$  – среднегодовое число аварий до внедрения мероприятий, ав./год.

$K_{ca}$  – коэффициент снижения аварийности, относится только к тем авариям, которые могут быть устранены данным мероприятием

Если одновременно внедрены несколько мероприятий, расчетное значение  $K_{ca}$  определяется по формуле

$$K_{ca} = 1 - (1 - K_{ca1}) \cdot (1 - K_{ca2}), \quad (1.17)$$

где  $K_{ca1}$ ,  $K_{ca2}$  – коэффициенты снижения аварийности для данного мероприятия.

***Далее производится экономическое обоснование предложений по совершенствованию организации движения.*** Каждое предложение по совершенствованию организации движения должно быть экономически обоснованным, выгодным с точки зрения общенациональных интересов. Поэтому по всем разработанным предложениям необходимо выполнить упрощенный расчет экономической эффективности. Исключение могут составлять лишь предложения, направленные на безусловное выполнение действующих нормативов – нанесение разметки, установка необходимых дорожных знаков, например знаков приоритета, и т.д.

Годовая экономия от внедрения предложений по совершенствованию организации движения определяется по формуле

$$Э_{вг} = З_t - З_y, \quad (1.17)$$

где  $З_t$  – текущие затраты при существующей организации дорожного движения (экономические и аварийные потери, расходы на содержание технических средств регулирования и т.д.);

$З_y$  – текущие затраты при усовершенствованной организации движения.

Экономический эффект от внедрения предложений по совершенствованию определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{эв} = \mathcal{E}_{гв} - K \cdot E_n, \quad (1.18)$$

где  $K$  – капитальные вложения (единовременные затраты), необходимые для внедрения предложений (расходы на строительномонтажные работы, оборудование, материалы, исследование, проектирование и т.д.);

$E_n$  – единый нормативный коэффициент капитальных вложений, при отсутствии иных данных принимается  $E_n = 0,15$ .

Коэффициент экономической эффективности предложений по совершенствованию организации дорожного движения определяется по формуле

$$K_{эз} = \mathcal{E}_{гв} / K. \quad (1.19)$$

Срок окупаемости  $O$  определяется по формуле

$$O = K / \mathcal{E}_{гв}, \text{ лет.} \quad (1.20)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1.1...1.3, по полученным результатам для наглядности построены диаграммы потерь экономических, экологических, от аварийности и суммарных.

Т а б л и ц а 1.1

Технико-экономические показатели вариантов ОДД  
в районе Червенского рынка в г. Минске

№ п/п	Наименование показателя	Существующее положение	Положение после реконструкции
1	2	3	4
1	Строительно-монтажные работы, тыс. у.е.	0	1716
	Подземный переход	0	3100
	Инженерные сети: наружное освещение и кабели электротранспорт линейные сооружения связи	0	4701
	Дорожное благоустройство	0	1355

Окончание табл. 1.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
2	Издержки движения экономические, тыс. у.е./год:	878,36	613,73
	Задержки транспорта	532,12	352,29
	Остановки транспорта	305,24	261,44
	Задержки пешеходов	38	0
	Перепроход пешеходов	3	1
3	Издержки от аварийности, тыс. у.е./год (без учета социального коэффициента.)	58,17	11,39
4	Ущерб от выбросов, тыс. у.е./год	123,32	106,45

Т а б л и ц а 1.2

## Ожидаемое изменение издержек движения по вариантам

№ п/п	Наименование показателя	Существующее положение	Положение после реконструкции
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	Издержки движения экономические, тыс. у.е./год	0	264,63
2	Снижение, %		30,2
3	Издержки от аварийности, тыс. у.е./год (без учета социального коэффициента)	0	46,78
4	Снижение, %		80,4
5	Ущерб от выбросов, руб.	0	16,87
6	Снижение, %		13,68

Т а б л и ц а 1.3

## Технико-экономические показатели

№ п/п	Наименование показателя	Существующее положение	Положение после реконструкции
1	Строительно-монтажные работы, у.е./год	0	1716
2	Издержки движения экономические, у.е./год	878,36	613,73
	Снижение издержек движения экономич., у.е./год		264,63
3	Издержки от аварийности, у.е./год	58,17	11,39
	Снижение издержек от аварийности, у.е./год		46,78
4	Ущерб от выбросов, у.е./год	123,32	106,45
	Снижение ущерба от выбросов, у.е./год		16,87
5	Суммарное снижение издержек, у.е./год		328,28
6	Экономический эффект от внедрения предложений, у.е./год		70,88
7	Коэффициент экономической эффективности		0,19
8	Срок окупаемости капитальных вложений, лет		5,23

## **2. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МАГИСТРАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПАРТИЗАНСКОМ ПРОСПЕКТЕ ОТ УЛ. АНГАРСКОЙ ДО УЛ. ВАНЕЕВА В Г. МИНСКЕ**

В данном разделе рассматриваются экономические потери в дорожном движении, связанные с остановками, задержками (снижением скорости в сравнении с нормативной) и перепробегом транспорта, задержкой и перепроходом пешеходов, перерасходом топлива, износом или повреждением транспортных средств и т.д., а также потери прибыли участниками движения и потери в смежных отраслях из-за невыполнения принятых обязательств, например, из-за опозданий и т.д.

Понятие «стоимость транспортного обслуживания» имеет несколько оттенков. В случаях, когда речь идет об огромных национальных или региональных системах дорожного транспорта, в это понятие, чаще всего, вкладывается суммарная стоимость с учетом всех составляющих чрезвычайно сложной и многогранной системы. Такую стоимость можно назвать *глобальной*. В других случаях, – например, при исследовании вариантов регулирования на небольшом участке улично-дорожной сети, – в понятие «стоимость» входят лишь издержки движения, а остальные составляющие могут быть просто опущены, поскольку они не сопоставляются и не участвуют в оценке вариантов и принятии решений. Такую стоимость можно назвать *стоимостью издержек*. В третьем случае, если речь идет только о затратах в инфраструктуре (например, разрабатывать ли собственные конструкции дорожных контроллеров или закупить их за рубежом), такую стоимость можно назвать *стоимостью инфраструктуры*.

В данном разделе исследуются только потери от издержек движения (потери в дорожном движении), что требует, в большей мере, знаний в области дорожного движения.

Потери от издержек, как и сами издержки, можно разделить на четыре вида – экономические, экологические, аварийные и социальные. Социальные издержки в данной работе также не рассматриваются.

Экономические потери почти равномерно раскладываются на всех членов общества и маскируются, сливаясь с действительно неизбежными издержками. Поэтому общество, особенно, с невысоким уровнем развития, например, в странах бывшего СССР, относится к ним крайне терпимо, не замечает или не хочет их замечать. И напрасно, потому что по своим масштабам эти потери значительно превышают потери от аварийности, вокруг которых так много разговоров и шума.

На величину экономических потерь сильно влияет уровень организации движения, способ производства, формы собственности и т.д. Например, собственник не будет держать 10 старых автомобилей, если может заменить их пятью новыми и более производительными. Ясно, что он своевременно сделает копеечный ремонт проезжей части, вместо того чтобы ждать планового ремонта, который обойдется в тысячи раз дороже. Ясно и то, что хозяин никогда не отправит многотонный грузовик за парой килограммов гвоздей (такой хозяин очень скоро станет пролетарием).



Величина экономических потерь в значительной мере зависит от заинтересованности владельцев транспортных средств, улично-дорожной сети, систем управления и т.д. Это – скорее социальный или политический, чем технический вопрос. С технической точки зрения сегодня известны решения, которые позволяют уменьшить экономические потери в несколько раз, – например, использование автоматизированных систем управления и навигации, взаимодействие с другими видами транспорта и т.д. Имеются также различные ухищрения и тонкости, позволяющие отказаться от большего количества машин за счет повышения наполняемости меньшего количества. Например, в некоторых городах США автомобиль, рассчитанный на 5 человек, может идти под отдельные запрещающие знаки, как маршрутный автобус. В этом случае многим соседям или сослуживцам выгодно кооперироваться: сегодня на моем автомобиле, завтра – на твоём, а в результате на дороге оказывается гораздо меньше автомобилей.

В данном случае рассмотрим, как влияет на экономические потери внедрение координации.

Принято, что *потерей* считается только та часть издержки, которой могло бы не быть при идеальной (нормативной) организации движения. В качестве нормативной скорости движения принята, как правило, разрешенная законодательством скорость (в нашем случае – 60 км/ч) без учета местных ограничений. В отношении остановок транспорта, принято, что в идеальном случае вынужденных остановок не должно быть вообще, поэтому любая остановка – это потеря.

Исходя из сказанного, рассмотрим следующие подвиды экономических потерь:

- 1) потери от остановок;
- 2) потери от задержек.

Экономические потери от издержек движения транспорта рассчитываются для каждого направления и для различных режимов и затем суммируются.

Результаты расчета экономических потерь на заданном перегоне для пикового режима

Параметр	Индекс	Размеры	Ванеева – Ангарская		Ангарская – Ванеева	
			сущест- вующий	предла- гаемый	сущест- вующий	предла- гаемый
Протяженность участка	S	км	4,783			
Разрешенная скорость	V <sub>p</sub>	км/ч	60			
Скорость сообщения	V <sub>с</sub>	км/ч	28	53	34	52
Математическое ожидание распределения скоростей	$\bar{V}$	км/ч	27	53	32	52
Коэффициент вариации распределения скоростей	K <sub>v</sub>	–	0,76	0,02	0,74	0,03
Погрешность определения скорости	$\delta_v$	–	0,038	0,002	0,042	0,001
Интенсивность движения	I <sub>д</sub>	авт./ч	2000			
Годовой фонд времени	Ф <sub>г</sub>	ч/год	629			
Удельное число задержек на исследуемом участке	Z <sub>y</sub>	с/авт.	323	39	223	43
Удельное число остановок на исследуемом участке	O <sub>y</sub>	ост./авт.	9	0	7	0
Потери транспортного потока от задержек	П <sub>з</sub>	у.е./год	253975	30478	175350	33767
Потери транспортного потока от остановок	П <sub>о</sub>	у.е./год	212288	0	165113	0
Суммарные потери	П <sub>с</sub>	у.е./год	466262	30478	340462	33767

Т а б л и ц а 2.2

Результаты расчета экономических потерь на заданном перегоне для рабочего режима

Параметр	Индекс	Размеры	Ванеева – Ангарская		Ангарская – Ванеева	
			сущест- вующий	предла- гаемый	сущест- вующий	предла- гаемый
Протяженность участка	S	км	4,783			
Разрешенная скорость	V <sub>p</sub>	км/ч	60			
Скорость сообщения	V <sub>с</sub>	км/ч	38	59	36	57
Математическое ожидание распределения скоростей	$\bar{V}$	км/ч	37	59	31	57
Коэффициент вариации распределения скоростей	K <sub>v</sub>	–	0,53	0,02	0,78	0,04
Погрешность определения скорости	$\delta_v$	–	0,016	0,002	0,128	0,006
Интенсивность движения	I <sub>д</sub>	авт./ч	1500			
Годовой фонд времени	Ф <sub>г</sub>	ч/год	2514			
Удельное число задержек на исследуемом участке	Z <sub>y</sub>	с/авт.	163	5,3	193	15
Удельное число остановок на исследуемом участке	O <sub>y</sub>	ост./авт.	2	0	5	0
Потери транспортного потока от задержек	П <sub>з</sub>	у.е./год	384218	4175	454924	11917
Потери транспортного потока от остановок	П <sub>о</sub>	у.е./год	141412	0	353531	0
Суммарные потери	П <sub>с</sub>	у.е./год	525630	4175	808455	11917

Результаты расчета экономических потерь на заданном перегоне для слабо нагруженного режима

Параметр	Индекс	Размеры	Ванеева – Ангарская		Ангарская – Ванеева	
			сущест- вующий	предла- гаемый	сущест- вующий	предла- гаемый
Протяженность участка	S	км	4,783			
Разрешенная скорость	V <sub>p</sub>	км/ч	60			
Скорость сообщения	V <sub>с</sub>	км/ч	45	65	47	64
Математическое ожидание распределения скоростей	$\bar{V}$	км/ч	44	64	44	64
Коэффициент вариации распределения скоростей	K <sub>v</sub>	–	0,43	0,03	0,53	0,02
Погрешность определения скорости	$\delta_v$	–	0,019	0,008	0,055	0,005
Интенсивность движения	I <sub>д</sub>	авт./ч	1000			
Годовой фонд времени	Ф <sub>г</sub>	ч/год	1257			
Удельное число задержек на исследуемом участке	Z <sub>y</sub>	с/авт.	93	-21	83	-18
Удельное число остановок на исследуемом участке	O <sub>y</sub>	ост./авт.	2	0	2	0
Потери транспортного потока от задержек	П <sub>з</sub>	у.е./год	73079	-16585	65222	-13937
Потери транспортного потока от остановок	П <sub>о</sub>	у.е./год	47137	0	47138	0
Суммарные потери	П <sub>с</sub>	у.е./год	120216	-16585	112360	-13937

Расчет годовых экономических потерь производится по формуле

$$П_{г\у} = I_{\у} \cdot I_{\ф} \cdot K_{пз} \cdot \Phi_{г} \cdot Ц_{и} \cdot K_{пр}, \text{ у.е./год}, \quad (2.1)$$

где  $I_{\у}$  – удельные издержки ( $O_{\у}$ ,  $Z_{п}$ ),

$I_{\у}$  – интенсивность движения, ав./ч;

$K_{пз}$  – экономический коэффициент приведения;

$\Phi_{г}$  – годовой фонд времени, ч/год, для исследуемого объекта  $\Phi_{г} = 4400$  ч/го, причем 629 ч/год – для пикового режима, 2514 ч/год – для рабочего режима, 1257 ч/год – для слабо нагруженного режима;

$Ц_{и}$  – цена издержки, принимается  $Ц_{ид} = 1,8$  у.е./ч;  $Ц_{ио} = 0,015$  у.е./ост;

$K_{пр}$  – коэффициент приведения размерностей, для расчета задержек транспорта  $K_{пр} = 1/3600$ ; для остальных видов издержек  $K_{пр} = 1$ .

Результаты расчетов заносятся в табл. 2.1...2.3.

Экономические потери, которых можно избежать благодаря внедрению предлагаемого плана координации рассчитываются по формуле

$$\begin{aligned} П_{э} = \sum (П_{э \text{ сущ}} - П_{э \text{ пред}}) &= (466262 - 30478) + (340462 - 33767) + \\ &+ (525630 - 4175) + (808455 - 11917) + (120216 - (-16585)) + \\ &+ (112360 - (-13937)) = 2323572 \text{ у.е./год}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

## 2.1. Расчет экологических потерь

Автомобиль – один из самых главных загрязнителей окружающей среды. По оценкам, исследователей, вредные выбросы автомобилей – около 30 различных компонентов – составляют в развитых странах около половины всех выбросов в атмосферу. Загрязнение окружающей среды – бедствие, которое не только отражается на здоровье конкретного человека, но и угрожает самому существованию человечества. Установлено, например, что на расстоянии до 150 м от оси дорог I-III категории, т.е. с интенсивностью выше 2000 авт./сут, в сутки, нельзя выращивать и собирать пищевые продукты, т.к. они содержат недопустимую концентрацию вредных веществ.

Экологическими потерями являются выбросы вредных веществ в атмосферу, загрязнение воды и почвы, воздействие шума и вибра-

ции. Основными причинами повышенного уровня экологических потерь являются перегрузки отдельных участков дороги повышенный уровень маневрирования интенсивных потоков транспорта, включая торможения, остановки и разгоны; вынужденное снижение скорости и движение на неэкономичных режимах; перепробег в любых его проявлениях; неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств и т.д.

В экологических потерях различается произведенный и потребленный вред. Одно дело, например, если нагруженная городская магистраль проложена через незаселенную промышленную зону, и совсем другое дело, когда эта же магистраль проходит через густонаселенные жилые районы с вплотную примыкающими жилыми зданиями, многолюдными торговыми центрами и т.д. Очевидно, при одинаковом произведенном вреде потребляемый вред во втором случае будет несопоставимо большим.

Действие экологических потерь отложено во времени на довольно значительный период. Его опасность заключается в том, что результаты могут оказаться непредсказуемо страшными (к например, исчезновение озонового слоя или генетические изменения в самом человеке). В денежном эквиваленте, по германским оценкам, экологические потери стоят на втором месте, уступая экономическим и превышая аварийные. По сегодняшним оценкам, в будущем значимость экологических потерь существенно возрастет.

**Потери от выбросов в атмосферу** рассчитываются в следующей последовательности:

- 1) удельный объем произведенных выбросов;
- 2) удельный объем и стоимость ущерба от приведенных (к потребителю) выбросов;
- 3) удельное число потребителей, экологического воздействия;
- 4) годовые потери от выбросов.

**Удельный (на 1 км) объем произведенных выбросов** определяется по формуле

$$O_{\text{произв в}} = I_{\text{др}} \cdot m \cdot [K_{\text{пн}} \cdot (K_{\text{ивс}} \cdot K_{\text{ивд}} - 1) + K_{\text{в}} \cdot K_{\text{ивс}} \cdot K_{\text{ивд}}], \text{ кг/км}, \quad (2.3)$$

где  $m$  – базовое значение суммарных приведенных (по СО) выбросов легкового автомобиля, кг/км, принимается:  $m = 0,02$  кг/км;

$I_{др}$  – расчетная (без электротранспорта) интенсивность движения, авт./ч,

$$I_{др} = I_{д} [1 - D_{элт} \cdot (1 + K_{пэлт} - K_{п})], \quad (2.4)$$

где  $I_{дт}$  – интенсивность движения исследуемого транспортного потока, авт./ч;

$D_{элт}$  – доля электротранспорта в транспортном потоке,  $D_{элт} = 0,01$ ;

$K_{пэлт}$  – динамический коэффициент приведения электротранспорта,  $K_{пэлт} = 2$  (троллейбусы);

$K_{ивс}$  – коэффициент изменения выбросов от скорости, определяется из зависимости удельных приведенных (по СО) выбросов легковых автомобилей от скорости движения потока,  $K_{ивс} = 1$ ;

$K_{ивд}$  – коэффициент изменения выбросов от дисперсии скорости,  $K_{ивд} = 1$ ;

$$K_{ивд} = \sqrt{1 + K_{вс}}, \quad (2.5)$$

$K_{в}$  – коэффициент возраста транспортных средств,

$$K_{в} = \Delta B_{б} \cdot K_{пвб} \cdot K_{пвд} + \Delta B_{д} \cdot K_{квб} \cdot K_{пвд}, \quad (2.6)$$

где  $\Delta B_{б}$  – приращение выбросов от возраста автомобилей с бензиновым двигателем,  $\Delta B_{б} = 0,79$ ;

$\Delta B_{д}$  – приращение выбросов автомобилей с дизельным двигателем,  $\Delta B_{д} = 0,2$ ;

$K_{вб}$  и  $K_{вд}$  – коэффициент приращения выбросов от возраста ТС с бензиновыми и дизельными двигателями;

$K_{вс}$  – коэффициент вариации распределения скоростей потока

**Удельный объем приведенных (к потребителю) выбросов** определяется по формуле:

$$O_{привед\ в} = O_{произв\ в} \cdot K_{зп}, \quad \text{кг/км}, \quad (2.7)$$

где  $K_{зп}$  – коэффициент защиты потребителей  $i$ -й категории.

Для расчета удельного числа потребителей рассматриваются 3 категории потребителей: 1 – водители и пассажиры; 2 – пешеходы; 3 – жители прилегающих зданий. Принимается:

1) водители

$$K_{зп1} = 1;$$

2) пешеходы

$$K_{зп2} = e^{-0,04 \cdot (P_2 + 5 \cdot K_2)},$$

где  $P_2$  – расстояние от середины траектории ближайшего ТП до середины тротуара, м,  $P_2 = 17$  м;

$K_2$  – число рядов кустарников и деревьев, эффективно защищающих пешеходов от экологического воздействия,  $K_2 = 1$ ;  $\Pi$  – удельное число пешеходов;

3) жители

$$K_{зп3} = e^{-0,04 \cdot (P_3 + 5 \cdot K_3 + 10)},$$

где  $P_3$  – расстояние (по диагонали) от траектории движения ближайшего ТП до средних по высоте окон застройки, м,

$$P_3 = \sqrt{\left(\frac{\Pi_k - \Pi_{\Pi} + 3,75}{2}\right)^2 + \left(\frac{B_3}{4}\right)^2}, \text{ м}; \quad (2.8)$$

$K_3$  – число рядов кустов и деревьев, эффективно защищающих жителей прилегающих зданий,  $K_3 = 1$ ;

$\mathcal{J}$  – удельное число жителей;

$\Pi_k$  – ширина улицы в красных линиях;

$\Pi_{\Pi}$  – проезжей части;

$H$  – высота застройки зданий.

Стоимость ущерба для здоровья и ВВП от воздействия в течение часа на одного человека вредных выбросов такой концентрации, которая эквивалентна удельному приведенному выбросу  $O_{\text{привед в}}$ , у.е./чел, определяется по формуле



$$C_{ув} = 0,005 \sqrt{O_{\text{произв в}} - 6} \geq 0, \text{ у.е./чел.}$$

**Удельное (на 1 км) число потребителей экологического воздействия определяется следующим образом. Принимается:**

1) водители

$$B = \frac{(40 \cdot D_{от} + 1,5) \cdot I_{д}}{V} \text{ чел./км,} \quad (2.9)$$

где  $D_{от}$  – доля общественного транспорта в потоке,  $D_{от} = 0,02$ ;

$I_{д}$  – интенсивность движения, а/ч;

$V$  – скорость движения, км/ч;

2) пешеходы

$$\Pi = \frac{I_{дп}}{V_n}, \text{ чел./км,} \quad (2.10)$$

где  $I_{дп}$  – суммарная интенсивность движения пешеходов, чел./ч.,  
 $I_{дп} = 100$  чел.ч;

$V_n$  – скорость движения пешеходов, км/ч.,  $V_n = 4$  км/ч;

3) жители

$$Ж = 200 \text{ чел./км.}$$

**Годовые потери от выбросов** определяются по формуле

$$\Pi_r = \Pi_{\phi} - \Pi_э, \text{ у.е./год,} \quad (2.11)$$

где  $\Pi_{\phi}$  – нормативные (при  $\Pi_э$  эталонные (нормативные) потери  
 $V = 60$  км/ч;  $K_{вс} = 0$ );

потери от выбросов в атмосферу

$$\Pi_{ни} = \left[ O_{\text{произв в}} \cdot C_y + \sum_1^{i=3} (K_{в} \cdot C_{ув}) \right] \cdot \Phi_r \cdot S \cdot K_{сэ}, \text{ у.е./год,} \quad (2.12)$$

где  $C_{ув}$  – стоимость ущерба в народном хозяйстве (потери ВВП) от 1 кг приведенных (по СО) выбросов в атмосферу, у.е./кг,  $C_{ув} = 0,025$  у.е./кг – город,  $C_{мо} = 0,010$  у.е./кг – загород;

$\Phi_r$  – годовой фонд времени, ч./год (см. п.5.1);

$S$  – протяженность участка, км,  $S=4,783$  км;

$K_{сэ}$  – социальный коэффициент экологических потерь,  $K_{сэ} = 1,5$ ;

**Потери от транспортного шума** определяются в следующей последовательности:

- 1) уровень производимого шума;
- 2) уровень произведенного (к потребителю) шума;
- 3) коэффициенты потерь национального дохода;
- 4) годовые потери от шума.

**Уровень производимого шума** определяется по формуле

$$Y_{ш} = 4,3 + 10 \cdot \lg [I_d \cdot V^2 \cdot (14 \cdot K_{шн} - 13)] + \sum P_c, \text{ дБА}, \quad (2.13)$$

где  $P_{произв ш}$  – сумма поправок при расчете производимого шума:

$$P_{произв ш} = P_y + P_{тп} + P_{ш/в} + P_v + P_{дс}, \text{ дБА}, \quad (2.14)$$

где  $P_y$  – поправка на уклон;

$P_{тп}$  – поправка на тип покрытия ( $P_{тп} = 0$  – асфальтобетон);

$P_{ш/в}$  – поправка на отношение ширины улицы к сумме высот застройки.

$P_v$  – поправка на возраст ТС;

$P_{дс}$  – поправка на дисперсию скорости:

$$P_{дс} = 40 - \lg (1 + I_v). \quad (2.15)$$

**Уровень приведенного шума** определяется по формуле

$$Y_{шп} = Y_{ш} + P_{ш}, \text{ дБА}, \quad (2.16)$$

где  $P_{привед ш}$  – сумма поправок при расчете приведенного шума, дБА;

$$P_{привед ш} = P_v + P_n + P_{ж} + P_{экр}.$$

Коэффициент потерь национального дохода определяется по формуле

$$K_{\text{пнд}} = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot Y_{\text{шп}}^{3,39} - 0,0312. \quad (2.17)$$

**Годовые потери от шума** определяются по формуле

$$П_{\Gamma} = П_{\phi} - Н_{\text{э}}, \text{ у.е./год}, \quad (2.18)$$

где  $П_{\Gamma}$  – нормативные потери от шума

$$П_{\text{э}} = \sum_{i=1}^{i=3} (K_{\text{пнз}} \cdot K_{\text{в}}) \cdot \Phi_{\Gamma} \cdot S \cdot D_{\text{нд}} \cdot K_{\text{сэ}}, \text{ у.е./год}, \quad (2.19)$$

где  $D_{\text{нд}}$  – доля национального дохода (ВВП), приходящаяся на 1 чел./ч., принимается  $D_{\text{нд}} = 0,25$  у. е./ч.

**Суммарные экологические потери** определяются по формуле

$$П_{\text{эк}} = П_{\Gamma} + П_{\text{ш}}, \text{ у.е./год}. \quad (2.20)$$

Результаты расчетов заносятся в табл.5.4...5.6.

Из расчетов видно, что внедрение предлагаемого плана координации позволяет существенно уменьшить суммарные экологические потери:

$$\begin{aligned} П_{\text{эк}} &= \sum (П_{\text{эк сущ}} - П_{\text{эк пред}}) = 478430 - 45238) + \\ &+ (934856 - 40281) + (184644 - 4496) = 1507915 \text{ у.е./год}. \quad (2.21) \end{aligned}$$

Результаты расчета экологических потерь на заданном перегоне для пикового режима

Параметр	Индекс	Размерность	Значения показателей		
			существующий	предлагаемый	эталонный
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Интенсивность движения суммарная	$I_{\text{д}}$	авт./ч	2000		
Коэффициент приведения динамический	$K_{\text{пд}}$	–	1,15		
Скорость движения	$V$	км/ч	31	53	60
Коэффициент вариации распределения скорости движения	$K_{\text{в}}$	–	0,75	0,03	0,00
Интенсивность движения пешеходов, суммарная	$I_{\text{дп}}$	чел./ч	100		
Отношение ширины улицы к высоте застройки	$Ш/В$	м/м	130/20		
Протяженность участка	$S$	км	4,783		
Средний возраст транспортных средств	$K_{\text{в}}$	лет	14		
Число рядов деревьев	$Ч$	–	1		
Доля маршрутного пассажирского транспорта/доля электротранспорта	$D_{\text{мт}}/D_{\text{элт}}$	–	0,02/0,01		

Окончание табл.2.4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	
Удельные произведенные выбросы	$O_{\text{произв в}}$	кг/км	1151,1	147,21	66,1	
Удельное число потребителей	водители	В	чел./км	296,8	175,1	153,3
	пешеходы	П	чел./км	25		
	жители	Ж	чел./км	200		
Удельные приведенные (к потребителю) выбросы $O_{\text{привед в}}$	водители	В	кг/км	1151,06	147,2	66,10
	пешеходы	П	кг/км	477,44	61,06	27,42
	жители	Ж	кг/км	402,12	51,43	23,09
Потери от выбросов	$\Pi_{\text{в}}$	$\Pi_{\text{в}}$	402976	42624	-	
Производимый уровень шума	$У_{\text{ш}}$	$У_{\text{ш}}$	84,28	79,57	80,30	
Приведенный (к потребителю) уровень шума	водители	В	дБА	72,28	67,57	68,30
	пешеходы	П	дБА	75,09	70,38	71,11
	жители	Ж	дБА	60,58	55,87	56,59
Потери от шума	$\Pi_{\text{г}}$	$\Pi_{\text{г}}$	75454	2614	-	
Суммарные экологические потери	$\Pi_{\text{эк}}$	$\Pi_{\text{эк}}$	478430	45238	-	

Результаты расчета экологических потерь на заданном перегоне для рабочего режима

Параметр	Индекс	Размер- ность	значения		
			существующий	предлагаемый	эталонный
<i>I</i>	2	3	4	5	6
Интенсивность движения суммарная	$I_d$	авт./ч	1500		
Коэффициент приведения динамический	$K_{пд}$	–	1,15		
Скорость движения	$V$	км/ч	37	58	60
Коэффициент вариации распределения скорости движения	$K_v$	–	0,66	0,03	0,00
Интенсивность движения пешеходов, суммарная	$I_{дп}$	чел./ч	100		
Отношение ширины улицы к высоте застройки	$Ш/В$	м/м	130/20		
Протяженность участка	$S$	км	4,783		
Средний возраст транспортных средств	$K_v$	лет	14		
Число рядов деревьев	$Ч$	–	1		
Доля маршрутного пассажирского транспорта/доля электротранспорта	$D_{мп}/D_{элт}$	–	0,02/0,01		

Окончание табл. 2.5

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	
Удельные произведенные выбросы	$O_{\text{произв в}}$	кг/км	536,8	63,2	49,6	
Удельное число потребителей	водители	В	чел/км	186,5	119,1	115,0
	пешеходы	П	чел/км	25		
	жители	Ж	чел/км	200		
Удельные приведенные (к потребителю) выбросы	водители	В	кг/км	536,78	63,22	49,57
	пешеходы	П	кг/км	222,65	26,22	20,56
	жители	Ж	кг/км	187,52	22,09	17,32
Потери от выбросов	$\Pi_{\text{в}}$	$\Pi_{\text{в}}$	745607	32123	–	
Производимый уровень шума	$У_{\text{ш}}$	$У_{\text{ш}}$	83,65	79,26	79,05	
Приведенный (к потребителю) уровень шума	водители	В	дБА	71,65	67,26	67,05
	пешеходы	П	дБА	74,46	70,07	69,86
	жители	Ж	дБА	59,95	55,56	55,35
Потери от шума	$\Pi_{\text{г}}$	$\Pi_{\text{г}}$	189249	8258	–	
Суммарные экологические потери	$\Pi_{\text{эк}}$	$\Pi_{\text{эк}}$	934856	40381	–	

Результаты расчета экологических потерь на заданном перегоне для слабо нагруженного режима

Параметр	Индекс	Размер- ность	значения		
			существующий	предлагаемый	эталонный
<i>I</i>	2	3	4	5	6
Интенсивность движения суммарная	$I_{\text{д}}$	авт./ч	1500		
Коэффициент приведения динамический	$K_{\text{пд}}$	–	1,15		
Скорость движения	$V$	км/ч	46	64	60
Коэффициент вариации распределения скорости движения	$K_{\text{в}}$	–	0,48	0,03	0,00
Интенсивность движения пешеходов, суммарная	$I_{\text{дп}}$	чел./ч	100		
Отношение ширины улицы к высоте застройки	$\text{Ш/В}$	м/м	130/20		
Протяженность участка	$S$	км	4,783		
Средний возраст транспортных средств	$K_{\text{в}}$	лет	14		
Число рядов деревьев	$\text{Ч}$	–	1		
Доля маршрутного пассажирского транспорта/доля электротранспорта	$D_{\text{мт}}/D_{\text{элт}}$	–	0,02/0,01		



Окончание табл. 2.6

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	
Удельные произведенные выбросы	$O_{\text{произв в}}$	кг/км	192,7	34,0	33,1	
Удельное число потребителей	водители	В	чел./км	100,2	71,5	76,7
	пешеходы	П	чел./км	25		
	жители	Ж	чел./км	200		
Удельные приведенные (к потребителю) выбросы	водители	В	кг/км	192,68	34,02	33,05
	пешеходы	П	кг/км	79,92	14,11	13,71
	жители	Ж	кг/км	67,31	11,88	11,55
Потери от выбросов	$P_{\text{в}}$	у.е./год	135655	20	-	
Производимый уровень шума	$U_{\text{ш}}$	$U_{\text{ш}}$	81,78	78,33	77,29	
Приведенный (к потребителю) уровень шума	водители	В	дБА	69,78	66,33	65,29
	пешеходы	П	дБА	72,59	69,14	68,10
	жители	Ж	дБА	58,07	54,62	53,58
Потери от шума	$P_{\text{г}}$	у.е./год	48990	4476	-	
Суммарные экологические потери	$P_{\text{жк}}$	у.е./год	184644	4496	-	

## 2.2 Расчет потерь от аварийности

Ежегодно в мире, по оценкам экспертов, происходит 30 млн. аварий, в которых погибает около 250 тыс. человек и около 7 млн. получают ранения. Общий социально-экономический ущерб с учетом различной стоимости аварий в разных странах оценивается цифрой порядка 400 млрд. долларов ежегодно.

Под *аварийными* понимаются потери от аварий любых видов и любой тяжести последствий, а также судебные и иные издержки, связанные с рассмотрением дел об авариях. Аварийные потери имеют принципиальное отличие от экономических и экологических (в которых ущерб наносится обществу в целом, и участники движения воспринимают этот ущерб постольку, поскольку они являются членами общества). В аварийных потерях ущерб наносится, в первую очередь, отдельным участникам движения, а общество воспринимает его постольку, поскольку эти участники являются его членами. Легко увидеть, что аварийные потери для участников движения тысячекратно важнее, чем другие виды потерь.

Аварийность в развитых странах имеет тенденцию к стабилизации и даже к снижению. Это результат, следствие организации движения, поэтому бороться нужно не с аварийностью, а с причинами, ее порождающими. Основные направления этой борьбы определились довольно четко: повышение общей культуры движения, достижение оптимального управления им, внедрение нормативов, информации, электронной автоматике в управлении и вождении, повышение безопасности движения, своевременный ремонт транспортных средств и дорог и т.д., т.е. проведение обширного, и очень дорогостоящего комплекса мероприятий безусловно, окупающегося.

*Годовые потери от аварий* определяются по формуле

$$П_a = Ч_a \cdot C_a, \text{ у.е./год}, \quad (2.22)$$

где  $C_a$  – стоимость одной аварии, у.е./ав, принимается: для аварии с материальным ущербом  $C_a = 300$  у.е./ав; для аварии с ранеными  $C_a = 1200$  у.е./ав.; и для аварии со смертельным исходом  $C_a = 60000$  у.е./ав.;

$Ч_a$  – среднегодовое число аварий, ав./год.

Число аварий после внедренных мероприятий рассчитывается по формуле

$$\mathcal{C}_{a2} = \mathcal{C}_{a1} \cdot (1 - \Delta\mathcal{C}_a) \quad (2.23)$$

где  $\mathcal{C}_{a1}$  – среднегодовое число аварий до внедрения, ав./год;

$\Delta\mathcal{C}_a$  – снижение числа аварий,  $\Delta\mathcal{C}_a = 0,06$ .

Результаты расчетов заносятся в табл. 5.7

Т а б л и ц а 5.7

Результаты расчета потерь от аварий на заданном перегоне

Параметр	Индекс	Размерность	Значение		
			с материальным ущербом	с ранеными	с погибшими
Среднегодовое число аварий до внедрения	$\mathcal{C}_{a1}$	ав./год	116	26	3
Среднегодовое число аварий после внедрения	$\mathcal{C}_{a2}$	ав./год	109	24	3
Потери от аварий до внедрения	$\Pi_{a1}$	у.е./год	34800	31200	180000
Потери от аварий после внедрения	$\Pi_{a2}$	у.е./год	32700	28800	180000
Суммарные потери от аварий до внедрения	$\Pi_{a \text{ сущ}}$	у.е./год	246000		
Суммарные потерн от аварий после внедрения	$\Pi_{ав}$	у.е./год	241500		

После внедренных мероприятий потери от аварий уменьшатся на

$$\Pi_a = \Pi_{ав} - \Pi_{a \text{ сущ}} = 246000 - 241500 = 4500 \text{ у.е./год.} \quad (2.23)$$

Суммарные потери, которых можно избежать благодаря предложенным мероприятиям, рассчитываются по формуле

$$\begin{aligned} \Pi_{сз} = \Pi_3 + \Pi_{экл} + \Pi_a = 2323572 + \\ + 1507915 + 4500 = 3835987 \text{ у.е./год.} \end{aligned} \quad (2.24)$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий по снижению числа аварий

$$\mathcal{E}_в = 3835987 - 177494 \cdot 0.12 = 3814688, \text{ у.е./год.}$$

Т а б л и ц а 2.8

Стоимость работ по внедрению предложенных мероприятий

Вид работ	Единицы измерения	Стоимость единицы, у.е.	Количество	Общая стоимость, у.е.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Устройство проезжей части (асфальтобетон)	м <sup>2</sup>	6,00	17100	102600
Устройство тротуара	м <sup>2</sup>	2,45	2000	4900
Устройство бортового камня	м	5,10	4005	20426
Разборка проезжей части (асфальтобетон)	м <sup>2</sup>	0,44	3000	1320
Разборка тротуара	м <sup>2</sup>	0,03	410	13
Разборка бортового камня	м	0,27	3405	920
Устройство газонов	м <sup>2</sup>	1,00	270	270
Установка дорожного знака	шт.	25,00	60	1500
Установка дорожного знака с переменной информацией	шт.	70,00	20	1400
Установка пешеходного светофора	шт.	52,00	16	832
Установка транспортного светофора	шт.	210,00	50	10500
Установка металлич. перильных ограждений	м.	3,10	1875	5813
Установка опоры освещения	шт.	250,00	108	27000
Итого:				177494

Коэффициент экономической эффективности предложений по совершенствованию организации дорожного движения  $E$  определяется по формуле:

$$K_{99} = \frac{П_{св}}{C_B} = 3835987 / 177494 = 21,6. \quad (2.24)$$

Срок окупаемости  $T_{ок}$  определяется по формуле

$$B = \frac{C_B}{П_{св}} = 177494 / 3835987 = 0,046 \text{ лет.} \quad (2.25)$$

### **3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ ПО КРИТЕРИЮ ВИДИМОСТИ**

Существует несколько уровней оценки качества дорожного движения, основанных на сопоставлении потерь или стоимости. В самом общем случае сопоставляются глобальные стоимости, охватывающие все стороны системы дорожного транспорта. Такая оценка, справедлива при исследовании больших национальных или региональных систем. В частных случаях, при исследовании отдельных подсистем, звеньев или элементов системы, многие составляющие глобальной стоимости могут быть опущены. В некоторых простейших случаях, например, при исследовании регулирования на отдельном участке улично-дорожной сети, в понятие «стоимость» могут входить исключительно потери от издержек движения.

Поскольку в данной работе речь идет, в основном, об оценке качества дорожного движения на ограниченном участке улично-дорожной сети, то в понятие «стоимость» включены лишь две составляющие – потери от издержек движения и затраты на изменение (ограниченное) условий движения, т.е. исследуется будет так называемая сопоставительная стоимость

$$C = П_n + З, \text{ руб./год,} \quad (3.1)$$

где  $C$  – сопоставительная стоимость;

$П_n$  – суммарные приведенные потери от издержек;

$З$  – затраты на изменение условий движения.

$$П_n = П_з + П_о + П_{пт} + П_{зн} + П_{пп}, \quad (3.2)$$

где  $\Pi_3$  – потери от задержек транспорта;  
 $\Pi_0$  – потери от остановок транспорта;  
 $\Pi_{пт}$  – потери от перепробега транспорта;  
 $\Pi_{зп}$  – потери от задержек пешеходов;  
 $\Pi_{пн}$  – потери от перепрохода пешеходов.

$$\Pi_3 = Z_y \cdot I_d \cdot K_{пз} \cdot \Phi_r \cdot C_ч \cdot l / 3600, \text{ у.е./год}; \quad (3.3)$$

$$Z_y = 0,45 \cdot \left[ \frac{C \cdot (1 - D_{зс})^2}{1 - D_{зс} \cdot K_3} + \frac{D_{зс}^2}{I_d \cdot (1 - K_3)} \right]; \quad (3.4)$$

$$D_{зс} = \frac{V_r}{C}; \quad (3.5)$$

$$K_в = \frac{I_d}{\Pi_n \cdot D_{зс}}, \quad (3.6)$$

где  $Z_y$  – удельная задержка, с;

$C$  – продолжительность светофорного цикла, с;

$D_{зс}$  – продолжительность зеленого сигнала в цикле, с;

$K_3$  – коэффициент загрузки полосы движением;

$I_d$  – интенсивность движения по полосе, а/ч;

$K_{пз}$  – коэффициент приведения экономический;

$\Phi_r$  – годовой фонд времени, ч./год,

$\Phi_r = 3000$  для слабонагруженных объектов;  $\Phi_r = 3600$  для средне-нагруженных объектов;  $\Phi_r = 4200$  для сильнонагруженных объектов;

$C_ч$  – стоимость 1 часа задержки одного приведенного легкового автомобиля, принимается  $C_ч = 1,8$  у.е./ч.

Потери от остановок

$$\Pi_0 = O_y \cdot I_d \cdot K_{пз} \cdot \Phi_r \cdot C_о, \text{ у.е./год}; \quad (3.7)$$

$$O_y = \frac{(1 - D_{зс}) \cdot \Pi_n}{\Pi_n - I_d}, \quad (3.8)$$

где  $O_y$  – удельная остановка, ост./а;

$C_o$  – стоимость одной остановки легкового приведенного автомобиля, принимается  $C_o = 0,01$  у.е./ост.

Потери от перепробега транспорта

$$P_{пт} = P_y \cdot I_d \cdot K_{пэ} \cdot \Phi_r \cdot C_{км}, \text{ у.е./год}, \quad (3.9)$$

где  $P_y$  – удельный перепробег, км/а;

$C_{км}$  – стоимость одного километра перепробега легкового приведенного автомобиля, у.е./км,  $C_{км1} = 0,08$  у.е./км – за городом;  $C_{км2} = 0,10$  у.е./км – в городе;

Потери от задержек пешеходов

$$P_{зп} = Z_{пу} \cdot I_{дпп} \cdot \Phi_r \cdot C_ч \cdot l / 3600, \text{ у.е./год}; \quad (3.10)$$

$$Z_{пу} = \frac{C \cdot (1 - D_{зс})^2}{2}, \text{ с}, \quad (3.11)$$

где  $Z_{пу}$  – удельная задержка пешехода, с;

$D_{зс}$  – доля зеленого сигнала для пешеходов в светофорном цикле, с;

$I_{дп}$  – интенсивность движения пешеходов по данному пешеходному переходу, чел./ч;

$C_ч$  – стоимость одного часа задержки пешехода, у.е./ч,  $C_ч = 0,3$  у.е./ч.

Потери от перехода пешеходов

$$P_{пп} = I_{пп} \cdot I_{дп} \cdot \Phi_r \cdot C_{км}, \text{ у.е./год}, \quad (3.12)$$

где  $I_{пп}$  – перепроход пешеходов, км;

$C_{км}$  – стоимость одного километра перепрохода, у.е./км,  $C_{км} = 0,12$  у.е./км.

Для нерегулируемых объектов потери от задержек и остановок определяются следующим образом:

от задержек

$$P_3 = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot a \cdot V_1}, \text{ с}, \quad (3.13)$$

от остановок

$$\Pi_o = \frac{V_1 \cdot (a + b)}{2 \cdot a \cdot b} + B_{\text{ост}}, \text{ с}; \quad (3.14)$$

$$a \approx b \approx \frac{1,5}{\sqrt{K_{\text{птп}}}} \quad (3.15)$$

где  $V_1$  – начальная скорость, м/с;

$V_2$  – конечная скорость, м/с;

$a$  – среднее замедление, м/с<sup>2</sup>;

$b$  – среднее ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$K_{\text{птп}}$  – динамический коэффициент приведения транспортного потока.

Результаты расчетов представлены в таблицах, где «↔» – означает, что данных потерь на объекте нет, они очень малы или не существует конкретной методики расчета.

Каждое предложение по совершенствованию организации дорожного движения должно быть экономически обоснованным, поэтому необходимо выполнить упрощенный расчет экономической эффективности.

$$\mathcal{E}_в = \mathcal{Z}_т - \mathcal{Z}_у, \text{ у.е./год}, \quad (3.16)$$

где  $\mathcal{E}_в$  – годовая экономия от внедрения предложений, у.е./год;

$\mathcal{Z}_т$  – текущие затраты, у.е./год;

$\mathcal{Z}_у$  – текущие затраты при усовершенствованной организации дорожного движения, у.е./год.

$$\mathcal{E}_{\text{эв}} = \mathcal{E}_в - K \cdot E_n \text{ у.е./год}, \quad (3.17)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{эв}}$  – экономический эффект от внедрения предложений, у.е./год;

$K$ , – капитальные вложения (расходы на строительные-монтажные работы, оборудование, материалы, исследование и т.д.);

$E_n$  – единый нормативный коэффициент капитальных вложений;  
 $E_n = 0,15$ .



Если срок окупаемости внедрения предложений – меньше 6 лет, такое внедрение предложений экономически выгодно.

Расчеты будут касаться только тех потерь и предложений, которые относятся непосредственно к конкретным нерегулируемым пересечениям и имеют с ними непосредственную связь.

Суммарные аварийные потери на всех объектах за год до усовершенствования

$$П_{ca} = A_c \cdot C_a, \quad (3.18)$$

где  $A_c$  – суммарное число аварий на 10 объектах до усовершенствования, авт./год,  $A_c = 40,66$  авт./год.

$C_a$  – стоимость потерь от одной аварии, у.е.,  $C_a = 1000$  у.е.

$$П_{ca} = A_c \cdot C_a = 40,66 \cdot 1000 = 40660 \text{ у.е./год.} \quad (3.19)$$

Суммарные аварийные потери на всех объектах за год после усовершенствования

$$П_{caу} = A_{cy} \cdot C_a, \quad (3.20)$$

где  $A_{cy}$  – суммарное число аварий на 10 объектах после усовершенствования, авт./год,  $A_{cy} = 18,69$  авт./год.

$$П_{caу} = A_{cy} \cdot C_a = 18,69 \cdot 1000 = 18690 \text{ у.е./год.}$$

Снижение потерь

$$П_c = П_{ca} - П_{caу} = 40660 - 18690 = 21970 \text{ у.е./год.}$$

Затраты на установку дорожных знаков

$$З = Ч_3 \cdot C_3 = 14 \cdot 25 = 350 \text{ у.е.,}$$

где  $Ч_3$  – число дорожных знаков;

$C_3$  – стоимость знаков.

Время окупаемости

$$T_{ок} = З / П_c = 350 / 21970 = 0,016 \text{ года.}$$

## Снижение аварийности на объектах

Название перекрестка	До усовершенствования	После усовершенствования	Разность*
	$A_1$	$A_2$	$A_1 - A_2$
Жилуновича – Народная	6	2,58	3,42
Кошевого – Стахановская	4,67	2,77	1,90
Уральская – Фроликова	2,67	1,41	1,26
Короля – Сухая	1,33	1,51	0,00
Щорса – Декабристов	3	2,10	0,90
Шевченко – Осипенко	4,33	1,41	2,92
Долгиновский тракт – Щедрина	4,33	1,19	3,14
Семенова – Козыревская	6,33	1,52	4,81
Серова – Жлобинская	4,67	3,01	1,66
Богдановича – 1-я Поселковая	3,33	1,19-	2,14
Всего	40,66	18,69	21,97

\*Суммарное сложение аварийности на объектах за год: 21,97 авт./год

#### 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОПАСНОСТИ МЕЖФАЗНЫХ КОНФЛИКТОВ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ

Каждое новое предложение по совершенствованию ОДД должно быть экономически обоснованным и выгодным с точки зрения общенациональных интересов. Следует отметить, что предлагаемая в данной работе методика прогнозирования аварийности непосредственно не дает экономического эффекта. Экономическая целесообразность ее применения заключается в возможности своевременно выявления аварийно опасных участков дороги и своевременного проведения мероприятий по снижению аварийных потерь в дорожном движении.

По своему характеру ущерб, нанесенный при аварии, делится на 2 категории – *экономические* и *социальные потери*. Экономические потери делятся на прямые и косвенные. *Прямые потери* – это затраты на оформление и расследование аварий, лечение или похороны пострадавшего, расходы на пенсию и пособие, а также потери от разрушения транспортных средств, порчи груза, разрушения дороги и ее обустройства. *Косвенные потери* – это народнохозяйственные потери вследствие временного, частичного или полного выключения членов общества из среды производства; потери, связанные с нарушением процесса дорожного движения во время аварии, судебные издержки и т.д.

Годовая экономия от внедрения предложений по совершенствованию организации движения определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{гв} = \mathcal{Z}_т - \mathcal{Z}_у, \text{ у.е./год}, \quad (4.1)$$

где  $\mathcal{Z}_т$  – текущие затраты при существующей организации дорожного движения, к ним относятся экономические и аварийные потери, расходы на содержание технических средств регулирования и т.д.

$\mathcal{Z}_у$  – текущие затраты при усовершенствованной организации движения.

Экономический эффект от внедрения предложений по совершенствованию определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{эв} = \mathcal{E}_{гв} - K \cdot E_n, \quad (4.2)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{эв}}$  – экономический эффект от внедрения предложений по совершенствованию ОДД, у.е./год;

$K$  – капитальные вложения (единовременные затраты), необходимые для внедрения предложений, (к ним относятся расходы на строительные-монтажные работы, оборудование, материалы, исследование, проектирование и т.д.);

$E_n$  – единый нормативный коэффициент капитальных вложений, при отсутствии иных данных, принимается  $E_n = 0,15$ .

Коэффициент экономической эффективности предложений по совершенствованию организации дорожного движения определяется по формуле

$$K_{\text{ээ}} = \mathcal{E}_{\text{гв}} / K, \quad (4.3)$$

где  $K_{\text{ээ}}$  – коэффициент экономической эффективности.

Срок окупаемости определяется по формуле

$$T_{\text{ок}} = K / \mathcal{E}_{\text{гв}}, \quad (4.4)$$

где  $T_{\text{ок}}$  – срок окупаемости, лет.

Предложение считается экономически выгодным, если  $K_{\text{ээ}} \geq E_n$  или  $T_{\text{ок}} \leq 6$  лет.

Расчет экономического обоснования рассмотрим на примере предложений по совершенствованию ОДД на перекрестках улиц: Богдановича – Халтурина, Некрасова – Беды, Пономаренко – Бельского, Одинцова – Якубовского. Для снижения аварийности на данных участках УДС предлагает провести мероприятия по уменьшению потенциальной опасности.

#### **4.1. Потенциальная опасность межфазных конфликтов на пересечение улиц Богдановича – Халтурина**

Потенциальная опасность межфазных конфликтов на пересечении до проведения работ равна 114,25.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999-2001 гг. показывает:

ДТП с пострадавшими – 1 (1 человек ранен);

ДТП с материальным ущербом – 4.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$Z_{\tau} = (4 \cdot 600 + 1 \cdot 1200) / 3 = 1200 \text{ у.е./год.}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД т состоит из:

- 1) нанесения разметки 1.14.3 – 14 м (цена 1 пог.м. – 0,71 у.е.);
- 2) нанесения разметки 1.1 – 60 м (цена 1 пог.м. – 0,71 у.е.);
- 3) установки знаков 5.16.1 (2) – 8 шт. (цена – 25 у.е.);
- 4) установки пешеходных светофоров – 8 шт. (цена – 52 у.е.).

Приблизительно она составит

$$K = 74 \cdot 0,71 + 8 \cdot 25 + 8 \cdot 52 = 868,5 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 85,63, и прогнозируемая аварийность составит 1,25 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят

$$П_{ав} = 899 \text{ у.е./год.}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$Э_{гв} = 1200 - 899 = 301 \text{ у.е./год.}$$

Экономический эффект:

$$Э_{э} = 301 - 868,5 \cdot 0,15 = 170,7 \text{ у.е./год.}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$K_{ээ} = 301 / 868,5 = 0,35.$$

Срок окупаемости

$$T_{ок} = 868,5 / 301 = 2,88 \text{ года.}$$

Так как  $K_{ээ} > 0,15$  и  $T_{ок} < 6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

#### 4.2. Потенциальная опасность межфазных конфликтов на пересечении улиц Некрасова – Беды

Потенциальная опасность межфазных конфликтов на пересечении до проведения работ равна 72,52.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999 – 2001 гг. показывает:

ДТП с пострадавшими – 0;

ДТП с материальным ущербом – 9.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$Z_r = 600 \cdot 9 / 3 = 1800 \text{ у.е./год.}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД будет состоять из:

1) установки знаков 5.12 – 2 шт. (цена 25 у.е.);

2) нанесения разметки 1.14.3 – 43 м (цена 1 пог.м. – 0,71 у.е.);

3) устройства островков безопасности – 4 шт. (цена 150 у.е.).

Приблизительно она составит

$$K = 2 \cdot 25 + 0,71 \cdot 43 + 4 \cdot 150 = 680,5 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 53,91 и прогнозируемая аварийность составит 2,23 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят

$$P_{ав} = 1338 \text{ у.е./год.}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий

$$Э_{вр} = 1800 - 1338 = 462 \text{ у.е./год.}$$

Экономический эффект

$$Э_{эв} = 462 - 680,5 \cdot 0,15 = 360 \text{ у.е./год.}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$K_{эз} = 462 / 680,5 = 0,68.$$

Срок окупаемости:

$$B = 680,5 / 462 = 105 \text{ года.}$$

Так как  $K_{эз} > 0,15$  и  $T_{ок} < 6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

### **4.3. Потенциальная опасность межфазных конфликтов пересечения улиц Пономаренко – Бельского**

Потенциальная опасность межфазных конфликтов на пересечении до проведения работ равна 6,7.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999 – 2001 гг. показывает:

ДТП с пострадавшими – 0;

ДТП с материальным ущербом – 11.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$З_т = 600 \cdot 11 / 3 = 2200 \text{ у.е./год}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД будет состоять из:

– демонтаж транспортных светофоров – 3 шт. (цена 25 у.е.);

– установка знаков 5.12 – 2 шт. (цена 25 у.е.);

– установка знаков 5.16.1 (2) – 4 шт. (цена 25 у.е.);

– установка знаков 4.2.1 – 4 шт. (цена 25 у.е.)

– перенос пешеходных светофоров – 4 шт. (цена 50 у.е)

– устройство островков безопасности – 2 шт. (цена 150 у.е.) и по приближенным данным составит:

$$K_2 = 13 \cdot 25 + 4 \cdot 50 + 2 \cdot 150 = 825 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 4,342 и прогнозируемая аварийность составит 2,37 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят:

$$Z_2=1462 \text{ у.е./год,}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z=2200-1426=774 \text{ у.е./год,}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r=774-825*0,15=650,3 \text{ у.е./год,}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E=774/825=0,94$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}}=825/774=1,1 \text{ года.}$$

Так как  $E>0,15$  и  $T_{\text{ок}}<6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

#### 4. Пересечение улиц Якубовского – Одинцова.

Потенциальная опасность межфазных конфликтов на пересечении до проведения работ – 211,32.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999-2001 гг.:

ДТП с пострадавшими – 1;

ДТП с материальным ущербом – 6.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$Z_1=6*600+1200/3=1600 \text{ у.е./год}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД будет состоять из:

– нанесение разметки 1.14.3 – 92 м (цена 1 пог.м – 0,71 у.е.)

– установка знаков 5.12 – 4 шт. (цена 25 у.е.);

– перенос пешеходных светофоров – 4 шт. (цена 52 у.е.);

– устройство островков безопасности – 4 шт. (цена 150 у.е.);

– демонтаж транспортных светофоров – 5 шт. (цена 25 у.е.) и по приближенным данным составит:

$$K_2=9*25+92*0,71+4*150+4*52=998 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 67,18 и прогнозируемая аварийность составит 0,74 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят:

$$Z_2=508 \text{ у.е./год,}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z=1600-508=1092 \text{ у.е./год,}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r=1092-998*0,15=942,3 \text{ у.е./год,}$$



Коэффициент экономической эффективности:

$$E=1092/998=1,1$$

Срок окупаемости:

$$T_{ок}=442/596=0,91 \text{ года.}$$

Так как  $E>0,15$  и  $T_{ок}<6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

Общее экономическое обоснование.

Общие капиталовложения:

$$K_2=868,5+680,5+825+998=3372 \text{ у.е.}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z=301+462+774+1092=2629 \text{ у.е./год}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r=2629-3372*0,15=2123,2 \text{ у.е./год}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E=2629/3372=0,78$$

Срок окупаемости:

$$T_{ок}=4848/2321=1,28 \text{ года}$$

Так как  $E>0,15$  и  $T_{ок}<6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

Таблица 5.1

Результаты экономического обоснования

Показатель	Индекс	Значение
Капитальные вложения, у.е.	$K_2$	3372
Годовая экономия, у.е./год	$\Delta Z$	2629
Экономический эффект, у.е./год	$\mathcal{E}_r$	2123,2
Коэффициент экономической эффективности	$E$	0,78
Срок окупаемости, год	$T_{ок}$	1,28

Экономическое обоснование предложений по исследованию опасности регулируемых перекрестков при работе в нерегулируемом режиме.

Каждое новое предложение по совершенствованию ОДД должно быть экономически обоснованным и выгодным с точки зрения об-

шенациональных интересов. Следует отметить, что предлагаемая в данной работе методика прогнозирования аварийности не дает непосредственно экономического эффекта. Экономическая целесообразность её применения заключается в возможности своевременно выявления аварийно опасных участков УДС и своевременного проведения мероприятий по снижению аварийных потерь в дорожном движении.

По своему характеру ущерб, нанесенный при аварии, делится на две категории – экономические и социальные потери. Экономические потери делятся на прямые и косвенные. Прямые потери – это затраты на оформление и расследование аварий, на лечение или похороны пострадавшего, расходы на пенсию и пособие, а также потери от разрушения транспортных средств, порчи груза, разрушения дороги и обустройства. Косвенные потери - это народнохозяйственные потери вследствие временного, частичного или полного отключения членов общества из среды производства; потери, связанные с нарушением процесса дорожного движения во время аварии, судебные издержки и т.д.

Годовая экономия от внедрения предложений по совершенствованию организации движения определяется по формуле:

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2, \text{ у.е./год},$$

где  $Z_1$  – текущие затраты при существующей организации дорожного движения, к ним относятся экономические и аварийные потери, расходы на содержание технических средств регулирования и т.д.;

$Z_2$  – текущие затраты при усовершенствованной организации движения.

Экономический эффект от внедрения предложений по совершенствованию определяется по формуле

$$\mathcal{E}_r = \Delta Z - K_2 * E_n,$$

где  $\mathcal{E}_r$  – экономический эффект от внедрения предложений по совершенствованию ОДД, у.е./год;

$K_2$  – капитальные вложения (единовременные затраты), необходимые для внедрения предложений, к ним относятся расходы на строительные-монтажные работы, оборудование, материалы, исследование, проектирование и т.д.

$E_n$  – единый нормативный коэффициент капитальных вложений, при отсутствии иных данных (принято  $E_n = 0,15$ ).

Коэффициент экономической эффективности предложений по совершенствованию организации дорожного движения определяется по формуле

$$E = \Delta Z / K_2,$$

где  $E$  – коэффициент экономической эффективности.

Срок окупаемости определяется по формуле

$$T_{\text{ок}} = K_2 / \Delta Z,$$

где  $T_{\text{ок}}$  – срок окупаемости, лет.

Предложение считается экономически выгодным, если  $E \geq E_n$  или  $T_{\text{ок}} \leq 6$  лет.

Расчет экономического обоснования рассмотрим на примере предложений по совершенствованию ОДД на перекрестках улиц: Орловская – Карастояновой, Волгоградская – Кедышко, Громова – Слободская, Богдановича – Киселева. Для снижения аварийности на данных участках УДС предлагается провести мероприятия по уменьшению потенциальной опасности.

1. Пересечение улиц Орловская – Карастояновой.

Потенциальная опасность конфликтов на пересечении в нерегулируемом режиме до проведения работ – 34,84.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999-2001 гг.:

ДТП с пострадавшими – 0;

ДТП с материальным ущербом – 6.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$Z_1 = 6 * 600 / 3 = 1200 \text{ у.е./год}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД будет состоять из:

– нанесение разметки 1.1 – 80 м (цена 1 пог.м – 0,71 у.е.)

– установка знаков 2.4, 3.27 – 4 шт. (цена 25 у.е.);

– установка знаков 7.5.4 – 2 шт. (цена 15 у.е.);

– демонтаж знаков 2.5 – 2 шт. (цена 3 у.е);

– перенос светофоров – 2 ед. (цена работ 50 у.е.) и по приближенным данным составит:

$$K_2 = 80 * 0,71 + 4 * 25 + 2 * 15 + 2 * 3 + 50 = 242,8 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 21,31 и прогнозируемая аварийность составит 1,22 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят:

$$Z_2 = 732 \text{ у.е./год,}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z = 1200 - 732 = 468 \text{ у.е./год,}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 468 - 242,8 * 0,15 = 427,5 \text{ у.е./год,}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E = 468 / 242,8 = 1,93$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = 242,8 / 468 = 0,52 \text{ года.}$$

Так как  $E > 0,15$  и  $T_{\text{ок}} < 6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

2. Пересечение улиц Волгоградская – Кедышко.

Потенциальная опасность конфликтов на пересечении в нерегулируемом режиме до проведения работ – 9,24.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999-2001 гг.:

ДТП с пострадавшими – 1 (4 ранено, 1 погиб);

ДТП с материальным ущербом – 1.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$Z_1 = (5000 + 1200 * 4 + 600) / 3 = 3460 \text{ у.е./год}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД будет состоять из:

– демонтаж знаков 2.2 – 2 шт. (цена 3 у.е);

– прочие затраты на обеспечение треугольника видимости ориентировочно составят 800 у.е. и по приближенным данным составит:

$$K_2 = 2 * 3 + 800 = 806 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 6,21 и прогнозируемая аварийность составит 0,44 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят:

$$Z_2 = 2300 \text{ у.е./год,}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z = 3460 - 2300 = 1040 \text{ у.е./год,}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 1040 - 806 * 0,15 = 1039,1 \text{ у.е./год,}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E = 1040 / 806 = 1,44$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = 806 / 1040 = 0,7 \text{ года.}$$

Так как  $E > 0,15$  и  $T_{ок} < 6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

### 3. Пересечение улиц Громова – Слободская.

Потенциальная опасность конфликтов на пересечении в нерегулируемом режиме до проведения работ – 12.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999-2001 гг.:

ДТП с пострадавшими – 0;

ДТП с материальным ущербом – 5.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$Z_1 = 5 * 600 / 3 = 1000 \text{ у.е./год}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД будет состоять из:

– нанесение разметки 1.1 – 90 м (цена 1 пог.м – 0,71 у.е.);

– нанесение разметки 1.12 – 3 м (цена 1 пог.м – 0,8 у.е.);

– демонтаж знаков 2.2 – 2 шт. (цена 3 у.е.);

– перенос светофоров – 1 ед. (Цена работ 50 у.е.);

– обустройство заездных карманов и полосы (цена работ 1050 у.е.) и по приближенным данным составит:

$$K_2 = 90 * 0,71 + 3 * 0,8 + 2 * 3 + 50 + 1050 = 1172 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 9,53 и прогнозируемая аварийность составит 1,32 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят:

$$Z_2 = 792 \text{ у.е./год,}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z = 1000 - 792 = 208 \text{ у.е./год,}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 208 - 1172 * 0,15 = 32 \text{ у.е./год,}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E = 208 / 1172 = 0,18$$

Срок окупаемости:

$$T_{ок} = 1172 / 208 = 5,6 \text{ года.}$$

Так как  $E > 0,15$  и  $T_{ок} < 6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

### 3. Пересечение улиц Богдановича – Киселева.

Потенциальная опасность конфликтов на пересечении в нерегулируемом режиме до проведения работ – 76,86.

Статистика исследуемых ДТП на объекте за 1999-2001 гг.:

ДТП с пострадавшими – 0;

ДТП с материальным ущербом – 4.

Текущие затраты при существующей схеме ОДД:

$$Z_1 = 4 * 600 / 3 = 800 \text{ у.е./год}$$

Общая стоимость работ по совершенствованию ОДД будет состоять из:

– установка знаков 2.4, 3.27 – 4 шт. (цена 25 у.е.);

– установка знаков 7.5.4 – 2 шт. (цена 15 у.е.);

– демонтаж знаков 2.5 – 2 шт. (цена 3 у.е.);

– ямочный ремонт проезжей части (цена работ 300 у.е.) и по приближенным данным составит:

$$K_2 = 4 * 25 + 2 * 15 + 2 * 6 + 300 = 442 \text{ у.е.}$$

В результате проведенных мероприятий потенциальная опасность снизится до 19,54 и прогнозируемая аварийность составит 0,34 ДТП/год.

Потери от аварийности после внедрения мероприятий составят:

$$Z_2 = 204 \text{ у.е./год,}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z = 800 - 204 = 596 \text{ у.е./год,}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 596 - 442 * 0,15 = 530 \text{ у.е./год,}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E = 596 / 442 = 1,35$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = 442 / 596 = 0,74 \text{ года.}$$

Так как  $E > 0,15$  и  $T_{\text{ок}} < 6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

Общее экономическое обоснование.

Общие капиталовложения:

$$K_2 = 242,8 + 806 + 1172 + 442 = 2662,8 \text{ у.е.}$$

Годовая экономия от внедрения мероприятий:

$$\Delta Z = 468 + 1040 + 208 + 596 = 2321 \text{ у.е./год}$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = 2321 - 2662,8 * 0,15 = 1921,6 \text{ у.е./год}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E = 2321 / 2662,8 = 0,87$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = 4848 / 2321 = 1,15 \text{ года}$$

Так как  $E > 0,15$  и  $T_{ок} < 6$  лет, то предложение считается экономически выгодным.

Таблица 5.1  
Результаты экономического обоснования

Показатель	Индекс	Значение
Капитальные вложения, у.е.	$K_2$	2662,8
Годовая экономия, у.е./год	$\Delta Z$	2321
Экономический эффект, у.е./год	$\mathcal{E}_r$	1921,6
Коэффициент экономической эффективности	$E$	0,87
Срок окупаемости, год	$T_{ок}$	1,15