

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИЧИН ТРАВМАТИЗМА И ПУТИ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Шкрабак Роман Владимирович, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

*Статья посвящена теоретическим положениям статистического анализа причин травматизма и путей их предотвращения. Изложены основные причины травматизма, выполнен теоретический анализ их, приведены результаты расчетов на основе введения коэффициента травмоопасности, сопоставлены результаты расчетов с фактическими данными.*

**Введение.** Сложившаяся ситуация «сопровождения» производственных процессов (и не только в АПК) травматизмом характерна практически для всех видов экономической деятельности. Такая ситуация дорого обходится обществу и государству. Поэтому необходимость снизить травматизм и, по возможности, ликвидировать – стремление и желание практиков, администраторов и ученых. В качестве предпосылки к ликвидации является строгое выполнение всеми работниками правил техники безопасности в условиях совершенных (по параметрам условий и охраны труда) технологий, методов и средств их реализации и четкой организации труда. И, несмотря на это, при отсутствии полной автоматизации человек не может быть детерминирован и запрограммирован на выполнение предусмотренных технологией действий, поскольку, будучи биологическим объектом с индивидуальной целевой функцией действий, может допустить стохастические отклонения от программируемых технологией правил техники безопасности.

В настоящее время аграрный сектор далек от полной автоматизации; объектом трудовой деятельности являются живые организмы, обладающие широкой вариабельностью. Наличие стохастического звена в технологической цепочке и стохастического характера самого предмета труда приводит в сельском хозяйстве к случайным травмоопасным ситуациям даже в условиях идеального технологического, технического и административного обеспечения.

**Методика исследований.** Для исключения травматизма необходимо знать причины травм и источники их происхождения. На нынешнем этапе первичным является динамичное снижение травматизма с переходом к его ликвидации за счет комплекса трудоохранных операций.

В настоящей работе уделяется внимание теоретическим положениям анализа (динамики) причин травматизма. В качестве таковых в сельскохозяйственном производстве обычно рассматриваются следующие [1]: конструктивные недостатки машин; неисправность оборудования; отсутствие ограждений; нарушение технологического процесса; плохая организация рабочего места; необученность, отсутствие инструктажа; отсутствие спецо-

дежды и предохранительных средств; отсутствие административного контроля; нарушение правил техники безопасности и пр.

**Результаты исследований.** Приступая к анализу проблемы, далее для всех параметров травматизма присваивается свой индекс (соответствующий порядковому номеру, приведенного выше списка причин травмирования).

Обозначим  $K_i$  число травм по « $i$ » причине по итогам года (или другого периода),  $K$  – общее число травм.

Введем коэффициент травмоопасности  $\varepsilon$  по « $i$ » причине и среднее значение его  $\tilde{\varepsilon}_i$ :

$$\varepsilon_i = \frac{\langle K_i \rangle}{\langle K \rangle}; \quad \tilde{\varepsilon}_i = \frac{K_i}{K}, \quad (1)$$

где  $\langle K_i \rangle$  и  $\langle K \rangle$  – математические ожидания параметров  $K_i$  и  $K$ ;  $\tilde{\varepsilon}_i$  – коэффициент травмоопасности, определяемый соотношением фактических значений  $K_i$  и  $K$ .

Оценка (1) оказывается несмещенной с коэффициентом вариации

$$\vartheta_{(\varepsilon_i)} = \sqrt{\frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_i N_i / \langle K_q \rangle}}. \quad (2)$$

Для конкретизации остановимся на Ленинградской области.

Число травм  $K_i$  за 1987–1991 гг., общее число травм  $K$  и число травм  $K_i$  за 1993 г. по сельскому хозяйству Ленинградской области (с целью оценки прогноза) приведены в табл. 1 (именно указанные годы взяты для анализа потому, что по ним имелись достоверные сведения по травматизму).

Поле рассеивания здесь определяется Пуассоновским распределением и рассчитывается по формуле:

$$K_i = \langle K_i \rangle \pm t_{\alpha} \sqrt{\langle K_q \rangle},$$

где математическое ожидание  $\langle K_i \rangle = \varepsilon_i \langle K_q \rangle$  (здесь  $\langle K_q \rangle$  – математическое ожидание коэффициента частоты).



Данные расчета коэффициента травмоопасности по «i» причине в сельском хозяйстве  
Ленинградской области

Параметр	Год								
	1987	1988	1989	1990	1991	1993			
K	1400	1255	1190	1086	935	968			
K <sub>1</sub>	18	15	25	18	19	14			
K <sub>2</sub>	91	60	66	68	90	43			
K <sub>3</sub>	29	27	28	37	23	23			
K <sub>4</sub>	90	101	107	89	77	106			
K <sub>5</sub>	186	196	199	18	165	172			
K <sub>6</sub>	58	33	47	40	38	50			
K <sub>7</sub>	23	16	15	26	27	26			
K <sub>8</sub>	64	47	49	71	45	54			
K <sub>9</sub>	417	413	362	309	288	297	Средние по коэффициентам травмоопасности		
K <sub>10</sub>	432	336	292	288	228	183	ε	9ε %	9т %
ε <sub>1</sub>	0,0129	0,0120	0,0210	0,0166	0,0193	–	1,634	24	24
ε <sub>2</sub>	0,065	0,0478	0,0555	0,0626	0,0914	–	6,455	25	12
ε <sub>3</sub>	0,0207	0,0215	0,0235	0,0345	0,0234	–	2,471	22	20
ε <sub>4</sub>	0,0843	0,0805	0,0899	0,0820	0,0782	–	8,296	5,4	11
ε <sub>5</sub>	0,1329	0,1562	0,1672	0,1676	0,1675	–	15,828	9,5	8,2
ε <sub>6</sub>	0,0414	0,0263	0,0395	0,0368	0,0386	–	3,653	16	16
ε <sub>7</sub>	0,0164	0,0128	0,0123	0,0239	0,0274	–	1,863	36	23
ε <sub>8</sub>	0,0164	0,0375	0,0412	0,0654	0,0457	–	4,123	43	14
ε <sub>9</sub>	0,2979	0,3291	0,3042	0,2845	0,2924	–	30,162	5,6	6,3
ε <sub>10</sub>	0,3086	0,2677	0,2454	0,2652	0,2315	–	26,368	11	6,6

Результаты расчетов  $K_i$  на основе коэффициентов травмоопасности (см. табл. 1) и регрессии  $K_q$  на базе 1986–1991 гг. представлены в табл. 2 с учетом того, что  $K_q$  получено по экспоненциальной зависимости  $K_q = a e^{-b(t-t_0)}$ ; обработка по ней дает  $a=11,619$ ;  $b = 0,08104$ .

Тогда

$$K_q = 11,619 e^{-0,08104(t-t_0)},$$

где  $t$  – текущий год;  $t_0$  – среднее значение лет за рассматриваемый период (1988,5);  $a$ ,  $b$  – коэффициенты.

В качестве характеристики совпадения прогноза и фактической величины  $K_q$  используем параметр

$$Z = (K_q - \langle K_{q_i} \rangle) / (3\sigma_{\text{расс}}),$$

где  $\sigma_{\text{расс}}$  – рассеивание параметра.

На рисунке представлены полосы рассеивания для  $K_1 - K_{10}$  (30 %) и приведены фактические значения числа травм по  $n_i$  причине. На рисунках выделены база прогноза и прогнозируемый год (1993). Для анализа выбраны именно годы 1987–1993 (имеются достоверные сведения по фактическим значениям  $K_i$ ). После 1993 г. и до момента образования Минсоцразвития РФ стабильных сведений по рассматриваемому вопросу получить не удалось, а с момента перехода вопросов охраны труда от отраслей под юрисдикцию Минздравразвития РФ такой подробный анализ травматизма по подотраслям АПК не велся (данные отсутствуют).

На основании приведенных данных и значений параметра  $Z > 1$  можно выделить следующие причины травматизма, число травм для которых выпадает из прогноза в сторону завышенных значений:

№ 4 – нарушение технологического процесса  $Z_4 = 1,38$ ;

№ 5 – плохая организация рабочих мест  $Z_5 = 1,05$ ;



Регрессия  $K_i$ , построенная на основе регрессии  $K_4$  на базе 1986–1991 гг. при значении  $\varepsilon$  по статистике 1987–1991 гг.

Параметры	Год					
	1987	1988	1989	1990	1991	1993
$\langle K_1 \rangle$ $Z_1$	22,0 -0,33	21,0 -0,43	19,3 0,43	17,8 0,01	16,4 0,21	14 0,00
$\langle K_2 \rangle$ $Z_2$	89,9 0,04	82,9 -0,83	76,4 -0,09	70,5 -0,09	65,0 1,03	55,3 -0,55
$\langle K_3 \rangle$ $Z_3$	34,4 -0,31	31,7 -0,28	29,3 -0,07	27,0 0,64	24,9 -0,18	21,2 0,18
$\langle K_4 \rangle$ $Z_4$	115,5 -0,79	117,2 -0,18	98,2 0,80	90,6 -0,05	83,5 -0,24	71,0 1,38
$\langle K_5 \rangle$ $Z_5$	220,3 -0,77	203,2 -0,17	187,4 0,28	172,8 0,23	159,3 0,15	135,5 1,05
$\langle K_6 \rangle$ $Z_6$	50,9 0,33	46,9 -0,67	43,2 0,19	39,9 0,01	36,8 0,07	31,8 1,12
$\langle K_7 \rangle$ $Z_7$	25,9 -0,27	23,9 -0,27	22,1 0,01	20,3 1,29	18,8 0,18	15,9 1,05
$\langle K_8 \rangle$ $Z_8$	57,4 -0,27	52,9 -0,27	48,8 0,01	45,0 1,29	41,5 0,18	35,3 1,05
$\langle K_9 \rangle$ $Z_9$	419,9 -0,05	380,2 0,44	357,1 0,09	329,3 -0,39	303,6 -0,30	258,2 0,80
$\langle K_{10} \rangle$ $Z_{10}$	367,1 1,13	338,5 -0,05	312,2 -0,38	287,9 0,00	265,4 -0,77	225,7 -0,951

№ 6 – необученность, отсутствие инструктажа  $Z_6 = 1,12$ ;

№ 8 – отсутствие административного надзора  $Z_8 = 1,05$ .

Высокое значение параметра  $Z > 0$  получено также в следующих случаях:

№ 7 – отсутствие спецодежды и предохранительных средств  $Z_7 = 0,84$ ;

№ 9 – нарушение правил техники безопасности  $Z_9 = 0,8$ .

Иными словами, в 1993 г. получены неудовлетворительные показатели по значениям  $K_i$  по причинам, связанным с «человеческим фактором» – по причине плохой организации производства и охраны труда. Если прямо сравнивать количество травм, к примеру, по причине плохой организации рабочих мест, то в 1990 г. по этой причине было 182 травмы, в 1991 г. – 165 травм, 1993 г. – 172 травмы. Таким образом, из прямого рассмотрения числа травм по анализируемой причине нельзя сделать вывода об ухудшении ситуации, так как число травм за эти годы не так уж сильно отличаются друг от друга. Однако если воспользоваться предлагаемой методикой и учесть средние тенденции снижения травматизма за предыдущие годы, то результаты 1993 г. оказываются неудовлетворительными.

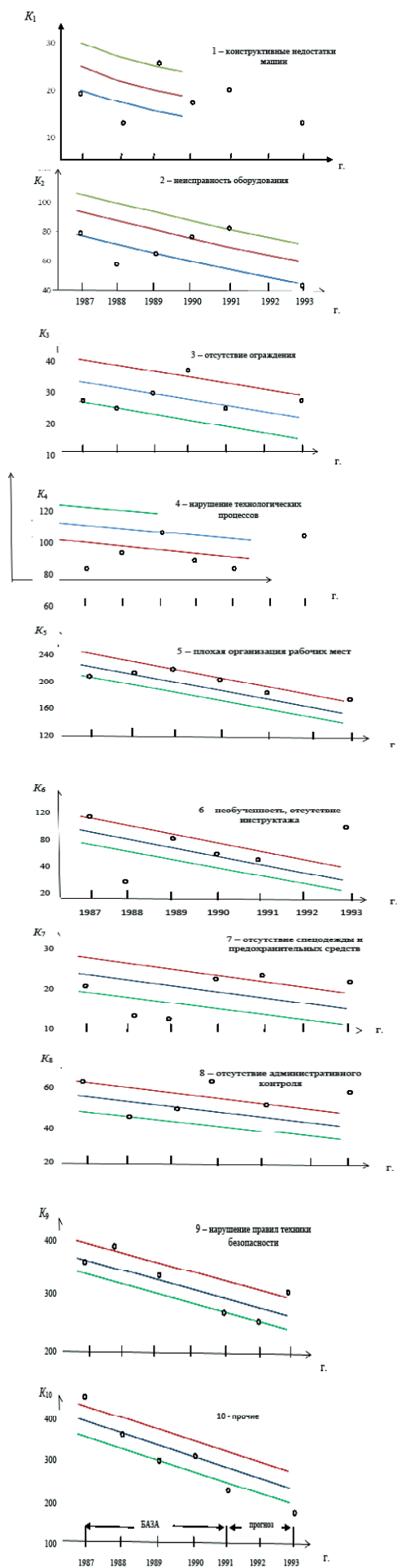
Отметим, что приведенный анализ позволяет выявить, какие именно меры нужно предпринять

для профилактики травматизма по любой из указанных причин. К примеру, рассматривая поле рассеивания травматизма по причине отсутствия административного контроля, можно отметить повышение травматизма выше среднего уровня в 1990 и 1993 г. Но при этом в 1991 г. травматизм по этой причине заметно ниже (параметр  $Z$  в 1990 г. был равен 1,89, в 1991 г. – 0,18, а в 1993 г. – 1,05). Это дает возможность проанализировать, какие именно меры административного воздействия привели в 1991 г. к существенному снижению травматизма по этой причине и повторить их в годы, последующие за 1993 г.

Аналогично решаются практические вопросы профилактики травматизма по 9 остальным причинам.

В качестве путей предотвращения причин травматизма отметим, что они сформированы полувековой практикой работы трудовых школ Санкт-Петербургского ГАУ, Орловского ВНИИОТ, Южно-Челябинского, Красноярского и Брянского ГАУ, Орловского ГТУ, Ярославской и Курганской ГСХА и др. Методологическая и теоретическая база проблемы и соответствующие стратегия и тактика динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма в АПК сформированы научно-педагогической трудовой школой СПбГАУ [1–10]. В арсенале профилактических ме-





Сравнение фактических значений  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8, K_9, K_{10}$  с полосой 30%-го рассеивания, построенной на основе регрессии  $K_4$  по Ленинградской области за 1987-1991 гг.

роприятий базовыми являются мероприятия: организационно-технические, медико-биологические, санитарно-гигиенические, эргономические, технико-экономические, нормативно-правовые, инженерно-технические, кадровые и научно-практические. Определяющие составляющие их следующие.

В основе организационно-технических мероприятий лежит строгое соблюдение нормативно-правовых положений в части допуска к работе и технологии ее выполнения (возраст, состояние здоровья, квалификация – профессионализм, профотбор, инструктажи и обучение в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.00-4-90 (2001), контроль, и др

Медико-биологические аспекты проблемы связаны с качественными первичными и периодическими медицинскими осмотрами, профессиональным отбором, профилактикой заболеваний и их профессиональным лечением и проч. Санитарно-гигиенические мероприятия предполагают создание нормируемых условий труда по параметрам микроклимата (температура, влажность и чистота воздуха, его подвижность), шумов и вибраций, разнообразных излучений, освещения фронта работ и др.

Эргономические мероприятия направлены на увязку возможностей организма работающих по параметрам усилий, обзорности, рабочих поз, зон досягаемости верхними и нижними конечностями для управления механизмами и машинами, создания комфортных или нормируемых условий труда на рабочих местах и др.

Технико-экономические мероприятия предполагают обеспечение безопасных и здоровых условий труда с учетом баланса эргономических (трудоохранных) и экономических (затратных) мероприятий.

Инженерно-технические мероприятия направлены на разработку новых методов и средств профилактики травм и заболеваний, профессионального отбора, выносливости работников, периодичности и продолжительности перерывов для отдыха, совершенствования систем и методов предотвращения травматизма в различных условиях.

Кадровое обеспечение проблемы предполагает профессиональную подготовку дипломированных специалистов всех уровней в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.00-4-90. Эти положения полностью реализованы на факультете БЖД Санкт-Петербургского госагроуниверситета, где ведется подготовка дипломированных специалистов по специальности «Инженер по безопасности технологических процессов и производств» (подготовлено около 850 специалистов с высшим образованием). Здесь же ведется подготовка аспирантов через аспирантуру по специальности 05.26.01 – охрана труда и докторантов через докторантуру по той же специальности (к настоящему времени подготовлено 110 кандидатов и 32 доктора технических наук по специальности 05.26.01 – охрана труда). В настоящее время в аспирантуре и докторантуре по этой специальности обучается 12 чел. Диссертации защищают-



ся в созданном при университете диссертационном совете по указанной специальности.

Научно-практические мероприятия включают обоснование и разработку новых методов и средств по профилактике травматизма и профзаболеваний. По результатам исследований получено 220 патентов на изобретение. В основе научных положений – детальное изучение состояния проблемы, прогнозирование ситуации и выработка мер противодействия; эти положения составляют основу управления охраной труда. На ее базе была разработана и внедрена в практику паспортизация объектов на соответствие требованиям охраны труда, переросшая в аттестацию рабочих на соответствие требованиям охраны труда.

**Заключение.** На основе научных исследований в СПбГАУ создана и успешно развивается научно-педагогическая трудовая школа, сформировавшая «Стратегию и тактику динамического снижения травматизма и профзаболеваний в АПК», что подтверждено практикой. Результаты исследований рассмотрены, одобрены и рекомендованы к внедрению 5 решениями научно-технических советов Минсельхоза РФ.

Однако внедрение результатов НИР оставляет желать лучшего. Наступательные позиции внедренческих мероприятий ослабли в связи с разрушением отраслевой системы охраны труда. Усилий разработчиков одобренных отраслью решений на новые внедрения недостаточно. Проблема должна решаться на государственном уровне. Минздравсоцразвития и воссозданный Минтрудсоцзащиты в этом направлении принимают усилия. Результативными направлениями в этих усилиях являются направления организационно-технического, нормативно-правового, санитарно-гигиенического и медико-биологического характера.

Ждут неотложного решения вопросы кадрового, инженерно-технического, эргономического, технико-экономического и научного плана. Усилия перечисленных трудовых школ привели к ряду эффективных решений (перечень их по некоторым направлениям приведен в работах [1–10]). Однако время требует динамичного прорыва в направлении использования новых методов и средств профилактики (динамического снижения и ликвидации) производственного травматизма в АПК. Усилий разработчиков в направлении широкого внедрения недостаточно.

Не может быть обойдено молчанием и недостаточное внимание проблеме в различных конкурсах, грантах, целевых финансируемых программах, наконец, повышению престижности работников трудового направления в масштабах не только отрасли, но и страны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Ю.Н., Шкрабак Р.В., Брагинцев Ю.Н. Методология обеспечения безопасности на животноводческих комплексах. – СПб., 2013. – 423 с.
2. Голдобина Л.А., Шкрабак В.С., Орлов П.С. Предупреждение аварий и катастроф на катоднозащищенных подземных трубопроводах бесконтактными методами идентификации коррозионного разрушения. – СПб.; Ярославль, 2012. – 204 с.
3. Овчинникова Е.И., Шкрабак Р.В. Условия и охрана труда женщин в АПК и пути их улучшения / под ред. В.С. Шкрабака. – СПб., 2012. – 298 с.
4. Основы производства моторных топлив из газоконденсатных факелов / Э.В. Пьядичев [и др.]. – СПб., 2012. – 215 с.
5. Прогнозирование травматизма в АПК и пути его профилактики / В.С. Шкрабак, Р.В. Шкрабак [и др.]. – СПб., 2002. – 112 с.
6. Шкрабак В.В. Стратегия и тактика динамического снижения и ликвидации производственного травматизма в АПК (теория и практика). – СПб., 2007. – 580 с.
7. Шкрабак Р.В. Методология теоретического обоснования путей профилактики травматизма и профзаболеваний в системе жизнедеятельности структур АПК // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 11. – С. 66–74.
8. Шкрабак В.С. Биобиблиографический указатель трудов / сост. Н.В. Кубрицкая, 2-е изд., перераб. и доп. – СПб., 2012. – 315 с.
9. Шкрабак Р.В., Сердитов В.А., Шкрабак В.С. Профилактика травматизма и профессиональных заболеваний в АПК за счет организационно-инженерно-технических мероприятий и кадрового обеспечения / под ред. В.С. Шкрабака. – СПб., 2013. – 267 с.
10. Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Сакович Н.И. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в АПК. – Брянск: изд-во Брянской ГСХА, 2008. – 285 с.

**Шкрабак Роман Владимирович**, канд. техн. наук, доцент, Учебно-практический центр (на правах института). Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Россия.

196601, Санкт-Петербург – Пушкин, Петербургское шоссе, 2.

Тел.: 89213452109.

**Ключевые слова:** травматизм; причины; теория; профилактика; пути.

#### THEORETICAL PROVISIONS OF STATISTICAL ANALYSIS OF CAUSES OF TRAUMATISM AND THE WAY OF THEIR PREVENTION

**Shkrabak Roman Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Educational and Practical Center (on the rights of the institute). St. Petersburg State Agrarian University. Russia.

**Keywords:** traumatism; causes; theory; prevention; ways.

*The article is devoted to the theoretical provisions of statistical analysis of the causes of injuries and ways to prevent them. The main causes of traumatism are described, theoretical analysis of them is carried out, the results of calculations based on the introduction of the coefficient of traumatic danger are presented, the results of calculations with actual data are compared.*

