

УДК 331.452

fireman87@bk.ru

**АНАЛИЗ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ
ФПС ГПС ПО СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE ANALYSIS OF LABOR PROTECTION
AND FORECASTING OF OPERATIONAL INJURIES
IN DIVISIONS OF FPS OF GPS ACROSS SVERDLOVSK REGION**

*Тужиков Е.Н., кандидат технических наук,
Перевалов А.С., кандидат технических наук,
Шавалеев М.Р., кандидат химических наук,
Елесина Ю.К., Хрулев В.В., Шевелева И.Г.,
Уральский институт Государственной
противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург*

*E.N. Tuzhikov, A.S. Perevalov, M.R. Shavaleev,
Y.K. Elesina, V.V.Khrulev, I.G. Sheveleva,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье приводится анализ состояния охраны труда (далее – ОТ) в подразделениях ФПС ГПС по Свердловской области за последние 5 лет. Представлены результаты расчетов по основным показателям состояния ОТ. Установлена математическая модель краткосрочного прогнозирования для предельных значений параметров гибели и травматизма среди личного состава подразделений ФПС ГПС по Свердловской области, и выполнен прогноз на 2018 год. Предложены эффективные пути профилактики производственного травматизма (далее – ПТ) в подразделениях ФПС ГПС по Свердловской области.

Ключевые слова: охрана труда, производственный травматизм, прогноз, личный состав пожарной охраны.

This article gives an analysis of the State labour protection offices of fire protection for the Sverdlovsk region over the past 5 years. Presents the results of the calculations on the major indicators of the State of occupational safety and health. Established a mathematical model for short-term forecasting of limit values for the parameters of the deaths and injuries among personnel of units of the fire brigade in the Sverdlovsk region and forecast in the year 2018. Propose effective ways of prevention of occupational injuries in the units of the fire brigade in the Sverdlovsk region.

Keywords: labor protection, occupational injuries, forecast, personnel of fire protection.

Охрана труда всегда являлась неотъемлемой частью профессиональной деятельности человека. Особое внимание правилам ОТ уделяется на сложных и опасных производствах и отраслях экономики. Одним из таковых является пожарная безопасность. Труд пожарных на-

прямую связан с риском для жизни и здоровья, неотделим от высоких физических нагрузок и работы в экстремальных условиях. В связи с чем, организация и обеспечение установленных условий труда сказывается, в итоге, на ключевых показателях ПТ – количестве травмированных

и погибших. Наряду с анализом состояния ПТ в любой отрасли экономики и сфере социальной жизни стоит прогнозирование основных показателей ОТ, как один из ориентиров в оценке эффективности принимаемых управленческих решений, так и выполняемых конкретных мероприятий в области ОТ.

Потребность в прогнозировании появляется при неопределённости в будущем из-за того, что эффект от принимающихся сегодня решений в течение определённого интервала времени не ощущается.

Прогнозирование – сложный научный процесс, основанный на системном установлении причинно-следственных связей и закономерностей в выявлении состояний и возможных путей развития внутренних процессов и явлений.

Оценка показателей, характеризующих явления и процессы для будущего, является неотъемлемой частью прогнозирования.

Прогнозирование распространяется на процессы, управление которыми в момент выработки прогноза: возможно в весьма малом диапазоне; совсем невозможно; возможно, но требует учета действия таких факторов, влияние которых не может быть полностью или однозначно определено.

Целью любого прогнозирования является выявление текущей тенденции и определение предполагаемого результата

в отношении изучаемого объекта на определённый момент времени в будущем [1]. В нашем случае решение научной задачи связано с управляемым социальным объектом прогнозирования – анализ состояния ОТ в подразделениях ФПС ГПС по Свердловской области.

Для выработки долгосрочных или оперативных мер по снижению ПТ необходимо прогнозирование условий состояния безопасности и возникновения опасных ситуаций.

Используя методы регрессионного анализа со своим математическим аппаратом, можно спрогнозировать на короткий период достаточно точно, при условии наличия достоверной статистической базы, показатели по гибели и травматизму, при этом правильно говорить об интервалах прогнозируемого значения, так как невозможно учесть все факторы, влияющие на искомую величину в предыдущие периоды времени и в будущем. Получив искомые данные, можем оценить эффективность работы по ОТ в подразделениях МЧС России и наметить основные направления в перспективе, т.е. осуществить превентивные мероприятия.

В целях автоматизации процесса всех вычислений будем использовать пакет Microsoft Excel (далее – MS Excel), содержащий в себе функции прогнозирования [1, 2].

В основу методики прогнозирования травматизма положены статистические данные по травматизму (рисунок 1).

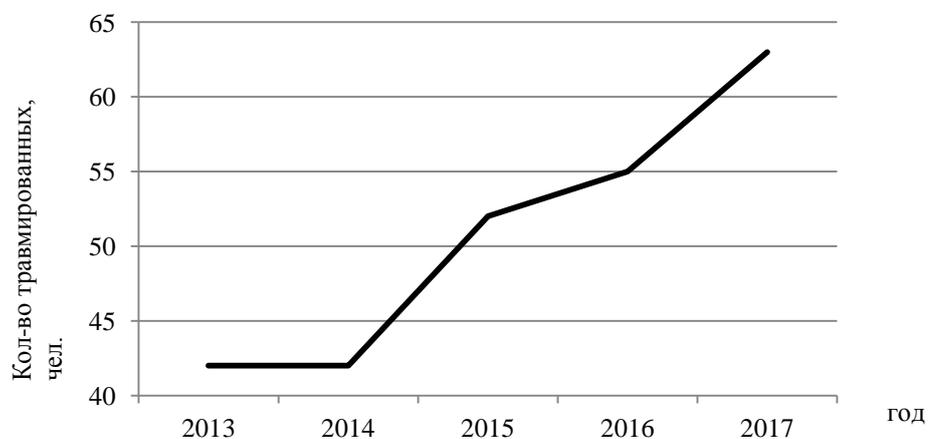


Рисунок 1. Диаграмма количества травмированных

Анализ статистических данных по ПТ среди личного состава подразделений МЧС России и ФПС ГПС по Свердловской области [3-8] показывает, что его изменение по годам в первом приближении можно считать линейным. Работы многих авторов [9-13] показывают, что в основу краткосрочного прогнозирования в первом приближении можно положить метод линейной регрессии.

Из данных рисунка 1 видно, что каждое последующее значение превосходит предыдущее, следовательно, в нашем ряде динамики (далее – РД) наблюдается явная тенденция к росту. Произведем аналитическое выравнивание РД по линейной функции:

$$\hat{y}_t = a_0 + a_1 t, \quad (1)$$

где t – порядковый номер периода;
 a_0 и a_1 – параметры искомого уравнения прямой.

Необходимые вычисления проводим с помощью MS Excel.

Так как в исходном РД наблюдается тенденция к росту, нет проявлений к необоснованному снижению либо увеличению, то выбирается линейная зависимость. Выравнивание можно производить по среднему темпу роста, среднему абсолютному приросту либо методом наименьших квадратов [9].

Техника выравнивания РД по прямой линии представлена в таблице 1.

Таблица 1
Расчетная таблица по травмированию личного состава

Год, х	y	t	t ²	yt	\hat{y}_t	$y_i - \hat{y}_t$	$(y_i - \hat{y}_t)^2$	$(y_i - \bar{y}_t)^2$
2013	42	-2	4	-84	39,8	2,2	4,84	77,44
2014	42	-1	1	-42	45,3	-3,3	10,89	77,44
2015	52	0	0	0	50,8	1,2	1,44	1,44
2016	55	1	1	55	56,3	-1,3	1,69	17,64
2017	63	2	4	126	61,8	1,2	1,44	148,84
Итого	$\sum y = 254$	$\sum t = 0$	$\sum t^2 = 10$	$\sum yt = 55$	$\sum \hat{y}_t = 254$	$\sum (y_i - \hat{y}_t) = 0$	$\sum (y_i - \hat{y}_t)^2 = 20,3$	$\sum (y_i - \bar{y}_t)^2 = 322,8$

В итоге, уравнение прямой, представляющее собой трендовую модель искомой функции, будет иметь вид:

$$\hat{y}_t = 34,3 + 5,5t. \quad (2)$$

Уравнение (2) показывает, что наблюдается тенденция увеличения травматизма (т.к. $a_1 > 0$, то в РД тенденция к увеличению): с 2013 по 2017 гг. травматизм в среднем возрос на $a_1 = 5,5$ (≈ 6) человек в год.

Качество полученной прогностической математической модели определяем посредством коэффициента корреляции R^2 . В нашем случае он составит $R^2 = 0,9371$. В нашем случае $0,7 \leq R^2 < 1$, это означает, что связь высокая (сильная) [11, 12].

Для поиска уравнения, наиболее точно отражающего динамику процесса или явления, воспользуемся расчетом стандартной ошибки:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_t)^2}{n - m - 1}}, \quad (3)$$

где n – число уровней ряда динамики; m – число параметров уравнения.

Поиск неизвестного уровня РД, находящегося за пределами данного ряда, называется экстраполяцией, которая осуществляется по среднему темпу роста, по среднему абсолютному приросту либо по аналитическому уравнению [14].

При наличии достоверной линии тренда, воспользуемся третьим способом.

Для расчета прогнозного значения количества травмированных на 2018 г., из таблицы 1 в уравнение (2), вместо t подставив 6, получим:

$$\widehat{y}_{2018} = 34,3 + 5,5 * 6 = 67,3.$$

На практике результат экстраполяции прогнозируемых явлений обычно

получают не точечными, а интервальными оценками [15].

Для определения границ интервалов воспользуемся формулой:

$$\hat{y}_t = \pm t_\alpha \sigma_{\hat{y}_t}, \quad (4)$$

где t_α – коэффициент доверия, который определяется по таблице t-распределения Стьюдента, при уровне значимости $\alpha=0,05$ (т.е. с вероятностью $P=0,95$) и числе степеней свободы $v = n - m$;

$\sigma_{\hat{y}_t} = \sqrt{\sum(y_i - \hat{y}_t)^2 / (n - m)}$ – остаточное среднее квадратическое отклонение от тренда (n – число уровней ряда динамики; m – число параметров адекватной модели тренда (для уравнения прямой $m=2$)).

Используя данные из таблицы 1 определим интервальную оценку дискретного прогноза на 2018 г. Согласно таблицы t-распределения Стьюдента, при $\alpha=0,05$ (уровень значимости) и $v = n - m=5-2=3$ (число степеней свободы), находим значение $t_\alpha=3,182$. При $\sum(y_i - \hat{y}_t)^2 = 20,3$ значение остаточного среднего квадратического отклонения

$$\sigma_{\hat{y}_t} = \sqrt{\sum(y_i - \hat{y}_t)^2 / n - m} = \sqrt{\frac{20,3}{3}} = 2,601.$$

Зная точечную оценку прогнозируемого значения количества травмированного личного состава, определяем вероятностные границы интервала $67,3 \pm 2,601 * 3,182$ (рисунок 2).

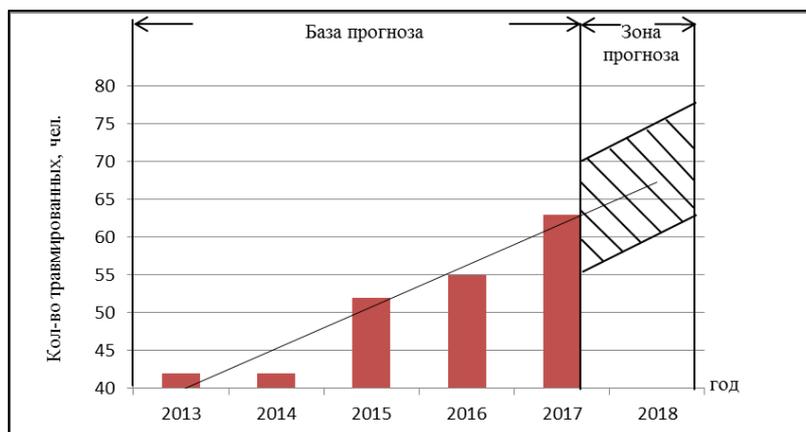


Рисунок 2. Прогноз количества травмированных в 2018 году

Следовательно, можно утверждать, что с вероятностью 0,95 количество травмированного личного состава подразделений МЧС России по Свердловской области в 2018 году составит не менее 60 человек и не более 76 человек.

Аналогично был сделан прогноз по количественному выражению гибели среди личного состава подразделений ФПС ГПС по Свердловской области на 2018 год. Основные расчетные значения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Расчетная таблица по гибели личного состава

Год, x	y	t	t ²	yt	\hat{y}_t	$y_i - \hat{y}_t$	$(y_i - \hat{y}_t)^2$	$(y_i - \bar{y}_t)^2$
2013	1	-2	4	-2	0,8	0,2	0,04	0
2014	0	-1	1	0	0,9	-0,9	0,81	1
2015	2	0	0	0	1	1	1	1
2016	1	1	1	1	1,1	-0,1	0,01	0
2017	1	2	4	2	1,2	-0,2	0,04	0
Итого	$\sum y = 5$	$\sum t = 0$	$\sum t^2 = 10$	$\sum yt = 1$	$\sum \hat{y}_t = 5$	$\sum (y_i - \hat{y}_t) = 0$	$\sum (y_i - \hat{y}_t)^2 = 1,9$	$\sum (y_i - \bar{y}_t)^2 = 2$

В итоге, уравнение прямой, представляющее собой трендовую модель искомой функции, будет иметь вид:

$$\hat{y}_t = 0,7 + 0,1t \quad (5)$$

Полученное уравнение (5) показывает, что, наблюдается незначительная тенденция к увеличению гибели (т.к. $a_1 > 0$, то в ряде данных тенденция к росту).

Из анализа статистических данных [3-8] за 2013-2017 гг. показатель по гибели в среднем возрос на $a_1 = 0,1$ человек в год, и колеблется от 0 до 2.

Следовательно, можно утверждать, что количество погибшего личного состава подразделений МЧС России по Свердловской области в 2018 году составит от 0 и не более 2 человек.

Прогноз уровня ПТ обязательно, должен быть дополнен оценкой травматизма по направлениям деятельности (либо по структурным подразделениям) с учетом их специфики, что позволит выявить скрытые тенденции в изменениях уровней ПТ и, соответственно, своевременно разработать превентивные меры.

Подобным образом могут быть произведены вычисления прогнозных значений профессиональной заболеваемости (далее – ПЗ) среди сотрудников (работников) пожарно-спасательных подразделений на основе статистической обработки исходных данных по ПЗ посредством теории вероятности и методов математической статистики.

Основные предложения по профилактике ПТ сводятся к формированию у личного состава подразделений ФПС

ГПС устойчивого понимания и выполнения следующих требований:

- не пренебрегать средствами индивидуальной защиты (далее – СИЗ);
- старшим должностным лицам осуществлять постоянный контроль за использованием личным составом СИЗ и правил по ОТ при выполнении служебных обязанностей;
- руководителям подразделений ответственно проводить расследования несчастных случаев и их разбор и др.

Эффективность предложенных мероприятий оценивается по разнообразным группам показателей: экономическим, социальным и инженерно-техническим. Каждая из групп показателей характеризуется по-своему:

- инженерно-технические – по коэффициенту безопасности оборудования, рабочих мест и т.п.;

- социальные – по росту численности личного состава, для которых условия труда соответствуют нормативным показателям снижения ПТ и ПЗ, повышения работоспособности, сокращения текучести кадров;

- экономические – по увеличению производительности труда, снижению трудоемкости работ, потере по временной нетрудоспособности, материальных затрат от ликвидации несчастных случаев.

В общем итоге, эффект от принимаемых мер по ОТ в подразделениях ФПС ГПС проявится в ключевых показателях социально-экономических последствий аварийности, ПТ и ПЗ.

Литература

1. Функции в Excel: справочник пользователя / А.А. Минько. М., 2007. 512 с.
2. Инструменты прогнозирования в Microsoft Excel. URL: <http://lumpics.ru/forecasting-in-excel/> (дата обращения: 20.09.2018).
3. О предоставлении статистической информации: письмо Главного управления МЧС России по Свердловской области от 19.01.2018 № 445-6-14 / Документ опубликован не был.
4. Анализ состояния охраны труда в системе МЧС России за 2017 год: письмо МЧС России от 23.04.2018 № 91-1892-18 / Документ опубликован не был.
5. Обзор о состоянии охраны труда, гибели и травматизма личного состава МЧС России при исполнении служебных обязанностей в 2010 году: письмо МЧС России от 29.03.2011 № 43-1247-18 / Документ опубликован не был.
6. Обзор о состоянии охраны труда, гибели и травматизма личного состава МЧС России при исполнении служебных обязанностей в 2012 году: письмо МЧС России от 02.04.2013 № 43-1403-18 / Документ опубликован не был.

7. Обзор о состоянии охраны труда, гибели и травматизма личного состава МЧС России при исполнении служебных обязанностей в 2014 году: письмо Уральского регионального центра МЧС России от 14.05.2015 № 6318-3-1-8 / Документ опубликован не был.

8. Анализ охраны труда в системе МЧС России за 2016 год: письмо МЧС России от 10.03.2017 № 43-1234-18 / Документ опубликован не был.

9. Кендалл М., Стьюарт А. Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976. 736 с.

10. Алексеева М.М. Планирование деятельности фирмы / М.М. Алексеева. М.: Финансы и статистика, 1998. 248 с.

11. Статистическое моделирование и прогнозирование / под. ред. А.Г. Гранберга. М., 1990. 382 с.

12. Романенко И.В. Социальное и экономическое прогнозирование. СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2000. 64 с.

13. Айвазян С.А., Мхитарян В.С., Зехин В.А. Многомерные статистические методы. М.: Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. 2003. 77 с.

14. Экстраполяция и интерполяция в динамических рядах URL: <https://studfiles.net/preview/3538769/page:28/> (дата обращения: 20.09.2018).

15. Шкрабак Р.В. Характеристика, анализ и прогноз производственного травматизма и эффективные пути его снижения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 4. С. 255-262.

References

1. Funktsii v Excel: spravochnik polzovatelya / A.A. Minko. - М.:EKSMO. 2007. - 512 s.

2. Instrumenty prognozirovaniya v Microsoft Excel [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://lumpics.ru/forecasting-in-excel/> (data obrashcheniya: 20.09.2018).

3. O predostavlenii statisticheskoy informatsii. Pismo Glavnogo upravleniya MChS Rossii po Sverdlovskoy oblasti ot 19.01.2018 № 445-6-14 / Dokument opublikovan ne byl.

4. Analiz sostoyaniya okhrany truda v sisteme MChS Rossii za 2017 god. Pismo MChS Rossii ot 23.04.2018 № 91-1892-18 / Dokument opublikovan ne byl.

5. Obzor o sostoyanii okhrany truda, gibeli i travmatizma lichnogo sostava MChS Rossii pri ispolnenii sluzhebnykh obyazannostey v 2010 godu. Pismo MChS Rossii ot 29.03.2011 № 43-1247-18 / Dokument opublikovan ne byl.

6. Obzor o sostoyanii okhrany truda, gibeli i travmatizma lichnogo sostava MChS Rossii pri ispolnenii sluzhebnykh obyazannostey v 2012 godu. Pismo MChS Rossii ot 02.04.2013 № 43-1403-18 / Dokument opublikovan ne byl.

7. Obzor o sostoyanii okhrany truda, gibeli i travmatizma lichnogo sostava MChS Rossii pri ispolnenii sluzhebnykh obyazannostey v 2014 godu. Pismo Uralskogo regionalnogo tsentra MChS Rossii ot 14.05.2015 № 6318-3-1-8 / Dokument opublikovan ne byl.

8. Analiz okhrany truda v sisteme MChS Rossii za 2016 god. Pismo MChS Rossii ot 10.03.2017 № 43-1234-18 / Dokument opublikovan ne byl.

9. Kendall M., Styuart A. Mnogomernyy statisticheskiy analiz i vremennyye ryady. - М.: Nauka. 1976. 736 s.

10. Alekseyeva, M.M. Planirovaniye deyatelnosti firmy [Tekst]: ucheb.-metod. posobiye / M.M. Alekseyeva.- М.: Finansy i statistika. 1998. – 248 s.

11. Statisticheskoye modelirovaniye i prognozirovaniye [Tekst] / pod. Red. A.G. Granberga. – М.: Finansy i statistika. 1990. – 382 s.

12. Romanenko, I.V. Sotsialnoye i ekonomicheskoye prognozirovaniye [Tekst]: konspekt lektsiy / I.V. Romanenko.- SPb.: Izd-vo Mikhaylova V.A.. 2000. – 64 s.

13. Ayvazyan S.A., Mkhitaryan V.S., Zekhin V.A. Mnogomernyye statisticheskiye metody, uchebnoye posobiye. М.: Evraziyskiy otkrytyy institut, Moskovskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki, statistiki i informatiki. 2003. – 77 s.

14. Ekstrapolyatsiya i interpolyatsiya v dinamicheskikh ryadakh. [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://studfiles.net/preview/3538769/page:28/> (data obrashcheniya: 20.09.2018).

15. Shkrabak R.V. Kharakteristika, analiz i prognoz proizvodstvennogo travmatizma i effektivnyye puti ego snizheniya. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. № 4. S. 255-262.