

**АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ**

УДК 656.13

*В. С. МИЛЕНЬКИЙ, кандидат технических наук, Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта "Транстехника", г. Минск; П. Е. КРУГЛЫЙ, кандидат технических наук, Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск; С. П. КРУГЛЫЙ, ГУ «Транспортная инспекция Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь», г. Минск*

### **АНАЛИЗ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ВОДИТЕЛЬ – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА – ВНЕШНЯЯ СРЕДА»**

Выполнен анализ составных частей эргономической системы «водитель – автомобиль – дорога – внешняя среда». Основным звеном системы является водитель. Приводится диапазон скорости, в котором достигается оптимальный уровень психофизиологического напряжения водителя. Установлено, что значительное влияние на эффективность применения транспортных средств оказывают конструкция кузова, грузоподъемность, проходимость и срок эксплуатации. Приведены методы оценки ровности дорожного полотна.

**В**ведение. Перевозка грузов или пассажиров транспортными средствами происходит в рамках системы «водитель – автомобиль – дорога – внешняя среда» с взаимовязанными составными частями. При этом человек, управляющий машиной или задействованный на обслуживании объектов системы, является ее важным звеном, независимо от степени автоматизации процессов. Человек планирует и реализует цели функционирования системы, направляет и контролирует все процессы, происходящие в ней. Его взаимодействие с системой можно проанализировать в рамках самостоятельной технико-психологической области науки и техники – эргономики<sup>1)</sup>.

Любой системный объект в наиболее общем виде создается ради определенной цели и в процессе достижения этой цели функционирует или изменяется. В процессе перевозки грузов или пассажиров происходят процессы движения, управления, технического обслуживания, ремонта и другие. В составе системы имеется объект с источником энергии и соответствующей инфраструктурой для его функционирования, а также водитель, который пользуется информацией о дорожной обстановке, дорожной разметке, дорожных знаках у другой информацией. Все составные части системы обеспечивают выполнение определенных функций.

Каждая из составных частей системы может рассматриваться как система более низкого уровня, так как она входит в систему более высокого уровня: транспортные системы региона, страны или мира.

Нарушения в функционировании любой составной части системы приводят к снижению ее эффективности (уменьшению скорости движения, немотивированным остановкам, увеличению расхода топлива и т. п.).

**Основная часть.** Перевозка грузов или пассажиров автомобильным транспортом представляет собой сложный технологический процесс, эффективность которого зависит от многих факторов, в том числе от структуры автомобильного парка. Например, нерациональная грузоподъемность парка транспортных средств снижает эффективность его эксплуатации и качество обслуживания потребителей транспортных услуг [1–5].

Применение автомобильных транспортных средств в различных отраслях экономики страны, имеет свои особенности, что приводит к предъявлению дополнительных требований к машинам или их обслуживанию. Например, сезонность изменения объемов работ и сжатые сроки проведения уборки урожая различных культур требуют применения автотранспортных средств с повышенной надежностью, независимо от эксплуатации их в неблагоприятных дорожных условиях. В настоящее время в хозяйствах Беларуси эксплуатируются автомобильные транспортные средства с невысокой средней грузоподъемностью и имеют сравнительно большой срок эксплуатации, что не позволяет обеспечить требуемый уровень качества обслуживания потребителей этого вида услуг [3–8]. Необходимо в этом направлении проводить научные исследования по определению типажа и структуры автомобильного парка хозяйств на основе анализа перевозимых объемов и номенклатуры грузов, особенно в напряженные периоды года, а также функционирования эргономической системы «водитель – автомобиль – дорога – внешняя среда».

Одной из основных составных частей эргономической системы является водитель. С годами объекты системы усложняются, и от квалификации персонала во многом зависит качество функционирования системы. Поэтому в научных кругах большое внимание уделяется исследованиям психофизиологических качеств водителей. Для проведения исследований созданы специальные приборы и программные продукты, которые используются для проверки кандидатов в водители или водителей, которые имеют определенный опыт управления транспортным средством.

<sup>1)</sup>Эргономика – наука, изучающая особенности деятельности человека (или группы людей) в условиях производства и жизнедеятельности с целью оптимизации орудий труда, условий и процесса труда.

В процессе проведения исследований установлено, что определение усталости водителя транспортного средства только на основе суммирования количества включений передач или нажатия педалей не отражает в полной мере усталость конкретного участника эксперимента. В связи с этим необходимо учитывать его нервное напряжение, которое можно косвенно оценить на основе измерения частоты пульса человека и его кожно-гальванической реакции, мВ. Оптимальный уровень психофизиологического напряжения водителей достигается при скорости 55–85 км/ч (в этом диапазоне находится и зона наименьшей аварийности на двух полосных асфальтированных дорогах). Однако в литературе отсутствуют данные об оптимальном нервном напряжении водителей при движении автомобилей по дорогам различных категорий или по пересеченной местности. В этом направлении целесообразно продолжить исследования, чтобы иметь определенные показатели, позволяющие оценить усталость водителя. На основании этих данных можно разработать рекомендации для ознакомления водителей транспортных средств, при проведении с ними профилактической работы. Это позволит снизить количество дорожно-транспортных происшествий по причине невнимательности водителей, которая нарастает по мере усталости человека.

Второй составной частью эргономической системы является автомобиль. Конструктивные особенности автомобильных транспортных средств характеризуют их эксплуатационные качества и экономические показатели. Значительное влияние на эффективность применения транспорта при перевозке грузов оказывают конструкция кузова, грузоподъемность, проходимость и срок эксплуатации автомобиля. В сельской местности преимущественно перевозятся навалочные грузы, поэтому более целесообразно применять специализированные транспортные средства с самосвальным кузовом. Хотя в процессе проведения сельскохозяйственных работ необходимо разбрасывать жидкий навоз и минеральные удобрения, вносить аммиак и т. д., что требует применения других специализированных транспортных средств. В странах Европы для выполнения этих видов работ применяются съемные кузова. Целесообразно в Беларуси для повышения эффективности применения транспортных средств расширить практику применения съемных кузовов, а также надставных бортов при перевозке легковесных грузов.

Важной характеристикой транспортного средства является его номинальная скорость. При этом в условиях эксплуатации автомобиля по пересеченной местности конструкция подвески не позволяет получать номинальные значения этого параметра.

Компьютерным моделированием установлено, что скорость автомобилей на неровных дорогах можно повысить, увеличив ход подвески до 500–600 мм вместо существующих 200–300 мм. Эти особенности должны быть учтены при конструировании современного транспортного средства.

В ряде стран мира для осуществления работ в сельской местности сконструированы транспортные средства, в которых объединены лучшие качества тракторов

и автомобилей: обеспечена необходимая проходимость, сцепные качества, скорость, широкий диапазон передач.

На эффективность применения автомобильных транспортных средств отрицательное воздействие оказывает срок их эксплуатации. Общеизвестно, что для поддержания автомобильного парка в работоспособном состоянии важное значение имеет качество и своевременность технического обслуживания, особенно для машин с длительным сроком эксплуатации [6–8]. Поэтому необходимо строго соблюдать сроки и объемы проведения регламентных работ. При этом учитывать специфику применения транспортного средства на определенных видах перевозок и сроки выполнения заказов. Это позволит достичь высоких показателей качества обслуживания потребителей транспортных услуг.

Современный научно-технический прогресс позволяет системно подойти к решению проблем в области транспорта [1–6]. Одним из актуальных направлений является статистический анализ показателей эксплуатации автомобильного парка. Выбор исходных данных и их анализ позволяют оценить эффективность применения автотранспортных средств и разработать многофакторные линейные и нелинейные математические модели. Однако в начальной стадии проведения расчетов возникает проблема вынужденного ограничения количества показателей. Включение в модель большого количества факторов значительно усложняет проведение расчетов, что затрудняет ее практическое применение. Поэтому рекомендуется малозначимые показатели (с логической точки зрения) не учитывать в расчетах. Это обстоятельство, наряду с недостаточно информативной системой учета, приводит к необходимости изыскания различных вариантов решения задачи.

В этой связи становится актуальным применение факторного анализа [3, 10], который позволяет выделять наиболее существенные связи в корреляционных матрицах различной размерности и объединять показатели в группу с учетом причинной обусловленности. Этот метод не требует предварительного подразделения анализируемых показателей, поэтому его применение особенно эффективно в начальной стадии статистического анализа.

Показатели интерпретированы следующим образом:  $F_1$  – оснащенность и управляемость предприятия;  $F_2$  – условия труда в предприятии;  $F_3$  – обеспеченность предприятия транспортными средствами;  $F_4$  – эффективность проведения погрузо-разгрузочных работ;  $F_5$  – территориальная характеристика предприятия. Каждый показатель представляет обобщенную характеристику объекта анализа и отражает взаимосвязь скоррелированных показателей.

На основе применения факторного анализа построены множественные регрессионные модели, в которых выбор показателей обоснован их связью с основными группами. Для оценки показателей введена безразмерная характеристика –  $F$ :

$$F_{kp} = \sum_{j=1}^p a_{jk} \frac{x_{jp} - x_j}{\sigma_j}, \quad (1)$$

где  $F_{kp}$  – безразмерная характеристика показателя  $\bar{F}_k$  для предприятия  $p$ ;  $a_{jk}$  – влияние показателя  $F_k$  на показатель  $x_j$ ;  $x_{jp}$  – значение показателя  $x_j$  в предприятии  $p$ ;  $x_j$  – среднее значение показателя;  $n$  – общее количество показателей.

Расчет безразмерной характеристики –  $F$  позволил определить принципы дифференцированного подхода к оценке эффективности эксплуатации транспортных средств. Однако представляет интерес проведение факторного анализа эксплуатации автомобильных транспортных средств с включением в комплексный анализ показателей условий эксплуатации.

Для проведения факторного анализа эксплуатации автомобильных транспортных средств выделены пять групп показателей:

- размер и конфигурация предприятия;
- оснащенность основными фондами и персоналом;
- общехозяйственная деятельность предприятия;
- условия осуществления перевозок грузов;
- уровень эксплуатации автомобильных транспортных средств и качество их технического обслуживания.

Эти группы показателей приняты за основу при проведении оценки. С учетом продолжительности рассматриваемого периода их можно разделить на следующие подгруппы:

- а) показатели, связанные с напряженным периодом эксплуатации автомобильных транспортных средств;
- б) показатели, характеризующие деятельность предприятия.

Методикой факторного анализа предусмотрено последовательное выделение 2–6 и более показателей. Каждая модель с определенным количеством показателей описывает часть суммарной дисперсии признаков. С ростом количества выделенных показателей суммарная дисперсия, приходящаяся на них, возрастает, но при этом каждый последующий показатель оказывается менее значимым, чем предыдущий. Кроме того, большое количество показателей может затруднить интерпретацию исследуемого процесса. Поэтому после предварительного ознакомления с результатами расчета целесообразно остановиться на оценке 6 показателей, которые позволяют оценить 79,8 % суммарной дисперсии признаков. Следует отметить, что седьмой фактор, как правило, описывает только 4,1 %.

Каждый показатель связан положительной либо отрицательной корреляционной связью, поэтому результаты могут быть как положительными, так и отрицательными. Для достаточно достоверной интерпретации показателей необходимо определить уровень их значимости. Для этого уровень доверительной вероятности целесообразно принять в размере 0,9. В этом случае критическое значение коэффициента корреляции составляет 0,44.

На основании анализа безразмерных характеристик показателей для дальнейшего рассмотрения процесса эксплуатации автомобильных транспортных средств выделены следующие факторы:

–  $\Phi_1$  – оснащенность и управляемость предприятия. Характеризует оснащенность и управляемость предприятия в зависимости от изменения размера организации, наличия и квалификации трудовых ресурсов (21,5 % суммарной дисперсии показателей);

–  $\Phi_2$  – эффективность организации транспортных процессов. Характеризует производительность проведения транспортных работ в зависимости от дорожных и условий эксплуатации автомобилей (14,3 %);

–  $\Phi_3$  – условия труда персонала предприятия (12,2 %);

–  $\Phi_4$  – качество организации технической эксплуатации автомобильных транспортных средств (11,2 %);

–  $\Phi_5$  – территориальная характеристика предприятия. Характеризует расположение предприятия относительно объектов зоны обслуживания (11,0 %);

–  $\Phi_6$  – интенсивность эксплуатации автотранспортных средств. Характеризует объем грузооборота, который выполняется предприятием за определенный период времени (9,6 %).

Сопоставление выделенных факторов с ранее интерпретированными показателями, показывает, что первые пять в определенной мере совпадают. Однако распределение факторов  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$ ,  $\Phi_4$  по значимости отличается. Это связано с особенностями эксплуатации автомобильного парка предприятия.

Факторы, определяющие эффективность эксплуатации автомобильных транспортных средств, оказывают на процессы комплексное воздействие. При этом степень влияния каждого фактора различна. Определения и оценка влияния каждого фактора проводятся на основании рассчитанных уравнений множественной регрессии линейного вида. Вычисления проводятся по стандартной программе. Значимость коэффициентов уравнений проверяется по критерию Стьюдента, критическое значение которого составляет 1,6 при уровне доверительной вероятности 0,9. Для уравнений рассчитываются также и коэффициенты эластичности по каждому аргументу:

$$\varepsilon_i = \frac{a_i \cdot x_i}{y}, \quad (2)$$

где  $a_i$  – коэффициент регрессии для  $i$ -го фактора;  $x_i$  – среднее значение  $i$ -го фактора;  $y$  – среднее значение показателя эксплуатации парка автомобильных транспортных средств.

Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов изменяется выходная функция, если соответствующий аргумент изменяется на 1 %.

Для расчета уравнений регрессии по каждому фактору выбран наиболее скоррелированный с этим фактором или по физическому смыслу близкий показатель, который является представителем данного фактора в уравнении.

В условиях сельскохозяйственного производства представляет интерес проведение анализа показателей эксплуатации автомобильных транспортных средств по отношению к валовой продукции хозяйства.

После исключения из рассмотрения показателей, которые оказывают незначительное влияние на процесс, установлена следующая зависимость:

$$y = 1072,4 + 103,5x_1 + 1074,4x_2 - 1,7x_3, \quad (3)$$

где  $y$  – валовая продукция на 1 га пашни;  $x_1$  – удельная грузоподъемность автомобильного парка хозяйства на 100 га пашни;  $x_2$  – удельное количество инженерно-технического персонала автомобильного парка хозяйства на 100 га пашни;  $x_3$  – влияние дорожных условий на транспортное средство.

Принимаем для расчетов коэффициент множественной регрессии –  $R = 0,90$ , детерминации –  $D = 0,81$ . Выбранные показатели объясняют 81 % общей дисперсии признаков, а 19 % дисперсии приходятся на неучтенные признаки.

Приведенную методологию можно использовать для прогнозирования грузоподъемности парка автомобильных транспортных средств в предприятии, количества инженерно-технического персонала при определенном объеме валовой продукции. Для этого определены коэффициенты эластичности для каждого показателя и рассчитаны их вклады. Самый большой вклад на изменение выходной функции дает показатель неровности дорог – 54,1 %, количество инженерно-технического персонала – 23,5 %, грузоподъемность парка автомобильных транспортных средств – 22,4 %.

Для расчета эксплуатации автомобильных транспортных средств в напряженные периоды года при выполнении работ по уборке урожая в сельском хозяйстве целесообразно проводить расчеты по следующей формуле:

$$\alpha_n = 1,67 + 0,27x_4 - 0,45x_5 - 0,08x_6 - 0,01x_7, \quad (4)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент интенсивности эксплуатации автомобильных транспортных средств;  $x_4$  – удельная плотность асфальтированных дорог в км на 100 га общей площади хозяйств;  $x_5$  – доля применения автомобилей самосвалов от общего количества автомобилей, задействованных на выполнении работ;  $x_6$  – время в наряде, ч;  $x_7$  – средний возраст автомобильного парка, лет.

Коэффициент множественной регрессии  $R = 0,77$ . Вышеуказанные показатели объясняют 59 % общей дисперсии признаков, а необъясненными остаются 41 % дисперсии. Большое количество необъясненных причин связано с низкой достоверностью первичной документации учета работы автомобилей в сельскохозяйственных предприятиях.

Структура показателей при оценке эффективности применения автомобильных транспортных средств в напряженные периоды года состоит из следующих долей: плотность асфальтированных дорог – 2,7 %, доля самосвалов – 14,8 %, время в наряде – 73,6 % и возраст автомобилей – 8,9 %. Как видно из приведенных данных, плотность асфальтированных дорог незначительно оказывает влияние на коэффициент использования  $\alpha_n$ , хотя значимость коэффициента регрессии для плотности асфальтированных дорог достаточна. Увеличение количества самосвалов снижает значение показателя  $\alpha_n$  в связи с тем, что они имеют меньшую надежность, по сравнению с бортовыми автомобилями. Кроме того, показатель  $\alpha_n$  снижается с увеличением срока эксплуатации автомобильных транспортных средств. Наибольший вклад в снижение показателя  $\alpha_n$  вносит время в наряде. Длинный рабо-

чий день не позволяет водителю надлежащим образом следить за техническим состоянием автомобиля и своевременно выполнять техническое обслуживание, что приводит к простоям из-за отказов.

Для определения производительности автомобилей хозяйств в напряженный период, т·км/ч, получена зависимость

$$W = -15,21 + 0,13x_8 + 1,34x_{12} + 0,15x_5 + 36,52x_{11}, \quad (5)$$

где  $x_8$  – среднее расстояние перевозки одной тонны груза в напряженный период, км;  $x_{12}$  – эксплуатационная скорость в напряженный период, км/ч;  $x_5$  – количество самосвалов в процентах от общего количества автомобилей;  $x_{11}$  – коэффициент использования пробега в напряженный период.

Коэффициент множественной регрессии  $R = 0,85$ . Структура удельного веса показателей имеет следующие значения: расстояние перевозки – 5,3 %, эксплуатационная скорость – 43,3 %, количество самосвалов – 10,8 %, коэффициент использования пробега – 40,6 %. Управлять изменением расстояний перевозок и количеством самосвалов затруднительно, поэтому повысить производительность при выполнении перевозок грузов автомобильными транспортными средствами можно за счет совершенствования технологического процесса организации перевозок.

Для оценки влияния факторов на эксплуатационную скорость автомобильных транспортных средств в напряженный период уборки урожая в сельском хозяйстве можно на основе анализа объема перевозок грузов и грузооборота в течение августа и октября по формуле

$$S = 1,477 - 0,007Q + 0,009x_8 + 0,046x_9 + 0,004x_5 - 0,099x_{10}, \quad (6)$$

где  $S$  – неравномерность перевозок  $x$  грузов;  $Q$  – удельный объем перевозок грузов на 1 га пашни, т/га;  $x_8$  – среднее расстояние перевозки одной тонны груза, км;  $x_9$  – средняя грузоподъемность одного автомобиля, т;  $x_5$  – количество самосвалов в процентах от общего количества автомобилей;  $x_{10}$  – удельная плотность дорог в км на 100 га общей площади хозяйств.

Коэффициент множественной регрессии  $R = 0,90$ . Наибольший удельный вес влияния на эксплуатационную скорость автомобильных транспортных средств в напряженный период уборки урожая в сельском хозяйстве оказывают: плотность дорог – 29 %, средняя грузоподъемность одного автомобиля – 19,2 %, интенсивность перевозок, т. е. объем грузов на 1 га пашни – 17 %, среднее расстояние перевозки одной тонны груза – 17,3 %, количество самосвалов – 17,5 % (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели неравномерности перевозок по объему грузов

Показатель	Коэффициент эластичности	Вклад показателей, %
Объем грузов в расчете на 1 га пашни	-0,097	17
Расстояние перевозки	0,099	17,3
Грузоподъемность автомобиля	-0,110	19,2
Количество самосвалов	0,100	17,5
Плотность всех дорог	-0,166	29,0

Неравномерность перевозок по грузообороту в напряженный период уборки урожая в сельском хозяйстве имеет следующую зависимость:

$$S' = 0,326 - 0,079x_1 + 0,032x_8 + 0,147x_9 + 0,011x_5 - 0,069x_{10} - 0,014x_{13}, \quad (7)$$

где  $x_1$  – удельная грузоподъемность автомобильного парка хозяйства на 100 га пашни;  $x_8$  – среднее расстояние перевозки одной тонны груза, км;  $x_9$  – средняя грузоподъемность одного автомобиля, тс;  $x_5$  – количество самосвалов в процентах от общего количества автомобилей;  $x_{10}$  – плотность всех дорог в км на 100 га общей площади хозяйств;  $x_{13}$  – площадь пашни, тыс. га.

Коэффициент множественной регрессии  $R = 0,96$ . Неравномерность грузооборота уменьшается с ростом грузоподъемности автомобильного парка хозяйства и плотности дорог, а увеличивается с ростом среднего расстояния перевозок, средней грузоподъемности одного автомобиля и количества самосвалов.

Немаловажное значение в эргономической системе имеют транспортные коммуникации. Плотность и качество автомобильных дорог положительно влияют на эффективность организации перевозок грузов и пассажиров. При этом в сельской местности нагрузка на дорожную сеть планируется в 2–2,5 раза ниже реальной, что приводит к быстрому разрушению дорожного полотна [3]. В то же время плохая ровность дороги оказывает отрицательное влияние на эффективность выполнения перевозок и расход топлива транспортным средством.

Определение степени ровности дороги может выполняться следующими методами (ГОСТ 30412 (ГОСТ Р 56925–2016) [9]): измерением просвета между трехметровой рейкой и дорожным полотном, измерением высоты амплитуды неровностей на расстоянии 5 метров дороги.

После измерения просвета на различных участках дорожного полотна данные обрабатываются корреляционной зависимостью или, после аппроксимации, степенной функцией.

По второму методу степень ровности дорог определяют по реакции автомобиля на неровности, измеряя амплитуду и ускорение колебаний кузова. В качестве критерия ровности используют суммарное перемещение кузова в см на 1 км дороги и среднеквадратичные значения ускорений. При оценке ровности дорожного покрытия рекомендуется выдерживать равномерную скорость (для грузовых автомобилей в 50 км/ч). Для более точного учета влияния подвески автомобиля скорость движения во время замеров необходимо выбрать с использованием переходных коэффициентов.

Кроме того, ровность дороги можно определять по международному индексу ровности (IRI) на основе применения дорожного профилометра.

Требования к показателям ровности по методу амплитуд и международному индексу ровности IRI для оснований и покрытий из асфальтобетона, цементобетона, каменных материалов и грунтов, обработанных вяжущими веществами, приведена в таблице 2.

При этом 90 % полученных в процессе измерения величин амплитуд должны быть в пределах допусти-

мых значений, а оставшиеся 10 % величин – не превышать допустимые значения более чем в 1,5 раза.

Таблица 2 – Показатели ровности дорожного покрытия, измеренные различными методами

Категория автомобильной дороги	Допустимые значения амплитуд, мм			IRI, м/км, не более
	Длина прямой линии, м			
	10	20	40	
I	5	8	16	2,2
II	5	8	16	2,2
III	5	8	16	2,2
IV	6	10	20	2,6
V	6	10	20	2,6

Скорость автомобилей в значительной мере зависит от величины ровности дорожных покрытий. Так, при изменении оценки ровности от 0 до 200 см/км (суммарное перемещение кузова в см на 1 км дороги) скорость движения грузовых автомобилей снижается несущественно. Однако снижение скорости автомобилей происходит с ростом неровности дорог до 500–600 см/км.

В процессе проведенных исследований установлено корреляционная связь между оценкой ровности и относительным количеством дорожно-транспортных происшествий. Кроме неровностей дорогу характеризуют уклоны продольного профиля и извилистость дороги, которые влияют на режим движения автомобиля. Целесообразно при конструировании автомобильных транспортных средств увеличивать количество передач. Это позволит положительно повлиять на увеличение средней скорости движения автомобиля при движении по дорогам с частыми подъемами и спусками.

Последним звеном эргономической системы является внешняя среда, которая в известной степени влияет на все остальные звенья. Скорость автомобилей снижается в темное время суток и на участках с ограниченной видимостью из-за извилистости дорог, тумана и осадков в виде дождя и снега.

**Заключение.** В процессе анализа составных частей эргономической системы установлено, что любое ее звено может иметь несколько состояний. Различные комбинации этих состояний дают множество результатов и приводят к необходимости учета всех переменных, особенно в условиях осуществления перевозок грузов и пассажиров в сельской местности, где наблюдается высокая доля трудовых, энергетических и денежных затрат на транспортировку продукции в общей сумме затрат на производство сельскохозяйственной продукции.

В результате факторного анализа выявлено, что на использование автомобилей в напряженный период существенно влияют шесть показателей, которые описывают 79,8 % общей дисперсии. Факторы интерпретированы следующим образом (в порядке значимости): фактор оснащенности и управляемости хозяйств (21,5 % суммарной дисперсии показателей), фактор эффективности транспортных работ (14,3 %), фактор условий труда (12,2 %), фактор технической эксплуа-

тации машинно-тракторного парка (11,2 %), фактор территориальной структуры хозяйства (11,0 %), фактор интенсивности использования автотранспорта хозяйств (9,6 %). В связи с этим целесообразно проводить дальнейшие научные исследования по совершенствованию в этой области эргономической системы «водитель – автомобиль – дорога – внешняя среда».

#### Список литературы

1 Транспорт в Республике Беларусь / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – 22 с.

2 Перспективы развития транспортного комплекса: материалы VII Междунар. заочной науч.-практ. конф. – Минск : БелНИИТ «Транстехника», 2022. – 425 с.

3 **Кормаков, Л. Ф.** Формирование и использование технического потенциала сельскохозяйственного производства / Л. Ф. Кормаков. – М. : Лань, 2005. – 240 с.

4 **Миленский, В. С.** Планирование перевозок грузов на основе применения математических методов решения транспортной задачи / В. С. Миленский, П. Е. Круглый // Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск : БелНИИТ «Транстехника», 2016. – С. 104–107.

5 Планирование технического обслуживания и ремонта автомобильных транспортных средств / В. С. Ивашко [и др.] // Изобретатель. – 2016. – № 2 (194). – С. 36–41.

6 Применение передвижных ремонтных мастерских на базе автомобилей для оперативного устранения отказов машин / В. С. Ивашко [и др.] // Изобретатель. – 2013. – № 1 (157). – С. 43–45.

7 **Миленский, В. С.** Планирование годового объема ремонтно-обслуживающих работ при технической эксплуатации автомобильных транспортных средств / В. С. Миленский, П. Е. Круглый, С. П. Круглый // Перспективы развития транспортного комплекса : материалы Междунар. заочной науч.-практ. конф. – Минск : БелНИИТ «Транстехника», 2022. – С. 353–364.

8 Методология нормирования работ, выполняемых при ремонте транспортных средств / В. С. Миленский // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2016. – № 2 (33). – С. 168–171.

9 ГОСТ Р 56925–2016. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий. – М. : Стандартиформ, 2019. – 11 с.

10 **Лоули, Д.** Факторный анализ как статистический метод / Д. Лоули, А. Максвелл. – М. : Книга по требованию, 2013. – 145 с.

Получено 29.09.2023

**V. S. Milenky, P. E. Krugly, S. P. Krugly.** Analysis of components of ergonomic system: driver – car – road – external environment.

The components of the ergonomic system were analyzed: driver – car – road – external environment. It is noted that the main link in the system under consideration is the driver. The speed range in which the optimal level of psychophysiological stress of the driver is achieved is given. It has been found that the body design, carrying capacity, cross-country ability and life of the car have a significant impact on the efficiency of vehicle use. The methods for assessing the flatness of the roadway are given.