

ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП
МЕТОДОМ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

канд. техн. наук, доц. С.В. СКИРКОВСКИЙ
(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель)

Предложено для установления причин совершения дорожно-транспортных происшествий применить метод эпидемиологического анализа, который широко используется в медицинских исследованиях. Характер влияния различных факторов риска на аварийность, оценка важности и степени их влияния показывают, что каждое происшествие имеет не одну, а несколько причин, одновременно воздействующих на процесс дорожного движения.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, транспортный риск, дорожно-транспортное происшествие, факторы аварийности, эпидемиологический анализ аварийности.

Введение. Описание и перечисление факторов, которые статистически значимо влияют на показатели аварийности, являются только началом поиска причин совершения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Можно ли более формализовано оценить степень влияния этих факторов на аварийность. В работе [1] встречаются мнения, что нет рациональных способов описания проблем безопасности дорожного движения и поиска оптимальных путей их решения. Так, например, наиболее актуальными проблемами считают риски перехода пешеходом дороги в неустановленном месте, управление в нетрезвом виде, движение в темное время суток, управление автомобилем неопытным водителем и т.д.

Перечислением подобных рисков можно охватить все аспекты безопасности дорожного движения (БДД). Трудность в том, что многие проблемы этого списка будут перекрываться. Проблема безопасности пешеходов – это частично проблема управления в нетрезвом виде, равно как и управление неопытным водителем и движение в темное время суток. Этот пример показывает сложность правильного определения факторов риска в БДД [2; 3].

Факторы риска, влияющие на показатели аварийности, взаимодействуют друг с другом, и механизм этого взаимодействия не совсем известен. Т.е. в классическом понимании научного подхода нет научного способа описания проблем БДД. Ранее проведенные исследования [4; 5], установившие статистически значимое влияние многих факторов риска на показатели аварийности, не дают окончательного ответа на вопрос о модели, определяющей количественную и качественную оценки ДТП и пострадавших в них. Рациональный подход к оценке важности факторов риска и степени их влияния на аварийность в дорожном движении (ДД) можно позаимствовать из концепции эпидемиологии.

Основная часть. *Методика относительного сравнения факторов риска при исследовании пострадавших в ДТП методом эпидемиологического анализа.* Причина обязательно предшествует следствию (аварии), при этом следствие можно назвать «эффектом», имея в виду возникновение ДТП и его различные исходы – материальный ущерб, смерть, ранение. По особенностям организации в эпидемиологическом анализе выделяют два основных типа наблюдательных аналитических исследований [4; 7]:

- случай–контроль (контрольные случаи);
- когортное исследование.

В данном случае возможно применить два направления (способа) поиска причин возникновения ДТП и его исходов:

- от следствия к причине (от эффекта к причине) (рисунок 1);
- от причины к следствию (от причины к эффекту) (рисунок 2).

Применяя метод «от следствия к причине», можно проследить ход событий в обратном направлении с целью найти в прошлом возможные причины настоящего события [8].

Изучение «от следствия к причине» – основа исследований «случай–контроль».

Другое направление поиска причины предусматривает прослеживание естественного (временного) хода событий, т.е. от предполагаемой причины к следствию (ДТП, тяжесть последствий). Такой подход является основой когортных исследований.

Согласно основному общенаучному правилу эпидемиологического анализа, каждое полноценное аналитическое исследование – наблюдательное или экспериментальное – должно иметь как минимум две сравниваемые группы – основную и контрольную. Способы формирования основных и контрольных групп определяются особенностями проведения аналитических исследований [8].

Рисунок 1. – Схема поиска причины способом «от следствия к причине»¹Рисунок 2. – Схема поиска причины способом «от причины к следствию»¹

Исследование «случай–контроль». В исследованиях «случай–контроль» вероятность существования причинно-следственной связи обосновывается не разной частотой ДТП, а различной распространенностью (встречаемостью) предполагаемого фактора риска в основной и контрольной группах.

В общем случае «генеральная совокупность в исследовании «случай–контроль» – это, прежде всего, та популяция, в которой выявляются случаи исследуемого исхода. Следовательно, на эту популяцию в целом воздействуют какие-то факторы риска, но до начала исследования факт влияния возможного фактора риска на отдельных субъектов (участников дорожного движения) популяции остается неизвестным»¹. Задача исследования – выявить эти факты влияния и оценить распространенность факторов риска в основной и контрольной группах наблюдения. В зависимости от изучаемой ситуации и рабочей гипотезы о факторах риска массив данных, обладающих набором общих характеристик (генеральная совокупность), как правило, ограничивается различными критериями включения (исключения)¹.

Когортное исследование разрабатывалось с целью выявления причин возникновения и распространения болезни в медицинских исследованиях. Это наиболее прямой путь к выявлению этиологии ДТП и количественной оценке риска влияния причинных факторов.

В зависимости от того, изучаются новые или архивные данные аварийности, различают два варианта когортных исследований. Если когорта сформирована в настоящее время и предполагается наблюдать ее в будущем, такой вариант называют проспективным, или параллельным, когортным исследованием.

Кроме того, когорту можно сформировать на основе архивных данных о воздействии факторов риска и проследить ее до настоящего времени. Такой вариант называют ретроспективным, или историческим, когортным исследованием. Поскольку случаи уже зарегистрированы, можно сразу после формирования когорты разделить ее по воздействию фактора риска на основную и контрольную группы. В течение выбранного периода эти группы прослеживаются по учету ДТП с целью выявления числа происшествий.

Сравнение когортного исследования и исследования «случай–контроль». Когортное исследование имеет простую, логичную структуру, предполагает исследование аварийности для экспонированных и неэкспонированных групп или каждой категории экспозиции. Такое планирование позволяет проводить как абсолютное, так и относительное сравнение аварийности экспонированной и неэкспонированной групп. Исследование «случай–контроль» предоставляет значительно меньше информации, в нем обычно возможна оценка только относительного риска. Кроме того, в данных исследованиях можно получать и абсолютные показатели, но только если известна доля выборки для наблюдений или исходный коэффициент аварийности для всей исследуемой генеральной совокупности. Доля выборки представляет собой отношение числа наблюдений к общей интенсивности транспортных средств, автомобиле-часы в движении или автомобиле-километры пробега в исследуемой группе [9].

На основе имеющихся данных – количество пострадавших в ДТП участников дорожного движения на дорогах г. Гомеля – может быть проведен только анализ пострадавших пешеходов по отношению ко всем другим участникам дорожного движения под воздействием различных внешних факторов. В нашем исследовании невозможно определить интенсивность пешеходов в определенный момент за все время исследования на доро-

¹ Исследование «случай–контроль» [Электронный ресурс]. URL: <http://medspecial.ru/wiki/Исследование+случай-контроль/>

гах г. Гомеля – таких данных не существует. Как метод проведения исследования будет применяться когортный анализ, т.к. имеющиеся данные удовлетворяют методике проведения данного вида анализа². В качестве когорты будет использоваться количество пострадавших в ДТП на дорогах г. Гомеля, полученное из данных по учету ДТП за пятилетний период; метод исследования – ретроспективное когортное исследование, т.к. анализ проводится на основе архивных данных.

При изучении степени влияния отдельных факторов среды на количество пострадавших необходим расчет абсолютного риска (R), связанного с каким-либо потенциальным фактором риска, который измеряет вероятность изучаемого эффекта у лиц, подверженных действию данного фактора (экспонированных к нему). Абсолютный риск рассчитывается по формуле

$$R = \frac{a}{v \cdot N}, \quad (1)$$

где a – число пострадавших, которые во время ДТП находились под действием исследуемого фактора;
($v \cdot N$) – автомобиле-километры пробега транспортных средств, находившихся под действием исследуемого фактора (v – скорость ТС; N – интенсивность движения ТС).

После измерения риска пострадавших в ДТП тех, на кого изучаемый фактор действует, и среди тех, на кого данный фактор не действует, проводят процедуру сравнения.

Для проведения количественного сравнения абсолютных рисков среди экспонированных и среди неэкспонированных рассчитывают относительный и атрибутивный риски.

Относительный риск – отношение риска получить повреждения в ДТП среди тех, на кого действовали различные факторы (Re), к риску среди неэкспонированных (Rne):

$$R = Re / Rne, \quad (2)$$

где Re – абсолютный риск у экспонированной группы;
 Rne – абсолютный риск у неэкспонированной группы.

При относительном сравнении факторов риска должны выполняться следующие утверждения:

- если значение относительного риска равно 1, то связь между фактором и ДТП отсутствует;
- если величина относительного риска больше 1, то риск стать участником ДТП возрастает;
- если величина относительного риска меньше 1, значит, риск ДТП экспонированной группы ниже, чем у тех, на кого изучаемый фактор не воздействовал.

Следовательно, данный фактор, вероятно, оказывает благоприятное воздействие на дорожно-транспортную обстановку [9].

Величина относительного риска позволяет измерить негативную силу условий, с которыми ассоциируется фактор риска, и показывает, во сколько раз риск пострадать в ДТП среди экспонированных больше по сравнению с неэкспонированными.

Доля экспозиции с фактором риска (PE) представляет собой долю всех случаев пострадавших в ДТП у экспонированных, обусловленную данным фактором. Доля экспозиции с фактором риска рассчитывается по формуле

$$PE = \frac{n}{\sum n} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где n – количество пострадавших в ДТП у экспонированной группы.

Доля экспозиции с фактором риска отражает удельный вес (долю) тех случаев ДТП, которые могли бы быть предотвращены при отсутствии влияния фактора риска. Другими словами, эта величина показывает, на сколько процентов может быть снижена частота ДТП при применении изучаемого вмешательства в ДД².

Атрибутивный риск (PAR) – количество пострадавших или других патологических состояний, которые можно связать с действием фактора. Определим атрибутивный риск:

$$PAR = \frac{PE(RR - 1)}{(PE(RR - 1)) + 1} \quad (4)$$

где PE – доля экспозиции с фактором риска;
 RR – относительный риск, связанный с ним³.

² Аналитические эпидемиологические исследования. Выявление и оценка факторов риска возникновения и распространения болезней [Электронный ресурс]. URL: <http://pandia.ru/text/79/568/53515.php>

³ Причинно-следственная модель [Электронный ресурс]. URL: <http://epidemiolog.org/opredeliteli-riska-i-prichiny-zabolevaniya/prichinno-sledstvennaya-model-ii>

С точки зрения безопасности дорожного движения, результатом такого расчета является число несчастных случаев, что объясняется особым фактором риска, и, следовательно, ожидаемое уменьшение количества аварий, что может быть достигнуто, если фактор риска был бы устранен. Результат представляет собой значение между 0 и 1.

Данный показатель демонстрирует абсолютное увеличение пострадавших в связи с действием данного фактора (рисунок 3).

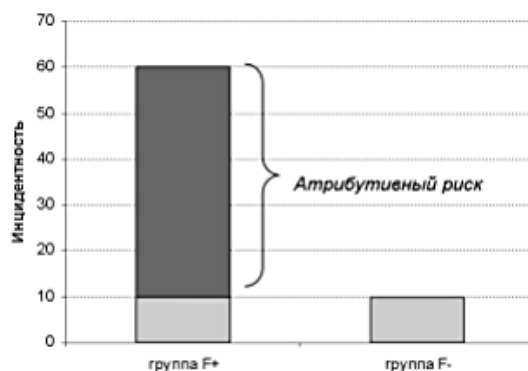


Рисунок 3. – Атрибутивный риск в основной группе [3]

Для более полной оценки различий показателей используют дополнительную величину, называемую *этиологической долей* (etiological fraction – EF). Этиологическая доля рассчитывается по формуле

$$EF = \frac{RR - 1}{RR} \cdot 100\% . \tag{5}$$

Этиологическая доля отражает удельный вес (долю) тех случаев ДТП, которые могли бы быть предотвращены при отсутствии влияния фактора риска. Другими словами, эта величина показывает, на сколько процентов может быть снижена частота ДТП при применении изучаемого вмешательства в ДД⁴. Изучить совместное влияние факторов можно с помощью причинно-следственной связи.

Причинно-следственная модель. Достаточной причиной является та, которая неизбежно приводит к определенным последствиям. Единичные причины происшествия редко бывают достаточными. Причина, не являющаяся достаточной сама по себе, называется *дополнительной* причиной. *Необходимая* причина – та, наличие которой для возникновения ДТП обязательно^{4,5}.

Изображенная на рисунке 4 модель схематически показывает, как несколько дополнительных причин (секторов) совместно формируют достаточную причину (круг). На рисунке показано также, что ДТП может иметь несколько достаточных причин и они могут иметь одну или несколько общих дополнительных причин. Такая причина, как А, представляющая собой элемент всех достаточных причин, является *необходимой*.



Рисунок 4. – Схематическое описание причин возникновения ДТП

Каждая отдельная причина аварийности имеет соответствующую этиологическую долю *EF*. Этот показатель представляет собой процент тех случаев аварийности, которые обусловлены воздействием этой причины; иначе говоря, процент всех случаев аварийности, которые не произошли бы, если бы данная причина была исключена.

⁴ Аналитические эпидемиологические исследования. Выявление и оценка факторов риска возникновения и распространения болезней [Электронный ресурс]. URL: <http://pandia.ru/text/79/568/53515.php>

⁵ Причинно-следственная модель [Электронный ресурс]. URL: <http://epidemiolog.org/opredeliteli-riska-i-prichiny-zabolevaniya/prichinno-sledstvennaya-model-ii>

Сумма этиологических долей для всех достаточных причин всегда равна 100%, т.е.

$$EF(I) + EF(II) + EF(III) = 100\%.$$

Этиологическая доля дополнительной причины равна этиологической доле достаточной причины или причин, элементом которой она является³.

Исследование влияния факторов внешней среды на аварийность в Гомеле методом эпидемиологического анализа. Проведенные исследования позволили выделить ряд факторов, влияющих на общее количество ДТП, число погибших и раненых. Из них были выделены статистически значимые, влияющие на итоговый результат, и приведены оценки средних в различных группах [2]. Из дальнейшего рассмотрения исключены факторы, для которых установлено незначительное влияние на количество и степень тяжести ДТП, о чем свидетельствуют результаты статистических исследований. Количество пострадавших при воздействии фактора «освещение» приведено в таблице 1.

Таблица 1. – Количество пострадавших при воздействии фактора «освещение»

| Пострадавшие | Освещение | | | | Всего |
|--------------|-----------|----------|-------------|-------------|-------|
| | светло | включено | не включено | отсутствует | |
| Погибло | 58 | 47 | 13 | 7 | 125 |
| Ранено | 645 | 461 | 74 | 33 | 1213 |
| Всего | 703 | 508 | 87 | 40 | 1338 |

Автомобиле-километры пробега транспортных средств, находившиеся под влиянием фактора «освещение», приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Автомобиле-километры пробега транспортных средств

| Освещение | Автомобиле-километры | |
|-------------|----------------------|--------------------|
| | фактор есть | фактор отсутствует |
| Светло | 285018935 | 569933743 |
| Включено | 234744920 | 620207757 |
| Не включено | 171366218 | 683586459 |
| Отсутствует | 163822604 | 691130073 |

Выполним необходимые расчеты.

Абсолютный риск для неэкспонированной группы:

– погибшие

$$R_{ne} = \frac{58}{285018935} = 2,03 \cdot 10^{-7};$$

– раненые

$$R_{ne} = \frac{645}{285018935} = 2,26 \cdot 10^{-6}.$$

Абсолютный риск для экспонированной группы:

– погибшие

$$R_{ne} = \frac{47}{23474920} = 2 \cdot 10^{-7};$$

– раненые

$$R_{ne} = \frac{461}{23474920} = 1,96 \cdot 10^{-6}.$$

Относительный риск:

– погибшие

$$RR = \frac{2,03 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-7}} = 1,02;$$

– раненые

$$RR = \frac{2,26 \cdot 10^{-6}}{1,96 \cdot 10^{-6}} = 1,15.$$

Таким образом, риск пострадать в темное время суток при включенном освещении выше, чем аналогичный риск, рассчитанный для светлого времени суток. Полученные данные позволяют предположить, что темное время суток и включенное освещение является фактором риска.

Доля экспозиции с фактором риска (освещение включено):

– погибшие

$$RE = \frac{125}{47} 100\% = 38\% ;$$

– раненые

$$RE = \frac{1213}{471} 100\% = 38\% .$$

Атрибутивный риск составил:

– погибшие

$$PAR = \frac{0,38(1,02-1)}{0,38(1,02-1)+1} = 0,01 ;$$

– раненые

$$PAR = \frac{0,38(1,15-1)}{0,38(1,15-1)+1} = 0,05 .$$

Данные факторы показывают абсолютное увеличение пострадавших у экспонированной группы, обусловленное действием фактора.

Этиологическая доля (снижение относительного риска – COP);

– погибшие

$$EF = \frac{1,02-1}{1,02} = 0,01 ;$$

– раненые

$$EF = \frac{1,15-1}{1,15} = 0,05 .$$

Этот результат означает, что в 1% случаев для погибших и в 5% случаев для раненых попадание в ДТП в темное время суток был бы сокращено, если бы был исключен фактор «темное время суток, освещение включено». Остальные расчеты когортного анализа ДТП с участием пешеходов по каждому исследуемому фактору приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. – Результаты когортного анализа погибших в ДТП с участием пешеходов на дорогах

| Воздействие фактора | | Абсолютный риск R, 10 ⁻⁷ | Относительный риск RR | Доля экспозиции с фактором риска PE | Этиологическая доля EF |
|---------------------|---|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Освещение | Светло | 2,03 | 1,00 | 0,46 | 0,00 |
| | Освещение включено | 2,00 | 1,02 | 0,38 | 0,01 |
| | Освещение не включено/неисправно | 0,76 | 2,68 | 0,10 | 0,15 |
| | Освещение отсутствует | 0,43 | 4,76 | 0,06 | 0,17 |
| Состояние покрытия | Сухое | 2,68 | 1,00 | 0,560 | 0,00 |
| | Мокрое | 1,76 | 1,52 | 0,352 | 0,16 |
| | Гололедица | 0,26 | 10,16 | 0,016 | 0,13 |
| | Снежный накат | 0,10 | 27,26 | 0,016 | 0,30 |
| | Противогололедный материал при гололеде | 0,03 | 78,96 | 0,008 | 0,38 |
| | Противогололедный материал при снежном накате | 0,12 | 23,15 | 0,024 | 0,35 |
| | Заснеженное | 0,10 | 26,49 | 0,016 | 0,29 |
| | Загрязненное | 0,07 | 37,49 | 0,008 | 0,23 |
| Профиль дороги | Горизонтальный прямой участок | 4,5 | 1,00 | 0,920 | 0,00 |
| | Вершина подъема | 0,004 | 120,79 | 0,008 | 0,49 |
| | Кривая в плане | 0,004 | 103,37 | 0,008 | 0,45 |
| | Кривая в профиле | 0,004 | 116,12 | 0,008 | 0,48 |
| | Уклон (подъем) | 0,004 | 104,03 | 0,008 | 0,45 |
| | Уклон (спуск) | 0,01 | 38,12 | 0,024 | 0,47 |
| | Прочее | 0,03 | 14,28 | 0,024 | 0,24 |

Окончание таблицы 3

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------|----------|---|-------|--------|-------|-------|
| Погодные условия | Ясно | | 2,41 | 1,00 | 0,504 | 0,00 |
| | Пасмурно | | 1,82 | 1,33 | 0,368 | 0,11 |
| | Туман | | 0,002 | 100,93 | 0,024 | 0,71 |
| | Дождь | | 0,04 | 5,70 | 0,080 | 0,27 |
| | Снег | | 0,01 | 28,11 | 0,016 | 0,30 |
| | Прочее | | 0,003 | 74,10 | 0,008 | 0,37 |
| Скорость движения | 30–40 | | 0,03 | 1,00 | 0,032 | 0,00 |
| | 41–50 | | 0,05 | 0,60 | 0,096 | -0,04 |
| | 51–60 | | 3,99 | 0,08 | 0,832 | -3,33 |
| | Свыше 60 | | 0,03 | 0,94 | 0,040 | 0,00 |

Таблица 4. – Результаты когортного анализа раненых в ДТП с участием пешеходов

| Воздействие фактора | | Абсолютный риск R , 10^{-7} | Относительный риск RR | Доля экспозиции с фактором риска PE | Этиологическая доля EF |
|---------------------|---|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Освещение | Светло | 22,6 | 1,00 | 0,53 | 0,00 |
| | Освещение включено | 19,6 | 1,15 | 0,38 | 0,05 |
| | Освещение не включено/неисправно | 4,32 | 5,24 | 0,06 | 0,21 |
| | Освещение отсутствует | 2,01 | 11,23 | 0,03 | 0,22 |
| Состояние покрытия | Сухое | 27,13 | 1,00 | 0,585 | 0,00 |
| | Мокрое | 17,12 | 1,58 | 0,353 | 0,17 |
| | Гололедица | 0,66 | 41,17 | 0,004 | 0,14 |
| | Снежный накат | 0,44 | 61,35 | 0,007 | 0,31 |
| | Противогололедный материал при гололеде | 0,54 | 49,98 | 0,013 | 0,39 |
| | Противогололедный материал при снежном накате | 0,93 | 29,30 | 0,020 | 0,36 |
| | Заснеженное | 1,01 | 26,83 | 0,016 | 0,30 |
| Загрязненное | 0,14 | 189,87 | 0,002 | 0,24 | |
| Профиль дороги | Горизонтальный прямой участок | 46,06 | 1,00 | 0,970 | 0,00 |
| | Вершина подъема | 0,004 | 1236,21 | 0,001 | 0,50 |
| | Кривая в плане | 0,04 | 117,55 | 0,007 | 0,46 |
| | Кривая в профиле | 0,04 | 132,06 | 0,007 | 0,49 |
| | Уклон (подъем) | 0,01 | 532,35 | 0,002 | 0,47 |
| | Уклон (спуск) | 0,04 | 106,41 | 0,009 | 0,49 |
| | Прочее | 1,26 | 36,53 | 0,010 | 0,26 |
| Погодные условия | Ясно | 22,18 | 1,00 | 0,477 | 0,00 |
| | Пасмурно | 16,94 | 1,31 | 0,354 | 0,10 |
| | Туман | 0,03 | 68,88 | 0,006 | 0,28 |
| | Дождь | 6,26 | 3,54 | 0,122 | 0,24 |
| | Снег | 1,42 | 15,66 | 0,027 | 0,29 |
| | Прочее | 0,06 | 40,06 | 0,014 | 0,35 |
| Скорость движения | 30–40 | 0,07 | 1,00 | 0,007 | 0,00 |
| | 41–50 | 6,97 | 0,10 | 0,137 | -0,14 |
| | 51–60 | 39,28 | 0,02 | 0,844 | -4,87 |
| | Свыше 60 | 0,09 | 0,76 | 0,012 | 0,00 |

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что ключевыми факторами, оказывающими воздействие на летальные исходы в результате ДТП с участием пешеходов на дорогах г. Гомеля, являются: «темное время суток, освещение отсутствует», «противогололедный материал при гололеде», «вершина подъема», «туман».

Данный вывод основывается на полученных результатах этиологических долей и показателе относительного риска, которые показывают негативную силу условий, с которыми ассоциируется фактор риска, и во сколько раз риск летального исхода среди экспонируемых больше по сравнению с неэкспонируемыми. Чем больше значение этиологической доли, тем больший эффект влияния фактора.

Опираясь на данное утверждение, можно предполагать, что наибольшее влияние на количество погибших в ДТП с участием транспортных средств на дорогах оказывают факторы: «туман» ($EF = 71\%$), «вершина подъема» ($EF = 49\%$), «противогололедный материал при гололеде» ($EF = 38\%$), «освещение отсутствует» ($EF = 17\%$). Все остальные факторы также оказывают значительное влияние.

Полученные значимые факторы были исследованы независимо друг от друга. Совместное воздействие определяющих факторов на летальный исход в ДТП с пешеходами может быть изучено с помощью построения причинно-следственной модели.

Полученные значения этиологических долей показали, что наибольшее влияние на риск получить травмы в ДТП с участием транспортных средств на дорогах оказывают следующие факторы: «темное время суток, освещение отсутствует», «противогололедный материал при гололеде», «вершина подъема», «весна», «снег». Все факторы рассматривались независимо друг от друга.

По полученным результатам можно заметить некоторые различия с данными, полученными при исследовании влияния данных факторов на риск летального исхода в ДТП данной категории. Наибольшее влияние на количество раненых в ДТП оказывают факторы: «вершина подъема» ($EF = 50\%$), «противогололедный материал при гололеде» ($EF = 39\%$), «снег» ($EF = 29\%$), «освещение отсутствует» ($EF = 22\%$). Все остальные факторы также оказывают значительное влияние.

Построение причинно-следственной модели. Факторы, влияющие на ДТП с пешеходами:

- погодные условия: 1 – ясно; 2 – пасмурно; 3 – туман; 4 – дождь; 5 – снег; 6 – прочее (погодные условия);
- состояние покрытия: 7 – сухое; 8 – мокрое; 9 – гололедица; 10 – снежный накат; 11 – противогололедный материал при гололеде; 12 – противогололедный материал при снежном накате; 13 – заснеженное; 14 – загрязненное;
- профиль дороги: 15 – горизонтальный прямой участок; 16 – вершина подъема; 17 – кривая в плане; 18 – кривая в профиле; 19 – уклон (подъем); 20 – уклон (спуск); 21 – прочее (профиль дороги);
- освещение: 22 – светлое время суток; 23 – освещение включено; 24 – освещение не включено/неисправно; 25 – освещение отсутствует;
- время года: 26 – весна; 27 – осень; 28 – зима; 29 – лето;
- скорость движения: 30 – скорость 31–40 км/ч; 31 – скорость 41–50 км/ч; 32 – скорость 51–60 км/ч; 33 – скорость свыше 60 км/ч.

Для определения достаточных причин ДТП выбираем те факторы, этиологическая доля которых в сумме равна 100% (или 1). Данные указаны в таблице 5.

Таблица 5. – Достаточные причины, необходимые для совершения ДТП с погибшими

| Достаточная причина | Факторы ДТП с пешеходами | Значение факторов |
|---------------------|--------------------------|---|
| I | 3, 10 | туман, снежный накат |
| II | 3, 13 | туман, заснеженное покрытие |
| III | 4, 9, 17, 24 | дождь, гололедица, кривая в плане, освещение не включено/неисправно |

Согласно таблице, для совершения ДТП нужно одновременное наличие нескольких факторов. Соответственно, исключение одного из них практически исключит вероятность возникновения ДТП с пешеходами.

Рассмотрим некоторые достаточные причины, присутствие факторов в которых может повлиять на возникновение ДТП с погибшими (рисунок 5).

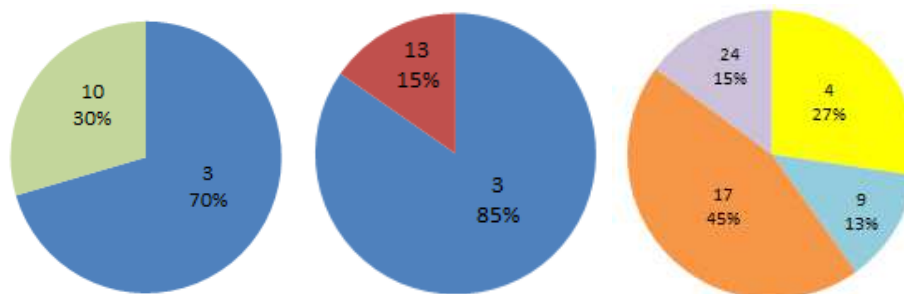


Рисунок 5. – Достаточные причины, необходимые для совершения ДТП с погибшими

Для построения причинно-следственной модели определим достаточные причины ДТП с ранеными. Данные указаны в таблице 6.

Рассмотрим некоторые достаточные причины для совершения ДТП с ранеными (рисунок 6).

Если из представленных на рисунках 5 и 6 достаточных причин исключить какой-либо фактор, то условия для возникновения ДТП будут отсутствовать.

Таблица 6. – Достаточные причины, необходимые для совершения ДТП с ранеными

| Достаточная причина | Факторы ДТП с пешеходами | Значение факторов |
|---------------------|--------------------------|--|
| I | 3, 8, 18, 23 | туман, мокрое покрытие, кривая в профиле, освещение включено |
| II | 4, 13, 17 | дождь, заснеженное покрытие, кривая в профиле |
| III | 5, 8, 20, 23 | снег, мокрое покрытие, уклон (спуск), освещение включено |

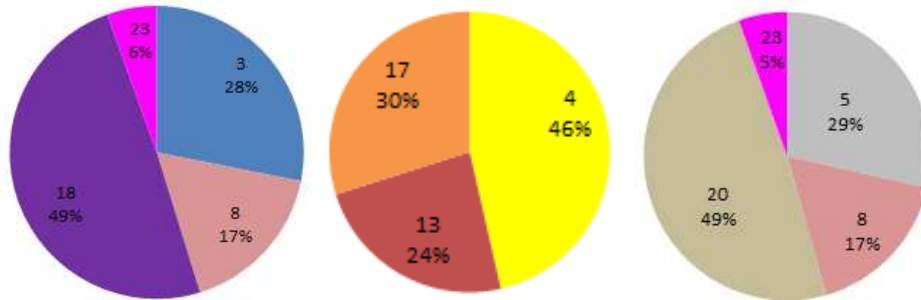


Рисунок 6. – Достаточные причины, необходимые для совершения ДТП с ранеными

Заключение. Выявление этиологических долей различных факторов риска может использоваться не только при изучении достаточных, необходимых и дополнительных причин возникновения ДТП. Сравнение значений этиологической доли различных факторов риска показывает количественную оценку каждого из этих факторов в показателе аварийности.

Основные аспекты применения этиологического риска для оценки вклада проблем БДД в аварийность:

- есть много факторов, для которых невозможно достоверно оценить этиологический риск. Например, невнимательность, очевидно, является фактором риска. Однако невозможно определить какую долю общей экспозиции (передвижений) участники ДД проводят в невнимательном состоянии;

- зачастую факторы риска коррелируют, но механизм такой корреляции не совсем понятен. В большинстве случаев будет неверным сложить этиологический риск двух факторов, чтобы оценить их суммарный вклад в аварийность;

- некоторые проблемы БДД невозможно описать оценкой риска. Так, например, дети не имеют повышенного риска пострадать в ДТП по сравнению со взрослыми. В то же время очевидно сильное желание обеспечить более высокий уровень БДД для детей, чем для иных категорий участников ДД. Поэтому, пока есть дорожно-транспортный травматизм с участием детей, риск ДТП с их участием всегда будет одной из основных проблем, несмотря на то, что этиологический риск для них не является наибольшим по сравнению с другими проблемами в БДД;

- ДТП и их последствия не полностью определены в официальных отчетах.

Данный метод достаточно сложен в реализации, поскольку в материалах о ДТП не хватает дополнительных сведений, которые создают достаточную причину возникновения ДТП, например, видимость в направлении движения, коэффициент сцепления, замедление автомобиля и пр. Официальная статистика, к сожалению, содержит обобщенную информацию о случившемся происшествии. Несмотря на приведенные проблемы, концепция этиологического риска полезна для оценки важности различных проблем БДД и будет использована для разработки проактивной системы обеспечения безопасности дорожного движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скирковский, С.В. Построение иерархической системы индикаторов для комплексной оценки аварийных ситуаций // С.В. Скирковский, А.Б. Невзорова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 3(43). – С. 21–28.
2. Евтюков, С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза : учеб.-практ. пособие / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПб. : ДНК, 2008. – 390 с.
3. Рунэ, Эльвик. Справочник по безопасности дорожного движения : [пер. с норв.] / Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа ; под ред. проф. В.В. Сильянова. – М. : МАДИ (ГТУ), 2001. – 754 с.
4. Методика оценки риска здоровью населения факторов среды обитания : инструкция по применению / В.П. Филонов [и др.] ; под общ. ред. В.П. Филонова. – Минск : Респ. науч.-практ. центр гигиены, 2012. – 23 с.
5. Скирковский, С.В. Оценка безопасности дорожного движения на этапах проектирования транспортной сети / С.В. Скирковский, А.Б. Невзорова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. /

- М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж.-д. Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Ч. 1. – С. 73–75.
6. Скирко́вский, С.В. Факторный анализ последствий ДТП в Гомельской области / С.В. Скирко́вский, А.Б. Невзорова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. В 5 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж.-д. Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – Ч. 3. – С. 58–60.
 7. Флетчер, Р. Клиническая эпидемиология : [пер. с англ.] / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. Вагнер. – М. : Медиа Сфера. 2004. – 352 с.
 8. Палтышев, В.И. Аналитические эпидемиологические исследования / И.П. Палтышев; В.И. Покровский ; под ред. В.И. Покровского. – М. : Моск. мед. акад. им. И.М. Сеченова, 2002. – 78 с.
 9. Rune, Elvik. The handbook of road safety measures / Rune Elvik, Alena Hoye. – Second edition. – Emerald Group Publishing Limited, 2009. – Pp. 1117.

REFERENCES

1. Skirkovskij, S.V., & Nevzorova A.B. (2021). Postroenie ierarhicheskoj sistemy indikatorov dlya kompleksnoj ocenki avarijnyh situacij [Construction of a hierarchical system of indicators for a comprehensive assessment of emergency situations]. *Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta [Herald of Polotsk State University]*, 3(43), 21–28. (In Russ., abstr. in Engl.).
2. Evtjukov, S.A., & Vasil'ev A.V. (2008). *Dorozhno-transportnye proisshestviya: rassledovanie, rekonstrukciya, ekspertiza [Road accidents: investigation, reconstruction, examination]*. Saint Petersburg: DNK. (In Russ.).
3. Rune, El'vik, Myusen, Anne Borger, & Vaa, Truls. (2001). *Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Road Safety Handbook]*. Moscow: MADI (GTU). (In Russ.).
4. Filonov V.P., Naumenko T.E., Sokolov S.M., Gricenko T.D., Shevchuk L.M., Pshegroda A.E., & Gan'kin A.N. (2012). *Metodika ocenki riska zdorov'yu naseleniya faktorov sredy obitaniya. Instrukciya po primeneniyu [Methodology for assessing the risk to the health of the population of environmental factors]*. Minsk : Respublikanskij nauchno-prakticheskij centr gigieny. (In Russ.).
5. Skirkovskij, S.V., & Nevzorova A.B. (2019). Ocenka bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na etapah proektirovaniya transportnoj seti [Road safety assessment at the design stages of the transport network]. *Problemy bezopasnosti na transporte [Transport security issues]*, Vol. 1, 73–75. Gomel': Belorusskij gosudarstvennyj universitet transporta. (In Russ., abstr. in Engl.).
6. Skirkovskij, S.V., & Nevzorova A.B. (2020). Faktornyj analiz posledstvij DTP v Gomel'skoj oblasti [Factor analysis of the consequences of an accident in the Gomel region]. *Problemy bezopasnosti na transporte [Transport security issues]*, Vol. 3, 58–60. Gomel': Belorusskij gosudarstvennyj universitet transporta. (In Russ., abstr. in Engl.).
7. Fletcher, R., Fletcher, S., & Vagner, E. (2004). *Klinicheskaya epidemiologiya [Clinical epidemiology]*. Moscow: Media Sfera. (In Russ.).
8. Paltyshev, V.I., & Pokrovskij, V.I. (2002). *Analiticheskie epidemiologicheskie issledovaniya [Analytical epidemiological studies]*. Moscow: Moscow Medical Academy named after I.M. Sechenov. (In Russ.).
9. Rune, Elvik, & Hoye, Alena. (2009). *The handbook of road safety measures*. Emerald Group Publishing Limited. (In Russ.).

Поступила 09.11.2021

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF ACCIDENTS BY THE METHOD OF EPIDEMIOLOGICAL ANALYSIS

S. SKIRKOUSKI

It is proposed to apply the method of epidemiological analysis, which is widely used in medical investigations, to establish the causes of road traffic accidents. The nature of the influence of various risk factors on the accident rate, the assessment of the importance and degree of their influence show that each incident has not one, but several causes simultaneously affecting the process of traffic.

Keywords: road safety, transport risk, traffic accident, accident factors, epidemiological analysis of accidents.