

УДК 159.9:623

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ  
ВОДИТЕЛЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В. А. Бурмистров (УГТУ)

Одно из направлений решения проблемы повышения безопасности лесных автомобильных дорог – это совершенствование методов и средств обучения водителей лесовозных автотранспортных средств.

Проведя анализ работы предприятий лесного комплекса, установлено, что показатели работы автопарка напрямую зависят от уровня надежности водителей автотранспортных средств, а также уровня их подготовки. К примеру, на предприятии ООО «ЛесГруппТранс», с повышением надежности звена «водитель» в системе «водитель-автомобиль-дорога» улучшаются такие показатели, как экономичность движения: расход топлива сокращается на 5-9 %, износ шин – до 20 %, расход запасных частей на ТО и Р – на 15-20 %.

Если рассматривать аварийность на транспорте, то роль водителя в общей совокупности составляет 90 %. При совершении ошибки водителя обвиняют в невнимательности, небрежности, в то время как основной причиной является дефект обучения. Надёжность водителя лесовозного автопоезда определяется его способностью безошибочно управлять транспортным средством. Ошибку водителя при управлении транспортным средством следует рассматривать как отказ основного звена, а, следовательно, всей системы «водитель-автомобиль-дорога» (ВАД). Таким образом, ошибка водителя может быть причиной ДТП или его предпосылкой.

Недостаточная квалификация водителей – одна из основных причин, вызывающих ДТП.

Для решения данной проблемы необходимо усовершенствовать процесс обучения водителей и методику оценки их профессионального мастерства. В результате проведенных мероприятий по повышению надежности показатель аварийности на 1000 водителей может снизиться на 43 % по сравнению с существующим уровнем.

Таким образом, для решения задачи по повышению уровня надежности звена «водитель» в системе «ВАД» необходимо разработать методику, позволяющую объективно оценить поведение водителя при управлении транспортным

средством. При этом устанавливается обратная связь в обосновании конкретных рекомендаций для водителя по повышению уровня его квалификации [1].

В настоящее время нет единых критериев, позволяющих однозначно оценить уровень надежности водителя, то есть качество его подготовки. Также нет и качественной аппаратуры для регистрации параметров оценки.

Основным критерием оценки уровня надежности водителя считался выбор режима движения в различных дорожных ситуациях. При этом при движении по испытательному маршруту в листе контроля фиксировались все ошибки и нарушения, допущенные водителем. Авторы считали, что уровень подготовки водителей можно объективно оценить количественной характеристикой превышения установленных порогов ускорений: для продольных  $j_{\text{прод}} = 0,2 g$  и поперечных  $j_{\text{поп}} = 0,3 g$  [130].

Следующей методикой, оценивающей надежность водителя, является методика определения кожно-гальванической реакции и ЭКГ водителя. В данном случае при проезде по испытательному маршруту производится оценка эмоциональной напряженности водителя и на основе данных показателей делается заключение об уровне мастерства.

Отдельно исследуются вопросы техники вождения водителей, соблюдение ими правил эксплуатации транспортных средств, а также правил дорожного движения. Но, к сожалению, несмотря на наличие большого количества работ такого плана, данная проблема является нерешенной.

Проведя анализ перечисленных методик и, обобщая требования, предъявляемые к водителям, необходимо оценивать уровень квалификации водителя лесовозного автопоезда комплексно, с учетом частных критериев, таких как безопасность, экономичность и производительность перевозок.

Для выделения критериев уровня надежности водителя, необходимо определить понятие «мастерство». Мастерство водителя определяется совокупностью знаний, навыков и умений выполнять управление транспортным средством. При этом качество работы водителя будем характеризовать тремя критериями - безопасность, экономичность, производительность. Уровень квалификации будем считать высоким у того водителя, у которого эти совокупные критерии будут высокими [2].

Безопасность управления транспортным средством можно оценивать показателем  $K_B$ ,

$$K_B = \frac{K_{пв} + K_{ра_x} + K_{ра_y}}{3}, \quad (1)$$

где  $K_{пв}$  – критерий оценки поведения водителя;  $K_{ра_x}, K_{ра_y}$  – критерии степени равномерности движения по продольной и поперечной осям лесотранспортной машины.

Критерий оценки поведения водителя

$$K_H = \frac{1}{K_{ош}}, \quad (2)$$

где  $K_{ош}$  – показатель количества ошибок, допущенных водителем.

Показатель количества ошибок  $K_{ош}$  складывается из частных показателей ошибочного выполнения отдельных операций транспортного процесса. Предлагаем выделить такие операции, при которых водители допускают наибольшее количество ошибок.

При обработке статистических данных выделены следующие операции: поперечные маневры, разгон и торможение, превышение разрешенной скорости.

Показатель  $K_{ош}$  будем определять

$$K_{ош} = \frac{K_{ош(р.т)} + K_{ош(п)} + K_{пс}}{3}, \quad (3)$$

где  $K_{ош(р.т)}, K_{ош(п)}$  и  $K_{пс}$  – количество ошибок при выполнении разгонов и торможений, поперечных маневров и превышений скорости.

С целью исключения необъективности исследований и жесткости условий при оценке водителей на мастерство вождения установлена предельная величина продольных ускорений  $2,0 \text{ м/с}^2$ .

Показатель оценки степени количества ошибок при выполнении разгонов и торможений водителем транспортного средства  $K_{ош(р.т)}$  :

$$K_{ош(р.т)} = \left( 1 + \frac{\Pi_{ош(р.т)}}{S} \right) \frac{\Pi_{ош(р.т)}}{T_{ош(р.т)}^2 \cdot j_{доп(р.т)}}, \quad (4)$$

где  $\Pi_{ош(р.т)}$  – количество ошибок при выполнении разгонов и торможений (с

ускорениями, превышающими  $2,0 \text{ м/с}^2$ );  $T_{\text{ош(р.т)}} = \sum_{i=1}^{M_{\text{ош(р.т)}}} T_{\text{ош(р.т)}i}$  – время движения транспортного средства с продольными ускорениями, превышающими  $2,0 \text{ м/с}^2$ ;  $M_{\text{ош(р.т)}}$  – количество неверно выполненных разгонов и торможений;  $S$  – протяжённость маршрута, м;  $j_{\text{доп(р.т)}} = 2,0 \text{ м/с}^2$  – допустимая величина линейных ускорений.

Количество ошибок при выполнении разгонов и торможений

$$P_{\text{ош(р.т)}} = \sum_{i=1}^{M_{\text{ош(р.т)}}} \int_0^{T_{\text{ош(р.т)}i}} j_{\text{ош(р.т)}i} dt \cdot \sum_{i=1}^{M_{\text{ош(р.т)}}} T_{\text{ош(р.т)}i}, \quad (5)$$

где  $j_{\text{ош(р.т)}i}$  – мгновенное значение продольного ускорения, превышающее  $2,0 \text{ м/с}^2$ ;  $T_{\text{ош(р.т)}i}$  – продолжительность  $i$ -го разгона (торможения) с ускорением,

превышающим  $2,0 \text{ м/с}^2$ ;  $\sum_{i=1}^{M_{\text{ош(р.т)}}} \int_0^{T_{\text{ош(р.т)}i}} j_{\text{ош(р.т)}i} dt$  – сумма интегралов от кривых  $j_{\text{ош(р.т)}i}$  по времени.

Критерий оценки степени ошибочного выполнения поворотов можно определить из следующего выражения:

$$K_{\text{ош(п)}} = \left( 1 + \frac{P_{\text{ош(п)}}}{S} \right) \frac{P_{\text{ош(п)}}}{T_{\text{ош(п)}}^2 \cdot j_{\text{доп(п)}}}, \quad (6)$$

где  $P_{\text{ош(п)}}$  – количество ошибок при выполнении поперечных маневров;

$T_{\text{ош(п)}} = \sum_{i=1}^{M_{\text{ош(п)}}} T_{\text{ош(п)}i}$  – время движения лесовозного автопоезда, когда поперечное ускорение превышает  $3,0 \text{ м/с}^2$ ;  $j_{\text{доп(п)}} = 3,0 \text{ м/с}^2$  – допустимая величина поперечных ускорений.

Количество ошибок при выполнении поперечных маневров

$$P_{\text{ош(п)}} = \sum_{i=1}^{M_{\text{ош(п)}}} \int_0^{T_{\text{ош(п)}i}} j_{\text{ош(п)}i} dt \cdot \sum_{i=1}^{M_{\text{ош(п)}}} T_{\text{ош(п)}i}, \quad (7)$$

где  $j_{\text{ош}(\text{п})i}$  –  $i$ -ое мгновенное значение поперечного ускорения, превышающее  $3,0 \text{ м/с}^2$ ;  $T_{\text{ош}(\text{п})i}$  – продолжительность  $i$ -го поперечного маневра с ускорением,

превышающим  $3,0 \text{ м/с}^2$ ;  $\sum_{i=1}^{M_{\text{ош}(\text{п})}} \int_0^{T_{\text{ош}(\text{п})}} j_{\text{ош}(\text{п})i} dt$  – сумма интегралов от кривых  $j_{\text{ош}(\text{п})i}$  по времени.

Критерий оценки степени невыполнения скоростных ограничений определяется:

$$K_{\text{пс}} = \left( 1 + \frac{\Pi_{\text{пс}}}{S} \right) \frac{\Pi_{\text{пс}}}{T_{\text{пс}} \cdot v_{\text{разр}}}, \quad (8)$$

где  $\Pi_{\text{пс}}$  – количество ошибок при превышении скорости движения;

$T_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^{M_{\text{пс}}} T_{\text{пс}i}$  – время движения лесовозного автопоезда с превышением разрешенной скорости;  $v_{\text{разр}}$  – верхнее ограничение скорости движения по маршруту.

Количество ошибок при превышении разрешенной скорости движения

$$\Pi_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^{M_{\text{пс}}} \int_0^{T_{\text{пс}}} v_{\text{ош}i} dt = S_{\text{пс}}, \quad (9)$$

где  $v_{\text{ош}i}$  –  $i$ -е значение скорости движения, превышающее установленное ограничение,  $\text{м/с}$ ;  $S_{\text{пс}}$  – протяженность маршрута лесовозного автопоезда при движении с превышением скорости,  $\text{м}$ .

Установив базовое значение средней скорости движения для испытательного маршрута (на основании обработки статистических данных), можно оценить производительность перевозок следующей формулой:

$$K_{\text{п}} = \frac{v_{\text{ср}}}{v_{\text{срб}}}, \quad (9)$$

где  $K_{\text{п}}$  – критерий производительности перевозок;  $v_{\text{ср}}$  – величина средней скорости движения на маршруте;  $v_{\text{срб}}$  – базовая величина средней скорости движения лесовозного автопоезда.

Величина средней скорости движения

$$v_{\text{cp}} = \frac{S}{T_{\text{дв}}}, \quad (10)$$

где  $S$  – протяжённость маршрута, пройденного лесовозным автопоездом, м;  
 $T_{\text{дв}}$  – время движения по маршруту, с.

Объектом исследования был выбран автопоезд МАЗ 5434А3-220 + ГКБ-9383, груженный сортаментами с соблюдением допустимых габаритных параметров.

Протяжённость маршрута предлагается определять по показаниям счетчика количества оборотов ведущего колеса

$$S = 2\pi R_{\text{к}} \cdot N_{\text{к}}, \quad (11)$$

где  $R_{\text{к}}$  – радиус качения колеса;  $N_{\text{к}}$  – количество оборотов, совершенных ведущим колесом лесовозного автопоезда при проезде по маршруту.

Всего выполнено 150 наблюдений параметра  $R_{\text{к}}$ . Дискретную отметку проверяли расчётом, исходя из расстояния, пройденного автопоездом МАЗ 5434А3-220.

При определении базовой величины средней скорости ориентировались на малое количество выборок. В рассматриваемом случае целесообразно задачу решать при малых выборках (число наблюдений  $n \leq 20-30$ ). В результате сократятся материальные затраты и время проводимой работы.

При движении лесовозного автопоезда по испытательному маршруту уровень квалификации водителя во многом определяет режим работы двигателя: изменения в его работе будут тем более плавными, чем выше квалификация водителя. Экономичность управления автопоездом будем оценивать по двум показателям: степени равномерности работы двигателя и степени правильности пользования коробкой передач. Степень равномерности работы двигателя – это степень отклонения мгновенной частоты вращения коленчатого вала от её среднего значения

$$K_{\text{рд}} = \frac{2M_{(\tau-\omega)} \cdot n_{\text{cp}}}{(L_{\text{п}} - L_{\text{л}}) \cdot m_{\text{п}}}, \quad (12)$$

где  $K_{рд}$  – показатель оценки степени равномерности работы двигателя;  $M_{(т-о)}$  – число циклов «трогание-остановка», совершенных при движении лесовозного автопоезда по испытательному маршруту;  $n_{ср}$  – среднее значение частоты вращения двигателя при движении по маршруту;  $L_{п}$  – длина линии записи мгновенных значений частоты вращения двигателя на экране самописца, мм;  $L_{л}$  – длина отрезка линии на экране самописца, на котором произведена запись, мм;  $m_{п}$  – масштаб записи значений частоты вращения двигателя об/мин · мм.

Из формулы (12) видно, что в идеальном случае, когда  $(L_{п} - L_{л}) \cdot m_{п} = 2M_{(т-о)} \cdot n_{ср}$ , показатель  $K_{рд} = 1$ . Это значит, что двигатель работал с постоянной частотой вращения.

Так как на практике достигнуть идеального случая трудно, предлагается показатель равномерности движения определять формулой:

$$K_{рд} = \frac{L_{пб}}{L_{п}}, \quad (13)$$

где  $L_{пб}$  – базовое значение длины линии записи на экране самописца мгновенной частоты вращения двигателя.

Величина расхода топлива является одним из наиболее важных показателей эффективности транспортной работы. Водитель, у которого знания и навыки по экономичному управлению транспортным средством недостаточны или вовсе отсутствуют, не сможет достичь оптимальных показателей расхода топлива [3].

Для характеристики мастерства водителя в целом применяется интегральный критерий оценки надежности водителя  $K$ , определяемый на основании частных критериев мастерства

$$K = K_{б} \cdot K_{п} \cdot K_{д} \cdot K_{ом} \cdot K_{эс}. \quad (14)$$

В [1] авторы предлагают использовать интегральный показатель без учета предложенного нами критерия, характеризующего знание водителем основ механики. Водитель не может обладать профессиональным мастерством без знаний элементарных основ механики автомобиля. Таким образом, для расчёта показателя уровня квалификации (надежности) водителя на основании частных критериев, в том числе оценки поведения в экстремальных ситуациях и знания

основ механики применяется формула мультипликативного типа. В этом случае каждый из частных критериев оказывает влияние на величину интегрального критерия  $K$ . Например, при высоком уровне частных критериев  $K_{\Pi}$  и  $K_{д}$ , интегральный критерий уровня надежности  $K$  может оказаться низким за счёт невысокого уровня показателей  $K_{Б}$ , или  $K_{ом}$ . Величина интегрального критерия  $K$  будет невысокой во всех случаях, когда будет низким уровень хотя бы одного из частных критериев и, наоборот, если мастерство водителя соответствует высоким требованиям, то и уровни частных критериев будут достаточно высокими, и, соответственно, высоким будет значение интегрального критерия  $K$ .

С целью проверки адекватности разработанной методики оценки уровня квалификации водителя были выполнены экспериментальные исследования.

Проведение эксплуатационных испытаний осуществлялось в следующей последовательности:

1 Проверка исправности, технического состояния индикаторов и контрольно-измерительных приборов лесовозного автопоезда МАЗ 5434А3-220 + ГКБ-4383.

2 Определение маршрута испытания протяженностью один час езды при скорости 40-80 км/ч.

3 Синхронизация сбора данных, калибровка каналов измерительно-регистрирующей аппаратуры.

4 Определение нормативных значений скорости движения  $v_{срб}$ , расхода топлива на маршруте  $Q_{б}$ , средневзвешенного значения передаточного числа коробки передач  $i'_{кб}$ .

5 Выполнение 39 заездов 20 испытуемых водителей по заданному маршруту на лесовозном автопоезде МАЗ 5434А3-220 + ГКБ-4383, оборудованном комплексом бортовой аппаратуры с измерением продолжительности движения лесовозного автопоезда  $T_{дн}$ , количества оборотов коленчатого вала  $N_{д}$ .

6 Обработка результатов и заключение об уровне надежности водителя лесовозного автопоезда.

Базовые значения оценочных параметров определяются формулой:

$$\Pi_{мб} = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_{mi}}{n}, \quad (15)$$



где  $P_{mi}$  – показатель  $m$ -го параметра для  $i$ -го заезда;  $n$  – количество заездов.

При этом суммарный расход топлива для  $i$ -го заезда  $Q_i$  определяется по шкале бака; количество оборотов, совершенных двигателем во время движения,  $N_{di}$  – по показанию счётчика оборотов двигателя; количество оборотов колес ЛАТ  $N_{ki}$  – по показанию соответствующего счётчика; время движения  $T_{дп}$  – по показаниям таймера бортовой аппаратуры.

#### Библиографический список

1 Курчаткин, В. В. Надежность и ремонт машин [Текст] / В. В. Курчаткин. – М. : Колос, 2000. – 775 с.

2 Бурмистров, В. А. Техническая эксплуатация машин лесопромышленного комплекса [Текст] : монография / А. В. Бурмистров – Воронеж : Издательство ВГУ, 2011. – 160 с.

3 Посметьев, В. И. Методика оценки эффективности автомобильного парка по показателям надежности его функционирования [Текст] / В. И. Посметьев, А. М. Кадырметов, А. В. Макаренко // Мир транспорта и технологических машин, – ОрелГТУ, 2012.– № 2 – С. 3-10.