



*Показатели  
производственного  
травматизма,  
моделирование,  
динамические ряды,  
качество регрессионных  
моделей*

*Indicators of an industrial  
traumatism, modelling,  
dynamic series, quality  
of regression models*

## **К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЯХ АПК ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**

К.А. Зиновьев (фото)

к.ф.-м.н, доцент, заведующий кафедрой математики  
и информационных технологий  
ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА»

Б.А. Чернов

к.т.н., доцент кафедры механизации сельскохозяйственного  
производства ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА»

В течение периода 1997-2013 годов в сельском хозяйстве Российской Федерации и, соответственно, Ярославской области произошли радикальные изменения. Внедрены новые прогрессивные технологии, приобретена современная техника и оборудование. Закрыты нерентабельные фермы, прекратили хозяйственную деятельность хронически убыточные предприятия. Эти процессы сопровождались заметным сокращением числа работников на сельхозпредприятиях АПК. Так, по данным Росстата, за 15 последних лет, количество занятых в сельском хозяйстве РФ уменьшилось с 8724 тыс. чел. в 1998 г. до 6467 тыс. чел. – в 2012 г., или на 25,9% [1, 2]. В Ярославской области уменьшение числа работающих на сельхозпредприятиях происходило еще более стремительно – с 34,4 тыс. чел. до 13,4 тыс. чел., соответственно, или на 61,1%. Данный процесс все еще продолжается, хотя в последние годы он существенно замедлился.

Наряду с этим наблюдается и структурная перестройка сельскохозяйственного труда. Ликвидируются такие травмоопасные производства, как строительство, которое полностью передается подрядным организациям, закрываются устаревшие животноводческие помещения с примитивной и крайне изношенной механизацией – постоянным источником производственного травматизма. Пусть относительно медленно, но все же увеличиваются ассигнования на мероприятия по охране труда.

Все это привело к тому, что численность пострадавших от несчастных случаев в сельском хозяйстве за период с 2000 года по 2013 год уменьшилась в целом по стране в 10,5 раза, а по Ярославской области – в 4,2 раза (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика производственного травматизма на сельхозпредприятиях в Российской Федерации и Ярославской области за период с 2000 по 2013 годы

Годы	Численность пострадавших от производственного травматизма		Коэффициент частоты производственного травматизма	
	Ярославская область, чел.	Российская Федерация, тыс. чел.	Ярославская область	Российская Федерация
2000	152	43,2	18,6	8,7
2001	145	37,6	16,6	8,3
2002	128	30,1	12,7	7,2
2003	107	22,2	7,4	6,1
2004	88	19,1	6,5	5,8
2005	78	15,9	5,4	5,3
2006	70	12,9	5,6	4,9
2007	66	10,6	5,2	4,5
2008	58	7,9	3,6	3,9
2009	46	6,7	3,6	3,6
2010	48	6,1	4,6	3,6
2011	44	5,2	4,2	3,2
2012	36	4,4	3,0	2,9
2013	36	4,1	2,6	2,7

Среднегодовой индекс сокращения числа работников сельхозпредприятий АПК Ярославской области, пострадавших от производственного травматизма, за период с 2000 года по 2013 годы составил 0,816, а индекс убыли числа работающих на сельхозпредприятиях АПК области – 0,939. Это означает, что темп снижения производственного травматизма на 13,1% опережает темп снижения численности работников.

В значительной мере это касается и другого важного показателя производственного травматизма – коэффициента частоты. В 2000 году коэффициент частоты производственного травматизма в сельхозпредприятиях АПК Ярославской области был более чем в 2 раза выше значения этого показателя по Российской Федерации, но к 2013 году он стал даже чуть меньше общероссийского (2,6 против 2,7). Величина среднегодового индекса снижения частоты травматизма на сельхозпредприятиях области, которая вообще при отсутствии реального снижения производственного травматизма не должна зависеть от количества работающих, стабильно меньше единицы и равна  $\approx 0,87$ . Следовательно, в отрасли происходит постоянное реальное снижение этого показателя травматизма.

Вместе с тем, в последние годы мы наблюдаем еще один негативный процесс, а именно, рост тяжести производственного травматизма. В ка-

честве причины данного явления, по-видимому, следует назвать все большее распространение скоростной энергонасыщенной техники, нарушение правил эксплуатации которой приводит к более тяжким последствиям. И все же основной причиной роста тяжести производственного травматизма, на наш взгляд, является низкая квалификация обслуживающего персонала, его недостаточная обученность. Резкое снижение количества работающих в сельском хозяйстве привело, к сожалению, к ликвидации системы начального профессионального образования (СПТУ), которой в настоящее время не существует никакой замены. Конечно, крупные предприятия вроде птицеводческих или животноводческих комплексов создают свои кабинеты производственного обучения, в том числе и кабинеты по охране труда, но подавляющая масса сельхозпредприятий лишена этой возможности. Очевидно, по мере дальнейшего насыщения сельскохозяйственного производства современной техникой, слабая обученность обслуживающего персонала станет серьезной проблемой.

Указанные обстоятельства затрудняют моделирование процессов, отражающих изменения производственного травматизма, и особенно прогнозирование значений его показателей [3]. С точки зрения математики, вышеуказанные характеристики не являются абсолютно стохастиче-

ческими величинами, в результате чего качество создаваемых моделей динамических рядов зависит не только от количества наблюдений, но и периода времени, в котором эти наблюдения происходили. Это приводит к выводу о необходимости исследования влияния продолжительности периода наблюдений на качество математических моделей, в том плане, что исключение из модели временных периодов, в которые те или иные факторы уже не действуют, или их действие не является статистически значимым, должно приводить к росту степени их адекватности.

В нашем исследовании использованы общепринятые методики расчета и анализа показателей производственного травматизма [4, 5]. Статистические данные и другие сведения, необходимые для составления прогнозов производственного травматизма, с учетом фактической его динамики за 2000-2013 годы, были получены у старшего специалиста отдела охраны труда Департамента АПК и потребительского рынка Ярославской области Калецкас Г.Ю. [6].

Для исследования выдвинутой гипотезы (на одном и том же исходном материале) были построены модели трендов двух динамических рядов за период 2000–2013 гг. Первый ряд описывает изменение численности пострадавших от производственного травматизма в Ярославской области, второй – изменение коэффициента его частоты. Для каждого ряда строились регрессионные модели трендов вида:

$$\hat{y} = a \cdot b^x,$$

где:  $a$  – свободный член регрессионного уравнения;

$b$  – основание показательной функции;

$x$  – порядковый номер года, начиная с 2000 г.

Эти показательные регрессионные уравнения дают наименьшую величину средней ошибки аппроксимации по сравнению с остальными возможными видами моделей. Было построено шесть моделей трендов вышеуказанных рядов, охватывающих постепенно убывающие временные интервалы наблюдений величин исследуемых показателей от 14 до 8 лет, по мере приближения к их значениям в 2013 году. Для каждой модели вычислялись средняя ошибка аппроксимации и коэффициент детерминации. Полученные данные представлены в таблице 2.

Как следует из таблицы, по мере уменьшения временного периода и, соответственно, количества наблюдений, происходит последовательное снижение величины средней ошибки аппроксимации до определенного значения временного интервала (10-11 лет), а затем она снова возрастает, но уже в соответствии с законами статистики. Следовательно, выдвинутая гипотеза подтверждается и исключение из модели результатов наблюдений 12-летней и более давности действительно приводит к заметному улучшению качества модели.

Дальнейшее уменьшение числа наблюдений снова приводит к увеличению средней ошибки аппроксимации, но уже по законам статистики (рис. 1).

При этом другая важная характеристика моделей – коэффициент детерминации – монотонно убывает в соответствии с уменьшением числа наблюдений, то есть их математическая структура не нарушается. То же самое можно сказать и в отношении других, чисто статистических парамет-

Таблица 2 – Зависимость средней ошибки аппроксимации моделей динамики показателей производственного травматизма от величины временного интервала

Временной интервал	Количество лет наблюдений	Модели динамики численности пострадавших от производственного травматизма		Модели динамики коэффициента частоты производственного травматизма	
		Коэффициент детерминации	Средняя ошибка аппроксимации модели, %	Коэффициент детерминации	Средняя ошибка аппроксимации модели, %
2000-2013	14	0,982	5,2	0,868	19,8
2002-2013	12	0,975	5,2	0,827	13,1
2003-2013	11	0,975	4,3	0,834	10,5
2004-2013	10	0,974	3,7	0,789	11,3
2005-2013	9	0,964	4,0	0,710	12,2
2006-2013	8	0,948	4,4	0,665	12,7

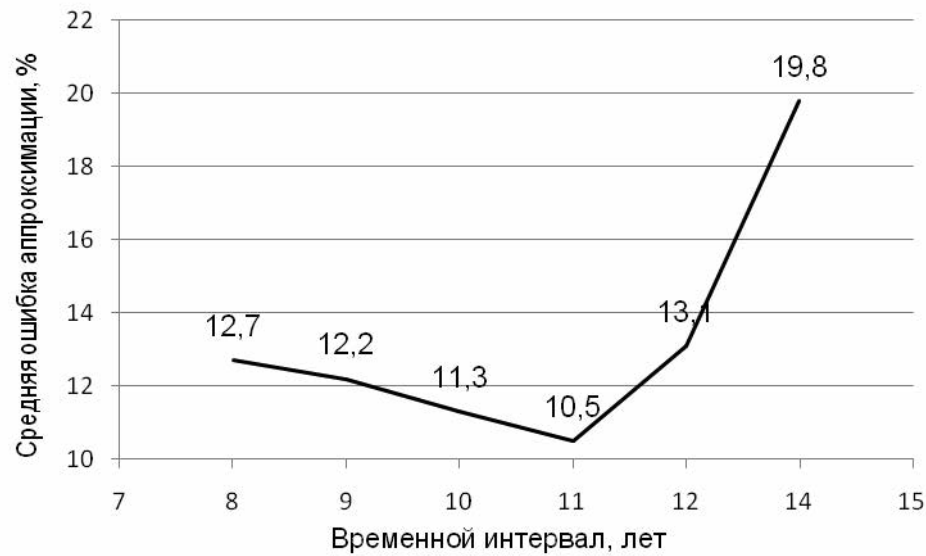


Рисунок 1 – Зависимость средней ошибки аппроксимации коэффициента частоты производственного травматизма от продолжительности временного интервала модели

ров, таких как критерии Фишера и Стьюдента.

Таким образом, можно с уверенностью констатировать – для моделирования динамики показателей производственного травматизма на сельскохозяйственных предприятиях АПК в настоящее время целесообразно использовать математические модели, содержащие результаты наблюдений только за последние 10–12 лет. Включение в состав моделей результатов наблюдений более ранних лет, не только не повысит степень их адекватности, но, наоборот, приведет к существенному снижению надежности прогно-

зов, сделанных на основании данных моделей, несмотря на чисто математическое уменьшение стандартной ошибки прогноза.

Расчеты показали, что изменения, произошедшие за последнее десятилетие в области охраны труда и производственного травматизма в сельском хозяйстве страны, имеют, образно говоря, тектонический характер, и они существенно перекрывают обычные стохастические процессы. Более того, эти изменения дают основание говорить о начале нового этапа трудовых отношений в АПК.

#### Литература

1. Российский статистический ежегодник. 2004: Стат. сб. / Росстат. – М., 2004. – 725 с.
2. Российский статистический ежегодник. 2013: Стат. сб. / Росстат. – М., 2013. – 717 с.
3. Зиновьев, К.А. Прогнозирование производственного травматизма на сельскохозяйственных предприятиях АПК Ярославской области [Текст] / К.А. Зиновьев, Б.А.Чернов // Вестник АПК Верхневолжья. – 2013. – № 4. – С. 62-67.
4. Шкрабак, В.С. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве [Текст] / В.С. Шкрабак, А.В. Луковников, А.К.Тургиев. – М.: КолосС, 2005. – 512 с.
5. Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве [Текст]: учебник / Б.И. Зотов, В.И. Курдюмов.– М.: КолосС, 2006. – 432 с.
6. Калецкас, Г.Ю. Анализ производственного травматизма по организациям АПК Ярославской области. Годовые отчеты Департамента агропромышленного комплекса и потребительского рынка Ярославской области, 2000-2013 гг.