

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

*Макалада жол кыймылынын шарттарын бузууга карата чечимдерди кабыл алуу процессиндеги тобокелчиликти баалоонун усулу келтирилген.*

*В статье излагается методика, которая позволяет оценивать риски в процессе принятия решений о нарушении правил дорожного движения.*

*This article is devoted to the methods, which allows to evaluate risks in taking considerations of traffic rules' violence.*

Быстрый рост парка автотранспортных средств Республики Казахстан приводит к усложнению условий движения на автомобильных дорогах общего пользования. Они в основном относятся к автомобильным дорогам III и IV технических категорий с двумя полосами движения и общей шириной проезжей части 7...8 м /1/. Это же характерно для большинства автомобильных дорог общего пользования Восточно-Казахстанской области, которые по своим основным параметрам представляют собой дороги III и IV категорий. Доля их составляет более 85 % от всей протяженности сети автомобильных дорог области. Особенности движения и обеспечения его безопасности в специфичных для территории ВКО условиях обуславливает необходимость повышенного внимания к дорогам III и IV категорий, всестороннего изучения их состояния и особенностей режима и безопасности движения на них.

При сравнительно благополучном положении с протяженностью и конфигурацией распределения автомобильных дорог общего пользования их эксплуатационное состояние характеризуется как крайне неудовлетворительное /1/. Низкий технический уровень автомобильных дорог значительно ограничивает мобильность товаров, что, в свою очередь, сказывается на развитии экономик стран СНГ /2/.

Проблема обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах общего пользования привлекает большое внимание во всех странах в связи со значительными жертвами и материальными потерями при ДТП /1-3/. Например, в Республике Казахстан серьезную угрозу вызывает увеличение количества ДТП с тяжелыми последствиями на участках автомобильных дорог (ровных, прямых участках с обеспеченной видимостью) после реконструкции, на которых увеличивается интенсивность и скорость транспортного потока. Основными причинами ДТП на

них являются превышение скорости и выезд на полосу встречного движения при совершении обгона /2/.

Анализ ДТП на автомобильных дорогах общего пользования ВКО свидетельствует, что в течение ряда последних лет наблюдается заметный рост аварийности (рис. 1). Вместе с тем за последние два года отмечается снижение количества ДТП, что обусловлено вступлением в силу с 1 августа 2008 года новых законодательных норм, которые ужесточили ответственность за нарушение Правил дорожного движения Республики Казахстан.

Анализ статистических данных ДТП УДП ДВД ВКО показал, что значительное количество ДТП на автомобильных дорогах общего пользования области происходит из-за превышения допустимой скорости движения водителями транспортных средств (ТС) – 44 % от общего числа ДТП (табл. 1).

Нарушение скоростного режима движения водителями ТС является доминирующей причиной ДТП даже по отношению к сумме всех остальных причин.

Контроль скоростного режима на автомобильной дороге осуществляется самим водителем ТС и на некоторых участках – сотрудниками дорожной полиции. Оба участника процесса контроля скорости используют инструментальные средства, которые обладают

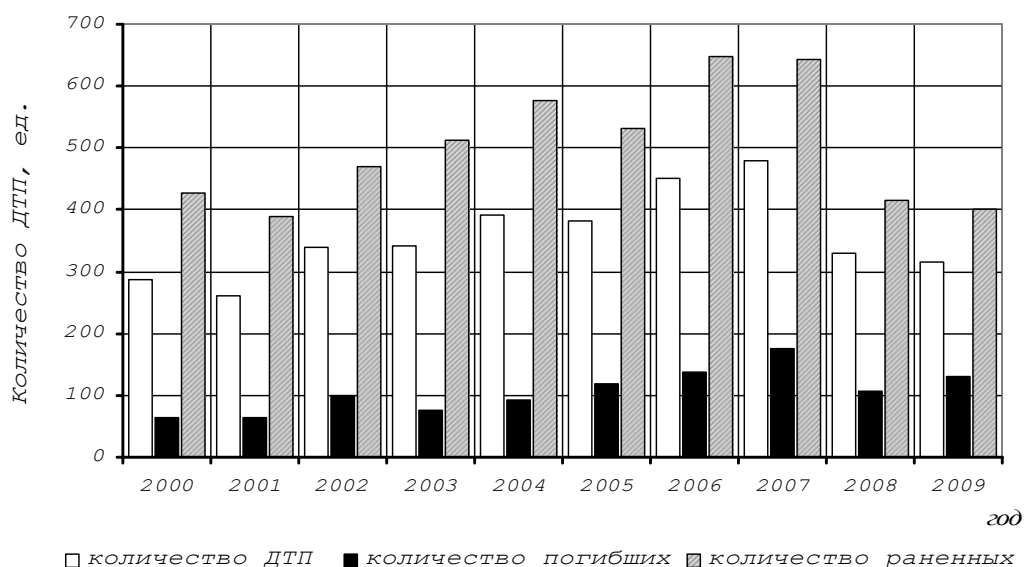


Рис.1 Динамика ДТП на автомобильных дорогах общего пользования ВКО

Таблица 1

Распределение частоты случаев ДТП по причинам их возникновения

Причина ДТП	Количество ДТП, ед.										В среднем	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		

Превышение скорости	93	83	133	103	154	193	225	283	204	200	157
Выезд на встречную полосу дороги	49	37	55	58	57	48	43	49	44	40	49
Не соблюдение очередности проезда перекрестка	4	5	3	5	7	2	4	6	5	4	5
Нарушение правил маневрирования	13	14	16	16	15	13	6	15	10	12	11
Управление ТС в состоянии алкогольного опьянения	51	49	58	62	56	54	56	55	52	49	55
Неподчинение сигналам регулирования	2	3	2	1	5	2	2	4	1	3	3
Несоблюдение дистанции	4	2	7	7	5	1	3	5	3	2	4
Иные нарушения ПДД	67	48	68	71	88	45	37	58	59	55	60

случайной погрешностью. В большинстве случаев инструментальная случайная погрешность, как правило, подчиняется нормальному закону распределения. Скорость движения транспортных средств на участках автомобильной дороги является также величиной случайной, и ее закон распределения в каждом конкретном случае должен исследоваться экспериментально, поэтому рационально выдвинуть предварительную гипотезу о распределении скорости движения по закону Вейбулла. Этот закон является универсальным, и при определенных значениях параметра формы моделирует другие законы, такие как экспоненциальный закон, закон Релея и нормальный закон /4, 5/.

В связи со статистической природой параметров процесса контроля возникает закономерный вопрос о доле «вины» водителя ТС в момент зафиксированного случая нарушения скоростного режима движения. Решение этой задачи потребует привлечения аппарата теории вероятностей и математической статистики.

С целью количественной оценки ошибок контроля скоростного режима в функции статистических параметров необходимо найти аналитические выражения, которые связывают

среднее и среднеквадратическое значение распределения скорости ТС, среднее и среднеквадратическое значение распределения случайной погрешности измерения (спидометра) и предельное значение, ограничивающее скорость движения, с результатом контроля.

Плотность распределения закона Вейбулла имеет следующий вид:

$$f(V, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\alpha} (V - \gamma)^{\beta - 1} e^{-\frac{(V - \gamma)^\beta}{\alpha}}, \quad V \geq \gamma \quad (1)$$

где  $\alpha$  – параметр масштаба;  $\beta$  – параметр формы;  $\gamma$  – параметр положения.

Интегральная функция закона распределения имеет следующий вид:

$$F(V) = 1 - e^{-\frac{(V - \gamma)^\beta}{\alpha}}. \quad (2)$$

В процессе контроля возникают ошибки двух типов. В данной задаче нас будет интересовать один случай и тип ошибки, когда контролируемый параметр  $V$  находится за предельным значением  $V_n$ , а спидометр регистрирует скорость автомобиля в допустимых пределах, т.е. водитель ТС не предполагает, что он нарушил скоростной режим. Для данного случая эту ошибку назовем ошибкой «прибора», а вероятность ее возникновения в аналитической форме будет иметь следующий вид:

$$P_{np} = \sum \left\{ e^{-\frac{[V_{cp} \pm n \Delta V - 3 \Delta y + (j+1) \Delta V]^\beta}{\alpha}} - e^{-\frac{[V_{cp} \pm n \Delta V - 3 \Delta y + j \Delta V]^\beta}{\alpha}} \right\} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{3 - \frac{\Delta V}{\Delta y} j}^{+3} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (3)$$

где  $V_{cp}$  – среднее значение скорости;  $\Delta y$ ,  $\Delta V$  – дискретность численного интегрирования погрешности прибора и скорости движения.

Для расчета вероятности  $P_{np}$  необходимо знать экспериментальные значения средних и среднеквадратических, приведенных выше распределений.

Вычисление  $\alpha$ ,  $\beta$  находят из выражений, приведенных в /4/:

$$V_{cp} = \alpha^{\frac{1}{\beta}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right); \quad (4)$$

$$\delta_v^2 = \alpha^{\frac{1}{\beta}} \left[ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right\}^2 \right].$$

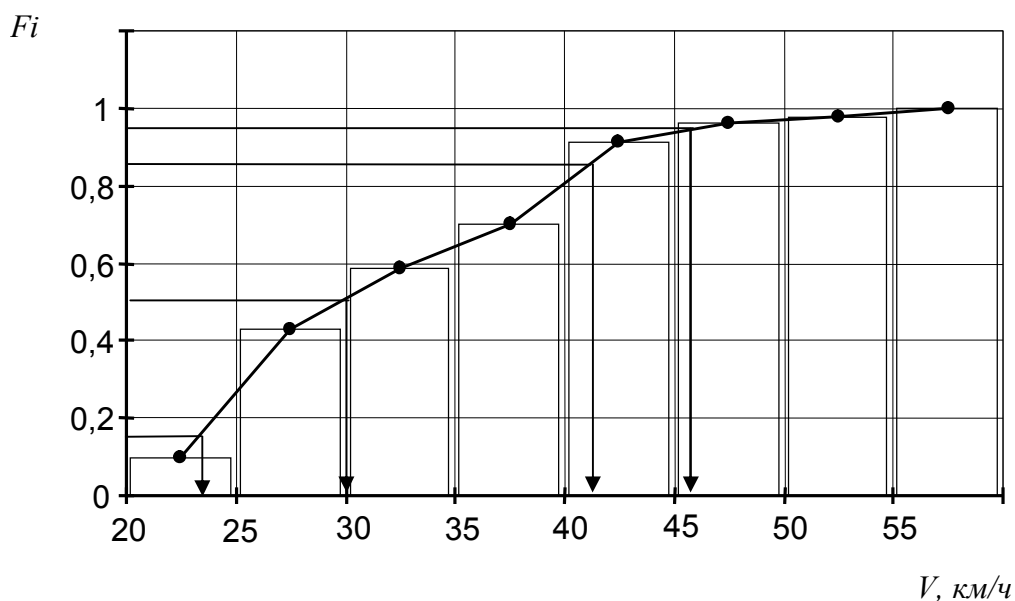
Параметр положения  $\gamma = 0$ .

Для получения необходимых статистических характеристик нами были проведены экспериментальные исследования на участках автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Зыряновск. В настоящее время автомобильная дорога имеет по одной полосе для движения в каждом направлении. Ширина проезжей части дороги составляет восемь метров. Разделительная полоса на дороге отсутствует. Анализ имеющихся данных показывает, что преобладающим видом транспортных средств на автомобильной дороге являются легковые автомобили, доля которых в транспортном потоке составляет 87 %. Интенсивность движения транспортных средств составляет около 1000 авт./сут.

На выбранных участках автомобильной дороги были выполнены исследования мгновенных скоростей движения транспортных средств в прямом и обратном направлениях. При натурных наблюдениях фиксировалось время проезда транспортным средством (ТС) базового расстояния, которое нами выбрано равным 50 м. Для того, чтобы с достаточной достоверностью изучить мгновенную скорость движения, было проведено 200 измерений /3, 6/.

По результатам статистической обработки полученных данных нами построены кумулятивные кривые распределения мгновенных скоростей движения транспортных средств (рис. 2) /7/.

а) направление Усть-Каменогорск – Зыряновск



б) направление Зыряновск – Усть-Каменогорск

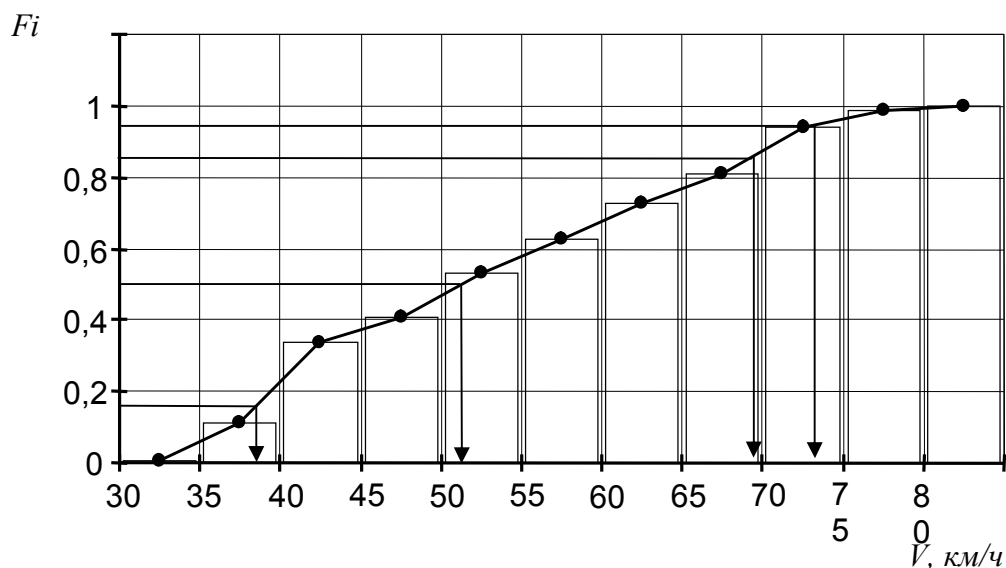


Рис.2. Кумулятивная кривая скоростей движения на 95 км дороги

На основании полученных кумулятивных кривых были определены величины мгновенной скорости движения ТС (табл. 2).

По результатам натурных наблюдений были вычислены необходимые статистические характеристики и проведен компьютерный эксперимент, для которого была разработана программа.

Таблица 2

Протокол обработки данных наблюдений мгновенных скоростей движения

Участок дороги	Значение мгновенной скорости движения, км/ч			
	15%	50%	85%	95%
45 км	<u>44</u>	<u>58</u>	<u>80</u>	<u>87</u>
	42	63	75	83
95 км	<u>24</u>	<u>30</u>	<u>42</u>	<u>46</u>
	38	51	69	73

Примечание: В числителе – направление Усть-Каменогорск-Зыряновск, а в знаменателе – направление Зыряновск-Усть-Каменогорск

Результаты моделирования представлены в трехмерной интерпретации (рис. 3), что значительно повышает их наглядность. При этом нами был использован программный пакет STATISTICA.

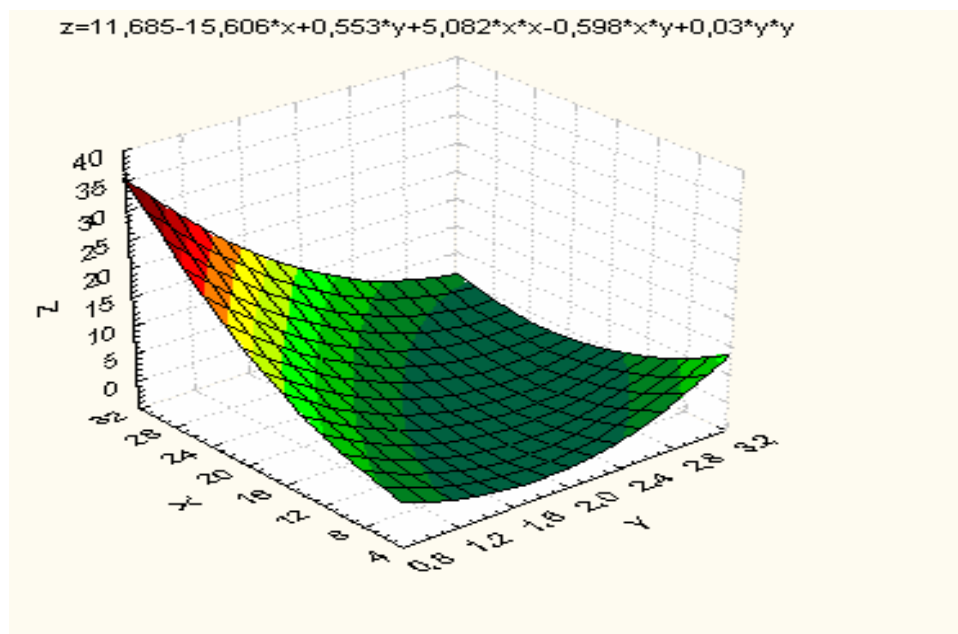


Рис.3. Зависимость вероятности  $P_{np}$  в функции параметров закона распределения скорости автомобиля, предела скорости и параметров закона распределения погрешности прибора измерения скорости

На рис. 3 приняты следующие условные обозначения:  $Z$  – вероятность  $P_{np}$ ;  $Y$  – предел скорости в отношении к ее среднему значению;  $X$  – погрешность в отношении среднего квадратического прибора к среднеквадратическому скорости.

Как следует из рис. 3, зависимость  $P_{np}$  от статистических параметров и, в частности, от точностных показателей прибора измерения скорости имеет явно выраженную нелинейность и значительную неопределенность, что позволяет оценивать риски в процессе принятия решений о нарушении Правил дорожного движения Республики Казахстан водителями транспортных средств.

### Список литературы

1. Бекмагамбетов М.М. Проблемы развития автомобильного и городского транспорта Республики Казахстан. – Алматы: ТОО «Print-S», 2009. – 520 с.
2. Каримов Б.Б., Салимбаев Е.К. Автомобильные дороги Содружества Независимых Государств: Состояние, проблемы, перспективы, управление, финансирование, безопасность, экология. – М.: Интрансдорнаука, 2006. – 264 с.
3. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
4. Справочник по надежности. Т. 1 /Под ред. Левина Б.Р. – М.: Мир, 1969. – 326 с.

5. Корнев В.А., Макенов А.А. Современные методы моделирования процессов принятия решений в системах управления. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГУ им. С.Аманжолова, 2008. – 148 с.

6. Сильянов В.В., Ситников Ю.М. Расчеты скоростей движения на автомобильных дорогах: Учеб. пособие / МАДИ. – М., 1978. – 251с.

7. Лукпанов М.Р., Макенов А.А. Изучение скоростей движения транспортных средств на участках автомобильных дорог // Вестник ВКГТУ. – 2009. – № 4. –С. 64-70.