

## **Обзор исследований по связи дорожной безопасности со скоростным режимом и ограничениями скорости**

### Введение

Данная статья содержит обзор исследований по связи дорожной безопасности со скоростным режимом. Этот обзор развивает тему аналогичного обзора, подготовленного в 1982 году. Основное внимание в данном обзоре уделяется следующим вопросам: зависимости между скоростью транспортных средств и дорожной безопасностью; факторам, оказывающим влияние на скорость транспортных средств; влиянию ограничения допустимой скорости, контроля скорости движения, средств успокоения трафика и других технических мер управления скоростью на скоростной режим и аварийность.

Несмотря на существенные изменения в общественной жизни и технологиях, произошедшие со времени публикации первоначального обзора по скоростной безопасности, скорость транспортных средств продолжает оставаться важным вопросом общественного порядка, предметом инженерно-технических разработок и фактором безопасности дорожного движения. В 30 процентах ДТП с летальным исходом и 12 процентах всех ДТП имеет место нарушение скоростного режима (Bowie и Walz, 1994). На основании исследований более 2000 аварий в штате Индиана, проведенных на месте командами обученных специалистов, в качестве второй по частоте причины ДТП, выбранной из приблизительно 50 факторов, касающихся водителя, транспортного средства и окружающей среды, была названа чрезмерная скорость.

Чрезмерная скорость транспортного средства сокращает возможности водителя при прохождении поворотов или маневрировании около дорожного препятствия, увеличивает тормозной путь и расстояние, проходимое транспортным средством за время реакции водителя на опасность.

На последующих страницах приведен систематический обзор литературы, касающейся исследований по скоростной безопасности.

Первоначальный список ссылок генерировался по нескольким библиографическим базам данных с помощью множественных фильтров ключевых слов. Наиболее полезными оказались базы данных Национальной службы технической информации (NTIS), Каталога ресурсов по транспорту Найт-Риддер и Информационной службы транспортных исследований (TRIS). Начальный список из приблизительно 700 ссылок был дополнен информационным поиском по каталогу Института инженеров транспорта (ITE) при этом было добавлено более 100 статей более раннего периода, чем материалы интерактивных баз данных, либо связанных с темой обзора в ином отношении.

### Связь безопасности со скоростным режимом

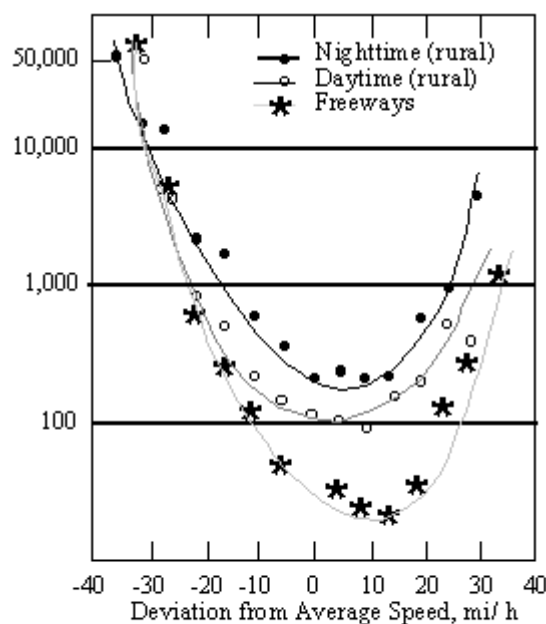
Скорость представляет собой наиболее существенную проблему для безопасности дорожного движения, видимо, в силу очевидной взаимосвязи между скоростью транспортного средства и человеческими возможностями и ограничениями. Даже неопытные водители обычно признают необходимость снижения скорости в сложных или опасных условиях для получения дополнительного времени на принятие и реализацию решений; водительский стаж укрепляет эту естественную тенденцию. Однако трезвый расчет используется водителями не в равной мере, навыки и способности водителей также неодинаковы. В силу этого скоростной режим связан с безопасностью дорожного движения следующими способами: (1) чем больше скорость транспортного средства тем меньше времени у водителя для реакции на опасность, а у других автомобилистов, велосипедистов или пешеходов для реакции на транспортное средство; и (2) существует физическая взаимосвязь массы и скорости с энергией. Первая зависимость выражается в относительной частоте ДТП при различных скоростях. Вторая зависимость выражается в относительной тяжести ДТП при различных скоростях. Исследования этих зависимостей описаны в следующих параграфах.

### Скоростной режим и аварийность

В важном исследовании взаимосвязи скорости и аварийности,

включившем данные по 10000 водителям на 970 километрах автомагистралей в сельской местности, Solomon (1964) обнаружил, что зависимость между скоростью транспортного средства и аварийностью имеет вид U-образной кривой. Уровень аварийности минимален при скорости, примерно равной средней скорости движения транспортного потока, и значительно увеличивается при скоростях выше и ниже среднего значения. Скорости движения, оцененные по данным автодорожных происшествий, сравнивались со скоростями, измеренными в репрезентативных точках каждого исследуемого участка. Сравнения показали, что водители, попавшие в аварии, избытком представлены как в высоко – так и в низкоскоростной области распределения скорости.

При увеличении скорости до 105 км/ч уровень аварийности уменьшается, а затем, при более высоких скоростях, увеличивается. Более того, Solomon утверждает, что по результатам его исследований "водители, едущие медленно, попадают в аварию с большей вероятностью, чем водители, движущиеся с относительно высокой скоростью." Аналогичный анализ, проведенный в работе Cirillo (1968) для 2000 транспортных средств, попавших в ДТП на междуштатных магистралях в дневное время, подтвердил результаты Solomon'a, показав применимость U-образной зависимости для междуштатных магистралей (см. рис. 1). Анализ ограничивался случаями ДТП с участием двух и более транспортных средств, движущихся в одном направлении.

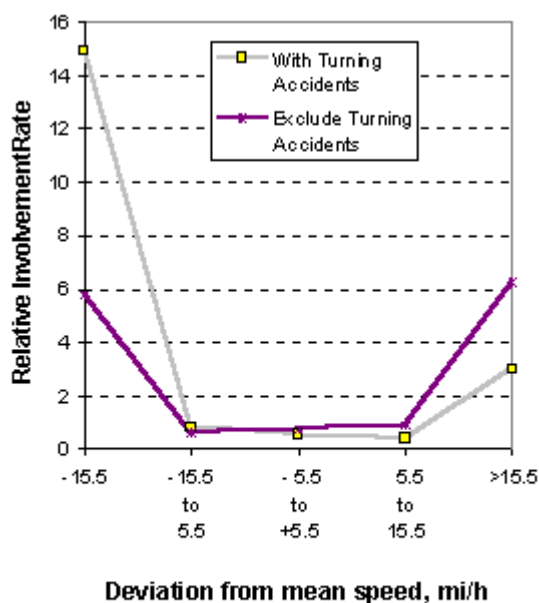


**Figure 1.** Crash involvement rate by deviation from average travel speed (from Solomon, 1964, and Cirillo, 1968).

При этих исследованиях значения скорости попавших в ДТП транспортных средств брались из полицейских протоколов, сообщений водителей или данных третьих лиц, при этом последний источник может содержать ошибки и быть ненадежным. Другой серьезный признак внутренней валидности результатов состоит в том, что во многих ДТП с участием медленно движущихся транспортных средств, видимо, участвовали транспортные средства, останавливающиеся или тормозящие перед съездом или только въезжающие на магистраль. В то же время данные по скорости собирались в точках исследуемого участка, репрезентативных для измерений средней скорости на всем участке, но расположенных далеко от перекрестков, примыканий и других мест, оказывающих наибольшее влияние на скорость транспорта. Это создает тенденцию переоценки риска аварийности для транспортных средств, движущихся с меньшей скоростью.

Для разрешения этого вопроса в работе Research Triangle Institute (1970) использовалось сочетание подготовленных исследователей ДТП на месте и системы автоматизированных станций непрерывного контроля скорости, использующих установленные в дорожном покрытии датчики, определяющие скорость участвующих в ДТП транспортных средств и

точную скорость транспортного потока во время аварии. Были собраны подробные данные для 114 ДТП с участием 216 транспортных средств на внутриштатном шоссе в Индиане, имеющем ограничения скорости от 65 – 105 км/ч. Приблизительно в девяти случаях значения скорости могут быть увязаны с конкретными транспортными средствами, участвующими в ДТП, и хорошо согласуются с оценками исследователей-профессионалов. Что еще более важно, исследователи признали, что данные по транспортным средствам, замедляющим движение перед поворотом, при анализе следует обрабатывать иначе, чем для транспортных средств, двигающихся с малой скоростью в транспортном потоке. Первый вариант подразумевает необходимость снижения скорости для благополучного выполнения намеченного маневра, в то время как второй, скорее, отражает выбор или ограниченные возможности водителя.



**Figure 2.** Relationship between speed and crash involvement (from West and Dunn, 1971).

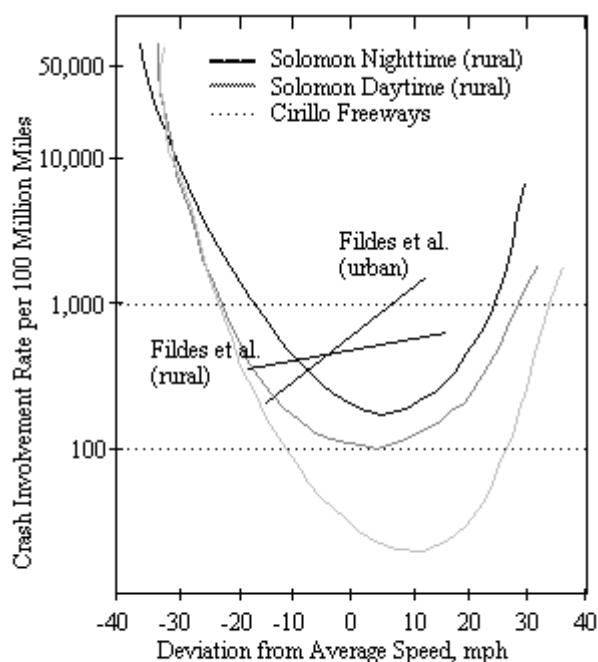
В работе West и Dunn (1971) сообщается о результатах исследования, проведенных Research Triangle Institute. ДТП с участием поворачивающих транспортных средств составляли 44 процента всех аварий, наблюдавшихся в данном исследовании. Исключение этих ДТП при анализе сильно ослабляет факторы, порождающие U-образную характеристику, полученную в более ранних исследованиях. Исследователи обнаружили, что без учета

транспортных средств, замедляющих движение перед поворотом или разворачивающихся поперек транспортного потока, риск движения со скоростью, значительно меньше средней, гораздо менее значителен. Риск попадания в ДТП наиболее высок для транспортных средств, движущихся со скоростью, превышающей среднюю более чем на два среднеквадратических отклонения. Как показывает рис. 2, кривая вероятности попадания в ДТП транспортных средств, движущихся со скоростью, отличающейся не более чем на 25 км/ч от средней скорости движения, имеет чрезвычайно плоский характер и различие рисков ДТП невелико. Риск аварий для транспортных средств, движущихся значительно быстрее или значительно медленнее транспортного потока, в шесть раз выше среднего значения даже без учета ДТП на поворотах.

В работе Munden (1967), использующей иной подход, сообщается об аналогичных результатах, полученных в Великобритании, для водителей, которые обычно ездят с аномальной скоростью. Выбранными водителями скорость определялась и сравнивалась со скоростью четырех предшествующих и четырех последующих транспортных средств. Из группы наблюдавшихся более одного раза водителей, те кто двигался со скоростью, отличающейся от средней скорости потока вверх или вниз более чем на 1.8 среднеквадратического отклонения, имели значительно более высокие коэффициенты аварийности, чем остальные. Однако для водителей, наблюдавшихся только один раз, U-образная зависимость выявлена не была.

Позже австралийские исследователи Fildes, Rumbold и Leening (1991) использовали данные о ДТП, полученные на обочине от автомобилистов, скорость езды которых была незаметно измерена. Исследователи обнаружили тенденцию увеличения аварийности при скорости, превышающей среднюю, как для сельских так и для городских дорог - аналогичную зависимостям, о которых сообщалось в ранних исследованиях. Однако никакой связи между малыми скоростями и увеличением аварийности найдено не было. Фактически, Fildes и Lee (1993) сообщают, что

"... на магистралях в сельской местности исследователи не наблюдали двигавшихся с очень малой скоростью транспортных средств, о которых сообщается в работе Solomon'a."



**Figure 3.** Crash involvement rate by variation from average traffic speed (from Solomon, 1964; Cirillo, 1968; and, Fildes et al., 1991).

На рис. 3 показаны зависимости аварийности от скорости, выявленные в работе Fildes и др. для исследованных ими двух сельских и двух городских участков. Эти зависимости изображены совместно с U-образными кривыми, полученными в ранних исследованиях по данному вопросу. Некоторое различие результатов может быть обусловлено изменением поведения водителей (например, сейчас случаи вождение автомобиля в нетрезвом виде значительно более редки, чем в 1950-ых и 1960-ых годах) и усовершенствованием конструкции магистралей и транспортных средств с точки зрения безопасности за почти столетия со времени сбора начальных данных.

В недавней работе Harkey, Robertson и Davis (1990) воспроизведена U-образная зависимость между скоростью и аварийностью на городских магистралях. Исследователь сравнил определенную дорожной полицией скорость движения 532 транспортных средств, участвовавших в ДТП за 3-летний период, с собранными за 24 часа данными по скорости на тех же

участках дорог, не имеющих ограничения скорости и расположенных, главным образом, в застроенных областях штатов Колорадо и Северной Каролины. Для приведения условий эксперимента в соответствие с более ранними исследованиями и достижениями большей сопоставимости данных по аварийности и скорости, анализ результатов был ограничен ДТП, произошедшими в будние дни вне перекрестков при отсутствии алкогольного опьянения участников. Однако, значения скорости движения транспортных средств, определенные перед ДТП, вызывают сомнения.

В поддержку ранних исследований следует заметить, что в качестве главной причины аварийности исследователи рассматривали вариацию скорости, а не абсолютную скорость; вариация скорости определяется как отклонение скорости транспортного средства от средней скорости движения транспортного потока. Теоретический анализ обгонов в работе Nauer (1971) показал, что количество взаимодействий транспортных средств при совершении обгонов описываются U-образной кривой, имеющей минимум при средней скорости потока. С увеличением скорости автомобиля количество транспортных средств, которые догоняет и обгоняет водитель, возрастает, а количество транспортных средств, обгоняющих водителя, уменьшается. Таким образом, риск вовлечения в ДТП увеличивается в результате потенциальных конфликтов более быстрых догоняющих и более медленных обгоняемых транспортных средств. Чем медленнее движутся автомобилисты по отношению к средней скорости потока, тем больше совершается обгонов и возникает потенциальных конфликтов между транспортными средствами. Это иллюстрирует рис. 4, где по данным различных исследований сравнивается вероятность ДТП с относительной интенсивностью обгонов на магистрали с ограничением скорости 100-км/ч, при среднеквадратическом отклонении скорости движения 10 процентов. В работе Nauer утверждается, что "огульная общественная кампания против езды с большой скоростью должна смениться уравновешенным подходом, учитывающим опасность как быстрого так и медленного вождения."



Если бы основным фактором, определяющим вероятность аварий были конфликты, обусловленные большим различием скорости движения, то можно было бы ожидать большого количества ДТП с участием двух и более транспортных средств, движущихся в одном направлении. В работе Cerrilli (1997) обнаружено, что в 1996 году менее трети общего количество ДТП и 5 процентов всех ДТП с летальным исходом произошло с участием двух и более транспортных средств, движущихся в одном направлении. Многие из них вероятно были вызваны торможением транспортного средства или его остановкой по конкретной причине (а именно, для выполнения намеченного маневра, предотвращения столкновения с остановившимся транспортным средством или другой опасности) и наездом сзади транспортного средства, движущегося со слишком малым интервалом или слишком высокой скоростью, чтобы водитель мог избежать столкновения. Преобладающий тип аварий на дорогах в сельской местности – это, безусловно, схождение отдельного транспортного средства с магистрали.

В своем обзоре проблем, связанных со скоростной безопасностью дорожного движения, Fildes и Lee (1993) сообщают, что в 1970-ых и 1980-ых годах проведено мало исследований взаимосвязи между скоростью и аварийностью. В работе Lave (1985) снова поставлен вопрос о различии скоростей транспортных средств как факторе, способствующем аварийности, при этом предполагается, что увеличение допустимой скорости приведет к уменьшению количества аварий в ситуациях, когда более высокое значение допустимой скорости уменьшает различие скоростей транспортных средств. Lave пришел к выводу, что "ограничение скорости для снижения смертности в ДТП должно иметь целью уменьшение различия скоростей. Это означает принятие мер как против водителей превышающих скорость, так и против двигающихся слишком медленно

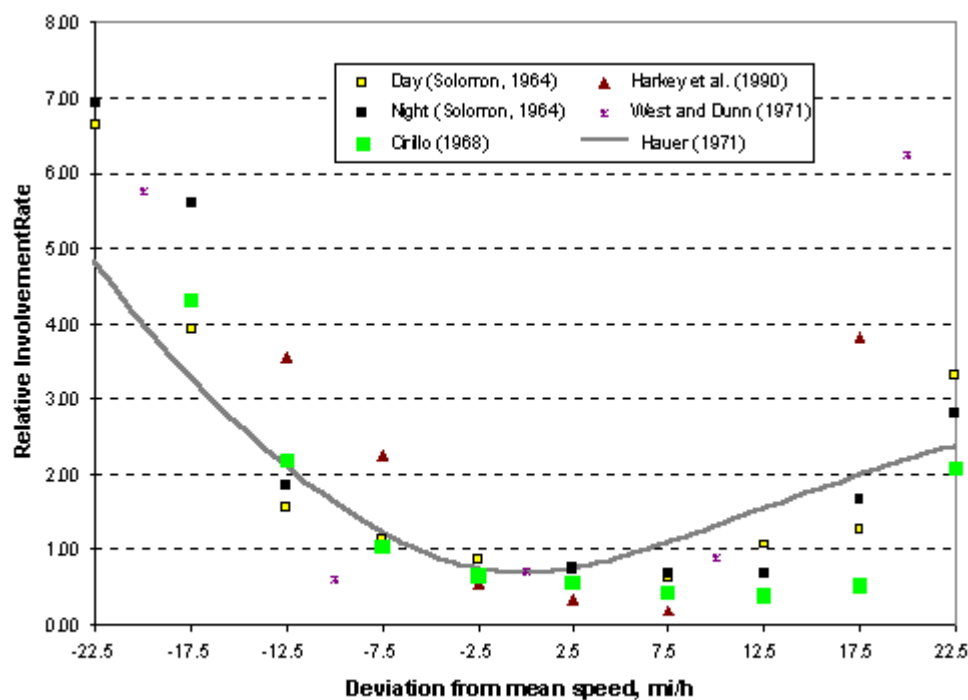


Figure 4. Crash involvement and overtaking rates relative to average rate and speed.

Аналогичным образом Garber и Gadiraju (1988) сообщают о том, что уровень аварийности на всех типах дорог увеличивается с увеличением различия скоростей, и что на дорогах с большими расчетными скоростями скорости выше независимо от установленных ограничений. По их данным минимальное различие скоростей наблюдалось в случае, когда установленная допустимая скорость была ниже расчетной скорости магистрали менее чем на 16 км/ч. При анализе исследователи комбинировали данные, полученные на различных типах магистралей (например, сельской двухполосной магистрали, городской и сельской скоростной автомагистрали), что могло привести к неправильным результатам.

#### Скоростной режим и тяжесть ДТП

Существует однозначная зависимость между скоростью транспортного средства и тяжестью ДТП, которая основана на законах физики. Кинетическая энергия движущегося транспортного средства зависит от его массы и квадрата его скорости. При столкновении кинетическая энергия рассеивается за счет трения, выделения тепла и деформации корпуса. В целом, чем больше кинетическая энергии, рассеиваемая при столкновении, тем больше вероятность травм пассажиров транспортного средства.

Поскольку кинетическая энергия определяется квадратом скорости транспортного средства, а не просто скоростью, вероятность и серьезность травм при аварии с увеличением скорости транспортного средства экспоненциально возрастает. К примеру 30-процентное увеличение скорости (например, от 80 - 105 км/ч приводит к 69-процентному увеличению кинетической энергии транспортного средства.

Зависимость между скоростью движения и тяжестью полученных при аварии травм, была исследована в работе Solomon (1964), где сообщалось об увеличении тяжести ДТП при увеличении скорости транспортных средств на дорогах в сельской местности. Проанализировав 10000 аварийных случаев Solomon пришел к выводу, что тяжесть аварии быстро увеличивается при скорости более 96 км/ч, а вероятность травм со смертельным исходом резко возрастает при скорости более 112 км/ч.

Bowie и Waltz (1994), проанализировав статистику ДТП с последующей эвакуацией ТС по данным Национальной системы слежения за аварийностью (National Accident Sampling System) за 7-летний период, обнаружили, что вероятность получения травм при аварии зависит от изменения скорости при столкновении (дельта V). Как видно из таблицы 1, риск получения травм средней степени тяжести и серьезнее составляет менее 5 процентов при дельта V, меньшем 16 км/ч, и увеличивается более чем до 50 процентов при дельта V, превышающем 48 км/ч.

Количество травм на 100 пассажиров при изменении скорости (дельтаV) при столкновении

Таблица 1.

дельта V км/ч	Травмы средней тяжести AIS 2+	Тяжелые травмы AIS 3+	дельта V км/ч
1-20	4.5	1.0	1-16
17-32	10.6	2.6	17-32
33-48	29.2	11.1	33-48

49-64	53.4	27.9	49-64
65-80	67.2	40.6	65-80
80+	69.3	54.3	80+

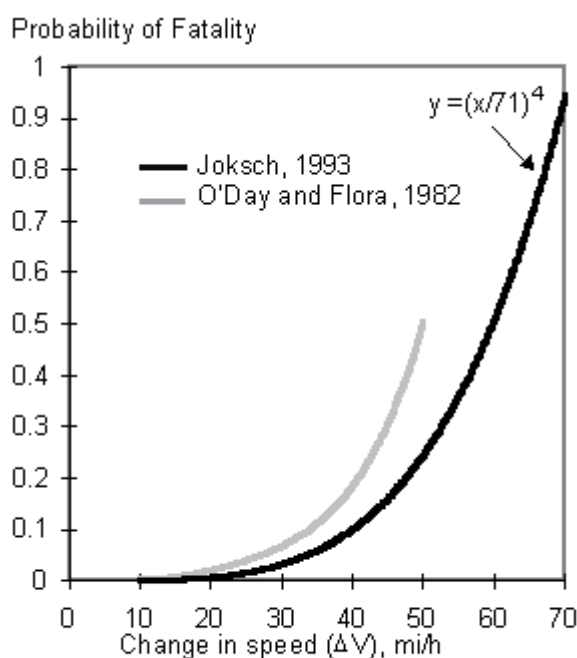


Figure 5. Effect of change in speed at impact on fatality risk.

Joksch (1993) обнаружил, что риск гибели водителя при аварии увеличивается пропорционально четвертой степени изменения скорости, как показано на рис. 5. Риск ДТП со смертельным исходом начинает возрастать при изменении скорости в момент столкновения, превышающем 48 км/ч, и составляет более 50 процентов при изменении скорости, превышающем 96 км/ч. Вероятность жертв при скорости столкновения 80 км/ч в 15 раз выше аналогичной вероятности при скорости столкновения 40 км/ч.

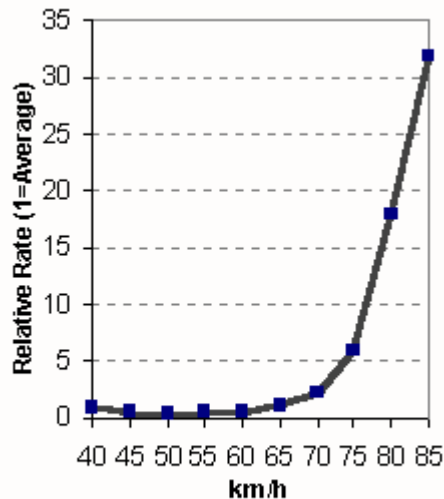
Для сравнения показана также кривая риска ДТП со смертельным исходом по данным более раннего исследования O'Day и Flora (1982). Сдвиг кривой вправо может частично объясняться совершенствованием средств безопасности транспортных средства, использованием ремней безопасности и средств скорой медицинской помощи. (См. TRB, 184; Evans, 1991; Zador и Ciccone, 1991; и FORS, 1992).

Зависимость между скоростью столкновения и тяжестью ДТП

особенно критична для пешеходов, которые являются наиболее уязвимыми участниками дорожного движения. В свежем обзоре по данным вопросам Европейский совет по безопасности дорожного движения (European Transport Safety Council, 1995) сообщает, что только 5 процентов пешеходов погибают при наезде транспортного средства, движущегося со скоростью 32 км/ч, однако, доля смертельных случаев увеличивается до 45 процентов при скорости транспортного средства 48 км/ч и до 85 процентов при 64 км/ч.

Kloeden и др. (1997) сравнили скорости более 150 автомобилей, попавших в ДТП, не связанные с употреблением алкоголя, в зонах ограничения скорости 60 км/ч в Австралии, со скоростями свободного движения автомобилей, измеренными в том же месте, то же время дня и день недели. Скорости движения перед ДТП определялись путем детального исследования каждой сцены аварии и ее компьютерного моделирования. Усредненная медианная скорость движения транспорта составляла приблизительно 60 км/ч. Как следует из рис. 6, риск вовлечения в ДТП минимален для транспортных средств, движущихся со скоростью близкой к медианной или ниже ее, и экспоненциально возрастает при более высоких скоростях. Транспортные средства, скорость движения которых превышает скорость 90 % автомобилей, или движущиеся на 7 км/ч быстрее ограничения и медианной скорости, имеют процент вовлеченности в ДТП с травмами, превышающий среднее значение. Почти 25 процентов автомобилей, участвовавших в ДТП с травмами, двигались со скоростью большей 72 км/ч, тогда как для свободного транспортного потока этот показатель составлял только 2 процента.

Очевидно, что исследовательский или инженерно-технический подход к вопросу управлению скоростью, игнорирующий влияние скорости транспортных средств на уровень травматизма, может привести к нежелательным последствиям.



**Figure 6.** Injury crash involvement rate relative to average rate and travel speed (From Kloeden et al., 1997)

### Факторы, влияющие на скорость движения

В большинстве ДТП с участием медленно движущихся транспортных средств водитель тихоходного транспортного средства или готовится к совершению маневра, требующего малой скорости для его безопасного выполнения (например, поворот, пересечение перехода, въезд на магистраль или выезд с нее) или выполняет такой маневр. Здесь будут рассматриваться случаи, в которых скорость езды является предметом индивидуального выбора.

На предпочитаемую автомобилистом скорость может влиять много разных факторов. На выбор скорости влияют возраст и пол водителя, его психологическое состояние и предполагаемые риски наказания за правонарушение или совершения ДТП. На выбор скорости влияют также ситуационные факторы, такие как погода, состояние дороги или характеристики транспортного средства, зонирование скорости, адаптация скоростного режима, состояние стресса или просто спешка куда-либо. Эти и другие факторы рассматриваются в следующих параграфах.

### Психология и характер водителя

В работе Solomon (1964) рассматривались качества водителей и характеристики транспортных средств, связанные с ездой на высокой

скорости по сельским магистралям в конце 1950-х годов. Автор сообщал, что более высокие средние скорости характерны для молодых водителей, транспортных средств из другого штата, автобусов и последних моделей пассажирских автомобилей, особенно моделей с высокими ходовыми качествами. В других ранних исследованиях скорость езды увязывалась с возрастом водителя, дальностью поездки и наличием или отсутствием пассажиров. Позднее Fildes и др. (1991) незаметно измеряли скорости транспортных средств на городских и сельских участках дорог в штате Виктория в Австралии, а затем останавливали выбранное транспортное средство для опроса водителя. Исследователи обнаружили, что молодые водители, водители без пассажиров, водители новых автомобилей, водители, совершающие поездку по делам бизнеса, и шоферы-дальнобойщики с большей вероятностью движутся быстрее средней скорости потока и превышают скоростные ограничения.

По данным работы Mustyn и Sheppard (1980), более 75 процентов водителей заявляли, что они едут со скоростью, допускаемой интенсивностью трафика и дорожными условиями, независимо от установленных ограничений скорости. Хотя опрошенные автомобилисты склонны были считать, что езда с превышением скорости является одной из основных причин аварий, они не думали, что скорость, на 18 км/ч превышающая допустимую, особенно опасна. Однако, большая часть опрошенных считала, что превышение разрешенного предела на 32 км/ч является серьезным нарушением.

Среди водителей, попавших в ДТП со смертельным исходом, молодые мужчины чаще всего имели причиной аварии превышение скорости. В 1995 году почти 40 процентов ДТП с жертвами, в которых участвовали водители-мужчины в возрасте 15 - 20 лет, были связаны с нарушением скоростного режима (NHTSA 1995). Относительный процент аварий, обусловленных превышением скорости, уменьшается с увеличением возраста водителя.

Недавнее исследование поведенческих реакций, связанных с

вождением в состоянии опьянения, показало, что остановленные в ночное время водители, которые превысили допустимую скорость на 16 км/ч или более, были нетрезвыми ( $BAC > 0.08$ ) только в 9 процентах случаев, а двигавшиеся со скоростью, более чем на 16 км/ч ниже допустимой, были нетрезвыми в 48 процентах случаев (Stuster, 1997); при этом к езде со скоростью меньшей допустимой не относилось маневрирование, требующее снижения скорости. Предшествующее исследование по мотоциклистам, находящимся в состоянии алкогольного опьянения, показало, что 10 процентов мотоциклистов, превысивших скорость, имели  $BAC = 0.08$  или более (Stuster, 1993). Эти вероятности опьянения малы по сравнению с наблюдаемыми при других формах поведения, таких как виляние, повороты с большим радиусом или заносы на виражах (при таких действиях вероятность опьянения более 50 процентов).

Вождение с превышением скорости является рискованным поведением, часто соседствующим с другими формами рискованного поведения. Например, в 1995 году только 37 процентов водителей пассажирских транспортных средств в возрасте моложе 21 года, попавших в ДТП со смертельным исходом, обусловленным нарушением скоростного режима, были пристегнуты ремнями безопасности во время аварии. В отличие от этого 56 процентов водителей той же возрастной группы в случаях, когда скорость не была причиной аварии были пристегнуты надлежащим образом. Для водителей в возрасте 21 года и старше, доля водителей, попавших в ДТП со смертельным исходом, обусловленных превышением скорости, и пристегнутых ремнем безопасности во время аварии, составляла 34 процента, а 62 процента водителей было пристегнуто при аналогичных ДТП, не связанных с нарушением скоростного режима.

#### Характеристики дороги

На скорость езды водителей влияют характеристики дороги. В работе Warren (1982) утверждается, что наиболее существенными характеристиками являются кривизна, уклон, длина наклонных участков дороги, число полос,



состояние поверхности, расстояние видимости, боковой зазор, количество пересечений и наличие застроенных участков вблизи шоссе. Tignor и Warren (1990) сообщили, что факторами, имеющими наибольшее влияние на скорость транспортных средств, являются количество точек доступа на магистраль и прилегающая коммерческая застройка. Напротив, Fildes и др. (1987, 1989) обнаружили, что наибольшее влияние на выбор скорости оказывают ширина дороги и число полос.

Позднее, Европейский совет по безопасности дорожного движения (1995) сообщил, что выбор скорости на конкретном отрезке пути определяют ширина дороги, крутизна уклонов, прямолинейность, дорожная схема и взаимосогласованность этих переменных факторов. Характеристики дороги определяют физические возможности транспортного средства, но они влияют также на то "... что кажется приемлемым для водителя." При этом на индивидуальное восприятие целесообразной скорости влияет режим технического обслуживания дороги. Например, Соорег и др. (1980) обнаружили, что после ремонта покрытия автомагистралей в Великобритании средняя скорость транспортных средств возрастает на 2 км/ч; при этом изменения скорости транспорта не было обнаружено в местах, где после ремонта покрытия ровность поверхности осталась прежней. Parker (1997) не выявил изменений скорости на двух сельских шоссе и обнаружил увеличение скорости на 5 км/ч на двух городских улицах с отремонтированным покрытием и повышенной разрешенной скоростью. Определить, чем было обусловлено изменение скорости - более высоким значением допустимой скорости или ремонтом покрытия, не представлялось возможным.

Прилегающая к шоссе территория, особенно близость к дороге высоких объектов, также может влиять на скорость, выбираемую автомобилистами. В следующем разделе данного отчета будет кратко затронута тема конструирования особенностей дороги, влияющих на выбор водителем подходящей скорости.

Принцип адаптации к скорости утверждает, что на кажущуюся скорость транспортного средства оказывают влияние скорость и продолжительность последней поездки. Эта адаптация к скорости является комбинированным следствием визуальной, слуховой и проприоцептивной ответной реакции, связанной с различными скоростями перемещения. Адаптация к скорости представляет собой широко распространенное явление, приводящее к недооценке величины скорости после въезда в зону, имеющую скоростные ограничения (Schmidt и Tiffin, 1969; Mathews, 1978). Согласно принципу адаптации, воспринимаемая водителем скорость своего автомобиля будет ниже реальной, если он только что двигался с более высокой скоростью.

Адаптация к скорости исследовалась в ряде работ. Например, Denton (1976) обнаружил, что водители, в течение трех минут двигавшиеся со скоростью 113 км/ч, имели тенденцию вести машину в зоне с ограничением скорости 48 км/ч на 8 - 24 км/ч быстрее, чем водители, которые не ехали раньше с более высокой скоростью. Casey и Lund (1987) обнаружили меньший, но более устойчивый эффект при перемещении из зоны с ограничением в зону с ограничением от 88.5 к 56.3 км/ч. Скорости транспортных средств на улицах и дорогах, ведущих от шоссе и автомагистралей, больше, чем скорости на участках дорог, ведущих к шоссе и автомагистралям, несмотря на то, что установленные ограничения скорости одни и те же.

В обзоре проблем, связанных со скоростью, подготовленном Fildes и Lee (1993) для Австралийской федеральной службы безопасности дорожного движения, описываются когнитивные аспекты восприятия скорости. В частности авторы описывают то, как зрительный образ, представляющийся движущемуся наблюдателю, создает увеличивающуюся нерезкость изображения при больших отклонениях от точки аккомодации. Это движущееся ретинальное изображение дает контрольные ориентиры, используемые для оценки скорости. Однако человеческие способности в

этом отношении ограничены. Большинство исследователей данного вопроса обнаружило, что водители недооценивают свои скорости, особенно находящиеся в диапазоне средних и высоких скоростей. Далее, исследователи обнаружили перцептивные ограничения, способствующие тому, что водители недооценивают кривизну приближающегося поворота (Shinar, 1977). Brummelaar (1983) и Fildes (1986) описали особенности характеристик дорожных поворотов, влияющие на восприятие водителем их кривизны.

#### Условия окружающей среды

На скорость, выбираемую большинством водителей, влияют погодные условия. Например, недостаточная видимость, обусловленная туманом, вызывает снижение средней скорости на автомагистрали в Миннесоте на 10 км/ч (CRC, 1995). В экстремальных условиях могут наблюдаться бóльшие уменьшения скорости (Schwab, 1992). Хотя при плохих условиях окружающей среды водители снижают скорость, это снижение часто сопровождается более высоким разбросом скоростей ТС. Liang и др. (1998) анализируя скорость на автомагистрали в сельской местности в штате Айдахо, обнаружили, что среднеквадратическое отклонение значений скорости удваивается во время тумана и утраивается при снегопаде. Исследователи обнаружили также, что при скорости ветра, превышающей 40 км/ч, водители снижают скорость в среднем на 1,1 км/ч на каждые 1,6 км/ч скорости ветра, а при скорости ветра превышающей 40 км/ч - на 1.4 км/ч на каждые 1 км/ч скорости ветра.

Хотя при попытке остановки, обгона, преодоления виража или повороте мокрая дорожная поверхность влияет на сцепление, большинство водителей не сильно снижают скорость при езде по мокрым дорогам. Olson и др. (1984) сравнили данные по скорости, собранные в дневное время в условиях влажной и сухой погоды в 22 местах в штате Иллинойс, и не обнаружили между ними практически никакого различия. Максимальное различие скорости составляло менее 4 км/ч. Аналогичным образом Lamm и

др. (1990) не выявили различия скоростей езды по сухим и мокрым дорожным покрытиям для 11 виражей, исследованных на двухполосных дорогах в сельской местности штата Нью-Йорк. Хотя легкий дождь мало влиял на скорость, во время проливного дождя Ibrahim и Hall (1994) наблюдали снижение скорости на 5 - 10 км/ч.

#### Скорость допустимая и реальная

Обозревая методы зонирования скорости, Parker (1985) обнаружил, что при установлении пределов ограничения скорости соответствующие органы всех штатов и большинство органов местных властей рассматривают скорость транспортного потока. Основными факторами, рассматриваемыми при техническом обосновании мер ограничения скорости, являются (в порядке значимости):

- скорость 85% водителей;
- тип и степень благоустройства придорожной территории;
- статистика ДТП;
- ограничения скорости на прилегающих участках;
- 16 км/ч площадка (то есть, диапазон скоростей, с которыми движется наибольший процент транспортных средств);
- прямолинейность участка в горизонтальном и вертикальном направлениях;
- расчетная скорость движения;
- средняя скорость испытательного заезда;
- организация пешеходного движения.

Критерии и процедуры установки соответствующих ограничений скорости в Австралии (Fildes и Lee, 1993) и Канаде (Knowles и др., 1997) весьма сходны с применяемыми в Соединенных Штатах.

В целом скоростные ограничения соблюдаются плохо. Harkey и др. (1990) на репрезентативной выборке дорог с низкими и средними скоростями движения в четырех штатах обнаружили, что 70 процентов транспортных средств превышают ограничение скорости. Об аналогичных результатах за

рубежом сообщают Европейский совет по безопасности дорожного движения (1995) и Knowles и др. (1997) в Канаде.

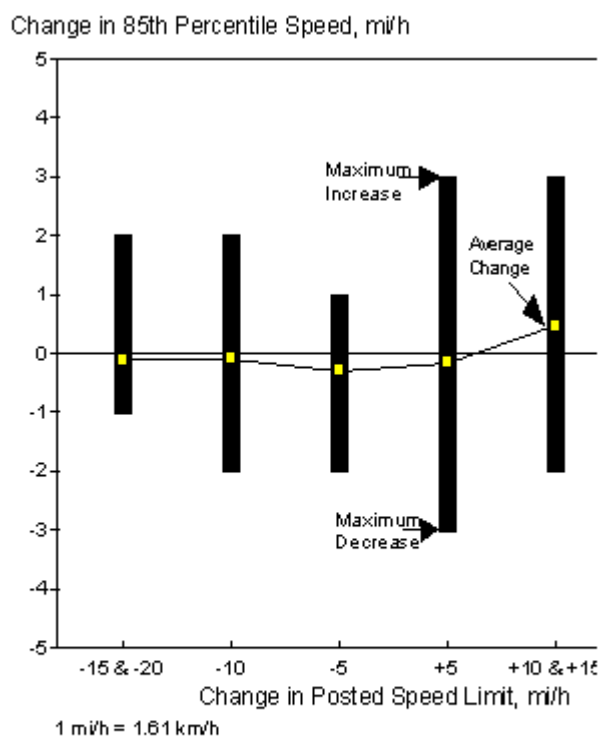


Figure 7. Effects of altering speed limits by various amounts on non-freeways (Parker, 1997).

В ряде работ исследовалось влияние изменения допустимой скорости на скорость движения транспортных средств. Spitz (1984) сообщил, что в 40 зонах 10 городов штата Калифорния, где были повышены допустимые скорости, скорость 85 % автомобилей увеличилась менее чем на 0.6 км/ч. Это было меньше увеличения на 1.1-км/ч, наблюдавшегося в точках сравнения, где никакого изменения допустимой скорости не было. Для 10 зон, где допустимая скорость была снижена, скорости транспортных средств, фактически, возросли в среднем на 1.8 км/ч.

Dudek и Ulman (1986) не выявили существенных изменений скорости транспорта на шести пригородных участках магистралей, где допустимая скорость была снижена.

Parker (1997), пользуясь текущими изменениями зонирования скорости, осуществляемыми органами штата и местными властями в 22 штатах, оценил эффекты влияния увеличения и снижения допустимой скорости на

различную величину на 98 участках магистралей, не относящихся к категории скоростных.

Перед изменением допустимой скорости измерялись скорости свободного транспортного потока в течение 24-часового периода, и такие же измерения производились в тот же день недели приблизительно год спустя. До и после этого производились одновременные измерения скоростей в точках сравнения, где допустимая скорость не изменялась, для контроля временного тренда. Как следует из рис. 7, увеличение и уменьшение допустимой скорости мало отражалось на скорости транспорта или не отражалось вовсе. Хотя на отдельных участках наблюдалось изменение максимальной скорости до 5 км/ч, среднее изменение скорости для 85 % автомобилей составляло менее 1,6 км, что было близко к данным для участков, где скоростной режим не изменялся.

Однако, результаты исследований, проведенных в США и за рубежом, в целом свидетельствуют об увеличении скорости транспорта при повышении допустимой скорости на автомагистрали. Как видно из таблицы 2, при увеличении допустимой скорости с 89 км/ч до 105 км/ч в США наблюдались изменения средней скорости.

Возрастание скорости транспорта,  
наблюдаемое при увеличении допустимой скорости с 88 до 110 км/ч

Таблица 2.

	миль/ч	км/ч
Brown и др. (1990)	2.4	3.9
Freedman и Esterlitz (1990)	2.8	4.5
Mace и Heckard (1991)	3.5	5.6
Pfefer, Stenzel и Lee (1991)	4-5	6-8
Parker (1997)	0.2-2.3	0.3-3.7

Finch и др. (1994) проанализировали данные по изменению скорости транспорта при увеличении и уменьшении допустимой скорости, приведенные в ряде международных исследований, и нашли, что изменение средней скорости транспорта составляет примерно одну четвертую изменения установленной допустимой скорости. Knowles и др. (1997) сообщили об аналогичных результатах, полученных в Канаде.

#### Допустимая скорость и безопасность

Другой метод исследования зависимости безопасности дорожного движения от скорости транспортных средств состоит в измерении воздействия изменений допустимой скорости на статистику аварийности и тяжесть ДТП. В таблице 3 приведена сводка результатов таких исследований, выполненных в нескольких странах. Как видно из таблицы, статистика аварийности, или серьезность ДТП, или оба этих параметра обычно уменьшаются всякий раз, когда происходит снижение допустимой скорости. И наоборот, количество столкновений или серьезность ДТП при увеличении допустимой скорости обычно увеличивается, особенно на автомагистралях.

#### Сводка результатов по воздействию изменений допустимой скорости на безопасность.

Таблица 3.

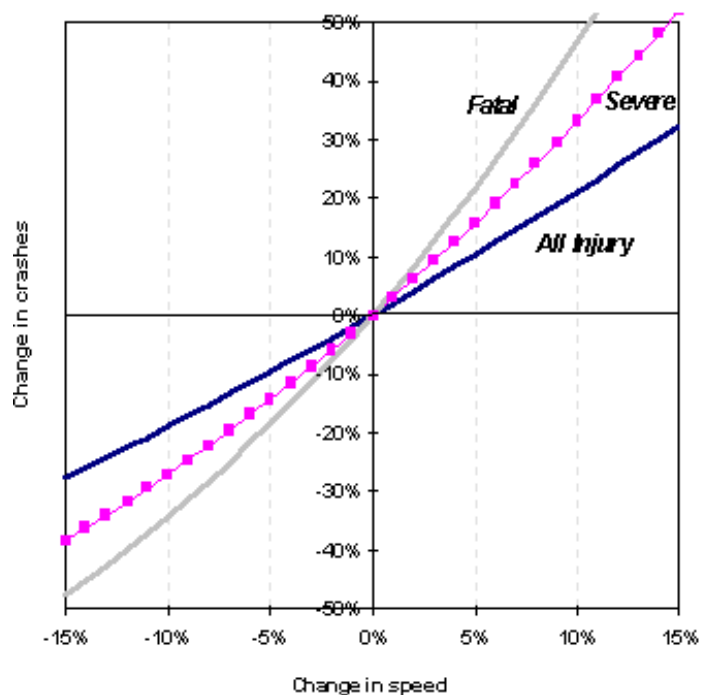
Ссылка	Страна	Изменение скорости	Результаты
Уменьшение допустимой скорости			
Nilsson (1990)	Швеция	со 110 км/ч до 90 км/ч	Скорости ТС уменьшились на 14 км/ч Количество ДТП со смертельным исходом сократилось на 21%
Engel (1990)	Дания	с 60 км/ч до 50 км/ч	Количество ДТП со смертельным исходом сократилось на 24% Количество ДТП с травмами сократилось на 9%
Peltola (1991)	Великобритания	со 100 км/ч до 80 км/ч	Скорости ТС уменьшились на 4 км/ч Количество ДТП сократилось на 14%
Sliogeris (1992)	Австралия	со 110 км/ч до 100 км/ч	Количество ДТП с травмами сократилось на 19%

Finch и др. (1994)	Швейцария	со 130 км/ч до 120 км/ч	Скорости ТС уменьшились на 5 км/ч Количество ДТП со смертельным исходом сократилось на 12%
Scharping (1994)	Германия	с 60 км/ч до 50 км/ч	Количество ДТП сократилось на 20%
Newstead и Mullan (1996)	Австралия	уменьшение на 5-20 км/ч	Значимых изменений нет (возрастание на 4% по сравнению с участками, где скорость не изменялась)
Parker (1997)	США 22 штата	уменьшение на 5-20 км/ч	Значимых изменений нет

*Увеличение допустимой скорости*

NHTSA (1989)	США	с 88 км/ч до 110 км/ч	Количество ДТП со смертельным исходом увеличилось на 21%
McKnight, Kleinand Tippetts (1990),	США	с 89 км/ч до 105 км/ч	Количество ДТП со смертельным исходом увеличилось на 22% Количество случаев езды с превышением скорости возросло на 48%
Garber и Graham (1990)	США (40 штатов)	с 89 км/ч до 105 км/ч	Смертность в ДТП увеличилась на 15% В 12 штатах уменьшение смертности или отсутствие эффекта
Streff и Schultz (1991)	США (Мичиган)	с 89 км/ч до 105 км/ч	Количество ДТП со смертельным исходом и с травмами участников существенно увеличилось на магистральных в сельской местности
Pant, Adhami и Niehaus (1992)	США (Огайо)	с 89 км/ч до 105 км/ч	Возросло количество ДТП с травмами и имущественным ущербом, но не число ДТП со смертельным исходом
Sliogeris (1992)	Австралия	со 100 км/ч до 110 км/ч	Количество ДТП с травмами увеличилось на 25%
Lave и Elias (1994)	США (40 states)	с 89 км/ч до 105 км/ч	В целом по штату смертность в ДТП уменьшилась на 3-5% (Значимое изменение в 14 из 40 штатов)
Iowa Safety Task Force (1996)	США (Айова)	с 89 км/ч до 105 км/ч	Количество ДТП со смертельным исходом увеличилось на 36%
Parker (1992)	США (Мичиган)	Различные	Значимых изменений нет
Newstead и Mullan (1996)	Австралия (Виктория)	увеличение на 5-20 км/ч	Число всех ДТП возросло на 8% 35% снижение в зонах увеличения скорости с 60 до 80
Parker (1997)	США 22 штата	5-15 км/ч	Значимых изменений нет





**Figure 8.** Effects of changes in the speed on injury and fatal crashes (from Nilsson, 1981).

Parker (1992) обнаружил небольшие изменения количества ДТП на магистралях с малой и средней скоростью движения транспорта в штате Мичиган, где допустимые скорости движения были изменены в процессе стандартного зонирования скорости. На 21 участке, где допустимая скорость была увеличена, число ДТП уменьшилось приблизительно на 3 процента по сравнению с участками, где изменений не было. Количество ДТП уменьшилось также приблизительно на 2 процента на 47 участках, где допустимая скорость была снижена. Ни одно из этих изменений не было статистически значимым.

Parker (1997) не выявил существенного изменения числа всех ДТП или аварий с травмами для 98 участков в 22 штатах, где была изменена допустимая скорость. Это не удивительно, поскольку, как говорилось в предыдущем разделе, изменения скорости движения были малы или отсутствовали вовсе. По сравнению с участками, где изменения не производились, количество ДТП увеличилось в среднем на 7 процентов в местах, где допустимая скорость была снижена и уменьшилось в среднем на

11 процентов там, где допустимая скорость была увеличена.

На основании исследований 50 отдельных случаев изменений допустимой скорости на городских и сельских дорогах в Швеции, Nilsson (1981) предложил ряд математических зависимостей, описывающих связь между изменениями допустимой скорости и безопасностью дорожного движения. На рис. 8 показаны результаты вычислений Nilsson'a, свидетельствующие о том, что при изменении скорости транспортного средства количество ДТП с жертвами возрастает в 4 раза, ДТП с тяжелыми травмами - в 3 раза, а общее число ДТП с травмами - в 2 раза.

На основании данных по воздействию скоростных ограничений, полученных в различных международных исследованиях, Finch и др. (1994) разработали модель зависимости между изменениями средней скорости движения и количеством ДТП. Результаты показывают, что при изменении скорости на 1,6 км/ч количество ДТП с травмами увеличивается на 5 процентов, а при увеличении скорости на 1 км/ч - на 3 процента.

#### Контроль скорости движения

В следующих параграфах кратко описаны квазиэксперименты, проведенные для оценки влияния мер контроля скорости на безопасность дорожного движения.

#### Автомобили мобильного патрулирования

В работе Raub (1985) сообщается об эксперименте, проведенном полицией штата Иллинойс, при котором с крыши патрульных машин экспериментальной группы были демонтированы спецсигналы. В ходе эксперимента эта и контрольная группы (всего более 200 автомобилей) провели патрулирование более 5,5 миллионов км в сельской местности. Перед проведением эксперимента все участвующие в нем сотрудники полиции имели сходные записи о нарушениях правил дорожного движения. Инспекторы, управлявшие машинами без мигалок на крыше, улучшили свой пробег в км на галлон израсходованного топлива на 7 процентов, показали на 25 процентов большую эффективность контролирования скорости движения транспорта и оказались вовлеченными в меньшее на 65 процентов

количество ДТП. Эксперимент продлился почти два года и все результаты являются статистически значимыми. Интересно что, хотя группа без верхних спецсигналов была более эффективной при контроле скорости, общая эффективность не изменилась.

В работе Shinar и Stiebel (1986) была обнаружена связь между предполагаемым риском получения судебной повестки и вождением с превышением скорости. Исследователи нашли, что строгость соблюдения скоростных ограничений наиболее высока вблизи полицейских машин и уменьшается с увеличением расстояния от них; при этом дистанционный гало-эффект больше для машин мобильного, чем стационарного патруля. Venekahal и др. (1992) оценили влияние присутствия транспортного средства мобильного патрулирования на скорости легковых и грузовых автомобилей в зоне строительных работ магистрали. Они обнаружили, что присутствие маркированной патрульной машины снижало среднюю скорость легковых и грузовых автомобилей, в то время как в контрольных условиях, без автомобиля патрулирования, снижения скорости не происходило. Кроме того, в присутствии патрульной машины, доля легковых автомобилей, движущихся быстрее разрешенного, снизилась в зоне работ на 14 процентов, а грузовых автомобилей - на 32 процента. После того, как патрули закончились, влияние временного гало-эффекта на среднюю скорость грузовых автомобилей продлилось приблизительно в течение 1 часа. Средняя скорость легковых автомобилей увеличилась сразу же после того, как патрули закончились. Напротив, Vaa (1997) обнаружил, что интенсивный контроль скоростного режима (ежедневное в среднем 9-часовое присутствие полиции) приводит к снижению скорости транспортных средств, длящемуся до 8 недель.

#### Автомобили стационарного патрулирования

Haueг и др. (1982) провели несколько экспериментов по исследованию влияния присутствия машин стационарного патрулирования на скорость движения транспорта перед точкой контроля скорости, в самой точке и после

нее, а также в период проведения контроля и после него (временной гало-эффект). Исследователи обнаружили ярко выраженное снижение средней скорости движения транспорта до установленной разрешенной скорости в месте расположения патрульной машины. Идентифицируя транспортные средства, проходящие через зону контроля скорости, исследователи смогли также определить, что повторный контроль скорости не оказывал существенного влияния на снижение скорости водителями после встречи первой машины стационарного патрулирования. В течение 3 дней после однократного проведения стационарного контроля, скорости движения возвращались к уровню их значений, имевшему место до начала контроля, тогда как вид машины стационарного патрулирования на протяжении 5 дней оказал весьма продолжительное воздействие на снижение скорости после окончания контроля.

Armour (1986) исследовал эффект влияния присутствия маркированной патрульной машины, стоящей на городской улице, на скорость движения транспорта. Присутствие патрульной машины сопровождалось (1) уменьшением числа транспортных средств, нарушающих ограничение скорости, на 2/3; (2) ростом осведомленности водительского сообщества о полицейском контроле в окружающей зоне; и (3) ощутимым уменьшением скорости в месте контроля. На основании этих наблюдений Armour рекомендует использовать метод контроля скорости с помощью автомобилей стационарного патрулирования для решения локальных проблем, связанных со скоростным режимом.

В работе Stuster (1995) эффективность муниципальных программ контроля скорости оценивается по нескольким зависимым параметрам. Для участия в сравнительном исследовании были выбраны три изолированных друг от друга округа. Полицейские управления двух округов осуществляли специальные программы контроля скорости движения, в центре внимания которых находились шесть специальных зон контроля внутри каждого округа. Четыре зоны в каждом округе выбирались на основе статистики ДТП,

связанных со скоростным режимом, а две зоны - на основе постоянных жалоб жителей на езду с превышением скорости. Полицейские управления в двух экспериментальных округах уделяли каждой из зон еженедельно в среднем по 8 часов рабочего времени инспектора. Управление в третьем округе воздерживалось от проведения любых специальных мероприятий по контролю скорости транспорта в течение 6 месяцев проведения исследования. Исследование выявило существенное снижение скрыто измеренной скорости транспортных средств и количества ДТП, связанных со скоростным режимом, в специальных зонах контроля экспериментальных округов. Кроме того, анализ временных рядов выявил на 112 ДТП меньше, чем ожидалось.

#### Контроль скорости с воздуха

Исследование показало, что программы контроля скорости с воздуха в целом оказали положительное воздействие на снижение скорости на магистралях. В Западной Австралии исследователи сравнили влияние изменения уровней воздушного контроля на нескольких участках шоссе, где поддерживалась программа такого контроля (Saunders, 1979). Устранение воздушного контроля на одном из участков увеличило число легковых автомобилей, нарушающих установленное ограничение скорости, на 6.1 процента и число грузовых автомобилей на 6.2 процента. Усиление воздушного контроля на другом участке снизило процент грузовых автомобилей, нарушающих ограничение скорости, но не оказало влияния на процент легковых автомобилей, превышающих допустимую скорость. В более поздней австралийской работе исследовался одиннадцатимесячный период проведения воздушного контроля скорости в Новом Южном Уэльсе (Kearns и Webster, 1988). Программа воздушного контроля обеспечила снижение количества ДТП на 22 процента.

В работе Blackburn, Moran и Glauz (1989) были оценены альтернативные методы контроля допустимой скорости 89 км/ч в штате Нью-Йорк. Контроль с воздуха оказался значительно эффективнее применения

радаров при обнаружении и задержании водителей, использующих радар-детекторы и СВ радиостанции, с целью избежание задержания при превышении скорости.

#### Радары и лазерные измерители скорости

В работе Teed и Lund (1991) путем непродолжительных полевых испытаний исследовалась относительная эффективность полицейского радара и лазерной аппаратуры контроля скорости; исследователи использовали те же четыре участка, в течение 2 недель чередуя применение радара и лазерных измерителей скорости. Они обнаружили, что лазерные измерители оказались значительно эффективнее при идентификации превышающих скорость автомобилистов (41 повестка на 1000 транспортных средств, по сравнению с 33 на 1000 для радара). Возможно более важным оказалось то, что нарушители, идентифицированные с помощью лазерного устройства, в четыре раза чаще имели в машине радар-детектор, чем оштрафованные с использованием радара. Фактически, большинство дополнительных нарушителей, задержанных с помощью лазерного устройства, использовало радар-детекторы и склонны были вести машину с экстремальной скоростью.

#### Автоматизированный контроль скорости

В автоматизированных системах контроля радар или лазерный измеритель скорости объединен с устройством теле- или фото-идентификации с целью автоматического обнаружения и регистрации превышения скорости. Радар или инфракрасный лазерный измеритель обнаруживают транспортное средство, движущееся с превышением скорости, и включают предварительно настроенную камеру, фотографирующую номерной знак автомобиля и водителя. На фотографии отмечается время совершения нарушения и скорость транспортного средства. Если номерной знак и водитель отчетливо различимы на фотографии, то выписывается повестка и отправляется по почте зарегистрированному владельцу автомобиля.

В работе Maekinen и Oei (1994) приводится обзор результатов влияния

автоматического контроля на нарушения, связанные превышением скорости, проездом на красный свет и статистику ДТП. Авторы дают технические и тактические рекомендации и подчеркивают, что открытость и использование предупредительных знаков значительно повышает эффективность данной технологии.

В работе Rogerson и др. (1994) исследованы результаты влияния программы установки камер, фиксирующих скорость, на скорость езды автомобилистов, статистику аварийности и тяжесть ДТП в Мельбурне. Статистически значимое снижение количества ДТП с травмами участников обнаружено на расстоянии до 1 км от камеры. Эффект был приурочен к часам, когда на автомагистралях встречается наибольшее число нетрезвых водителей; при этом различия тяжести ДТП не наблюдалось. Сообщалось, что после установки камер регистрации скорости, процент транспортных средств, превысивших допустимую скорость более чем на 15 км/ч в скоростных зонах 60 км/ч и 75 км/ч, уменьшился и остался на более низком уровне. Значимых изменений средней скорости обнаружено не было, а распределение скоростей транспортных средств, зарегистрированное в зоне ограничения скорости до 100 км/ч, не изменилось.

При исследовании дорожной обстановки до и после установки фото-радар в Норвегии, Elvik (1997) обнаружил 26-процентное снижение количества ДТП с травмами на участках с высоким уровнем аварийности и плотностью мест совершения ДТП. Для участков, не соответствующих предписаниям знаков, снижение составило только 5 процентов и не было статистически значимым. Эмпирический байесовский метод использовался для поправки на регрессию к средним результатам и контроля общего тренда. Результаты метаанализа, объединяющего данные автоматизированного контроля скорости, полученные в Австралии, Англии, Германии, Швеции, Нидерландах и Норвегии показали 17-процентное снижение количества аварий с травмами.

Летающий радар

В работе Freedman, Teed и Migletz (1993) оценено воздействие автоматических радарных трансмиттеров, применяемых в зоне дорожного строительства для обмана автомобилистов, использующих радар-детекторы. Использование летающего радара сопровождалось небольшим снижением средней скорости транспортных средств - среднее снижение составило один км в час и менее. Однако, доля транспортных средств, превышающих ограничение скорости в зоне более чем на десять км в час, во время активного контроля скорости с помощью летающего радара снизилась на 30 - 50 процентов.

В аналогичной работе Streff и др. (1995) исследовалась эффективность использования летающего радара и нахождения полиции в местах снижения скорости и в зонах проведения строительных работ на автомагистралях. Обнаружено, что практическое значение уменьшения скорости, обусловленное применением летающего радара, невелико. Было показано также, что использование летающего радара совместно с полицейскими патрулями может быть эффективным сдерживающим фактором в местах, где высокая скорость движения грузовых автомобилей создает проблемы.

#### Табло индикации скорости

Табло индикации скорости отображает скорости проходящих мимо автомобилей в виде сообщений на экране. Табло индикации часто устанавливается на трейлере после знака ограничения скорости. При стационарной установке скорости могут измеряться встроенным радаром или датчиками, установленными в дорожном покрытии. Табло индикации скорости служат для информирования водителей о слишком быстрой езде и побуждения их сбросить скорость.

Casey и Lund (1990) обнаружили, что наличие табло индикации скорости уменьшает скорость автомобилей в месте его размещения и на коротком участке магистрали за табло. После того, как табло было убрано, снижения скорости не отмечалось. Участок снижения скорости за табло значительно удлинялся, если предпринимались минимальные действия по



контролю скорости транспорта в зоне, непосредственно прилегающей к месту размещения табло.

В работе Perrillo (1997) наблюдалось уменьшение скорости транспорта на 3-5 км/ч возле трейлеров с табло в течение двух дней, пока они размещались на четырех жилых улицах в Техасе. Как только табло были убраны, скорость транспорта возвратилась к своему предшествующему значению.

В работе Dart и Hunter (1976) оценивалась эффективность четырех методов контроля скорости, одним из которых было использование табло. Другие методы включали зону контроля скорости, использование машины стационарного патрулирования и имитацию задержания. Использование табло индикации не комбинировалось ни с каким из других методов контроля скорости. В то время как все остальные методы существенно снизили скорость транспорта в месте их применения, табло мало повлияло на скорость движения.

Namalainen и Hassel (1990) описали широко разрекламированную программу индикации скорости, выполненную в Финляндии. При использовании табло отмечалось снижение скорости, а гало-эффект простирался на расстояние до 10 км от места расположения табло. Снизилась также статистика обгонов. В течение короткого периода после окончания эксперимента наблюдался временной гало-эффект уменьшения количества обгонов. Из отчета не ясно, комбинировалось ли использование табло с другими методами контроля скорости.

Меры информирования общественности и образовательные программы (PI&E)

В значительной части рассмотренных исследований, касающихся вопросов контроля скорости, упоминаются некоторые формы информирования общественности, осуществление образовательных программ или гласность. Однако любая подобная кампания, при отсутствии тесной связи с программами контроля скорости или инженерно-техническими мероприятиями, нигде не приводит к существенному

снижению скорости, статистики превышения скорости, количества или тяжести ДТП.

#### Знаки уведомления о контроле скорости

Другим прогрессивным средством контроля скоростного режима, делающем упор на осознании величины скорости водителем, является использование мобильных дорожных знаков, предупреждающих о контроле скорости. Знаки размещаются на обоих концах намеченной магистрали непосредственно перед проведением контроля. В период проведения контроля скорости инспекторы выписывают повестки во всех случаях нарушения дорожного движения, происходящих в контролируемой зоне. В период, прошедший между началом программы контроля скорости с установкой предупредительных знаков и выходом обзора Stuster'a (1995), в Хантингтон-Бич наблюдалось 17-процентное снижение количества ДТП с травмами, а число ДТП со смертельным исходом уменьшилось на 100 процентов.

В 1983 году полицейское управление г. Расина в штате Висконсин приняло программу снижения количества ДТП, происходящих на наиболее опасных дорожных пересечениях в городе (Stuster, 1995). В рамках "EZ" программы были созданы зоны контроля скорости вокруг каждого из десяти наиболее опасных пересечений.

Все правила безопасности дорожного движения внутри зон (включая ограничения скорости движения) строго проводились в жизнь. Уникальной особенностью EZ программы была специальная обертка каждого осветительного столба в группе намеченных пересечений, для напоминания водителям о проведении в данной зоне интенсивных мероприятий контроля скорости. За незначительные нарушения, сделанные внутри зон, дорожные инспекторы выдавали предупреждения в форме "контактных карт" EZ (вместо повесток). Каждая контактная карта содержала список десяти опасных пересечений и побуждала водителей двигаться в Расине более осторожно. Контактные карты EZ выдавались также автомобилистам,

которые благополучно проезжали через зоны контроля скорости. Эти поощрительные контактные карты участвовали в лотерее призов, выдаваемых полицейским управлением. За трехлетний период осуществления данной программы нарушения дорожного движения в округе снизились на 30 процентов.

Реализация программ по безопасности дорожного движения, включающих кампании по широкому информированию населения и образовательные программы (PI&E), сопровождаемые усилиями правоохранительных структур, показала свою эффективность при формировании как положительного общественного отношения к деятельности полиции так и более безопасного стиля вождения. В работе Sali (1983) оценены результаты реализации Программы избирательного контроля скорости транспорта (Selective Traffic Enforcement Program (STEP)), инициированной в 1979 году в г. Бойсе, штат Айдахо. Данная программа, начатая в целях снижения травматичности при ДТП в Бойсе, сочетает жесткие меры контроля скорости транспорта с интенсивными PI&E мероприятиями. Для информирования водительского сообщества об опасных участках магистралей, способам безопасного преодоления этих участков, и мерах контроля скорости транспорта, применяемых для устранения проблем, возникающих на этих участках, была разработана пропагандистская программа STEP. PI&E средствами разъяснялось, что полицейское управление г. Бойсе искренне заинтересовано в увеличении безопасности населения, а не просто в штрафовании автомобилистов. Информационные сообщения STEP по два раза в день передавало в эфир более трех местных радиостанций. Реализация программы STEP в г. Бойсе сопровождалась значительным 17-процентным уменьшением количества ДТП с травмами; при этом в контрольной зоне, где мероприятия STEP не проводились, подобных изменений не наблюдалось. Показательно, что изменение дорожной обстановки в Бойсе проявилось резче всего после отсроченного начала PI&E кампании STEP (пропагандистская кампания началась через

месяц после принятия жестких мер контроля скорости транспорта). Помимо STEP мероприятий в Бойсе, с осуществлением эффективной PI&E кампании были связаны успешные программы контроля скорости с использованием информационных табло и фото-радаров (Hamalainen и Hassel, 1990; Cameron, Cavallo и Gilbert, 1992).

Влияние мероприятий по контролю скорости на уровень преступности Сдерживающее действие полицейских процедур на уровень преступности были предметом исследований и обсуждений в течение нескольких лет. Ранняя оценка эффекта влияния увеличения или сокращения численности личного состава полиции на уровень преступности дана в отчете 1974 года, описывающем результаты эксперимента по профилактическому патрулированию в Канзас-Сити (Kelling и др., 1974). Между штатом Канзас-Сити и соседним штатом Миссури, где различались уровни контроля скорости, не было обнаружено существенных различий уровней преступности, страха граждан перед криминалом или степени удовлетворенности действиями полиции. Проведенное в Канзас-Сити исследование критиковалось за то, что в нем учитывались только различия привлеченных сил и не принимались во внимание методы действий полиции в борьбе с криминалом.

Под влиянием проведенного в Канзас-Сити исследования Wilson и Boland (1978) развили модель, показывающую, что использование методов максимального взаимодействия полиции с обществом (названных агрессивным надзором) приведет к снижению уровня преступности. Для подтверждения своей модели они исследовали временную статистику грабежей в 35 больших американских городах и обнаружили, что процент грабежей оказался ниже в тех городах, где было выписано больше дорожных повесток (используемый ими показатель агрессивного надзора). Несмотря на критику применяемого Wilson и Boland критерия агрессивности (Jacob и Rich, 1981), аналогичное исследование, проведенное Sampson и Cohen (1988), подтвердило предложенную Wilson и Boland модель. Weiss и др. (1993)

использовали квазиэкспериментальную методологию непосредственного управления уровнем контроля скорости транспорта и определили степень воздействия такого контроля на локальный уровень преступности. Локальные уровни преступности в местах, где контролировалась скорость транспорта, сравнивались с соответствующими данными для мест, где контроль не производился. Зависимости между уровнем дорожного контроля и статистики преступлений на исследуемых участках обнаружено не было. Хотя исследователи утверждают, что контроль скорости транспорта не оказывает влияние на преступность, они признают в своих исследованиях ряд изъянов, которые могут сделать такой эффект необнаружимым.

В работе Stuster (1995) по вопросам муниципального контроля скорости транспорта исследовалось влияние методов контроля скорости на ряд зависимых факторов. Помимо мер безопасности дорожного движения, о которых сообщалось ранее, анализировался уровень преступности в определенных зонах и, для контроля, в двух экспериментальных округах. В целом, количество серьезных преступлений (например, убийств, изнасилований, грабежей, нанесения телесных повреждений, краж со взломом, хищений, поджогов и угонов автомобилей) в специальных зонах контроля скорости одного из экспериментальных округов уменьшилось на восемь процентов, а в другом экспериментальном округе - на один процент. Количество менее серьезных преступлений (например, случаев нарушения законодательства о наркотиках, вандализма, хулиганства и проституции) во взятых для сравнения округах контролируемых зон увеличилось на четыре процента. В целом, ни для одного вида серьезных преступлений не наблюдалось значимого изменения статистики, однако в обоих экспериментальных округах было отмечено значимое уменьшение количества случаев краж. Этот тип преступлений, которые с равной вероятностью совершаются в ночное и дневное время (т.е., в период проведения специальных мероприятий по контролю скорости). Анализ показал, что снижение количества случаев хищений имущества и краж на 11

и 12 процентов статистически значимо и обусловлено эффектом сдерживания, возникающим при реализации специальных программ контроля скорости; при этом количество хищений/краж в масштабе штата уменьшилось менее чем на 2 процента, а в контролируемых зонах взятых для сравнения округов увеличилось на 4 процента.

#### Инженерно-технические мероприятия

Методы успокоения трафика включают использование дорожных конструкций или регулирующих элементов, заставляющих автомобилистов быть более внимательными к окружающей обстановке и двигаться медленнее; некоторые методы успокоения трафика побуждают автомобилистов выбирать альтернативный маршрут. Диапазон применяемых методов простирается от использования концепции «воонерф», в соответствии с которой автомобили и пешеходы движутся в одном и том же пространстве, до чередования несообщающихся полос движения. В обзоре по этому предмету Fildes и Lee (1993) показали, что многие методы успокоения трафика преследуют общую цель перенесения связанных с избыточной скоростью издержек с незащищенных участников дорожного движения (гибель и травматизм пешеходов и велосипедистов) на водителей транспортных средств и их пассажиров (дискомфорт, риск повреждения транспортного средства, увеличение времени поездки). В работе Westerman (1990) данный подход описывается как использование "фактора трения" для физического ограничения свободы движения транспортных средств и принуждения автомобилистов к снижению скорости. В отличие от простых дорожных знаков, большинство средств успокоения трафика имеют упрочненную конструкцию. Поэтому автомобилист несет ущерб, сталкиваясь с каким-либо из этих средств на повышенной скорости.

Проведено несколько исследований, свидетельствуют в пользу утверждения о том, что методы успокоения трафика снижает статистику ДТП с травмами и жертвами. Несмотря на то, что данное предположение интуитивно очевидно, в быстро увеличивающуюся литературу по этой теме

входит несколько формальных оценочных исследований, показывающих очевидное положительное влияние этих мер на безопасность дорожного движения.

#### Результаты использования средств успокоения трафика

Настоящий обзор показывает, что наиболее эффективные средства успокоения трафика включают использование вертикальных смещений покрытия дороги, таких как лежачие полицейские (горки и площадки, заставляющие снижать скорость). Однако, эффективность этих средств зависит от интервала между препятствиями. Большее снижение скорости транспорта и статистики ДТП достигается при использовании комбинации средств и методичном осуществлении мер по успокоению трафика в зоне размером более одного квартала. Часто сообщается о снижении аварийности и тяжести ДТП на 50 процентов и более, сводка таких результатов приведена в таблице 4. Однако, большинство мер по успокоению трафика приводит к сокращению объема перевозок, и многие исследования по безопасности дорожного движения не принимают этот факт во внимание. Возможно при этом происходит миграция ДТП на другие магистрали.

#### Сводка результатов использования средств успокоения трафика

Таблица 4.

Литература	Страна	Средство	Результаты
Zidel и др. (1986)	Великобритания	Трясущие полосы	Средние скорости снизились на 40%
Bowers(1986)	Германия	Лежачие полицейские, сужения, шиканы, въездные знаки	Уровень аварийности не изменился Травматизм снизился на 50%
Chua и Fisher (1991)	Австралия	Различные средства	Уровень аварийности снизился на 50% Транзитное движение сократилось на 35% Скорости транспортных средств снизились на 25%
Herrstedt (1992)	Нидерланды	Различные средства (зигзаги, въездные	Скорости транспортных средств уменьшились на 10 км/ч

		знаки)	
Kjemtrup и Herrstedt (1992)	Нидерланды и Франция	Различные средства (лежачие полицейские, зигзаги)	Уровень аварийности снизился от 30 до 60%
Engel и Thomsen (1992)	Дания	Различные средства (лежачие полицейские, зигзаги)	Скорости уменьшились на 11 км/ч В области успокоения трафика травматизм снизился на 72% На прилегающих улицах травматизм возрос на 96%
Vis и др. (1992)	Нидерланды	Лежачие полицейские, зигзаги, островки безопасности	Скорости снизились на 20%; объемы перевозок сократились на 5-30% Аварийность снизилась на 5%, травматизм - на 25%
Webster (1993)	Великобритания	Лежачие полицейские	85-й процентиль распределения скорости уменьшился на 16 км/ч На улицах, подвернутых обработке, аварийность снизилась на 71% На прилегающих дорогах аварийность снизилась на 8%
Dahlerbrach (1993)	США	Лежачие полицейские	Скорости снизились на 14% Объемы перевозок сократились на 7%
Halbert и др. (1993)	США	Лежачие полицейские Участки дорог с круговым движением	85-й процентиль распределения скорости уменьшился на 30% 85-й процентиль распределения скорости уменьшился на 22%
Bulpitt (1995)	США	Лежачие полицейские и шиканы	Скорости снизились на 16 км/ч Снижение аварийности до 80% а объемов перевозок от 30 до 50%
Wheeler и Taylor (1995)	США	Въездные знаки, разметка, сужения	Скорости снизились от 0 до 0-19 км/ч Травматизм уменьшился на 14%
Webster и Mackie (1996)	США	В основном лежачие полицейские	Скорости снизились на 14 км/ч Аварийность снизилась на 61 процент
Griffin и Reinhard (1996)	Япония Великобритания	Шевронная разметка Поперечная разметка	Аварийность снизилась от 25 до 50% Аварийность снизилась от 5 до 50%
Ewing и др. (1998)	США	Лежачие полицейские Круговые островки	Аварийность снизилась на 13%; скорости на 22% Аварийность снизилась на 18%; скорости на 14%



		безопасности	
--	--	--------------	--

## Выводы

Очевидно, что риск ДТП минимален при скорости движения, близкой к средней скорости потока, и возрастает для транспортных средств, движущихся со скоростью значительно большей или меньшей средней. Большое количество ДТП с участием транспортных средств, совершающих маневр поворота, частично объясняет причину увеличения риска для автомобилистов, движущихся со скоростью, меньшей средней, и подтверждает важность осуществления программ безопасности, включающих устройство полос поворота, применения средств управления доступом, пересечений в разных уровнях и других мер сокращения конфликтов, обусловленных большим различием скорости движения.

С учетом последствий аварии, риск вовлечения в ДТП с травмами наиболее низок для транспортных средств, движущихся со скоростью близкой к средней или меньшей ее и экспоненциально возрастает для автомобилистов, едущих значительно быстрее. Одной из центральных проблем всех исследований является определение скорости транспортного средства перед столкновением. Новейшие технологии, применяемые при обработке сигнала бедствия (mayday), слежении за автотранспортными средствами и в адаптивных системах контроля скорости, дают возможность точно и непрерывно регистрировать скорость движения. Использование этих технологий должно способствовать улучшению понимания взаимосвязи между скоростью, вариациями скорости и безопасностью.

Тяжесть ДТП зависит от изменения скорости транспортного средства при столкновении. Риск гибели людей возрастает пропорционально четвертой степени изменения скорости. Международные исследования показали, что процентное изменение количества ДТП с травмами равно удвоенному процентному изменению квадрата скорости, а количества ДТП со смертельным исходом – учетверенному процентному изменению

скорости. На этих зависимостях в основном основаны выбор допустимой скорости и изменения скоростного режима на высокоскоростных магистралях. Для оценки их применимости для городских дорог с малой скоростью движения необходимы дальнейшие исследования.

В целом, изменение допустимой скорости на дорогах с низкими и средними скоростями движения, видимо, мало влияет или вообще не влияет на скорость транспорта и, тем самым, на аварийность. Это наводит на мысль, что водители едут со скоростью, которая представляется им разумной и безопасной в данной дорожной обстановке, независимо от установленного ограничения скорости. Однако, увеличение допустимой скорости на автомагистралях и других дорогах с высокой скоростью движения обычно приводит к увеличению скорости движения транспортных средств и росту числа ДТП. Изменение скорости движения транспорта составляет примерно одну четвертую изменения допустимой скорости. По данным международных исследований, изменение показаний спидометра на 1,6 км/ч приводит к изменению числа ДТП с травмами на 5 процентов (3 процента для каждого 1 км/ч). Однако имеются некоторые свидетельства того, что результирующий эффект ограничений скорости может быть положительным в масштабе системы. Для оценки результирующего эффекта влияния ограничения скорости на безопасность необходимы дальнейшие исследования.

В большинстве аварий, обусловленных нарушением скоростного режима, участвуют транспортные средства, скорость которых слишком велика для данных условий движения. Это наводит на мысль о желательности применения регулируемых ограничений скорости, изменяемых в зависимости от интенсивности движения и условий окружающей среды.

Несмотря на обилие литературы по вопросам успокоения трафика, результаты систематической оценки соответствующих методов содержатся в очень немногих отчетах. Во многих случаях применения таких средств

снижаются объемы перевозок и скорость транспорта. Изменение маршрута прохождения транспорта может приводить к миграции ДТП на другие магистрали. Для общесистемной оценки эффекта воздействия таких мер и сравнения эффективности как отдельных так и комбинированных средств успокоения трафика необходимы дополнительные исследования.