

# Расчет рисков совершения дорожно-транспортного происшествия по условному среднему показателю вероятности

**А.В. Кузьмин**

*начальник организационно-аналитического  
отдела Управления ГИБДД МВД по Республике  
Татарстан; Республика Татарстан, г. Казань*

**В.Л. Романовский**

*к.т.н., профессор кафедры промышленной  
и экологической безопасности КНИТУ-КАИ  
им. А.Н.Туполева; Республика Татарстан,  
г. Казань*

Проблема дорожно-транспортного травматизма не теряет своей актуальности, ежегодно ущерб от ДТП составляет от двух до трех процентов ВВП.

Согласно отчету «О травматизме при дорожно-транспортных происшествиях», подготовленному в 2004 году Всемирным банком и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), три тысячи людей (включая 500 детей) погибали каждый день на дорогах мира, что составляет 1,1 миллиона смертей в год. Кроме того, более 50 миллионов человек получают серьезные травмы, многие становятся инвалидами до конца жизни. Данные цифры сопоставимы с пандемиями малярии или туберкулеза.

Дорожные аварии являются главной причиной смерти у мужчин и женщин в возрасте от десяти до 45 лет, что также иллюстрирует серьезность проблемы и неотложность принятия решительных действий.

Анализ дорожно-транспортного травматизма показывает, что основными причинами дорожных аварий являются: состояние транспортного средства (от 5 до 40% аварий); дорожная инфраструктура (10...20%); поведение участников дорожного движения (80...90%). При этом среди причин гибели людей в происшествиях, совершенных по вине водителей транспортных средств, более 50% составляют грубые нарушения правил дорожного движения, совершаемые ими с осознанием противоправности этих действий и их возможных последствий.

Другими словами, «водитель – автомобиль – дорога» – это объективно существующая система, элементы которой могут стать причиной чрезвычайной ситуации в результате формирования неких случайных межэлементных взаимодействий, при этом основным элементом, влияющим на аварийность, является человек и его поведение. Именно низкий уровень правосознания участников движения, правовой нигилизм, отсутствие адекватного понимания причин возникновения ДТП – и отсюда безразличное отношение к возможным последствиям – указывают на то, что только надзорных и контрольных функций недостаточно.

Необходимо разрабатывать и внедрять новые, креативные, в том числе с использованием интернет-технологий, формы влияния на участников дорожного движения, активно вовлекать население в процесс обеспечения безопасности на дорогах. В данном контексте становятся актуальными разработка и размещение в интернет-пространстве сервиса (услуги) предоставления пользователям этих ресурсов информации о вероятности совершения участниками дорожного движения дорожно-транспортного происшествия и рекомендаций по снижению риска.

Дополнительно на данном ресурсе предполагается разместить актуальную для региона статистику аварийности, сведения о нарушениях ПДД, социальную рекламу, видеоролики «краш-тестов», информацию о механизмах совершения происшествий, ссылки на сайты по теме, в том числе на приложение «народный инспектор». А также предусмотреть возможность подписки пользователей и получения критически важной информации – при наборе зарегистрированным пользователем определенного количества отрицательных баллов осуществлять рассылку специальных сообщений по указанному адресу. Адресатом может быть сам пользователь или любое заинтересованное лицо (родственники или работодатель).

Разработка подобного сервиса предполагается на основе имитационной модели анализа риска. Источником анализируемой информации станут зависимости между психофизиологическими свойствами водителя, показателями аварийности на исследуемой территории и сведения о допущенных исследуемым лицом нарушений правил дорожного движения. На основании полученных результатов формируются рекомендации по снижению вероятности участия в происшествии.

Очевидно, что полученные результаты будут иметь вероятностный характер, однако сам факт привлечения внимания участника дорожного движения к проблемному, узкому месту в его индивидуальной манере вождения позволит оказать положительное влияние на показатели аварийности.

Для решения поставленной задачи необходимо определить перечень анализируемых показателей и рассчитать их коэффициенты.

Имеющаяся в настоящее время база данных многопараметрической информационно-аналитической системы МВД России позволяет получить следующие качественные и количественные сведения о дорожно-транспортных происшествиях, о лицах, имеющих водительское удостоверение, и лицах, допускающих нарушения ПДД.

Определенные расчеты и оценка результатов анализа за 2014 год позволяют отметить, что из 5399 ДТП, совершенных по вине водителей транспортных

средств, 4150 (77% от общего количества) приходится на водителей мужского пола и 672 (12%) на водителей женского пола (рис. 1).

Далее на рис. 2-5 представлена картина происшествий по стажу вождения, с учетом времени управления автомобилем, социальной характеристики и по видам ДТП.

Практически 3/4 происшествий происходит по вине водителей мужского пола.

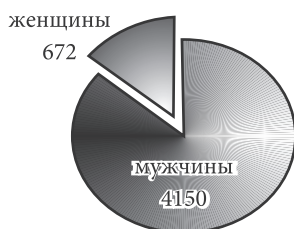


Рис. 1. Виновники ДТП по половому признаку

По месту совершения ДТП – наибольшее количество приходится на населенные пункты, далее следуют региональные и федеральные дороги. Общее долевое распределение в зависимости от пола виновника практически не изменяется.



Рис. 2. Доля ДТП по вине мужчин по местам совершения

Доля ДТП по местам совершения

Таблица 1.

| Пол  | Значение | Доля | Доли по месту совершения ДТП |              |                  |
|------|----------|------|------------------------------|--------------|------------------|
|      |          |      | Дорога                       |              | Населенный пункт |
|      |          |      | Федеральная                  | Региональная |                  |
| муж. | 4150     | 76,9 | 9,9                          | 25,7         | 63,1             |
| жен. | 672      | 12,4 | 11,2                         | 26,2         | 70,5             |



Рис. 3. Доля ДТП по вине женщин по местам совершения

По стажу управления – наибольшее количество ДТП приходится на водителей-мужчин со стажем более 10 лет. При этом по вине водителей-женщин наибольшее количество ДТП приходится на стаж от 1 до 3 лет.

Таблица 2.  
Количество ДТП по стажу управления автомобилем

| Пол  | по стажу  |           |           |           |            |          |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|
|      | До 1 года | От 1 до 3 | От 3 до 5 | От 5 до 7 | От 7 до 10 | Более 10 |
| муж. | 257       | 907       | 514       | 366       | 264        | 1989     |
| жен. | 170       | 283       | 121       | 79        | 33         | 144      |

По возрасту – наибольшее количество ДТП произошло по вине водителей в возрасте от 21 до 30 лет, при этом долевое распределение в зависимости от пола водителя не изменяется.

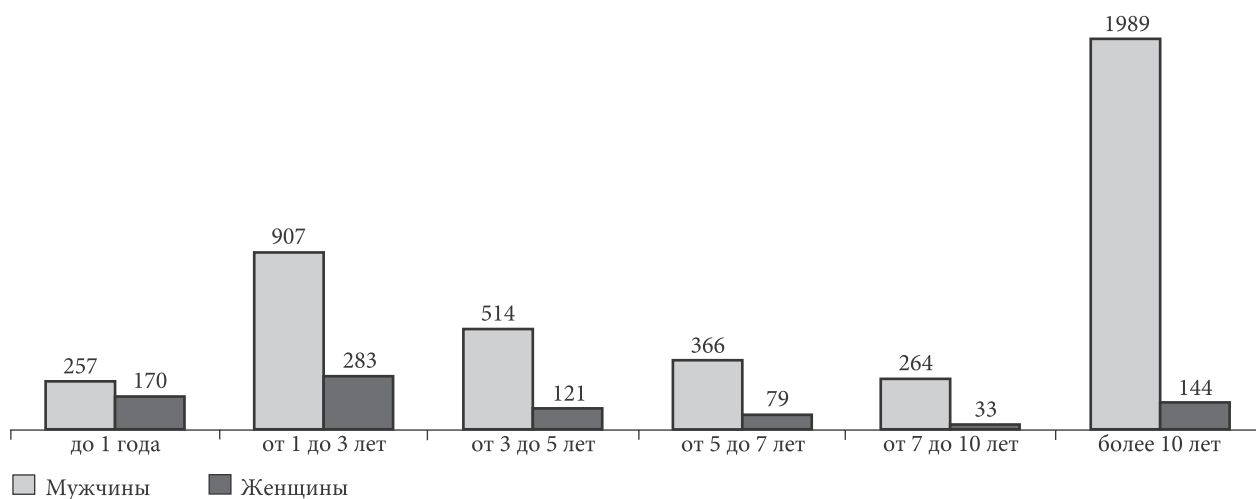


Рис. 4. ДТП по стажу управления автомобилем

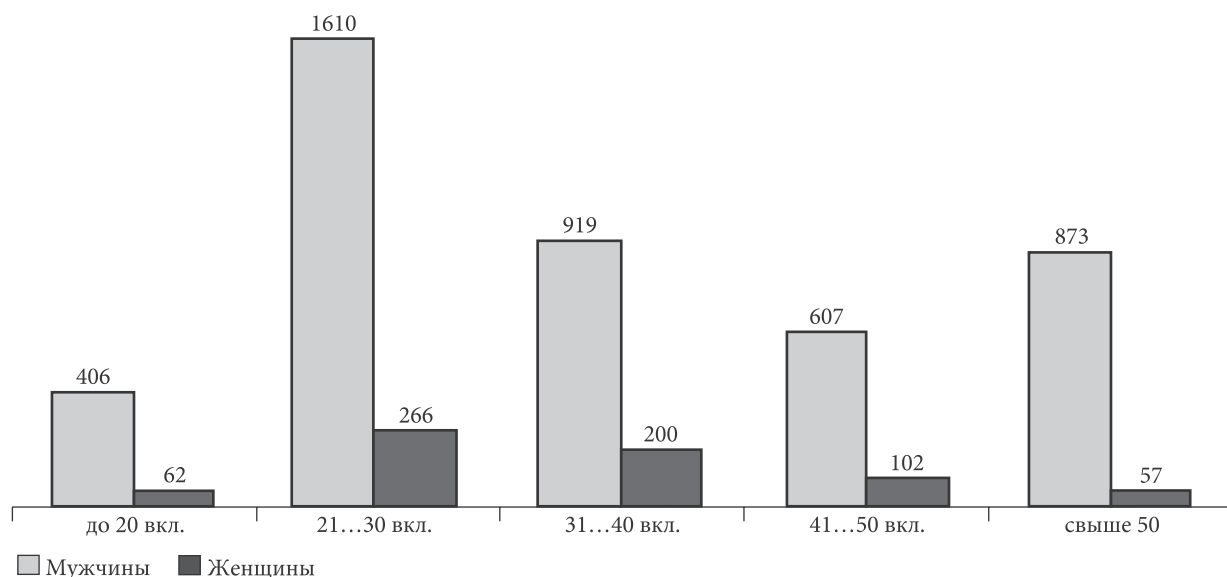


Рис. 5. ДТП по возрасту

Таблица 3.

Количество ДТП в зависимости от возраста

| Пол  | По возрасту |            |            |            |          |
|------|-------------|------------|------------|------------|----------|
|      | До 20 вкл.  | 21-30 вкл. | 31-40 вкл. | 41-50 вкл. | Свыше 50 |
| муж. | 406         | 1610       | 919        | 607        | 873      |
| жен. | 62          | 266        | 200        | 102        | 57       |

По продолжительности управления автомобилем – большая часть ДТП приходится на водителей, управлявших автомобилем менее 3 часов подряд.

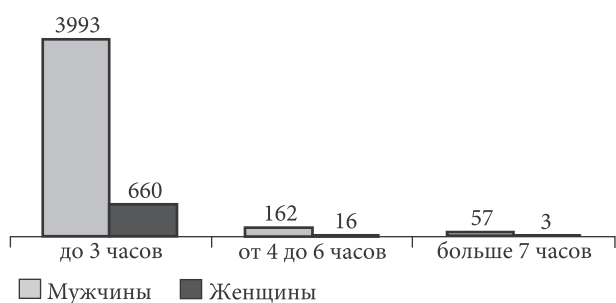


Рис. 6. ДТП по времени нахождения за рулем

Таблица 4.

Количество ДТП в зависимости от продолжительности управления ТС

| Пол  | Продолжительность непрерывного управления ТС |                 |                |
|------|----------------------------------------------|-----------------|----------------|
|      | До 3 часов                                   | От 4 до 6 часов | Больше 7 часов |
| муж. | 3993                                         | 162             | 57             |
| жен. | 660                                          | 16              | 3              |

При распределении виновников ДТП по социальному статусу – преобладают рабочие и безработные, что во многом субъективно ввиду недостоверности этих данных, отражаемых при оформлении ДТП, так как в большинстве случаев именно эта информация записывается со слов участников происшествий.

Таблица 5.

Количество ДТП в зависимости от социального статуса водителя

| Пол  | Социальный статус виновников ДТП |          |                |            |             |          |                 |                |      |
|------|----------------------------------|----------|----------------|------------|-------------|----------|-----------------|----------------|------|
|      | Рабочие                          | Служащие | Военнослужащие | Пенсионеры | Безработные | Учащиеся | Предприниматели | Сотрудники МВД | Иной |
| муж. | 1914                             | 258      | 12             | 201        | 1624        | 167      | 89              | 14             | 79   |
| жен. | 282                              | 114      | 0              | 14         | 245         | 46       | 21              | 1              | 21   |

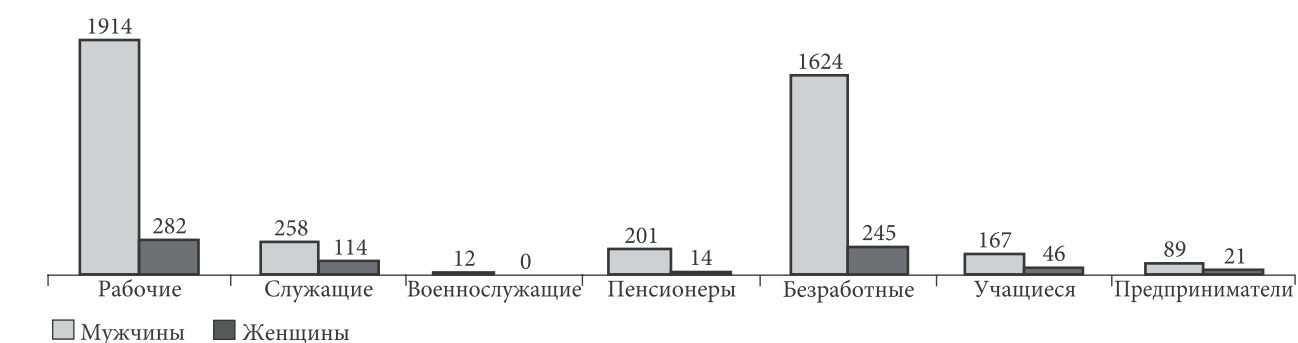


Рис. 7. ДТП по социальному статусу

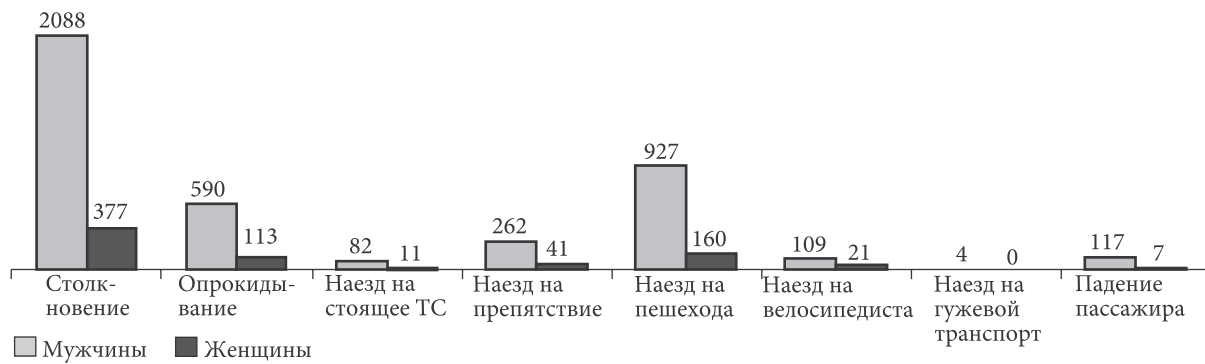


Рис. 8. ДТП по видам

Таблица 6.

Распределение количества ДТП по их видам

| Пол  | Виды ДТП     |               |                     |                      |                   |                        |                            |                   | Иной вид ДТП |
|------|--------------|---------------|---------------------|----------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|--------------|
|      | Столкновение | Опрокидывание | Наезд на стоящее ТС | Наезд на препятствие | Наезд на пешехода | Наезд на велосипедиста | Наезд на гужевой транспорт | Падение пассажира |              |
| муж. | 2088         | 590           | 82                  | 262                  | 927               | 109                    | 4                          | 117               | 49           |
| жен. | 377          | 113           | 11                  | 41                   | 160               | 21                     | 0                          | 7                 | 9            |

По видам ДТП – преобладают столкновения и наезды на пешеходов, при этом различия соотношений по половым признакам виновников ДТП отсутствуют.

На рис. 9, 10 представлены сведения о количестве лиц, имеющих водительское удостоверение, с уче-

том даты выдачи по состоянию на 1 января 2015 года.

Как видно из рис. 9, 10, имеются значительные отличия в распределении лиц, имеющих водительские удостоверения, по возрасту и стажу управления ТС в зависимости от их половой принадлежности.

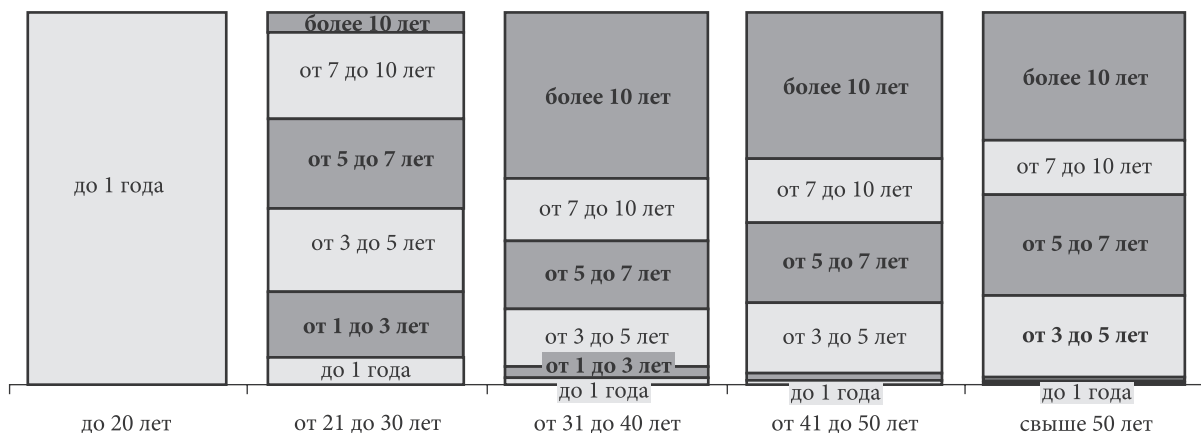


Рис. 9. Распределение водителей по возрасту и стажу (мужчины)

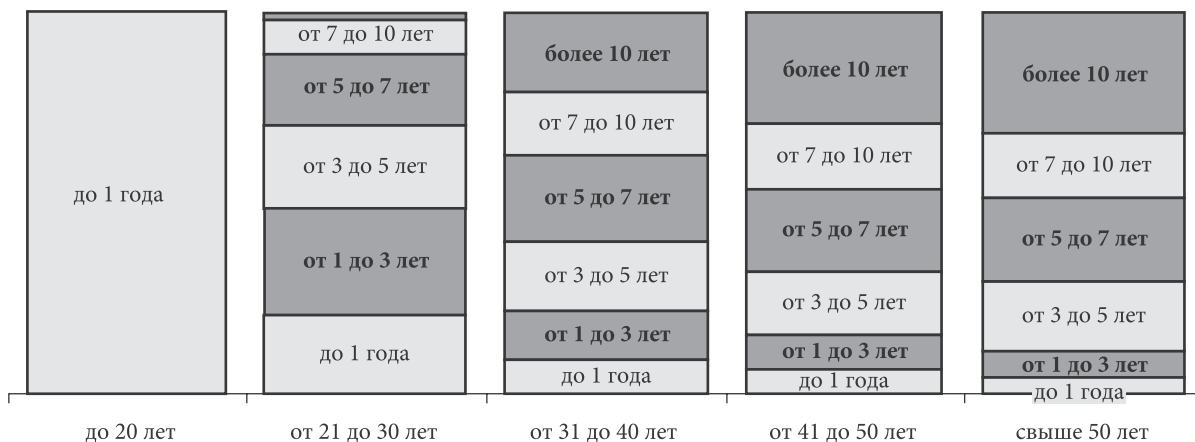


Рис. 10. Распределение водителей по возрасту и стажу (женщины)

Таблица 7.

Распределение водителей по возрасту и статусу  
(мужчины)

| Стаж управления<br>Возраст | До 1 года | От 1 до 3 лет | От 3 до 5 лет | От 5 до 7 лет | От 7 до 10 лет | более 10 лет |
|----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| до 20 лет                  | 19254     | 61            |               |               |                |              |
| от 21 до 30 лет            | 16146     | 38817         | 48499         | 54059         | 50475          | 9747         |
| от 31 до 40 лет            | 4476      | 6740          | 33051         | 39760         | 35363          | 95067        |
| от 41 до 50 лет            | 1863      | 2738          | 35579         | 37849         | 29219          | 69059        |
| свыше 50 лет               | 1528      | 2074          | 80874         | 100232        | 48110          | 122782       |

Таблица 8.

Распределение водителей по возрасту и статусу  
(женщины)

| Стаж управления<br>Возраст | До 1 года | От 1 до 3 лет | От 3 до 5 лет | От 5 до 7 лет | От 7 до 10 лет | Более 10 лет |
|----------------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| до 20 лет                  | 8981      | 6             |               |               |                |              |
| от 21 до 30 лет            | 29044     | 36389         | 31651         | 26891         | 12122          | 1146         |
| от 31 до 40 лет            | 14190     | 18348         | 25370         | 32214         | 23947          | 30579        |
| от 41 до 50 лет            | 5513      | 6694          | 12374         | 16130         | 13130          | 21815        |
| свыше 50 лет               | 3134      | 3768          | 10410         | 12571         | 9668           | 18620        |

В рис. 9 отражено долевое распределение количества виновников ДТП в зависимости от уровня правосознательности, выраженного в количестве совершенных нарушений ПДД за год, предшествующий дате ДТП.

Таблица 9.

## Долевое распределение количества виновников ДТП

| Количество совершенных нарушений ПДД | Количество виновников ДТП | Доля от общего числа |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| не совершали нарушений               | 1955                      | 36,2%                |
| 1 нарушение                          | 627                       | 11,6%                |
| 2 нарушения и более                  | 2817                      | 52,2%                |

Так, в 2014 году 52,2% виновников ДТП совершали два и более нарушений ПДД, 36,2% вообще не совершали ДТП и 11,0% виновников совершили одно нарушение ПДД за предшествующий ДТП год.

Имеющиеся сведения позволяют определить вероятность совершения ДТП статистическим способом по формуле  $W(A) = m/n$ , где  $m$  – число появлений события  $A$ ;  $n$  – общее число испытаний.

Для определения условной вероятности участия в ДТП для отдельного человека проводим расчет вероятностей совершения ДТП по основным факторам, в той или иной мере имеющим влияние на вероятность совершения ДТП.

Ввиду значительного преобладания количества происшествий по вине мужчин, что обусловлено в первую очередь большим количеством водителей-мужчин, расчет вероятности по отдельным факторам осуществляется отдельно по каждому полу.

Вероятность совершения ДТП в зависимости от стажа управления транспортными средствами рассчитываем отдельно для мужчин и для женщин на основании статистических данных, отраженных в табл. 2, по формуле:  $W_s = N_s / N$ , где  $N_s$  – количество ДТП по вине водителей с определенным стажем;  $N$  – общее количество ДТП определенной категории виновников ДТП по половой принадлежности.

| Стаж           | Мужчины  | Женщины  |
|----------------|----------|----------|
| до 1 года      | 0,059809 | 0,204819 |
| от 1 до 3 лет  | 0,211077 | 0,340964 |
| от 3 до 5 лет  | 0,119618 | 0,145783 |
| от 5 до 7 лет  | 0,085176 | 0,095181 |
| от 7 до 10 лет | 0,061438 | 0,039759 |
| более 10 лет   | 0,462881 | 0,173494 |

Аналогично рассчитываем вероятность совершения ДТП в зависимости от возраста на основании данных табл. 3 по формуле:  $W_v = N_v / N$ , где  $N_v$  – количество ДТП по вине водителей определенного возраста;  $N$  – общее количество ДТП определенной категории виновников ДТП по половой принадлежности.

| Возраст         | Мужчины  | Женщины  |
|-----------------|----------|----------|
| до 20 лет       | 0,091959 | 0,090247 |
| от 21 до 30 лет | 0,364666 | 0,387191 |
| от 31 до 40 лет | 0,208154 | 0,291121 |
| от 41 до 50 лет | 0,137486 | 0,148472 |
| свыше 50 лет    | 0,197735 | 0,082969 |

Вероятность совершения ДТП в зависимости от социального статуса рассчитываем на основании данных табл. 5 по формуле:  $W_c = N_c / N$ , где  $N_c$  – количество ДТП по вине водителей определенной социальной группы;  $N$  – общее количество ДТП определенной категории виновников ДТП по половой принадлежности.

| Статус          | Мужчины  | Женщины  |
|-----------------|----------|----------|
| Рабочий         | 0,448769 | 0,390582 |
| Служащий        | 0,060492 | 0,157895 |
| Военнослужащий  | 0,002814 | 0        |
| Пенсионер       | 0,047128 | 0,019391 |
| Безработный     | 0,380774 | 0,339335 |
| Учащийся        | 0,039156 | 0,063712 |
| Предприниматель | 0,020868 | 0,029086 |

Ввиду отсутствия необходимости в математической точности при определении вероятности совершения ДТП, обусловленного больше пропагандистским, чем статистическим характером планируемого проекта, этот расчет предлагается провести по условному среднему показателю вероятности, который представляет собой среднестатистический показатель вероятности по рассчитываемым факторам, влияющим на совершение ДТП.

В целях формирования устойчивого отношения к законопослушному поведению как основе личной безопасности на дорогах предлагается проводить учет уровня правосознательности субъекта при формировании прогноза отдельно посредством введения повышающего коэффициента, напрямую зависящего от количества совершенных нарушений ПДД субъектом и рассчитанного на основании статистических данных, отраженных в табл. 9. Повышающий коэффициент предусматривает увеличение рассчитанной средней вероятности участия субъекта в ДТП в зависимости от количества совершенных им за прошедший год нарушений ПДД и имеет следующие значения:

| Количество нарушений ПДД, совершенных субъектом за прошедший год | Вероятность совершения ДТП | Условный повышающий коэффициент |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| более 2 нарушений ПДД                                            | 0,522                      | 1,522                           |
| 1 нарушение ПДД                                                  | 0,116                      | 1,116                           |
| не совершено нарушений ПДД                                       | 0,362                      | 1,362                           |

Алгоритм формирования прогноза средней вероятности участия субъекта в ДТП с учетом частоты совершения им нарушений ПДД представляется блок-схемой на рис. 11:

Для наглядности, рассчитаем среднюю вероятность совершения ДТП водителем мужского пола возрастом 20 лет, со стажем управления автомобилями 2,5 года, по социальному статусу относящегося к рабочим и совершившего за предшествующий год три нарушения ПДД. Расчет выглядит следующим образом:

1. Ввод данных субъектом:

- пол,  $P$  – мужской;
- возраст,  $V$  – 20;

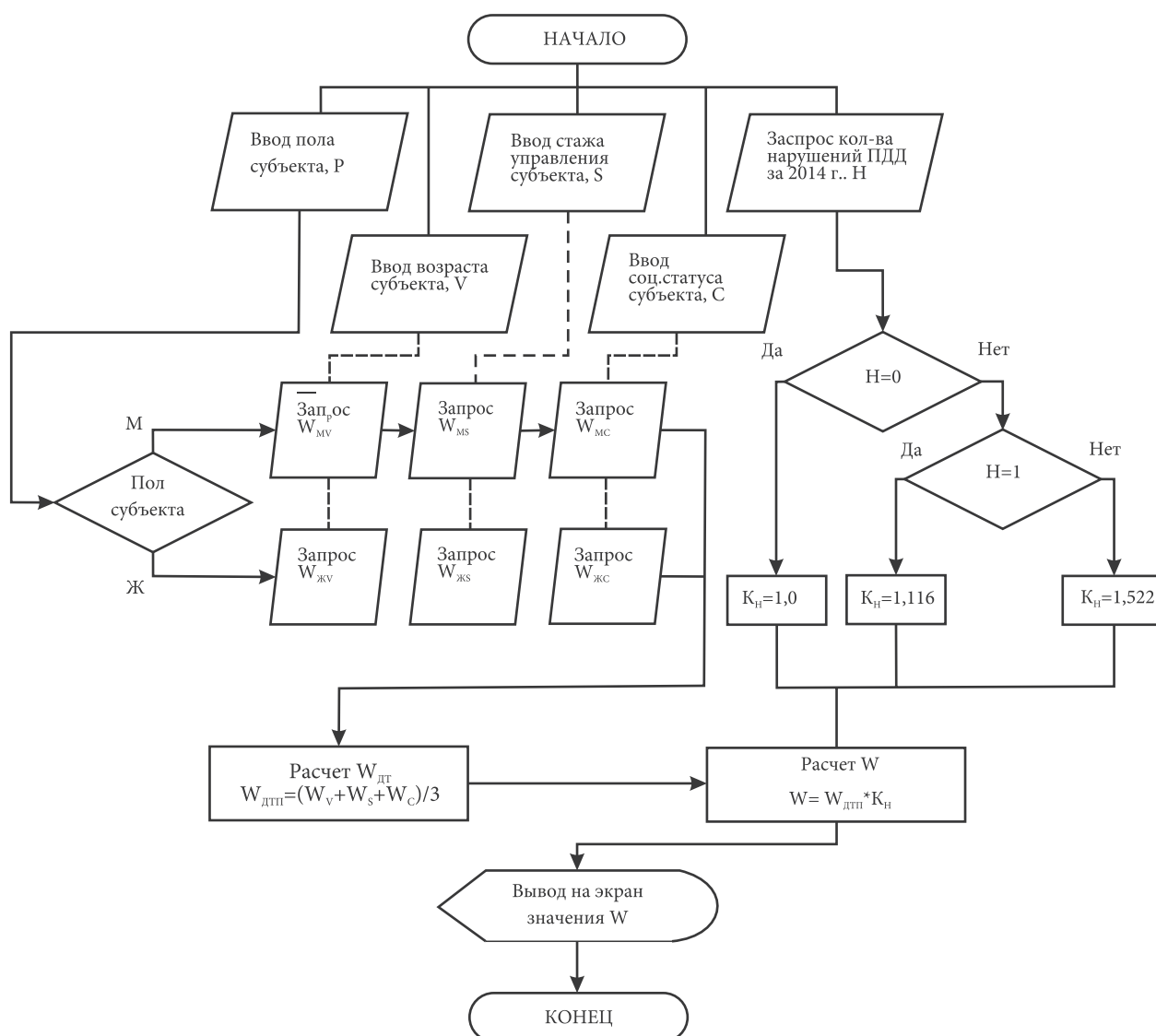


Рис. 11. Алгоритм формирования прогноза средней вероятности участия субъекта в ДТП с учетом частоты совершения им правонарушений ПДД



- стаж управления ТС,  $S = 2,5$ ;
- социальный статус,  $C$  – рабочий.

2. Программный запрос к базе данных ФИС ГИБДД:

- количество совершенных нарушений ПДД за прошедший год.

3. Программный запрос к рассчитанной вероятности ДТП по видам:

- по возрасту для мужчины 19 лет  $W_{MV} = 0,091959$ ;
- по стажу управления ТС для водителя мужского пола со стажем 2,5 года  $W_{MS} = 0,211077$ ;
- по социальному статусу для рабочего мужского пола  $W_{MC} = 0,448769$ .

4. Расчет средней вероятности участия в ДТП для мужчины 19 лет, рабочего со стажем управления ТС 2,5 года:

$$W_{\text{ДТП}} = (0,091959 + 0,211077 + 0,448769)/3 = 0,25.$$

5. Расчет повышающего коэффициента, отражающего уровень правосознания субъекта:

- для водителя, совершившего 3 нарушения ПДД за прошедший год,  $K_H = 1,522$ .

6. Результирующий расчет прогнозируемой вероятности участия субъекта в ДТП:

$$W = 0,25 \cdot 1,522 = 0,38.$$

Данный шаблон предполагается использовать как основу при последующем прогнозировании рисков участия в дорожно-транспортных происшествиях. Риск участия в ДТП планируется представить в виде процентного показателя, отражающего среднюю вероятность совершения ДТП, с учетом следующих факторов:

| № п/п | Наименование фактора              | Источник информации |
|-------|-----------------------------------|---------------------|
| 1     | Возраст                           | Анкета              |
| 2     | Пол                               | Анкета              |
| 3     | Водительский стаж                 | Анкета              |
| 4     | Среднее время поездок             | Анкета              |
| 5     | Социальная характеристика         | Анкета              |
| 6     | Допущенные нарушения ПДД по видам | РИС ГИБДД МВД РФ    |

При составлении прогноза помимо условного риска участия в ДТП можно отразить также оптимальную продолжительность нахождения за рулем и условно спрогнозировать вероятность вида возможного ДТП.

Вероятность совершения ДТП в зависимости от продолжительности нахождения за рулем:

| Продолжительность | Мужчины  | Женщины  |
|-------------------|----------|----------|
| до 3 часов        | 0,948006 | 0,972018 |
| с 4 до 6 часов    | 0,038462 | 0,023564 |
| более 7 часов     | 0,013533 | 0,004418 |

Вероятность совершения ДТП по видам:

| Вид ДТП                    | Мужчины  | Женщины  |
|----------------------------|----------|----------|
| Столкновение               | 0,499641 | 0,516438 |
| Опрокидывание              | 0,141182 | 0,154795 |
| Наезд на стоящее ТС        | 0,019622 | 0,015068 |
| Наезд на препятствие       | 0,062694 | 0,056164 |
| Наезд на пешехода          | 0,221823 | 0,219178 |
| Наезд на велосипедиста     | 0,026083 | 0,028767 |
| Наезд на гужевой транспорт | 0,000957 | 0        |
| Падение пассажира          | 0,027997 | 0,009589 |

Следует еще раз отметить, что рассчитываемый таким образом риск совершения ДТП – это исключительно субъективный показатель. Он помогает пользователю сформировать определенный прогноз и ориентирует его на необходимость соблюдения правил дорожного движения и повышения внимания при участии в дорожном движении.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: справочное издание в 3-х т. / С.А. Айвазян. – М.: Техническая библиотека, 1989. – 472+488+608 с.
2. Василенко, В.А. Психологические особенности водителя, как фактор безопасности дорожного движения / В.А. Василенко // Молодой ученый. – 2013. – № 02, – С. 309-312.
3. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
4. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 г. ФЗ № 195.
5. Лебедев, А.С. Моделирование в научно-технических исследованиях / А.С. Лебедев. – М.: Радио и связь, 1989. – 224с.
6. Николаева, Р.В. Исследование аварийности на автомобильных дорогах Республики Татарстан: автореферат / Р.В. Николаева. – М.: МАДИ, 2011.
7. Практическое руководство по безопасности дорожного движения: комплект методических материалов для национальных обществ Красного Креста и Красного Полумесяца / Международная Федерация Красного креста и Красного полумесяца. – Женева, 2008.
8. Прохорова, С.А. Воспитание культуры безопасного поведения в дорожно-транспортной среде: программа элективного курса / С.А. Прохорова. – Казань: ГБУ «НЦБЖД», 2014. – 168 с.
9. 81-е пленарное заседание, Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН #62/244 от 31.03.2008 (пункт 46) «Повышение безопасности дорожного движения во всем мире».
10. Постановление Правительства РФ от 06.11.14 г. №1167 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах».
11. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июня 1995 г. № 647 «Правила учета дорожно-транспортных происшествий» в ред. постановлений Правительства РФ от 01.12.1997 № 1513, от 31.07.1998 № 866, от 02.02.2000 N 100, от 01.02.2005 № 49.



12. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. № 1090 «О правилах дорожного движения», с изменениями и дополнениями от 30.06.2015 г.

13. Приказ МЧС РФ от 08.07.04 г. № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях».

14. Приказ МВД РФ от 18 июня 1996 г. № 328 «О мерах по реализации постановления Правительства Российской Федерации от 29 июня 1995 г. № 647».

15. Приказ Федеральной службы государственной статистики от 21 мая 2014 г. № 402 «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством внутренних дел Российской Федера-

ции федерального статистического наблюдения о дорожно-транспортных происшествиях».

16. Романовский, В.Л. Прикладная техносферная рискология: монография / В.Л. Романовский, Е.В. Муравьева. – Казань, 2007. – 267 с.

17. «О безопасности дорожного движения», Федеральный закон от 10.12.95 г. № 196-ФЗ.

18. «О дополнительных мерах по обеспечению безопасности дорожного движения» указ Президента Российской Федерации № 711 от 15 июня 1998 года (в редакции указа №1041 от 3 июля 2008 года).

19. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ.

# О различных моделях оценки качества объектов авиационной техники как способности обеспечения безопасности при нештатных ситуациях типа среднескоростного удара о твердую преграду

**В.В. Тишков**

*к.т.н., доцент МАИ; Москва*

**В.В. Фирсанов**

*д.т.н., профессор, заведующий кафедрой МАИ; Москва*

В работе приведены результаты построения расчетных моделей для оценки безопасности объектов авиационной техники (ОАТ) при нештатных ситуациях типа среднескоростного удара о твердую преграду.

Первый тип моделей строится на основе применения методов теории подобия и размерности и обобщения результатов натурных экспериментов. При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что эксперимент может потребовать значительных ресурсов, а некоторые режимы вообще нельзя реализовать по соображениям безопасности. Тем не менее, если удастся создать в эксперименте реальные условия нештатной ситуации, то результаты, полученные по таким моделям, являются наиболее достоверными.

Применение аппарата теории подобия и размерности при построении моделей оценки безопасности первого типа позволяет проводить эксперименты со среднегабаритными ОАТ в ограниченном диапазоне внешних воздействий и допустимых условиях эксперимента. Однако с помощью подобных аналитических зависимостей можно прогнозировать динамическое состояние более крупных ОАТ.

Одна из подобных задач приводится к анализу динамического контактного взаимодействия конструкции фюзеляжа летательного аппарата с твердой преградой.

Взаимосвязь параметров, определяющих внешние воздействия, реакцию объекта на них, а также свойства самого объекта можно выразить следующим функциональным уравнением:

$$\Phi(f_1, \dots, f_\xi, p_1, \dots, p_\varsigma, r_1, \dots, r_\zeta), \quad (1)$$

где  $f$  – фактор внешнего воздействия,  $\xi$  – общее количество рассматриваемых воздействий,  $p$  – параметр, характеризующий внутреннее свойство объекта,  $\varsigma$  – общее количество таких свойств,  $r$  – реакция объекта на внешнее воздействие,  $\zeta$  – общее количество учитываемых реакций.

Известно [1], что размерности механических величин выражаются в виде произведения размерностей основных величин (килограмм –  $M$ , метр –  $L$ , секунда –  $T$ ). Поэтому, если некоторая механическая величина имеет размерность  $[A]$ , то для нее справедливо записать:

$$[A] = M^\alpha L^\beta T^\gamma, \quad (2)$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$  – суть известные числа.

Это позволяет представить выражение (1) как функцию безразмерных симплексов и комплексов, количество которых меньше, чем элементов в (1), т.е.

$$\Pi(\pi_1, \dots, \pi_s) = 0, \quad (3)$$

где  $\pi_s (s = \overline{1, S})$  – безразмерная переменная,  $s$  – количество безразмерных переменных ( $s < \xi + \varsigma + \zeta$ ).