

**УДК 331.45**

Алекина Е.В., доцент кафедры Безопасность жизнедеятельности  
 Самарского государственного технического университета

Alekina E.V., Associate Professor, Department of Life Safety, Samara State  
 Technical University

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО  
 УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ОСНОВАНИИ ПРОГНОЗА**

**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ACTIVITIES TO IMPROVE  
 WORKING CONDITIONS BASED ON FORECAST**

Эффективность деятельности предприятия по созданию здоровых и безопасных условий труда оценивается по величине снижения дней нетрудоспособности в расчете на одного пострадавшего. Этот показатель по разным литературным источникам колеблется в пределах 15-20 дней, а в нашей стране выше в 1,5-2 раза [1]. Так как результат такой деятельности могут иметь место по прошествии внедрения соответствующих профилактических мероприятий не ранее чем через два года, то процесс изменения необходимо рассматривать в динамике за десять и более лет.

В этом случае появляется возможность прогнозировать его развитие и влиять на причины возникновения.

В качестве исходного материала рассмотрим статистические материалы по травматизму в Самарской области [2] приведенные в форме графика на рис. 1.9, которая по уровню как промышленности, так и травматизма является в Российской Федерации среднестатистической. Для выявления динамики воспользуемся параболической интерполяцией этого материала широко известным методом наименьших квадратов [3]. В этом случае необходимо найти функцию  $f(x)$  максимально приближенную к исходной  $F(x)$ .

Функция  $f(x)$  задается близкой к экспоненциальной следующим образом

$$f(x) = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Где  $a, b, c$  - искомые параметры, определяющие функцию  $f(x)$ .

Функция  $f(x)$  является наилучшим приближением к  $F(x)$ ,

если для нее величина  $S$  имеет наименьшее значение в сравнении с другими функциями, из числа которых выбирается искомое приближение, где

$$S = \sum_{i=1}^N [F(x_i) - f(x_i)]^2 = \sum_{i=1}^N [y_i - f(x_i)]^2 \quad (2)$$

$$y_i = F(x_i)$$

*N*- число точек измерения.

Используя подстановку (1) в (2) получаем

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^N [F(x_i) - f(x_i)]^2 = \\ &= \sum_{i=1}^N [y_i]^2 - 2a \cdot \\ &\quad \cdot \sum_{i=1}^N [y_i x_i]^2 - 2b \cdot \sum_{i=1}^N [y_i x_i] - 2c \cdot \sum_{i=1}^N [y_i] + a^2 \cdot \sum_{i=1}^N [x_i]^4 + 2ab \cdot \sum_{i=1}^N [x_i]^3 \\ &\quad + b^2 \cdot \sum_{i=1}^N [x_i]^2 + 2ac \cdot \sum_{i=1}^N [x_i]^2 + 2bc \cdot \sum_{i=1}^N [x_i] + c^2 \\ &\quad \cdot N \end{aligned} \quad (3)$$

Наилучшие (в указанном смысле) значения параметров  $a, b, c$  определяются путем решения системы уравнений (3)

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial c} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Взяв частные производные от  $S$  используя (4) по параметрам  $a, b, c$  получаем

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial a} &= -2 \cdot \sum_{i=1}^N y_i x_i^2 + 2a \cdot \sum_{i=1}^N x_i^4 + 2b \cdot \sum_{i=1}^N x_i^3 + 2c \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2, \\ \frac{\partial S}{\partial b} &= -2 \cdot \sum_{i=1}^N y_i x_i^2 + 2a \cdot \sum_{i=1}^N x_i^3 + 2b \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 + 2c \cdot \sum_{i=1}^N x_i, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial b} &= -2 \cdot \sum_{i=1}^N y_i + 2a \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 + 2b \cdot \sum_{i=1}^N x_i + 2c \cdot N, \\ &\quad \left\{ \begin{array}{l} a \cdot \sum_{i=1}^N x_i^4 + b \cdot \sum_{i=1}^N x_i^3 + c \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 = \sum_{i=1}^N y_i x_i^2 \\ a \cdot \sum_{i=1}^N x_i^3 + b \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 + c \cdot \sum_{i=1}^N x_i = \sum_{i=1}^N y_i x_i \\ a \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 + b \cdot \sum_{i=1}^N x_i + c \cdot N = \sum_{i=1}^N y_i \end{array} \right. \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} & \left\| \sum_{i=1}^N x_i^4 \sum_{i=1}^N x_i^3 \sum_{i=1}^N x_i^2 \left| \sum_{i=1}^N y_i x_i^2 \right| \right\| \\ & \left\| \sum_{i=1}^N x_i^3 \sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N x_i \left| \sum_{i=1}^N y_i x_i \right| \right\| \\ & \left\| \sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N x_i - N \left| \sum_{i=1}^N y_i \right| \right\| \end{aligned}$$

Решая систему уравнений (например, путем преобразования новой части матрицы к диагональному виду[4] определяются искомые значения параметров. Находится интерполирующая функция  $f(x)$  числа дней нетрудоспособности на одного пострадавшего

По статистическим данным в Самарской области за 13 лет расчетная формула выглядит следующим образом

$$f(x) = -0,163x^2 + 656,71x - 661503$$

Соответствующий график с учетом прогноза до 2020 г. Представлен на рисунке 1.

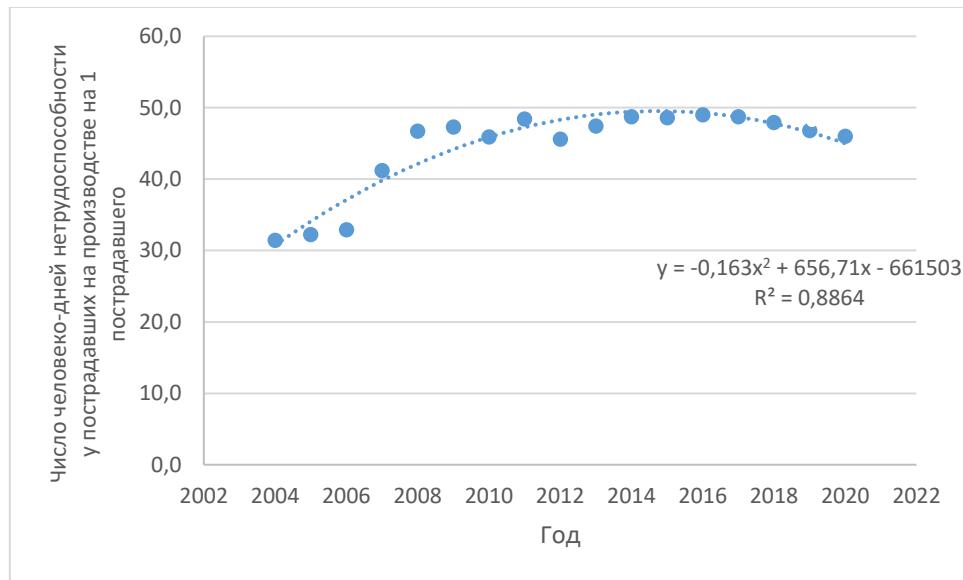


Рис.1. Динамика числа дней нетрудоспособности на одного пострадавшего

Прогноз позволяет сделать вывод о том, что для достижения зарубежного уровня необходимо принимать кардинальные меры. С этой целью требуется провести корреляционно - регрессивный анализ полученных результатов[5]. Статистические данные позволяют выполнить такой анализ по двум группам причин - связанных с оборудованием и с человеческим фактором, включая причины организационного характера[6]. Коэффициенты парной корреляции определялись по формуле

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{N \cdot \sigma_X \sigma_Y} \quad (7)$$

Где  $X_i, Y_i$  – параметры,  $N$  – число измерений

$$\sigma_X = \sqrt{\sum \frac{(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}, \quad (8)$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\sum \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{N-1}}, \quad (9)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}, \quad (10)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} \quad (11)$$

Был определен индекс прогностического значения коэффициента корреляции и определяющего долю варьирования интересующего нас параметра, которая может быть предсказана на основании изменения значения другого параметра.

$$U = 1 - \sqrt{1 - r^2} \quad (12)$$

Официальная статистика [2] позволяет сделать заключение, что основным направлением деятельности по снижению числа дней трудоспособности на одного пострадавшего является устранение причин, связанных с человеческим фактором.

Объективными факторами, содействующими выполнению опасных действий работающими и предопределяющими возникновение опасных ситуаций, являются:

- отсутствие со стороны администрации надлежащего контроля за выполнением работ;
- нарушение по различным причинам правил выполнения операций;
- личностные факторы: незнание методов выполнения задачи, ошибки инструктажа, недостатки в обучении, опасное поведение во время работы и т.п.;
- различные опасные ситуации: неблагоприятные условия труда несоответствие средств индивидуальной защиты выполняемой работе и т.п;
- экстремальные ситуации (происшествия и аварии);
- прочие факторы.

Опасные действия устраняются за счет проведения профессионального отбора, профессиональной подготовки, введения рационального режима труда и отдыха и оптимизации контроля за процессом производства работ.

### **Список литературы**

1. National Safety Council: Accident Facts, 1996 (presently Injury Facts). Itasca IL, USA 1996
2. Самарский статистический ежегодник, 2017  
[http://samarastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/samarastat/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/](http://samarastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/samarastat/ru/publications/official_publications/electronic_versions/)

3. Бронштейн И.Н., Семендейев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов М.: Наука, - 1964, 608с.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1964. 570с.
5. Масюк Н.С., Маstryкин А.С., Кузнецов Г.П. Корреляционно-регрессивный анализ в клинической медицине. М.: Медицина. 1975.192с.
6. ОХРАНА ТРУДА. Информационно-аналитический бюллетень. Выпуск 4. Самара 2018.  
<http://trud.samregion.ru/home/activity/ohranatrud/bulletenohrtruda.aspx>

### References

1. National Safety Council: accident facts, 1996 (currently injuries). Itasca I.L., USA 1996
2. Samara Statistical Yearbook, 2017  
[http://samarastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/samarastat/ru/publications/official\\_publications/electronic\\_versions/](http://samarastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/samarastat/ru/publications/official_publications/electronic_versions/)
3. Bronstein I.N., Semendyaev K.A. Handbook of mathematics for engineers and students of technical colleges. M.: Nauka, - 1964, 608s.
4. Ventzel E.S. Probability theory. M.: Nauka, 1964. 570 p.
5. Masyuk N.S., Mastrykin A.S., Kuznetsov G.P. Correlation-regression analysis in clinical medicine. M.: Medicine. 1975. 192p.
6. LABOR PROTECTION. Information and analytical bulletin. Issue 4. Samara 2018.
7. <http://trud.samregion.ru/home/activity/ohranatrud/bulletenohrtruda.aspx>