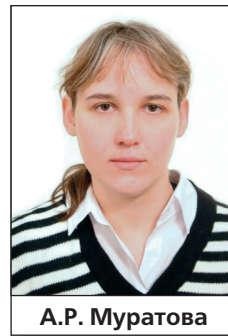


НОВЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ И АНАЛИЗУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ТРАНСПОРТЕ

Представлены результаты анализа статистики производственного травматизма на автотранспорте по данным Государственной инспекции труда в Московской области. Построены усредненная модель сезонной компоненты временного ряда и модель возрастной составляющей с использованием программной среды Excel. Результаты могут быть использованы при проведении контрольно-надзорных мероприятий с целью профилактики и минимизации несчастных случаев на производстве.

Ключевые слова: производственный травматизм, автомобильный транспорт, статистические данные, временные ряды

EDN: ISJZXQ



А.Р. Муратова



М.В. Графкина

Основной задачей Государственной инспекции труда в Московской области является осуществление государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права в целях обеспечения защиты трудовых прав граждан, включая право на безопасные условия труда [1]. Для решения поставленной задачи инспекцией выполняется функция по расследованию в установленном порядке несчастных случаев на производстве и анализу их причины. Также разрабатываются предложения по профилактике и предупреждению выявленных случаев производственного травматизма. Автомобильный транспорт выполняет важнейшую социально-экономическую задачу по перевозке пассажиров и грузов. Работа на транспорте сопряжена со значительными профессиональными рисками. По показателям травматизма среди других видов экономической деятельности транспорт занимает 3–4 место [2–4]. Статистические данные о травматизме,

их анализ и обработка являются основой для принятия взвешенных управленческих решений в области безопасности труда на пути к «нулевому» травматизму. До настоящего времени еще не найден механизм, обеспечивающий системный подход к сохранению жизни и здоровья экономически активного населения страны [5]. Разработка новых подходов к анализу травматизма и обработке статистических данных для моделирования тренда его показателей по различным факторам позволит выявить новые закономерности, позволяющие повысить эффективность контрольно-надзорных мероприятий и выработать необходимые меры по предупреждению травматизма и на автомобильном транспорте. Таким образом, исследуемая проблема является весьма актуальной.

В работе использовались такие методы исследования как теоретический анализ информационных источников и научных публикаций, систематизация полученных статистических данных, применение современных информационных технологий для моде-

Муратова Аделина Рустамовна, магистрант кафедры «Экологическая безопасность технических систем» Московского политехнического университета. Область научных интересов: производственная и экологическая безопасность.

Графкина Марина Владимировна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Экологическая безопасность технических систем» Московского политехнического университета. Область научных интересов: производственная и экологическая безопасность. Автор около 200 научных работ.

лирования и формализации исследуемых процессов, описание для обобщения полученных результатов и др.

При анализе статистических данных производственного травматизма, связанных с эксплуатацией автомобильного транспорта Государственной инспекцией труда в Московской области за 2020–2024 гг. установлено, что из года в год на автомобильном транспорте остается высокий показатель несчастных случаев с тяжелыми последствиями, на втором месте находятся несчастные случаи со смертельным исходом (рис. 1, а).

Выявлено также распределение показателей производственного травматизма в результате ДТП по времени суток (рис. 1, б). Анализ показывает, что наибольшее количество происшествий происходит в период с 6:00–12:00 часов, значительное количество происшествий приходится на ночные и утренние часы в период 00:00–6:00 часов. Наименее травмоопасны для работников часы работы в периоды с 12:00–18:00 и 18:00–24:00 часов.

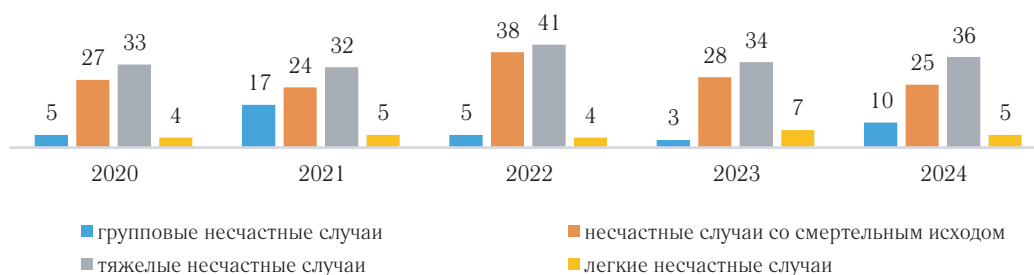
Анализ обстоятельств произошедших несчастных случаев показывает, что наибольшее количе-

ство пострадавших получили травмы при управлении транспортными средствами, на втором месте травматизм по пути на работу (с работы) на транспортном средстве, предоставленном работодателем (или сторонней организацией на основании договора с работодателем), на третьем месте — во время служебных поездок на личном транспортном средстве, на четвертом месте — при пешеходном передвижении во время работы, на пятом — во время служебных поездок (включая и в пути следования в служебную командировку) на общественном транспорте (рис. 2).

Более глубокий анализ причин производственного травматизма, имеющего высокие показатели, позволит выявить коренные причины и скорректировать контрольно-надзорные мероприятия и меры, принимаемые по улучшению условий труда и профилактике травматизма.

Представленные выше результаты анализа показателей травматизма осуществлены в традиционной форме, принятой в том числе и в отчетах Роструда. Хотя эти методы анализа являются достаточно информативными, все же пока не удается достичь нулевого травматизма. Новые методы обработки статисти-

а



б

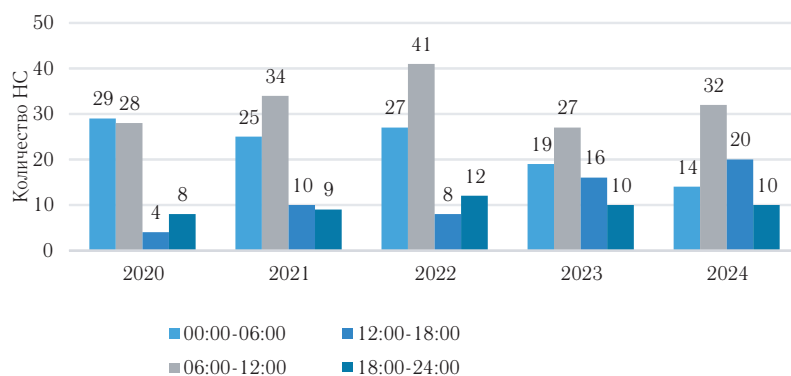


Рис. 1. Показатели производственного травматизма

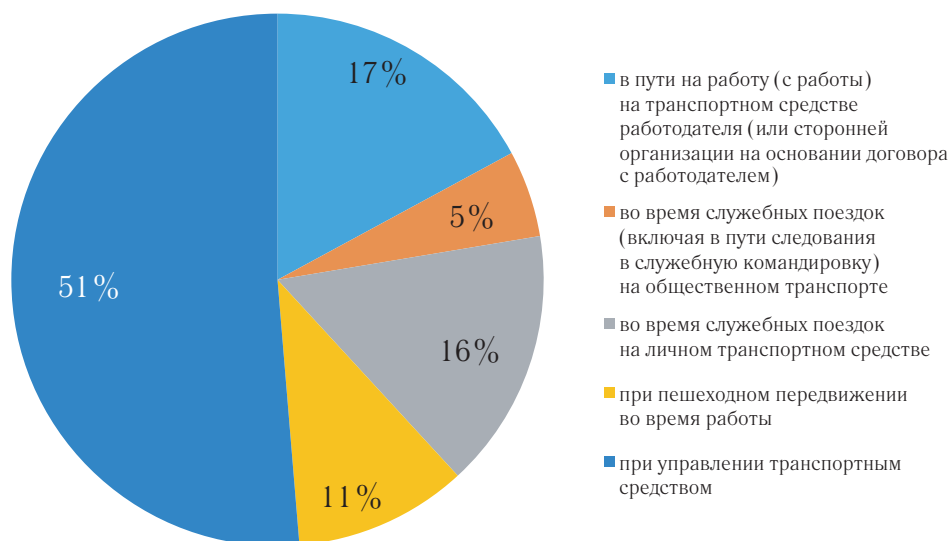


Рис. 2. Распределение показателей травматизма в зависимости от ситуации, в которой оказался пострадавший

ческих данных, анализа, моделирования, прогноза и оценки производственного травматизма позволяют выявить новые закономерности, определить зоны (области) для более детального выявления причин и усовершенствовать технологию осуществления государственного надзора и производственного контроля за исполнением требований охраны труда.

Использование методов математической статистики и информационных программных продуктов (программа Excel) позволяет выявить эти закономерности в распределении показателей травматизма на основе анализа временных рядов [6–8]. При исследовании временных рядов $X_i = \{x(t_i)\}, i = 1, 2, 3, \dots, n$ применяется аддитивная математическая модель, содержащая несколько составляющих:

$$x_i = d_i + \varepsilon_i = \underbrace{(tr_i + v_i + c_i)}_{d_i} + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n).$$

В этой модели временной ряд рассматривается как сумма некоторой полностью детерминированной (неслучайной) последовательности $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$, называемой систематической составляющей и случайной составляющей $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$, имеющей некоторое распределение вероятностей. При этом систематическую последовательность $d_i = tr_i + v_i + c_i$ представляют в виде трех компонент (составляющих): тренда (tr_i), циклической компоненты (v_i) и сезонной компоненты (c_i). Для анализа необходимо построить график временного ряда, позволяющий выявить наличие и характер систематической составляющей ряда и таких ее компонентов как тренд, циклическая и сезонная составляющие. Выявление системати-

ческой составляющей временного ряда проводится при его сглаживании. При сглаживании происходит замена фактических значений ряда x_i их расчетными значениями $\hat{x}_i$. При этом происходит формализация исследуемого процесса, позволяющая определить его показатели и в отдаленные периоды. У расчетных значений наблюдается значительно меньшая флуктуация, чем у исходных фактических значений, также при сглаживании систематическая составляющая и тренд исследуемого процесса проявляются более наглядно. Сглаживание — это важное средство для аналитических методов выявления трендов.

В программной среде Excel для сглаживания временных рядов заложены и используются встроенные функции: «Скользящее среднее» и «Экспоненциальное сглаживание», входящие в Пакет анализа. Для сглаживания в Excel применяются простейшие математические модели: линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная, экспоненциальная.

Важнейшей классической задачей при исследовании временных рядов является выявление и статистическая оценка основной тенденции развития изучаемого процесса и отклонений от нее. На рис. 3 представлена полученная авторами усредненная модель сезонной компоненты временного ряда показателей травматизма на автомобильном транспорте, показывающая, что основные отклонения от усредненных показателей, приходится на июнь и ноябрь. Для разработки эффективных предложений по профилактике и минимизации травматизма, и совершенствования методологии осуществления государственного над-

зора необходимо провести более детальный анализ причин травматизма в эти периоды.

Анализ показывает, что значительную долю ДТП составляют случаи, когда водители не учитывают особенности дорожного покрытия и погодных условий. Так, в ноябре 2024 г. основной причиной ДТП стала потеря контроля водителями над своими транспортными средствами. Например, 04.11.2024 г. в 02 ч. 15 мин. на Новорижском шоссе водитель не справился с управлением, тем самым столкнулся с бордюром и получил множественные травмы, относящиеся к категории тяжести — к несчастному случаю с тяжелым исходом. Резкие маневры, превышение скорости и недостаточная дистанция до впереди идущего транспорта могут привести к потере управления и серьезным авариям. Следует отметить, что в ноябре 2024 г. наблюдались гололедица и сильный ветер на территории Московской области (<https://www.men-today.ru/life/news/04-11-2024/v-moskve-i-podmoskove-gololed-i-silnyi-veter-do-15-m-s-ne-pereobutye-avtomobili-massovo-teryayut-upravlenie/>).

В летний период, когда увеличивается интенсивность движения и температура воздуха, возрастает риск ДТП, связанных с ухудшением состояния здоровья водителей. Переутомление, тепловой удар и обострение хронических заболеваний могут привести к потере концентрации и внезапной потере сознания за рулем. Определено, что в июне основными причинами ДТП является внезапное ухудшение состояния здоровья пострадавшего. Например, 07.06.2024 г. в 15 ч 30 мин на территории Московской области в г. Люберцы, водитель, управляющий Chevrolet Cruze, почувствовал себя плохо, тем самым потерял контроль над управлением ТС, совершив столкновение с грузовиком, в последующем погиб до приезда скорой помощи.

Следует также отметить, что в июне в период 2021–2024 гг. фиксировались высокие максимальные температуры (соответственно $+33^{\circ}$, $+32^{\circ}$, $+27^{\circ}$, $+31^{\circ}$) (<https://arhivpogodi.ru/arhiv/moscow/2024/06/srednesutochnaya-temperatura>).

В этом случае для снижения аварийности необходимо усилить контроль за соблюдением правил дорожного движения, повысить качество подготовки водителей и проводить регулярные информационные кампании (предрейсовые инструктажи) о рисках, связанных с управлением транспортным средством в различных погодных условиях и состояниях здоровья. В настоящее время рассматриваются в Минтруде Правила по охране труда при работах в особых температурных условиях, воздействии климата и микроклимата, которые позволят сделать эту работу более эффективной [8].

Анализ возрастной составляющей с использованием временных рядов показывает (рис. 4), что за 2020–2024 гг. более 17% несчастных случаев произошло с работниками в возрасте 51–55 лет, 16% несчастных случаев приходится на возраст 36–40 лет, 15% — с работниками в возрасте старше 61 года. Указанные факторы обуславливают снижение способности представителей исследуемой возрастной группы к рациональной оценке динамически изменяющихся условий дорожной среды, а также к оперативному принятию решений, направленных на минимизацию риска возникновения ДТП в потенциально опасных ситуациях.

При анализе производственного травматизма, связанного с транспортными средствами, также выявлен разный взгляд на произошедшее событие правоохранительными органами (Госавтоинспекция МВД России) и органами исполнительной власти (Роструд). Госавтоинспекция МВД России рассматривает ДТП

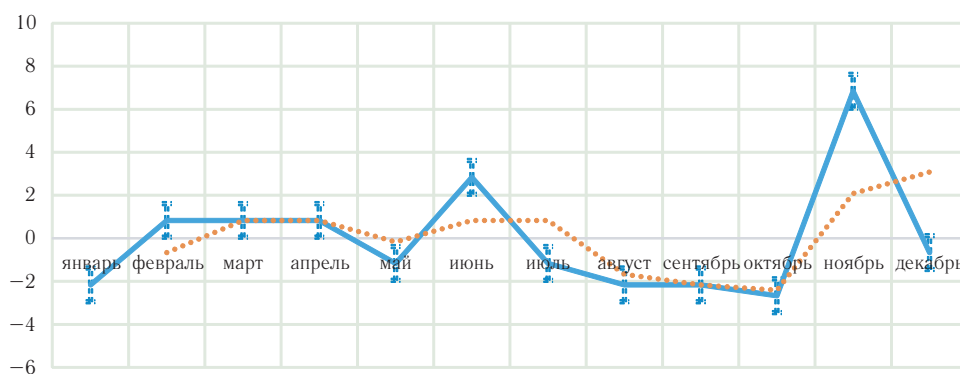


Рис. 3. Усредненная модель компоненты временного ряда показателей травматизма

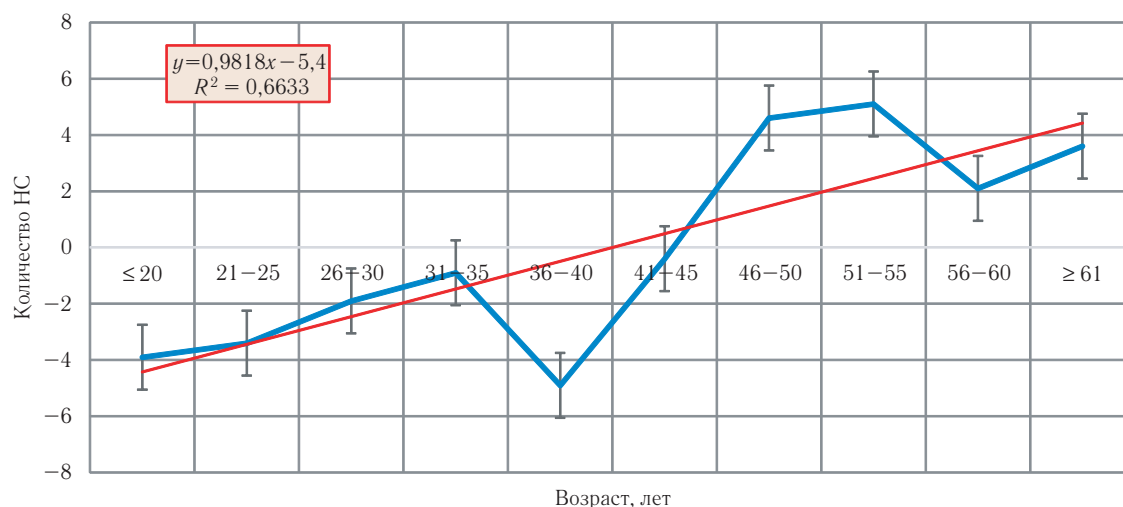


Рис. 4. Возрастная составляющая и линия тренда показателей травматизма

как событие, которое происходит при движении транспортных средств и при котором погибли или ранены люди, повреждены сами транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб. При этом анализируются и выявляются причины, связанные с действиями участников ДТП, нарушением Правил дорожного движения, техническим состоянием транспортного средства и др., что отражается в соответствующих протоколах. Роструд расследует и анализирует эти события, если они имеют отношение к производству, и выявляет причины несчастных случаев и лиц, связанных с нарушением требований государственных нормативных правовых и локальных нормативных актов, содержащих требования охраны труда, поэтому требуется более глубокий анализ для выявления коренных причин травматизма, связанного с транспортными средствами.

Исследование и анализ временных рядов, построенных с помощью современной программной среды Excel, позволяет выявить различные тренды показателей производственного травматизма, формализовать исследуемые процессы, выявить зоны (области) повышенного профессионального риска для работников, связанных с автомобильным транспортом и наметить меры по профилактике травматизма. На взгляд авторов целесообразно дальше вести исследования, направленные на совершенствование сбора, классификации, обработки статистических данных по производственному травматизму в органах государственного надзора. Полученные результаты будут способствовать принятию взвешенных решений по управлению охраной труда с целью минимизации несчастных случаев на производстве.



Литература

1. Государственная инспекция труда в Московской области: сайт. - URL: https://git50.rostrud.gov.ru/informatsiya_o_gosudarstvennoy_inspeksii_truda/polnomochiya_i_struktura_tor/1224257.html (дата обращения: 11.03.2025). - Текст : электронный.
2. Графкина, М. В. Анализ и профилактика производственных несчастных случаев, происшедших в результате дорожно-транспортных происшествий / М. В. Графкина, Н. А. Сафрина. - Текст : электронный // Организация и безопасность дорожного движения : материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения д. т. н., профессора Л. Г. Резника. В 2 томах, Тюмень, 16 марта 2017 года. - Тюмень : Тюменский индустриальный университет. - С. 278-284.
3. Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2023 г. - URL: https://rostrud.gov.ru/upload/Doc/Doc-rostrud/Rostrud2020_15May.pdf (дата обращения: 21.03.2025). - Текст : электронный.

4. Графкина, М. В. Некоторые аспекты статистики производственного травматизма на транспорте / М. В. Графкина. - Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. - 2021. - № 3. - С. 107-110.
5. Баранов, Ю.В. Актуальные проблемы в сфере охраны труда: анализ, оценки, решения / Ю. В. Баранов. - Текст : электронный // Социально-трудовые исследования. - 2021. - № 1 (42). - С. 64-74. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-v-sfere-ohrany-truda-analiz-otsenki-resheniya> (дата обращения: 22.03.2025).
6. Канторович, Г. Г. Лекции: Анализ временных рядов / Г. Г. Канторович. -Текст : электронный // Экономический журнал ВШЭ. - 2002. - № 1. - С. 251-273. - URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/lektsii-analiz-vremennyh-ryadov-4](https://cyberleninka.ru/article/n/lektzii-analiz-vremennyh-ryadov-4) (дата обращения: 22.03.2025).
7. Карначёв, И. П. Использование статистических методов анализа временных рядов для прогнозирования некоторых показателей безопасности труда на предприятиях горно-промышленного комплекса Кольского Севера / И. П. Карначёв. - Текст : электронный // Экология человека. - 2009. - № 6. - С. 54-58. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-statisticheskikh-metodov-analiza-vremennyh-ryadov-dlya-prognirovaniya-nekotoryh-pokazateley-bezopasnosti-truda-na> (дата обращения: 22.03.2025).
8. Доработанный текст проекта Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ «Об утверждении Правил по охране труда при работах в особых температурных условиях, воздействии климата и микроклимата». - URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56858796/4> (дата обращения: 24.03.2025). - Текст : электронный.
9. Графкина, М. В. Использование современных информационных технологий для анализа и оценки производственного травматизма / М. В. Графкина, А. В. Майструк. - Текст : непосредственный // Вестник Технологического университета. - 2019. - Т. 22, № 10. - С. 104-107.