

**В.И. Евдокимов<sup>1</sup>, Е.В. Бобринев<sup>2</sup>, А.А. Кондашов<sup>2</sup>, А.А. Ветошкин<sup>1</sup>****СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОРАЖЕНИЙ ОБЛАСТЕЙ ТЕЛА У ПОЖАРНЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ТРАВМАТИЗМЕ**

<sup>1</sup> Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, 4/2);

<sup>2</sup> Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12)

*Введение.* Производственный травматизм – управляемый процесс и показатель безопасности деятельности. Исключить полностью травматизм невозможно, его можно только минимизировать. Травматизм не является прерогативой исследований только врачей. В то же время, зная динамику производственного травматизма и структуру возможных поражений областей тела, можно прогнозировать силы и средства для ликвидации его последствий.

*Цель* – разработать способ прогнозирования поражений областей тела у пожарных Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России при производственном травматизме.

*Методология.* Проанализировали отчеты по производственному травматизму ФПС МЧС России за 2012–2021 гг. Полученные 1769 травм согласовали с группами травм XIX класса по Международной классификации болезней и расстройств поведения (МКБ-10). Рассчитали риски поражений областей и частей тела у пожарных с учетом поправочных коэффициентов для неидентифицированных (в карточках о травме не представлены диагнозы) и малоидентифицированных травм (даны обобщенные диагнозы). Уровень риска поражений областей тела у пожарных оказался  $(11,96 \pm 0,89) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек·год) и был больше, чем уровень травматизма –  $(9,19 \pm 0,54) \cdot 10^{-4}$ , так как на каждый случай травмы в среднем приходилось 1,3 диагноза, в том числе, при пожаротушении и ликвидации последствий других чрезвычайных ситуаций – 1,4, что свидетельствует о развитии сочетанных и комбинированных травм. Конгруэнтность кривых – сильная, положительная и статистически достоверно значимая ( $r = 0,686$ ;  $p < 0,05$ ), что может указывать на влияние в их развитии одинаковых (однонаправленных) факторов. В структуре внешних воздействий механические травмы составили 83,6 %, ожоги – 11,6 %, тепловые обмороки – 1,5 %, отравления продуктами горения – 3,3 %. Средний возраст личного состава ФПС МЧС России, получившего травмы, был  $(36,2 \pm 0,3)$  года при стаже деятельности  $(10,2 \pm 0,3)$  года, среднегодовое число личного состава –  $(191,3 \pm 3,3)$  тыс. человек.

*Результаты и их анализ.* Прогнозируемое количество производственных травм у личного состава ФПС МЧС России рассчитали по дискриминантной формуле:  $y = (2,49 \cdot z_1 + 0,21 \cdot z_2 + 0,91 \cdot z_3 + 0,68 \cdot z_4 + 0,72 \cdot z_5 + 0,71 \cdot z_6 + 0,88 \cdot z_7 + 0,43 \cdot z_8 + 1,87 \cdot z_9 + 1,11 \cdot z_{10} + 1,11 \cdot z_{11}) \cdot 10^{-4} \times (2,54 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 2,98 \cdot 10^{-2} \cdot t + 1,72) \times (-2,94 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 - 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot s + 1,24)$ , где  $y$  – число производственных травм в ФПС МЧС России;  $x$  – численность личного состава (абсолютное число);  $t$  – средний возраст, лет;  $s$  – средний профессиональный стаж, лет;  $z_1 - z_{11}$  – прогнозируемое число поражений областей тела (группы XIX класса по МКБ-10) – производное от умножения соответствующего коэффициента на численность личного состава на 10 тыс. человек ( $10^{-4}$ ):  $z_1$  – головы (S00–S09),  $z_2$  – шеи (S10–S19),  $z_3$  – грудной клетки (S20–S29),  $z_4$  – живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза (S30–S39),  $z_5$  – плечевого пояса и плеча (S40–S49),  $z_6$  – локтя и предплечья (S50–S59),  $z_7$  – запястья и кисти (S60–S69),  $z_8$  – области тазобедренного сустава и бедра (S70–S79),  $z_9$  – колена и голени (S80–S89),  $z_{10}$  – области голеностопного сустава и стопы (S90–S99),  $z_{11}$  – других внешних воздействий – термические и химические ожоги (T20–T32), отравления продуктами горения (T58–T59), тепловые обмороки (T67.1). Представлены линейные дискриминантные формулы для расчета поражений областей тела у категорий личного состава (оперативного, профилактического, технического и управленческого персонала) и примеры расчета рисков травм.

✉ Евдокимов Владимир Иванович – д-р мед. наук проф., гл. науч. сотр., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Бобринев Евгений Васильевич – канд. биол. наук, вед. науч. сотр., Всерос. ордена «Знак Почета» науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), ORCID: 0000-0001-8169-6297, e-mail: ottdel\_1\_3@mail.ru;

Кондашов Андрей Александрович – канд. физ.-математ. наук, вед. науч. сотр., Всерос. ордена «Знак Почета» науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России (Россия, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12), ORCID: 0000-0002-2730-1669, e-mail: akond2008@mail.ru;

Ветошкин Александр Александрович – канд. мед. наук доц., врач-травматолог-ортопед отд. травматологии и ортопедии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID 0000-0003-3258-2220, e-mail: totoalex5@gmail.com

**Заключение.** Способ позволяет прогнозировать общее число производственных травм у пожарных, в том числе, поражений определенных областей тела и, тем самым, рассчитать необходимые силы и средства по их лечению и реабилитации.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, пожар, риск, травма, ожог, отравление продуктами горения, пожарный, множественная регрессия, МЧС России.

### Введение

Производственный травматизм – совокупность травм, полученных работниками на производстве и обусловленных несоблюдением условий организации труда и ряда других причин за определенный период времени, например за 1 год. Производственный травматизм – управляемый процесс и показатель безопасности деятельности. Исключить полностью травматизм невозможно, его можно только минимизировать.

Травматизм не является прерогативой исследований только врачей. В то же время, зная динамику производственного травматизма и структуру возможных поражений областей тела, можно прогнозировать силы и средства для ликвидации его последствий.

Известен способ регрессионного анализа причин при производственном травматизме сотрудников ОАО «Российские железные дороги» без учета [6] и с учетом степени тяжести [4] повреждения здоровья пострадавших, что позволяет предсказывать наступление негативных и фатальных событий. Имея фактические значения количества пострадавших от несчастных случаев на производстве за исследуемый период и используя полученные эмпирическим путем математические показатели, авторами показаны прогнозы производственного травматизма.

Потенциальные факторы рисков травматизма сельскохозяйственных работников при помощи логистической регрессии представлены в публикации [9]. В статье указаны возможности оценки поражений некоторых областей тела при производственном травматизме, однако, они не учитывались при прогнозе травматизма. В качестве независимых переменных рассматривались пол, возраст, производственная деятельность работника, продолжительность рабочих часов в 1 нед, валовой доход сельскохозяйственного предприятия.

Л.Д. Девятченко и Э.И. Соколова оценили эффективность моделирования линейной связи факторизованных условий труда с откликами по травматизму при использовании регрессионного и канонического анализов. Коэффициент множественной корреляции для отдельно взятых откликов (причина травм, место и вид происшествий, степень тяжести

травм) был умеренным (в среднем  $r = 0,38$  при включении статистически значимых факторов). Каноническая связь этих же массивов, учтенных в целевом эксперименте, оказалась больше ( $r = 0,62$ ) и сопоставима с влиянием на травматизм ( $r = 0,46$ ) человеческого фактора, выявленного в параллельном эксперименте по массиву данных о пострадавших на производстве [3].

При помощи многофакторного корреляционного анализа данных о травматизме в ОАО «СУЭК-Кузбасс» найдены ведущие факторы, которые сопровождалась несчастными случаями, – величина их взаимодействия, зависимость уровня травматизма от стажа работы, возраста работников, времени суток, смены, места травмы и оборудования. Наибольший уровень травматизма наблюдался при падении предметов, воздействии движущихся предметов, падении работающих при движении и с высоты, обрушении горной массы [2].

В ходе проведенного исследования Е.С. Калинина проанализировала более 800 несчастных случаев, произошедших в очистных забоях угольных шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» в течение 2010–2015 гг. Оказалось, что уравнения множественной линейной регрессии позволяют проводить прогноз риска производственного травматизма в зависимости от множества факторов, определять наиболее и наименее опасные их сочетания, что обеспечивает планирование действенных профилактических мероприятий с минимальными затратами материальных и денежных ресурсов и принятие конкретных мер по повышению безопасности угольного производства [8].

В.И. Татаренко и О.В. Усикова регрессионным анализом установили статистическую зависимость между количеством пострадавших от несчастных случаев на производстве и размером средств, израсходованных на мероприятия по улучшению условий и охране труда, а также среднесписочной численностью работающих в строительстве в Новосибирской обл. и России [12].

Известен метод определения степени нарушений функций организма у пострадавших при производственном травматизме при помощи регрессионного анализа экспертных оценок. Метод позволял выявлять уровни ри-

ска производственного травматизма и необходимости проведения защитных профилактических мероприятий [7].

Проведенный поиск показал высокий уровень использования статистических методов для изучения травматизма на производстве, однако, наиболее близких аналогов способов по оценке рисков поражений областей тела при производственных травмах не выявлено.

**Цель** – разработать способ прогнозирования поражений областей тела у пожарных Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России при производственном травматизме.

### Материал и методы

Изучили 1769 производственных травм у личного состава (сотрудников, имеющих специальные звания, и работников) ФПС МЧС России в 2012–2021 гг., в том числе, у оперативного персонала – 1198, профилактического – 92, технического – 122, управленческого – 357. На рис. 1 показана структура производственных травм по категориям личного состава.

Производственные травмы соотнесли с группами травм XIX класса «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» (S00–T98) по МКБ-10 (табл. 1).

Массив карточек с кратким описанием случаев получения травм, который позволил соотнести травмы с таксонами нозологий по МКБ-10, был меньше, чем общий массив,

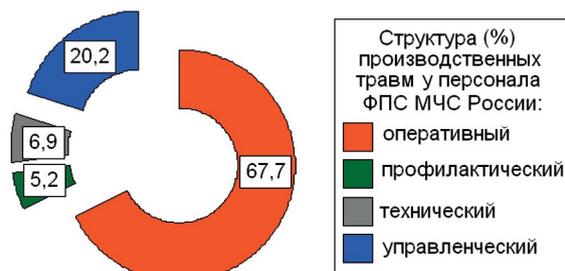


Рис. 1. Структура производственных травм у категорий личного состава ФПС МЧС России.

использовавшийся для расчета производственного травматизма. Оказалось, что из общего массива были исключены фатальные и некоторые другие случаи внешних воздействий. При расчете уровней риска развития конкретных нозологий этот факт учитывался. Недостающее количество травм считали как неидентифицированные.

Иногда в карточках указывалось: «Перелом костей верхней конечности» или «Перелом костей нижней конечности», эти нозологии соотносили с таксонами T10 «Перелом верхней конечности на неуточненном уровне» или T12 «Перелом нижней конечности на неуточненном уровне» по МКБ-10 соответственно. При статистическом анализе указанные нозологии относили в группы травм частей тела, например, в группы 5–7-я «Травмы плечевого пояса и верхних конечностей» и 8–10-я «Травмы тазобедренного сустава и нижних конечностей». Однако при расчете анатомических областей туловища или конечностей (напри-

Таблица 1

Группы, представленные в XIX классе по МКБ-10

| Группа  | Название группы  | Таксон по МКБ-10 |
|---------|--|------------------|
| 1-я     | Травмы головы  | S00–S09          |
| 2-я     | Травмы шеи   | S10–S19          |
| 3-я     | Травмы грудной клетки  | S20–S29          |
| 4-я     | Травмы живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза  | S30–S39          |
| 5-я     | Травмы плечевого пояса и плеча   | S40–S49          |
| 6-я     | Травмы локтя и предплечья  | S50–S59          |
| 7-я     | Травмы запястья и кисти  | S60–S69          |
| 5–7-я   | Травмы плечевого пояса и верхних конечностей   | S40–S69          |
| 8-я     | Травмы области тазобедренного сустава и бедра  | S70–S79          |
| 9-я     | Травмы колена и голени   | S80–S89          |
| 10-я    | Травмы области голеностопного сустава и стопы  | S90–S99          |
| 8–10-я  | Травмы тазобедренного сустава и нижних конечностей   | S70–S99          |
| 12-я    | Травмы неуточненной части туловища, конечности или области тела  | T08–T14          |
| 14–16-я | Термические и химические ожоги   | T20–T32          |
| 19-я    | Токсическое действие веществ, преимущественно немедицинского назначения, в том числе, токсическое действие окиси углерода (T58), других газов, дымов и паров (T59) | T51–T65          |
| 20-я    | Другие и неуточненные эффекты воздействия внешних причин, в том числе, тепловой обморок (T67.1) и др.  | T66–T78          |

Таблица 2

Значения поправочных коэффициентов для неидентифицированных и малодифференцированных травм

| Личный состав    | Коэффициент $C_1$ | Коэффициент $C_2$ |                    |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|                  |                   | шея и туловище    | верхние конечности | нижние конечности |
| Оперативный      | 1,32              | 1,06              | 1,21               | 1,16              |
| Профилактический | 1,30              | 1,00              | 1,92               | 1,13              |
| Технический      | 1,42              | 1,49              | 1,66               | 1,17              |
| Управленческий   | 1,90              | 1,04              | 1,37               | 1,14              |
| Всего            | 1,40              | 1,06              | 1,29               | 1,16              |

мер, травм плечевого пояса и плеча, локтя и предплечья, запястья и кисти) нозологии неуточненных областей тела были отнесены в группу малодифференцированных травм.

При учете вклада неидентифицированных и малодифференцированных травм делали предположение, что распределение травм по нозологиям для выборки, состоящей из неидентифицированных и малодифференцированных травм, такое же, как и для всей генеральной совокупности травм, используемых для анализа.

Для учета неидентифицированных травм уровень риска для анатомических частей и областей тела умножали на коэффициент, равный отношению общего количества травм за 2012–2021 гг. к количеству идентифицированных травм. Общее количество травм за рассматриваемый период – 1769, из них идентифицировано 1262 травмы. Соответственно поправочный коэффициент для всего массива травм равен 1,40. Аналогичные коэффициенты вводили для травм, полученных при видах деятельности, категорий личного состава и групп причин (табл. 2).

Дополнительные поправочные коэффициенты, учитывающие малодифференцированные травмы, введены для уровней риска получения травм анатомических областей головы, туловища и конечностей. Например, для травм плечевого пояса и плеча поправочный коэффициент – отношение общего количества производственных травм плечевого пояса и верхних конечностей (317 травм) к количеству идентифицированных травм этих анатомических областей (246 травм) – составляет 1,29 (см. табл. 2). В результате средневзвешенный риск (R) рассчитывали по формуле:

$$R = C_1 \cdot C_2 \cdot r,$$

где  $r$  – уровень риска для анатомических частей и областей тела, травм/(человек · год), рассчитанный на основе идентифицированных травм;

$C_1$  – поправочный коэффициент для учета неидентифицированных травм;

$C_2$  – поправочный коэффициент для учета малодифференцированных травм (вводился для анатомических областей туловища и конечностей, для головы  $C_2 = 1$ ).

Используя коэффициенты, которые учитывали вклад малодифференцированных и неидентифицированных травм, рассчитали средневзвешенный прогнозируемый риск поражений областей тела ( $\times 10^{-4}$ ), который образовали риски травмирования анатомических частей и областей тела (голова, шея и туловище, верхние и нижние конечности) и некоторых частей тела (например, грудной клетки, запястья, кисти и пр.), ожогов (Т20–Т32 по МКБ-10), отравлений окисью углерода (Т58) и другими продуктами горения (Т59), тепловых обмороков (Т67.1) и др.

При изучении динамики показателей травматизма личного состава ФПС МЧС России возникали сложности, связанные с неоднородностью данных, их значительными колебаниями в разные периоды времени. Провели сглаживание показателей травматизма с использованием методов скользящего среднего и экспоненциального распределения. Оба метода представляли близкие результаты. При этом средние значения и среднеквадратичные отклонения сглаженных распределений существенно отличались от соответствующих параметров исходного распределения. В окончательном анализе для исключения возможного искажения результатов процедуру сглаживания не использовали. Подробные результаты сглаживания показателей травматизма пожарных представлены в статье [10].

**Общие данные.** Уровень средневзвешенного риска поражений областей тела у личного состава ФПС МЧС России составил  $(11,96 \pm 0,89) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год), что было больше, чем уровень производственного травматизма, так как на каждый случай травмы в среднем в общем массиве приходилось 1,3 диагноза, в том числе, при пожаротушении и ликвидации последствий других ЧС – 1,4, что может свидетельствовать о развитии сочетан-

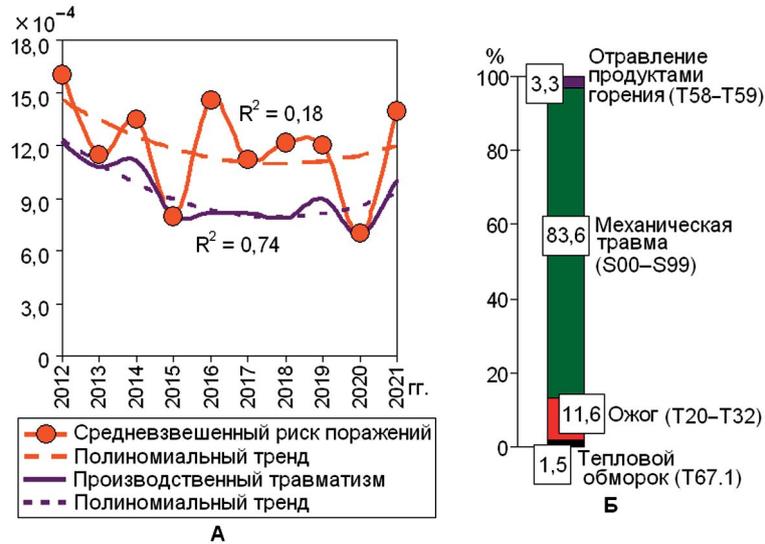


Рис. 2. Динамика средневзвешенного риска поражений областей тела и производственного травматизма личного состава ФПС МЧС России (А), структура травм от воздействий внешних причин (Б).

ных и комбинированных травм и, возможно, с более тяжелыми последствиями.

Динамика средневзвешенного риска поражений областей тела и производственного травматизма личного состава ФПС МЧС России показана на рис. 2А, в том числе, структура от воздействий внешних причин (рис. 3Б). Структура травм по группам XIX класса по МКБ-10 у всего личного состава и персонала ФПС МЧС России наглядно изображена на рис. 3А. Статистически значимые различия

вероятности поражений областей тела представлены в публикации [5]. При разных по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды показывают тенденции уменьшения данных травматизма. Конгруэнтность кривых – сильная, положительная и статистически достоверно значимая ( $r = 0,686$ ;  $p < 0,05$ ), что может указывать на влияние в их развитии одинаковых (однаправленных) факторов и в какой-то степени – на валидность наших исследований. В структуре внешних

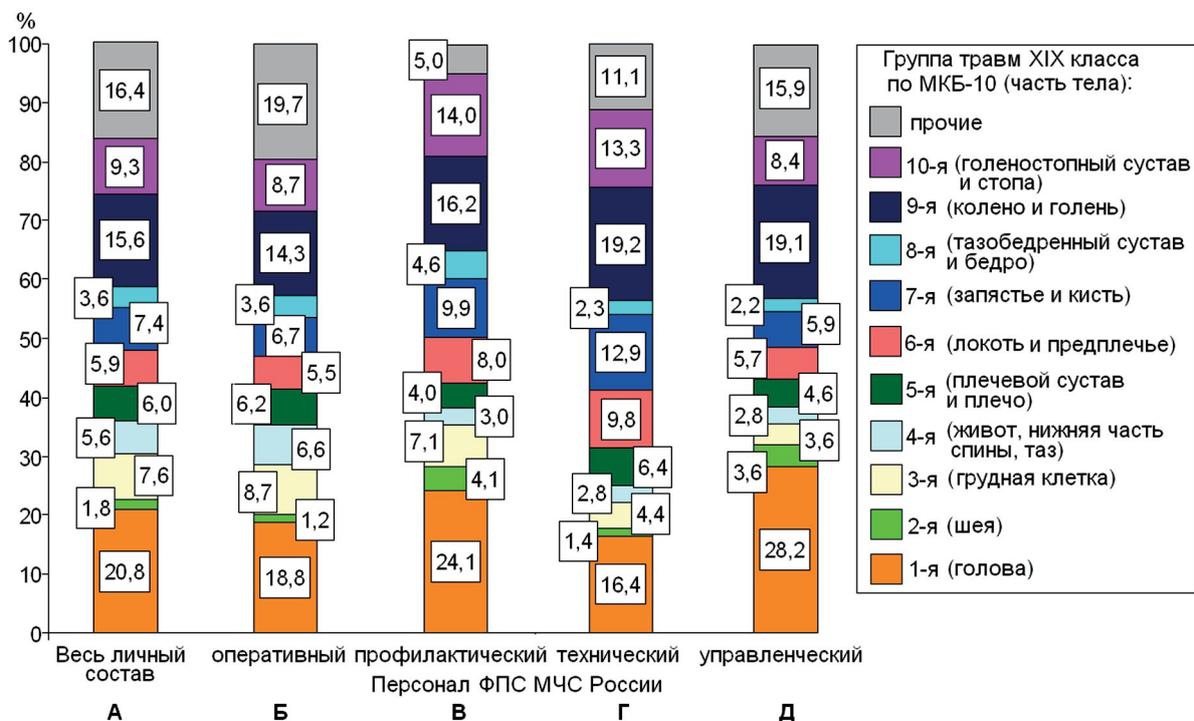


Рис. 3. Структура групп травм XIX класса по МКБ-10 у личного состава ФПС МЧС России, в том числе, по категориям персонала (адаптировано по [5]).

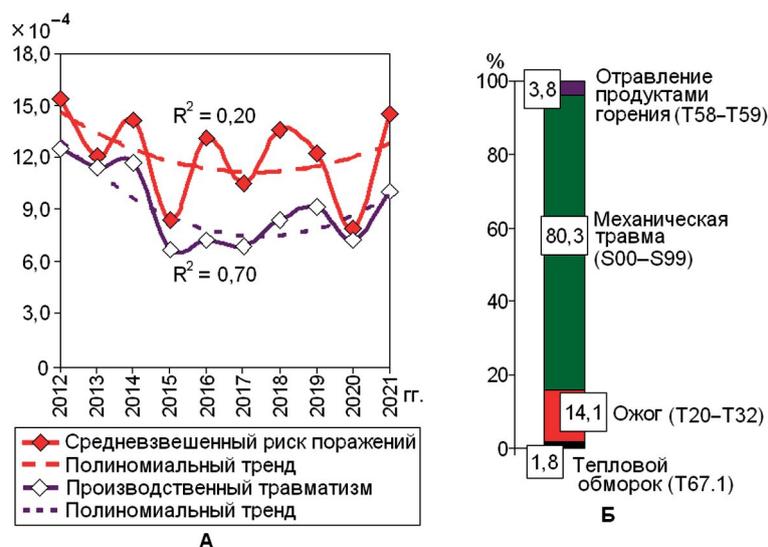


Рис. 4. Динамика средневзвешенного риска поражений областей тела и производственного травматизма оперативного состава ФПС МЧС России (А), структура травм от воздействий внешних причин (Б).

воздействий при производственном травматизме личного состава ФПС МЧС России механические травмы составили 83,6%, ожоги – 11,6%, тепловые обмороки – 1,5%, отравления продуктами горения – 3,3%.

**Оперативный состав.** Уровень производственного травматизма оперативного состава ФПС МЧС России, который участвует в оперативных дежурствах, проводит пожаротушение и ликвидацию других ЧС, был  $(9,12 \pm 0,69) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год). Уровень средневзвешенного риска поражений областей тела оказался больше –  $(12,19 \pm 0,80) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год), так как на 1 травму приходилось 1,3 нозологий. При разных по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды показывают тенденции уменьшения данных о травматизме (рис. 4А). Конгруэнтность кривых – сильная, положительная и статистически достоверно значимая ( $r = 0,725$ ;  $p < 0,05$ ), что может указывать на влияние в их развитии одинаковых (однаправленных) факторов. В структуре внешних воздействий у оперативного состава механические травмы составили 80,3%, ожоги – 14,1%, тепловые обмороки – 1,8%, отравления продуктами горения – 3,8% (см. рис. 4Б). Структура групп травм XIX класса по МКБ-10 при производственном травматизме оперативного состава ФПС МЧС России представлена на рис. 3Б.

**Профилактический персонал.** Уровень производственного травматизма профилактического персонала, осуществляющего надзорную деятельность за соблюдением мер предупреждения пожаров в регионах России,

был  $(6,36 \pm 0,74) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год). Уровень средневзвешенного риска поражений областей тела у них оказался больше –  $(8,61 \pm 0,91) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год), так как на 1 травму приходилось 1,3 нозологий. При низких по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды напоминают U-кривые с тенденцией увеличения в последний период наблюдения (рис. 5А). Конгруэнтность кривых – низкая, положительная и статистически недостоверная ( $r = 0,216$ ;  $p > 0,05$ ), что может указывать на влияние в их развитии разных (разнонаправленных) факторов. В структуре внешних воздействий у профилактического персонала механические травмы составили 95%, ожоги – 5% (см. рис. 5Б). Структура групп травм XIX класса по МКБ-10 при производственном травматизме профилактического персонала представлена на рис. 3В.

**Технический персонал.** Уровень производственного травматизма технического персонала ФПС МЧС России был  $(7,26 \pm 0,87) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год). Уровень средневзвешенного риска поражений областей тела у них оказался больше –  $(8,61 \pm 2,26) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год), так как на 1 травму приходилось 1,2 нозологий. При низких по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды напоминают U-кривые с тенденцией увеличения в последний период наблюдения (рис. 6А). Конгруэнтность кривых – умеренная, положительная, но статистически недостоверная ( $r = 0,442$ ;  $p > 0,05$ ), что может указывать на влияние в их развитии разных (разнонаправленных) факторов. В структуре

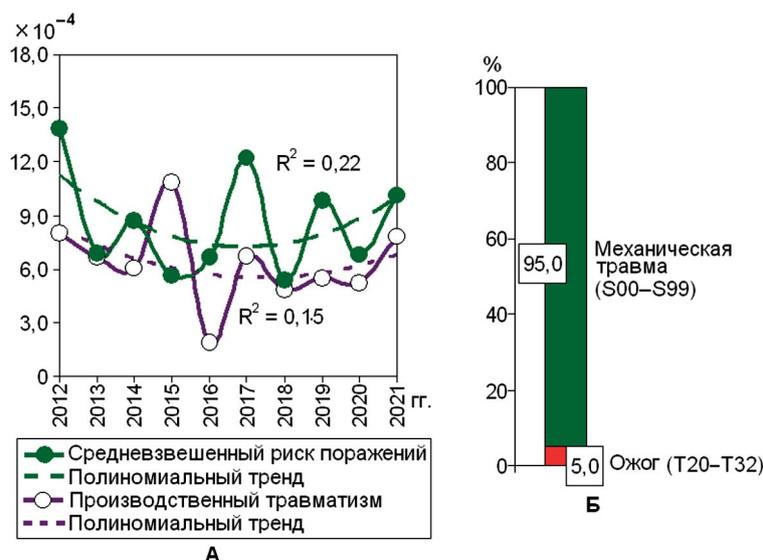


Рис. 5. Динамика средневзвешенного риска поражений областей тела и производственного травматизма профилактического персонала ФПС МЧС России (А), структура травм от воздействий внешних причин (Б).

внешних воздействий у профилактического персонала механические травмы составили 88,9%, ожоги – 1,9%, отравления продуктами горения – 9,2% (см. рис. 6Б). Структура групп травм XIX класса по МКБ-10 при производственном травматизме технического персонала ФПС МЧС России представлена на рис. 3Г.

**Управленческий персонал.** Уровень производственного травматизма управленческого персонала ФПС МЧС России был  $(11,97 \pm 0,90) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год). Уровень средневзвешенного риска поражений областей тела у управленческого персонала оказался больше –  $(16,32 \pm 2,09) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год), так как на 1 травму приходилось 1,3 нозологий. Высокий уровень по-

ражений областей тела у управленческого персонала обуславливается высокими профессиональными нагрузками, более старшим возрастом и достаточно частым участием их в пожаротушении и ликвидации других ЧС.

При разных по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды показывают тенденции уменьшения данных (рис. 7А). Конгруэнтность кривых – сильная, положительная и статистически достоверно значимая ( $r = 0,712$ ;  $p < 0,05$ ), что может указывать на влияние в их развитии одинаковых (однаправленных) факторов. В структуре внешних воздействий у управленческого персонала механические травмы составили 84,1%, ожоги – 13,6%, отравления продуктами

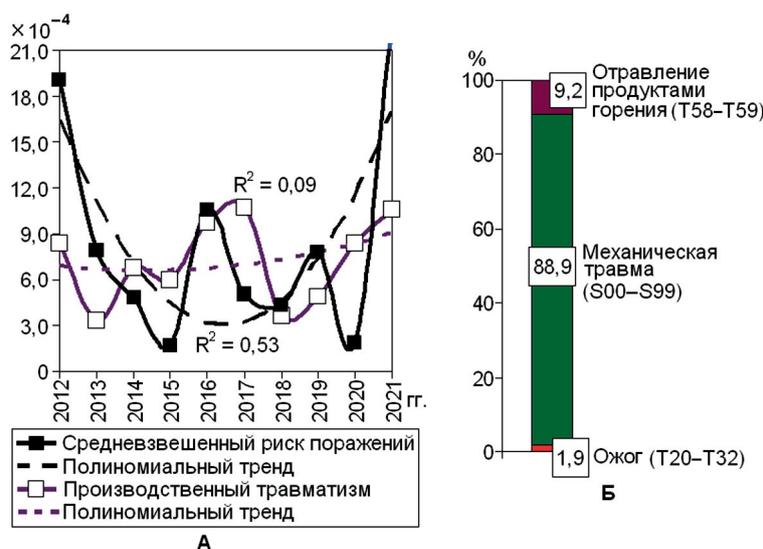
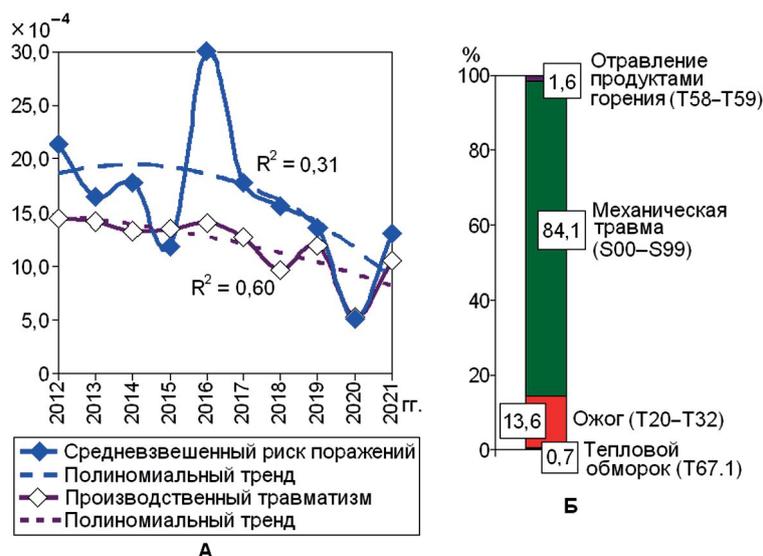


Рис. 6. Динамика средневзвешенного риска поражений областей тела и производственного травматизма технического персонала ФПС МЧС России (А), структура травм от воздействий внешних причин (Б).



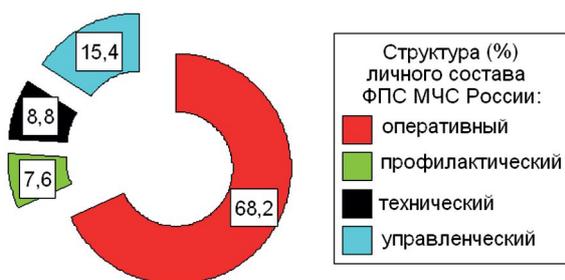
**Рис. 7.** Динамика средневзвешенного риска поражений областей тела и производственного травматизма управленческого персонала ФПС МЧС России (А), структура травм от воздействий внешних причин (Б).

горения – 1,6, тепловые обмороки – 0,7% (см. рис. 7Б). Структура групп травм XIX класса по МКБ-10 при производственном травматизме управленческого персонала ФПС МЧС России представлена на рис. 3Д.

Возраст травмированных пожарных и профессиональный стаж работы получили из базы данных [11]. Средний возраст личного состава ФПС МЧС России, получившего травмы, был (36,2 ± 0,3) года при стаже деятельности (10,2 ± 0,3) года.

Среднегодовое число личного состава ФПС МЧС России было (191,3 ± 3,3) тыс. человек, в том числе, оперативного состава – (130,4 ± 2,4) тыс. человек, профилактического – (14,6 ± 0,2) тыс., технического – (16,8 ± 0,3) тыс., управленческого персонала – (29,5 ± 0,5) тыс. человек. Структура личного состава ФПС МЧС России по категориям представлена на рис. 8.

В тексте представлены средние арифметические показатели и их ошибки. Развитие показателей изучили с помощью анализа динамических рядов, для чего использовали



**Рис. 8.** Структура личного состава ФПС МЧС России.

полиномиальный тренд 2-го порядка. Коэффициент детерминации ( $R^2$ ) показывал связь построенного тренда с реальной тенденцией развития полученных показателей, чем больше был  $R^2$  (максимальный 1,0), тем более объективным был тренд [1]. Взаимосвязь (конгруэнтность) трендов оценивали при помощи коэффициента корреляции Пирсона.

### Результаты и их анализ

Зная численность ( $x$ ) личного состава пожарной охраны (гарнизона, субъекта России и т.д.), средний возраст ( $t$ ) и профессиональный стаж работы ( $s$ ), по формуле (1) можно оценить прогнозируемое количество травм в целом ( $y$ ), притом что отдельные слагаемые в формуле соответствуют числу травм областей тела у пожарных, которые соотносятся с МКБ-10. Прогнозируемое количество травм у личного состава ФПС МЧС России в целом:

$$y = (2,49 \cdot z_1 + 0,21 \cdot z_2 + 0,91 \cdot z_3 + 0,68 \cdot z_4 + 0,72 \cdot z_5 + 0,71 \cdot z_6 + 0,88 \cdot z_7 + 0,43 \cdot z_8 + 1,87 \cdot z_9 + 1,11 \cdot z_{10} + 1,11 \cdot z_{11}) \cdot 10^{-4} \times (2,54 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 2,98 \cdot 10^{-2} \cdot t + 1,72) \times (-2,94 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 - 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot s + 1,24), \quad (1)$$

где здесь и в (2, 3, 4)  $y$  – число производственных травм в ФПС МЧС России;

$x$  – численность личного состава ФПС МЧС России, человек;

$t$  – средний возраст, лет;

$s$  – средний профессиональный стаж, лет;

$z_1-z_{11}$  – прогнозируемое число поражений областей тела – производное от умножения соответствующего коэффициента на численность личного состава на 10 тыс. человек ( $\times 10^{-4}$ ):  $z_1$  – головы,

$z_2$  – шеи,  $z_3$  – грудной клетки,  $z_4$  – живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза,  $z_5$  – плечевого пояса и плеча,  $z_6$  – локтя и предплечья,  $z_7$  – запястья и кисти,  $z_8$  – области тазобедренного сустава и бедра,  $z_9$  – колена и голени,  $z_{10}$  – области голеностопного сустава и стопы,  $z_{11}$  – других внешних воздействий – термические и химические ожоги (Т20–Т32), отравления продуктами горения (Т57–Т59), тепловые обмороки (Т67.1).

Значения прогностических коэффициентов в формуле множественной регрессии соответствуют средневзвешенному риску возникновения общего количества производственных травм и поражений определенной области тела у пожарных, для оценки которого использовались показатели травматизма личного состава ФПС МЧС России за 2012–2021 гг. [5].

Для проверки значимости построенной модели (1) использовали критерий Фишера. Значение F-статистики с (1, 9) степенями свободы для регрессии равно 120,9. Критическое значение для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  соответствует  $F_{0,95}(1, 9) = 5,12$ . Поскольку полученное значение F-статистики больше  $F_{0,95}(1, 9)$ , модель (1) является значимой. Коэффициент детерминации построенной регрессии ( $R^2$ ) составляет 0,931.

В зависимости от вида деятельности личного состава рассчитали вероятности поражений областей тела при производственном травматизме оперативного состава, профилактического, технического и управленческого персонала.

**Оперативный персонал.** Прогнозируемое число производственных травм:

$$y = (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} + z_{11}) \cdot 10^{-4} \times (7,99 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 6,50 \cdot 10^{-2} \cdot t + 2,28) \cdot 10^{-4} \times (-2,93 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 - 2,00 \cdot 10^{-2} \cdot s + 1,25), \quad (2)$$

где  $y$  – число производственных травм у оперативного состава;

$x$  – численность оперативного состава, человек;

$t$  – средний возраст оперативного состава, лет;

$s$  – средний профессиональный стаж оперативного состава, лет;

$z_1 - z_{11}$  – прогнозируемое число поражений областей тела.

Для проверки значимости построенной модели (2) использовали критерий Фишера. Значение F-статистики с (1, 9) степенями свободы для регрессии (2) равно 27,2. Критическое значение для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  соответствует  $F_{0,95}(1, 9) = 5,12$ . Поскольку полученное значение F-статистики больше  $F_{0,95}(1, 9)$ ,

модель (2) является значимой. Коэффициент детерминации построенной регрессии ( $R^2$ ) составляет 0,752.

**Профилактический персонал.** Прогнозируемое число производственных травм:

$$y = (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} + z_{11}) \cdot 10^{-4} \times (2,81 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 0,216 \cdot t + 4,86) \times (3,17 \cdot 10^{-3} \cdot s^2 - 6,64 \cdot 10^{-2} \cdot s + 0,998), \quad (3)$$

где  $y$  – число производственных травм у профилактического персонала;

$x$  – численность профилактического персонала, человек;

$t$  – средний возраст профилактического персонала, лет;

$s$  – средний профессиональный стаж профилактического персонала, лет;

$z_1 - z_{11}$  – прогнозируемое число поражений областей тела.

Для проверки значимости построенной модели (3) использовали критерий Фишера. Значение F-статистики с (1, 8) степенями свободы для регрессии (3) равно 10,26. Критическое значение для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  соответствует  $F_{0,95}(1, 8) = 5,32$ . Поскольку полученное значение F-статистики больше  $F_{0,95}(1, 8)$ , модель (3) является значимой. Коэффициент детерминации построенной регрессии ( $R^2$ ) составляет 0,539.

**Технический персонал.** Прогнозируемое число производственных травм:

$$y = (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} + z_{11}) \cdot 10^{-4} \times (-2,78 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 1,46 \cdot 10^{-2} \cdot t + 0,825) \times (-3,62 \cdot 10^{-3} \cdot s^2 + 8,36 \cdot 10^{-2} \cdot s + 0,755), \quad (4)$$

где  $y$  – число производственных травм у технического персонала;

$x$  – численность технического персонала, человек;

$t$  – средний возраст технического персонала, лет;

$s$  – средний профессиональный стаж технического персонала, лет;

$z_1 - z_{11}$  – прогнозируемое число поражений областей тела.

Для проверки значимости построенной модели (4) использовали критерий Фишера. Значение F-статистики с (1, 9) степенями свободы для регрессии (4) равно 7,76. Критическое значение для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  соответствует  $F_{0,95}(1, 9) = 5,12$ . Поскольку полученное значение F-статистики больше  $F_{0,95}(1, 9)$ , модель (4) является значимой. Коэффициент детерминации построенной регрессии ( $R^2$ ) составляет 0,463.

**Управленческий персонал.** Прогнозируемое число производственных травм:

$$y = (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9 + z_{10} + z_{11}) \cdot 10^{-4} \times (-1,90 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 + 0,115 \cdot 10^{-2} \cdot t - 0,470) \times (3,37 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 - 4,07 \cdot 10^{-2} \cdot s + 1,50), \quad (5)$$

где  $y$  – число производственных травм у управленческого персонала;

$x$  – численность управленческого персонала, человек;

$t$  – средний возраст управленческого персонала, лет;

$s$  – средний профессиональный стаж управленческого персонала, лет;

$z_1-z_{11}$  – прогнозируемое число поражений областей тела.

Для проверки значимости построенной модели (5) использовали критерий Фишера. Значение  $F$ -статистики с (1, 9) степенями свободы для регрессии (5) равно 11,34. Критическое значение для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  соответствует  $F_{0,95}(1, 9) = 5,12$ . Поскольку полученное значение  $F$ -статистики больше  $F_{0,95}(1, 9)$ , модель (5) является значимой. Коэффициент детерминации построенной регрессии ( $R^2$ ) составляет 0,557.

### Предлагаемый способ поясняется примерами

*Пример 1.* Численность личного состава ФПС МЧС России Санкт-Петербурга – 4180 человек. Средний возраст личного состава – 33,6 года, средний стаж – 12,2 года. По формуле (1) вычисляем прогнозируемое количество травм у личного состава ФПС МЧС России Санкт-Петербурга на 10 лет, для чего количество личного состава умножаем на  $10^{-4}$  (6).

$$y = (2,49 \cdot x_1 + 0,21 \cdot x_2 + 0,91 \cdot x_3 + 0,68 \cdot x_4 + 0,72 \cdot x_5 + 0,71 \cdot x_6 + 0,88 \cdot x_7 + 0,43 \cdot x_8 + 1,87 \cdot x_9 + 1,11 \cdot x_{10} + 1,11 \cdot x_{11}) \cdot 10^{-4} \times (2,54 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 2,98 \cdot 10^{-2} \cdot t + 1,72) \times (-2,94 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 - 1,76 \cdot 10^{-2} \cdot s + 1,24). \quad (6)$$

Прогнозируемое количество травм у личного состава ФПС МЧС России Санкт-Петербурга на 10 лет составляет 49, в том числе, травм областей тела, головы – 10, шеи – 1, грудной клетки – 4, живота, нижней части спины, пояс-

ничного отдела позвоночника и таза – 3, плечевого пояса и плеча – 3, локтя и предплечья – 3, запястья и кисти – 4, области тазобедренного сустава и бедра – 2, колена и голени – 8, области голеностопного сустава и стопы – 5, термических и химических ожогов, отравлений продуктами горения, тепловых обмороков – 8.

*Пример 2.* Численность оперативного состава ФПС МЧС России Красноярского края – 3985 человек. Средний возраст личного состава – 35,7 года, средний стаж – 12,5 лет. По формуле (2) вычисляем прогнозируемое количество травм у оперативного состава ФПС МЧС России Красноярского края на 10 лет, для чего количество личного состава умножаем на  $10^{-4}$  (7).

$$y = (2,30 \cdot x_1 + 0,14 \cdot x_2 + 1,06 \cdot x_3 + 0,81 \cdot x_4 + 0,76 \cdot x_5 + 0,67 \cdot x_6 + 0,82 \cdot x_7 + 0,43 \cdot x_8 + 1,74 \cdot x_9 + 1,06 \cdot x_{10} + 2,40 \cdot x_{11}) \cdot 10^{-4} \times (7,99 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 6,50 \cdot 10^{-2} \cdot t + 2,28) \times (-2,93 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 - 2,00 \cdot 10^{-2} \cdot s + 1,25). \quad (7)$$

Прогнозируемое количество травм у оперативного состава ФПС МЧС России Красноярского края на 10 лет составляет 45, в том числе, травм областей тела, головы – 9, шеи – 1, грудной клетки – 4, живота, нижней части спины, поясничного отдела позвоночника и таза – 3, плечевого пояса и плеча – 3, локтя и предплечья – 3, запястья и кисти – 3, области тазобедренного сустава и бедра – 2, колена и голени – 6, области голеностопного сустава и стопы – 4, термических и химических ожогов, отравлений продуктами горения, тепловых обмороков – 9.

### Заключение

Использование способа позволяет прогнозировать общее число производственных травм у пожарных, в том числе, поражений определенных областей и частей тела механическими, термическими и химическими внешними агентами воздействия, по категориям личного состава (оперативного состава, профилактического, технического и управленческого персонала) Федеральной противопожарной службы МЧС России и, тем самым, рассчитать необходимые силы и средства по их лечению и реабилитации.

### Литература

1. Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. М. : Финансы и статистика : Инфра-М, 2010. 320 с.
2. Гришин В.Ю., Булдакова Е.Г., Истомин Р.С., Ковшов С.В. Специфика многофакторного корреляционно-регрессионного анализа при исследовании уровня травматизма на предприятиях ОАО «СУЭК-Кузбасс» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 5. С. 231–233.

3. Девятченко Л.Д., Соколова Э.И. Корреляция факторизованных условий труда и травматизма в черной металлургии // Изв. Высш. учеб. заведений. Черная металлургия. 2015. Т. 58, № 2. С. 127–133. DOI: 10.17073/0368-0797-2015-2-127-133
4. Дементьева Ю.В., Раенок Д.Л., Матафонов А.В. Ретроспективный прогноз производственного травматизма с учетом степени тяжести повреждения здоровья пострадавших // Пробл. безопасности рос. о-ва. 2017. № 2. С. 56–68.
5. Евдокимов В.И., Бобринев Е.В., Ветошкин А.А., Кондашов А.А. Структура нозологий и риски развития производственного травматизма личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2012–2021 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2023. № 1. С. 13–41. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-1-13-41.
6. Завьялов А.М., Дементьева Ю.В., Завьялова Ю.В., Раенок Д.Л. Прогнозирование производственного травматизма на основе множественного регрессионного анализа // Пробл. безопасности рос. о-ва. 2017. № 2. С. 36–50.
7. Кабанов Е.И. Инновационный подход к определению ущерба при матричной оценке рисков травматизма и профессиональной заболеваемости // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. М., 2021. Т. 2. С. 85–87.
8. Калинина Е.С. Применение корреляционно-регрессионного анализа для прогнозирования риска производственного травматизма на угольных шахтах // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты : сб. материалов науч.-практ. конф. Новосибирск, 2017. С. 92–97.
9. Левашов С.П., Шкрабак В.С. Оценка потенциальных факторов рисков травматизма с использованием модели логистической регрессии // Аграр. науч. журн. 2015. № 2. С. 45–52.
10. Маштаков В.А., Кондашов А.А., Бобринев Е.В. [и др.]. Изучение динамики рисков гибели и травматизма личного состава Федеральной противопожарной службы с использованием сглаживания временных рядов // Безопасность техноген. и природных систем. 2022. № 3. С. 4–11. DOI: 10.23947/2541-9129-2022-3-4-11.
11. Порошин А.А., Харин В.В., Бобринев Е.В. [и др.]. Российская Федерация. Банк статистических данных по заболеваемости, травматизму, инвалидности и гибели личного состава подразделений МЧС России при выполнении служебных обязанностей: свидетельство о государственной регистрации базы данных RU 2015621061, опубл. 13.07.2015; заявка № 2015620391, 17.04.2015; правообладатель: Всерос. науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России.
12. Татаренко В.И., Усикова О.В. О статистической модели численности пострадавших от несчастных случаев на производстве // Вестник НГУЭУ. 2015. № 1. С. 148–155.

Поступила 17.06.2023 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

**Участие авторов:** В.И. Евдокимов – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, подготовка иллюстраций, написание статьи; Е.В. Бобринев – сбор и обработка первичных данных, редактирование статьи; А.А. Кондашов – сбор и обработка первичных данных, расчеты формул множественной регрессии, редактирование статьи; А.А. Ветошкин – согласование производственных травм с группами XIX класса по МКБ-10, редактирование статьи.

**Для цитирования.** Евдокимов В.И., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Ветошкин А.А. Способ прогнозирования поражений областей тела у пожарных при производственном травматизме // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2023. № 4. С. 5–17. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-4-05-17.

---

## The method to predict damage of body areas due to occupational injury among firefighters

**Evdokimov V.I.<sup>1</sup>, Bobrinev E.V.<sup>2</sup>, Kondashov A.A.<sup>2</sup>, Vetoshkin A.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia  
(4/2, Academica Lebedeva Str. St. Petersburg, 194044, Russia);

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia  
(12, mkr. VNI IPO, Balashikha, Moscow region, 143903, Russia)

✉ Vladimir Ivanovich Evdokimov – Dr. Med. Sci. Prof., Principal Research Associate, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Evgeny Vasil'yevich Bobrinev – PhD Biol. Sci., Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia (12, mkr. VNI IPO, Balashikha, Moscow region, Russia), ORCID: 0000-0001-8169-6297, e-mail: ot del\_1\_3@mail.ru;

Andrey Alexandrovich Kondashov – PhD Phys.-Mathemat. Sci., Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection, EMERCOM of Russia (12, mkr. VNIIPo, Balashikha, Moscow region, Russia), ORCID: 0000-0002-2730-1669, e-mail: akond2008@mail.ru;

Aleksandr Alekサンドрович Vetoshkin – PhD Med. Sci. Associate Prof., orthopedic trauma surgeon, traumatology and orthopedics department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0003-3258-2220, e-mail: totoalex5@gmail.com

### Abstract

**Background.** Occupational injuries indicate the level of safety at work and are subject to controlled management. Impossible to eliminate entirely, injuries lend to minimization only. Injuries are investigated not only by medical professionals exclusively. At the same time, by knowing the occupational injury dynamics and the types of potential body injuries, we can prospectively assess the required capacities and resources to eliminate the consequences.

**The objective** is to develop a tool to forecast the scale of occupational body injury in firefighters of the Federal Firefighting Service (FFS) of the EMERCOM of Russia.

**Methods.** The paper analyses occupational injury reports for 2012–2021 produced by the FFS of the EMERCOM of Russia. Total 1769 injuries were registered and matched to injury groups contained in chapter XIX of the International Classification of Diseases and Behavioral Disorders (ICD-10). Personnel injury risks for different body parts are identified and calculated with adjustments for non-identified (absence of diagnoses in injury records) and poorly identified injuries (generalized diagnoses are given). The body injury risk level among the personnel was  $(11.96 \pm 0.89) \cdot 10^{-4}$  injuries/(individual · year), which was greater than the level of injuries –  $(9.19 \pm 0.54) \cdot 10^{-4}$ , since each case of injury correlated with an average of 1.3 diagnoses, with 1.4 in firefighters, including those involved in elimination of other emergency consequences, conducive of concomitant and combined injuries. The curves show high, positive and statistically significant congruence ( $r = 0.686$ ;  $p < 0.05$ ), suggesting the impact of identical (unidirectional) factors as an underlying cause. External impacts include mechanical injuries amounting to 83.6 %, burns – 11.6 %, heat syncope – 1.5 %, poisoning by combustion products – 3.3 %. The average age of the injured FFS personnel of the EMERCOM of Russia was  $(36.2 \pm 0.3)$  years, including  $(10.2 \pm 0.3)$  years of work experience, with the overall FFS forces standing at  $(191.3 \pm 3.3)$  thousand people.

**Results and discussion.** The predicted number of occupational injuries among the FFS personnel of the EMERCOM of Russia was calculated using the discriminant formula:  $y = (2.49 \cdot z_1 + 0.21 \cdot z_2 + 0.91 \cdot z_3 + 0.68 \cdot z_4 + 0.72 \cdot z_5 + 0.71 \cdot z_6 + 0.88 \cdot z_7 + 0.43 \cdot z_8 + 1.87 \cdot z_9 + 1.11 \cdot z_{10} + 1.11 \cdot z_{11}) \cdot 10^{-4} \times (2.54 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 2.98 \cdot 10^{-2} \cdot t + 1.72) \times (-2.94 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 - 1.76 \cdot 10^{-2} \cdot s + 1.24)$ , where y is the number of occupational injuries of the FFS of the EMERCOM of Russia; x is the number of personnel (absolute); t is the average age, years; s is the average professional experience, years;  $z_1$ – $z_{11}$  is the predicted number of body damages (contained in chapter XIX of the ICD-10) derived by multiplying the corresponding coefficient by the number of firefighters per 10 thousand people ( $10^{-4}$ ):  $z_1$  is head (S00–S09),  $z_2$  is neck (S10–S19),  $z_3$  is chest (S20–S29),  $z_4$  is abdomen, lower back, lumbar spine and pelvis (S30–S39),  $z_5$  is shoulder girdle and shoulder (S40–S49),  $z_6$  is elbow and forearm (S50–S59),  $z_7$  is wrists and carpus (S60–S69),  $z_8$  is hip and thigh areas (S70–S79),  $z_9$  is knee and lower leg (S80–S89),  $z_{10}$  is ankle and feet (S90–S99),  $z_{11}$  is other external impacts, i.e. thermal and chemical burns (T20–T32), combustion by-product poisoning (T58–T59), heat syncope (T67.1). Linear discriminant formulas are provided to calculate body lesions split by categories of personnel (operational, preventive, technical and managerial personnel).

**Conclusions.** The method allows to predict the total number of occupational injuries among firefighters, including injuries of certain body areas and thereby calculate the resources and efforts required for treatment and rehabilitation.

**Keywords:** emergency; fire; risk; injury; burn, combustion by-product poisoning, firefighter; multiple linear regression, the EMERCOM of Russia.

### References

1. Afanas'ev V.N., Juzbashev M.M. Analiz vremennyh rjadov i prognozirovanie [Time Series Analysis and Forecasting. Moscow. 2010. 320 p. (In Russ.)
2. Grishin V.Ju., Buldakova E.G., Istomin R.S., Kovshov S.V. Specifika mnogofaktornogo korreljacionno-regressionnogo analiza pri issledovanii urovnja travmatizma na predpriyatijah OAO «SUJeK-Kuzbass» [Issues of multifactor correlation and regression analysis in the injury rate study at 'SUJeK-Kuzbass' JSC enterprises]. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal)* [Mining informational and analytical bulletin (Scientific and technical journal)]. 2012; (5):231–233. (In Russ.)
3. Devyatchenko L.D., Sokolova Je.I. Korreljacija faktorizovannyh uslovij truda i travmatizma v chernoj metallurgii [Correlation of factored working conditions and injuries in the steel industry]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaja metallurgija* [Izvestiya. Ferrous Metallurgy]. 2015; 58(2):127–133. DOI: 10.17073/0368-0797-2015-2-127-133. (In Russ.)
4. Dement'eva Ju.V., Raenok D.L., Matafonov A.V. Retrospektivnyj prognoz proizvodstvennogo travmatizma s uchetom stepeni tjazhesti povrezhdenija zdorov'ja postradavshih [Retrospective forecast of an industrial traumatism sucheta the severity of damage to the health of victims]. *Problemy bezopasnosti rossijskogo obshhestva* [Security problems of the Russian society]. 2017; (2):56–68. (In Russ.)
5. Evdokimov V.I., Bobrinev E.V., Vetoshkin A.A., Kondashov A.A. Struktura nozologij i riski razvitija proizvodstvennogo travmatizma lichnogo sostava Federal'noj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii (2012–2021 gg.) [The composition of nosologies and occupational injury risks in officers of the Federal Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia (2012–2021)]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2023; (1):13–41. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-1-13-41. (In Russ.)
6. Zav'jalov A.M., Dement'eva Ju.V., Zav'jalova Ju.V., Raenok D.L. Prognozirovanie proizvodstvennogo travmatizma na osnove mnozhestvennogo regressionnogo analiza [Prediction of occupational injuries on the basis of multiple regression analysis]. *Problemy bezopasnosti rossijskogo obshhestva* [Security problems of the Russian society]. 2017; (2):36–50. (In Russ.)

7. Kabanov E.I. Innovacionnyj podhod k opredeleniju usherba pri matrichnoj ocenke riskov travmatizma i professional'noj zaboлеваemosti [An innovative approach of harm determining during matrix risk assessment of injuries and occupational diseases]. *Teoreticheskie i prikladnye voprosy kompleksnoj bezopasnosti* [Theoretical and applied comprehensive safety issues]: Scientific. Conf. Proceedings. Moscow. 2021; 2:85–87. (In Russ.)

8. Kalinina E.S. Primenenie korreljacionno-regressionnogo analiza dlja prognozirovaniya riska proizvodstvennogo travmatizma na ugol'nyh shahtah [Application of correlation and regression analysis to predict occupational injury risks at coal mines] *Fundamental'nye i prikladnye issledovanija: problemy i rezul'taty* [Fundamental and applied research: problems and results] : Scientific. Conf. Proceedings. Novosibirsk, 2017; 92–97. (In Russ.)

9. Levashov S.P., Shkrabak V.S. Ocenka potencial'nyh faktorov riskov travmatizma s ispol'zovaniem modeli logisticheskoy regressii [The assessment of potential injury risk factors using logistic regression model]. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal* [The agrarian scientific journal]. 2015; (2):45–52. (In Russ.)

10. Mashtakov V.A., Kondashov A.A., Bobrinev E.V. [et al.]. Izuchenie dinamiki riskov gibeli i travmatizma lichnogo sostava Federal'noj protivopozharnoj sluzhby s ispol'zovaniem sglazhivaniya vremennyh rjadov [Study of Death and Injury Risks Dynamics of the Federal Fire-Fighting Service Personnel Using Time Series Smoothing]. *Bezopasnost' tehnogennyh i prirodnyh system* [Safety of Technogenic and Natural Systems]. 2022; (3):4–11. DOI: 10.23947/2541-9129-2022-3-4-11. (In Russ.)

11. Poroshin A.A., Harin V.V., Bobrinev E.V. [et al.]. Rossijskaja Federacija. Bank statisticheskikh dannyh po zaboлеваemosti, travmatizmu, invalidnosti i gibeli lichnogo sostava podrazdelenij MChS Rossii pri vypolnenii sluzhebnyh objazannostej: svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh RU 2015621061, opubl. 13.07.2015 [Bank of statistical data on morbidity, injury, disability and death of personnel of the EMERCOM of Russia units in the performance of official duties: database registration certificate RU 2015621061, publ. 07/13/2015] (In Russ.)

12. Tatarenko V.I., Usikova O.V. O statisticheskoy modeli chislenosti postradavshih ot neschastnyh sluchaev na proizvodstve [On statistical model of number of injured by accidents at work]. *Vestnik NGUJeU* [Vestnik NSUEM]. 2015; (1):148–155. (In Russ.)

Received 17.06.2023

**For citing:** Evdokimov V.I., Bobrinev E.V., Kondashov A.A., Vetoshkin A.A. Sposob prognozirovaniya porazhenij oblastej tela u pozharnyh pri proizvodstvennom travmatizme. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyakh*. 2023; (4):5–17. (In Russ.)

Evdokimov V.I., Bobrinev E.V., Kondashov A.A., Vetoshkin A.A. The method to predict damage of body areas due to occupational injury among firefighters. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2023; (4):5–17. DOI: 10.25016/2541-7487-2023-0-4-05-17.



## Вышла в свет монография



Евдокимов В.И., Бобринев Е.В., Кондашов А.А. Риски поражений областей тела при производственном травматизме личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2012–2021 гг.) : монография / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России. СПб. : Измайловский, 2023. 115 с. (Серия «Забоеваемость военнослужащих» ; вып. 20).

ISBN 978-5-00182-089-5. Тираж 500 экз.

Разделы 3.3. и 7 подготовлены совместно с А.А. Ветошкиным.

Проанализировали показатели производственного травматизма в 2012–2021 гг. личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России, в том числе, по причинам травм (технические, организационные, психофизиологические и опасные факторы пожаров), категориям персонала (оперативный, профилактический, технический и управленческий) и видам деятельности (оперативная, учебно-спортивная и повседневная). Уровень производственного травматизма составил  $(9,19 \pm 0,54) \cdot 10^{-4}$  травм/(человек · год), у работников–мужчин по экономике России был статистически достоверно больше –  $(16,50 \pm 1,09) \cdot 10^{-4}$  травм/ (человек · год) ( $p < 0,001$ ).

Рассчитали средневзвешенный риск поражений частей и областей тела по нозологиям, согласованным с XIX классом «Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин» (S00–T98) по Международной классификации заболеваний и расстройств поведения 10-го пересмотра. В зависимости от числа личного состава пожарных частей (гарнизона, субъекта России и пр.) при помощи множественного регрессионного анализа выявили зависимости для прогнозирования количества травм определенных областей тела пожарных. Эти показатели будут показывать возможные трудовые потери и материальные затраты, связанные с лечением и реабилитацией пострадавших.