



К ВОПРОСУ О ДОСТОВЕРНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Б.А. Чернов

к.с.-х.н., доцент кафедры механизации
сельскохозяйственного производства
К.А. Зиновьев (фото)

к.ф.-м.н., профессор кафедры электрификации
Е.В. Шешунова

к.т.н., доцент, заведующая кафедрой механизации
сельскохозяйственного производства
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА

*Производственный
травматизм,
коэффициенты
частоты травматизма,
аппроксимирование
и прогнозирование
динамических рядов*

*Industrial traumatism,
factors of frequency
of a traumatism,
approximation and
prediction of time series*

При изучении динамики производственного травматизма использовались материалы годовых отчетов, опубликованных на сайте Федеральной службы государственной статистики [1]. В качестве показателя, характеризующего уровень травматизма, был взят коэффициент частоты травматизма $K_{ч}$, равный количеству травмированных работников за календарный год в расчете на 1000 работающих.

Анализ состояния производственного травматизма показывает, что в течение всего периода наблюдений (2000-2010 гг.) коэффициент частоты травматизма по сельскому хозяйству в Российской Федерации и Ярославской области превышал общие по всем отраслям показатели по стране и региону в целом. При этом уровень травматизма в сельском хозяйстве Ярославской области за исследуемый период снизился почти в 7,2 раза, при снижении аналогичного показателя по области в целом в 6,5 раза. В Российской Федерации относительное снижение коэффициента частоты травматизма в сельском хозяйстве и по народному хозяйству в целом было одинаковым и равным – в 3,2 раза.

В результате, как видно из таблицы 1, уровень производственного травматизма в сельском хозяйстве Ярославской области практически сравнялся с общефедеральным уровнем, тогда как область в целом имеет показатель травматизма примерно в 1,2 раза выше.

По производственному травматизму в России – народном хозяйстве и его аграрной сфере – накоплен достаточно большой статистический материал, который позволяет уверенно экстраполировать значения его показателей на несколько лет вперед. Ранее авторами была предпринята попытка экстраполяции такого показателя травматизма, как коэффициент его частоты [2]. Сама по себе, с точки зрения статистики, данная математическая процедура безупречна, но только в том случае, если прогнозируется динамика стохастических значений экстраполируемой величины. Природа производственного травматизма даёт все основания считать величину коэффициента

Таблица 1 – Коэффициент частоты травматизма в 2000-2010 годах

Годы	РФ в целом	Сельское хозяйство РФ	Ярославская область в целом	Сельское хозяйство Ярославской области
2000	5,1	8,7	12,3	18,6
2001	5,0	8,3	11,2	16,6
2002	4,6	7,2	8,3	12,7
2003	3,9	6,1	4,7	7,4
2004	3,4	5,8	4,2	6,5
2005	3,1	5,3	3,6	5,4
2006	2,9	4,9	3,4	5,6
2007	2,7	4,5	3,3	5,2
2008	2,5	3,9	3,1	3,6
2009	2,1	3,6	2,7	3,6
2010	2,2	3,6	3,0	4,6

частоты травматизма в каждом конкретном году случайной величиной, тем не менее, как известно, критерием истины является все же практика.

В этом смысле интересно провести сравнение прогнозных значений исследуемого показателя с появляющимися позднее его действительными значениями. Разумеется, данное сравнение должно производиться с учетом неизбежной погрешности прогноза, при этом сама величина погрешности определяется точно и однозначно, в соответствии с правилами математики и статистики. Прогнозные значения исследуемых величин вычисляются с использованием различных регрессионных уравнений, параметры которых имеют строго определенные доверительные интервалы, размеры которых диктует надежность прогноза. Чем больше доверительный интервал, тем выше надежность прогноза. Если при сравнении прогнозного значения какой-либо величины с его фактическим значением их несовпадения не превышает половины доверительного интервала, то считается, что прогноз оправдался.

Доверительный интервал вычисляется на основании уже имеющихся фактических данных и имеет усредненную величину. Для конкретного значения независимой переменной доверительный интервал несколько изменяется в сторону уменьшения или увеличения в зависимости от характера отклонения исследуемой величины от ее среднего значения. В случае экстраполяции величина доверительного интервала всегда увеличивается пропорционально средней стандартной ошибке прогноза по формуле:

$$m_{\hat{y}_p} = \sigma_{ост} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{k} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{ост}$ – остаточная сумма квадратов отклонений результата;

k – количество параметров в регрессионном уравнении;

x_p – прогнозное значение регрессора;

\bar{x} и x_i – среднее и текущее значения регрессора.

Половина доверительного интервала равна произведению средней стандартной ошибки прогноза на табличное значение t -статистики:

$$\Delta_{\hat{y}_p} = t_{табл} \cdot m_{\hat{y}_p}. \quad (2)$$

Поэтому прогнозное значение исследуемой величины обычно записывается в виде выражения:

$$\hat{y}_p = \hat{y}_p \pm \Delta_{\hat{y}_p}. \quad (3)$$

Величина $\hat{y}_p^{\max} = \hat{y}_p + \Delta_{\hat{y}_p}$ называется верхней границей прогноза.

Величина $\hat{y}_p^{\min} = \hat{y}_p - \Delta_{\hat{y}_p}$ – нижней границей прогноза. Отсюда следует неравенство:

$$\hat{y}_p^{\max} \geq \hat{y}_p \geq \hat{y}_p^{\min}, \quad (4)$$

которое должно выполняться для корректно найденного прогнозного значения.

На основании данных таблицы 1, нами были построены парные регрессионные уравнения коэффициентов частоты травматизма для предприятий РФ в целом, для сельхозпредприятий, а также соответствующие уравнения для Ярослав-

ской области за период 2000-2010 гг. В результате проведенных исследований было установлено, что наилучшей формой регрессионного уравнения отражения динамики значений коэффициентов частоты травматизма на сельхозпредприятиях РФ является экспоненциальная функция вида:

$$\hat{y} = e^{a+bt}, \quad (5)$$

а для остальных объектов исследования степенная функция вида:

$$\hat{y} = a \cdot t^b, \quad (6)$$

где \hat{y} – расчетное значение коэффициента частоты травматизма, t – номер года в таблице, a и b – параметры уравнения.

Были построены следующие регрессионные уравнения:

$\hat{y} = 1,82 \cdot t^{-0,403}$ для предприятий РФ в целом;

$\hat{y} = e^{2,248-0,094t}$ для сельхозпредприятий РФ;

$\hat{y} = 2,671 \cdot t^{-0,710}$ для предприятий Ярославской области в целом;

$\hat{y} = 3,119 \cdot t^{-0,744}$ для сельхозпредприятий Ярославской области.

Все полученные уравнения являются статистически значимыми (минимальное значение критерия Фишера $F = 77,1$ при его табличном значении – 8,1 для показателя надежности, равного 99%). Также статистически значимы и все параметры построенных уравнений (минимальная

величина критерия Стьюдента равна 6,8, при его табличном значении для всех уравнений – 3,3 для показателя надежности, равного 99%). Величина средней ошибки аппроксимации моделей не превосходит 13,8%.

С помощью построенных уравнений были вычислены соответствующие прогнозные значения коэффициента частоты травматизма на 2011, 2012 и 2013 годы их доверительные интервалы с показателем надежности прогноза, равным 95%. Результаты этих вычислений представлены в таблице 2.

Как следует из данной таблицы, почти половина рассчитанных прогнозных значений коэффициентов частоты травматизма, с учетом доверительных интервалов, оказались достоверными. В частности, не вышли за границы доверительных интервалов прогнозов два фактических значения коэффициентов частоты травматизма в РФ в целом и два из трех по сельхозпредприятиям РФ, а также одно по Ярославской области в целом. Это обычная ситуация для такого вида прогноза как экстраполяция, более чем на 25% превышающая верхнюю границу исследуемого массива статистической информации.

Было также произведено вычисление доверительных интервалов для прогнозных значений коэффициента частоты травматизма на 2011, 2012 и 2013 для показателя надежности прогноза, равного 99%. Результаты этих вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Прогнозные значения коэффициента частоты травматизма на 2011-2013 годы (показатель надежности прогноза $\alpha = 95\%$)

Выборка	Годы	Прогнозное значение	Нижняя граница прогноза	Верхняя граница прогноза	Фактическое значение
РФ в целом	2011	2,27	1,98	2,56	2,1
	2012	2,20	1,91	2,49	2,0
	2013	2,14	1,82	2,46	1,6
Сельское хозяйство РФ	2011	3,05	2,94	3,16	3,2
	2012	2,80	2,68	2,92	2,9
	2013	2,53	2,41	2,65	2,7
Ярославская область в целом	2011	2,47	2,06	2,88	2,5
	2012	2,34	1,83	2,75	2,3
	2013	2,22	1,79	2,65	1,9
Сельское хозяйство Ярославской области	2011	3,57	3,12	4,02	4,2
	2012	3,36	2,88	3,84	3,0
	2013	3,18	2,68	3,68	2,6

Таблица 3 – Прогнозные значения коэффициента частоты травматизма на 2011–2013 годы (показатель надежности прогноза $\alpha = 99\%$)

Выборка	Годы	Прогнозное значение	Нижняя граница прогноза	Верхняя граница прогноза	Фактическое значение
РФ в целом	2011	2,27	1,85	2,69	2,1
	2012	2,20	1,78	2,62	2,0
	2013	2,14	1,68	2,60	1,6
Сельское хозяйство РФ	2011	3,05	2,89	3,21	3,2
	2012	2,80	2,63	2,97	2,9
	2013	2,53	2,36	2,70	2,7
Ярославская область в целом	2011	2,47	2,09	2,91	2,5
	2012	2,34	1,89	2,71	2,3
	2013	2,22	1,77	2,63	1,9
Сельское хозяйство Ярославской области	2011	3,57	3,15	4,05	4,2
	2012	3,36	2,93	3,87	3,0
	2013	3,18	2,70	3,9	2,6

Повышение показателя надежности прогнозных значений, естественно, повышает долю достоверных прогнозов. В нашем случае количество достоверных прогнозов увеличилось почти вдвое, с 5 до 9, то есть их доля составила уже 75%. Таким образом, несмотря на то, что производственный травматизм по своей природе является сложным и многофакторным явлением, динамика его показателя свидетельствует об определенных закономерностях, количественные характеристики

которых вполне поддаются математическому прогнозированию. Прогнозирование производственного травматизма также выявляет закономерности изменения и конкретные величины его показателя в будущем, обнаруживает неблагоприятные тенденции, требующие принятия плановых решений. В силу вышесказанного, прогнозирование производственного травматизма в масштабе предприятия, региона или отрасли должно быть неотъемлемой частью современного менеджмента.

Литература

1. Федеральное государственное статистическое наблюдение. Сведения о травматизме и профессиональных заболеваниях. Форма №7 – травматизм. 2004– 2013 гг. Департамент АПК и потребительского рынка Ярославской области.
2. Зиновьев, К.А. Производственный травматизм на предприятиях Ярославской области: анализ и перспективы [Текст] / К.А. Зиновьев, Б.А. Чернов, А.М. Юрков // Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. – № 3 (31). – С. 89-93.

References

1. Federal'noe gosudarstvennoe statisticheskoe nabljudenie. Svedenija o travmatizme i professional'nyh zabolevanijah. Forma №7 – travmatizm. 2004– 2013 gg. Departament APK i potrebitel'skogo rynka Jaroslavskoj oblasti.
2. Zinov'ev, K.A. Proizvodstvennyj travmatizm na predpriyatijah Jaroslavskoj oblasti: analiz i perspektivy [Tekst] / K.A. Zinov'ev, B.A. Chernov, A.M. Jurkov // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. – 2015. – № 3(31). – S. 89-93.