

Литература

1. ГОСТ Р. 51.901.11-2005. Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство. – М.: Изд-во станд., 2005.
2. ГОСТ Р. 51.901. 12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. – М.: Изд-во станд., 2007.
3. Еремина Т.В. Вероятностный анализ безопасности сельских электроустановок / под ред. О.К. Никольского. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2010. – 200 с.
4. Ерёмина Т.В., Калинин А.Ф. Метод математического моделирования травмоопасных ситуаций при эксплуатации ручных электрических машин // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 11. – С. 292–296.
5. Техническая диагностика и остаточный ресурс электроустановок / О.К. Никольский, Н.П. Воробьёв, Н.И. Черкасова [и др.]. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 207 с.
6. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. 2001.
7. Хенли Дж., Куматото Х. Надежность технических систем и оценка риска: пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
8. Основы электромагнитной совместимости: учеб. для вузов / Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников [и др.]; под ред. Р.Н. Карякина. – Барнаул: ОАО «Алтайский Полиграфический Комбинат», 2007. – 408 с.



УДК 658.382.2

Н.И. Чепелев, Э.А. Будьков, И.Н. Чепелев

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований эффективности методов и технического средства повышения безопасности труда и прогнозирования производственного травматизма операторов тестомесильных машин пищевых производств.

Ключевые слова: анализ травматизма, безопасность, несчастный случай, травмирование оператора, травмоопасность, травмоопасная зона.

N.I. Chepelev, E.A. Budkov, I.N. Chepelev

THE EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS OF METHODS AND MEANS FOR LABOUR SAFETY PERFECTION OF THE DOUGH-MIXING MACHINE OPERATORS

The experimental research results of the effectiveness of methods and technical means for labour safety perfection and the on-the-job traumatism forecasting of the dough-mixing machine operators are given in the article.

Key words: traumatism analysis, safety, accident, injury of operator, traumatism danger, traumatic zone.

Введение. Обеспечение безопасных условий труда является актуальной проблемой и основополагающей целью, к которой стремится государство и общество. Охрану труда как систему мероприятий, направленных на улучшение условий и безопасности труда, необходимо рассматривать как средство достижения этой цели.

Цель работы. Повышение безопасности труда операторов при обслуживании оборудования пищевых и перерабатывающих производств.

Задачи исследования: провести экспериментальные исследования вероятности травмирования операторов тестомесильных машин и математическую обработку результатов экспертного

опроса работников пищевых производств; разработать рекомендации для прогнозирования производственного травматизма работников пищевых производств.

На основании анализа травматизма с тяжелым и смертельным исходом на предприятиях за 2013 год специалистами служб производственного контроля на пищевых и перерабатывающих предприятиях **рекомендуется** внедрить устройство для отключения технологического оборудования с помощью предохранительной ступени [1]. Данное устройство разработано кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Красноярского ГАУ. Разработанное устройство направлено на предотвращение получения травм работниками от вращающихся рабочих органов машин и оборудования.

Для определения закономерности динамики исследуемого травматизма и составления краткосрочного прогноза на последующие 4...5 лет было установлено математическое описание этого процесса, выраженное уравнением

$$T_p = -0,765 \tau_i + 20,108 \pm 11,166. \quad (1)$$

Анализируя полученное уравнение линейной парной регрессии, можно сделать вывод, что имеется незначительная тенденция снижения исследуемого травматизма. Вместе с тем большое значение ε значительно превышает значение коэффициента α , что указывает на недопустимо широкий разброс ожидаемого в перспективе удельного показателя травматизма.

При этом коэффициент корреляции $K_{Tp} \tau$ для уравнения (1) не находится в допустимых для упомянутого показателя границах (-1; +1). Следовательно, уравнение недостаточно описывает рассматриваемый процесс.

Используя широко известную программу для определения корреляционных уравнений различных видов, была осуществлена попытка определения более точного математического описания исследуемого процесса. Для этого были использованы уравнения следующего вида:

$$y = ax + b_0; \quad (2)$$

$$y = ax^2 + bx + b_0; \quad (3)$$

$$y = \frac{a}{x} + b_0; \quad (4)$$

$$y = a \ln x + b_0; \quad (5)$$

$$y = b \cdot e^{ax}, \quad (6)$$

где y – удельный показатель травматизма T_p , %;

x – порядковый номер года;

a, b – коэффициент регрессии;

b_0 – свободный член.

Используя вычислительную машину, получили следующие зависимости:

$$T_p = -0,76 \tau_i + 20,08, \quad K_{Tp} \tau = -0,39; \quad (7)$$

$$T_p = -1,14 \tau_i^2 + 2,48 \tau + 0,37, \quad K_{Tp} \tau = 0,36; \quad (8)$$

$$T_p = 1,29 / \tau_i + 16,32, \quad K_{Tp} \tau = 0,035; \quad (9)$$

$$T_p = 1,75 \cdot l_n \tau_i + 19,15, \quad K_{Tp} \tau = -0,17; \quad (10)$$

$$T_p = 20,04 e^{-0,049 \tau_i}, \quad K_{Tp} \tau = -0,32. \quad (11)$$

Из анализа полученных уравнений (7)...(11) по коэффициенту корреляции T_p и τ видно, что ни одно из представленных уравнений не описывает анализируемый процесс с достаточной достоверностью. Это связано с большим разбросом исходных данных и недостаточной выборкой массива, которая не позволяет определить закономерность и исключить влияние случайностей.

С учетом того, что коэффициент корреляции уравнения (7) больше, чем аналогичные коэффициенты других уравнений ($K_{Tp} \tau = -0,39$ – слабая взаимосвязь), процесс наилучшим образом описывается линейным уравнением.

Сравнивая уравнение (1) без учета ε с уравнением (7), полученные различными методами, отмечаем соответствие a и b_0 .

Улучшения условий труда и снижения травматизма можно добиться различными мерами и способами. В определении уровня эффективности отдельных мероприятий по безопасности труда операторов тестомесильных машин методом экспертных оценок принимали участие операторы, непосредственно обслуживающие тестомесильные машины типа ТМ-63 и имеющие стаж на этой работе не менее двух лет.

Количество экспертов, задействованных в исследованиях, составляет 20 человек

$$m_э = \frac{12,6}{(0,1+1) \cdot (7-1) \cdot 0,1} \approx 20.$$

Полученные от экспертов количественные значения оценки эффективности предлагаемых мероприятий подвергаются обработке согласно известной методике.

На основании мнений экспертов можно утверждать, что из всех приведенных мероприятий наибольшее предпочтение они отдают разработке предохранительной ступени.

Следовательно, разработка и внедрение блокировочного устройства в виде предохранительной ступени, способного отключить привод рабочих органов тестомесильной машины при попытке оператора попасть в тестомесильную ёмкость, является актуальной научно-технической проблемой профилактики несчастных случаев.

Это заключение производственников полностью согласуется с теоретическим обоснованием необходимости разработки инженерно-технического средства обеспечения безопасности операторов тестомесильных машин.

Из организационных мероприятий, по мнению респондентов, только введение форм материальной заинтересованности (таких, как штрафы, лишение материальных поощрений и т.п.) за нарушение правил безопасных приемов работы может позитивно отразиться на состоянии производственного травматизма при обслуживании тестомесильных машин. На апробирование других мероприятий производственники не возлагают особых надежд.

Причем это мнение не отдельных операторов тестомесильных машин, а целой группы независимых экспертов из различных предприятий и регионов страны, что подтверждает определенный коэффициент конкордации W :

$$W = \frac{12(121 + 1089 + 1600 + 100 + 2916 + 196 + 2116)}{400 \cdot (343 - 7)} = 0,73.$$

При таком W согласованность экспертов считается удовлетворительной, следовательно, и представленные результаты экспертных исследований являются достоверными. В свою очередь, оценка значимости коэффициента конкордации исходит из определения критерия χ^2

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 8138}{20 \cdot 7 \cdot (7 + 1)} = 87,2.$$

При сравнении χ^2 расчетного с χ^2 табличным следует, что χ^2 расчетное = 87,2 > χ^2 табличное = 16,8, на основании чего можно утверждать, что согласованность респондентов не является случайной.

Таким образом, подтверждается правильность выбранного направления работы по снижению травматизма операторов тестомесильных машин за счет разработки предохранительной ступени и согласования ее конструктивных параметров с эксплуатационным режимом тестомесильной машины.

В результате экспертного опроса, натурных наблюдений и хронометража было установлено, что оператор попадает в зону тестомесильной ёмкости за время, примерно равнозначное, которое в зависимости от навыков, возраста и личностных качеств работающего составляет не менее 6,5 секунд.

После установки предохранительной ступеньки на полу непосредственно напротив тестомесильной ёмкости, предусмотренной системой блокировки, определяется оптимальный кратчайший маршрут до тестомесильной ёмкости. Применение предохранительной ступени одновременно повышает удобство при попадании к рабочим органам и сокращает время на выполнение этой операции. Хронометрирование проводилось в группе операторов с многократной повторностью, причем имеющих стаж работы на данном месте не менее двух лет и в возрасте до 45 лет.

В зависимости от личностных факторов и физических способностей оператора время, фиксируемое с момента захода на предохранительную ступеньку до попадания в зону действия рабочего органа тестомесильной машины, находится в пределах от 3,7 до 6,0 секунд.

Для дальнейшей обработки полученной информации [2] вариационный ряд из 100 значений функции отклика предпочтительно сгруппировать в восемь классов с интервалом 0,3 секунды. Результаты хронометрирования приведены ниже в таблице и изображены в виде гистограммы на рисунке 1.

На основании данных, представленных в таблице и на рисунке 1, получим зависимость частоты попадания исполнителя работ в опасную зону от времени, необходимого для наступления этого события (рис. 2).

Из полученного графика видно, что зависимость $P(t)$ подчиняется нормальному закону распределения с некоторой отрицательной асимметрией.

Результаты хронометража по классам

Показатель	Класс							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Интервал	3,7-3,9	4,0-4,2	4,3-4,5	4,6-4,8	4,9-5,1	5,2-5,4	5,5-5,7	5,8-6,0
Середина интервала	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9
Количество наблюдений	2	5	10	23	32	17	8	3
Частость	0,02	0,05	0,10	0,23	0,32	0,17	0,08	0,03

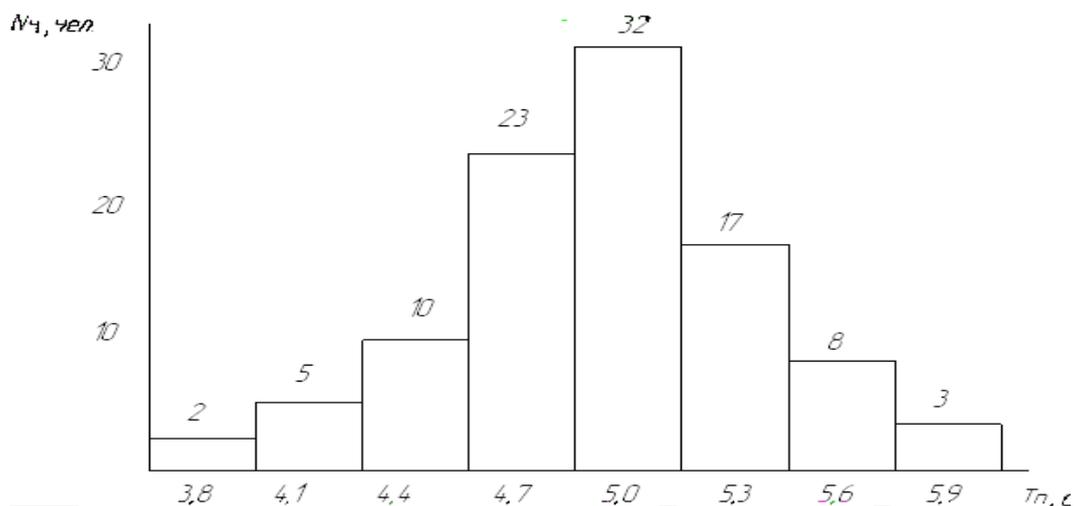


Рис. 1. Гистограмма распределения времени, затрачиваемого оператором для попадания в зону тестомесильной ёмкости

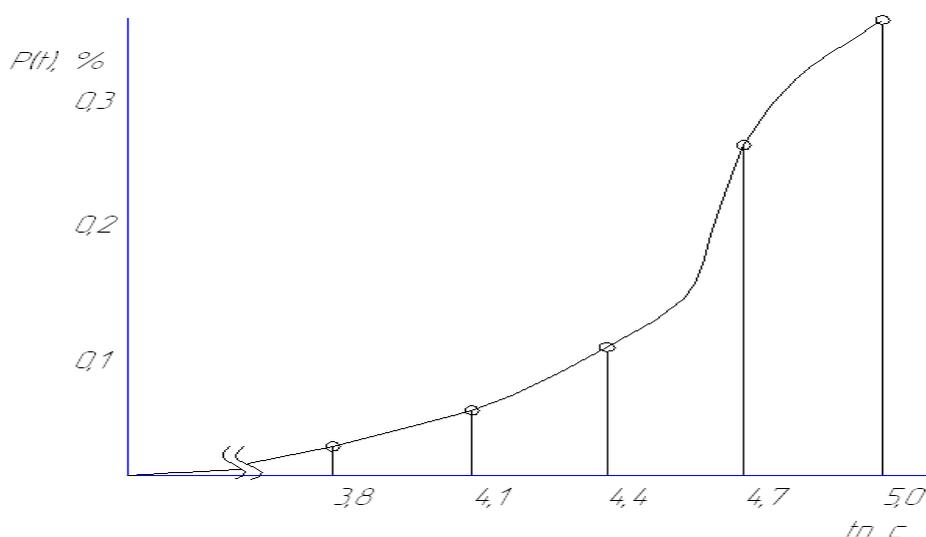


Рис. 2. Вероятность попадания оператора в опасную зону тестомесильной машины в зависимости от времени

Но поскольку нас интересует только часть зависимости от 0 до $t_n = m_t$ (согласно условию $t_B < t_{II}$), то именно она и была аппроксимирована выражением по закону Гаусса

$$I(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}}. \quad (12)$$

Для рассматриваемого случая обеспечения безопасности операторов тестомесильных машин зависимость, представленная на рисунке 2, с учетом уравнения (1) принимает вид

$$P(t) = 0,972 \cdot e^{-\frac{(t_B - 4,92)^2}{0,34}}. \quad (13)$$

Тогда искомое выражение для определения параметра безопасности при обслуживании тестомесильных машин типа ТМ-63 имеет вид

$$K_d = 1 - 0,972 \cdot e^{-\frac{(t_B - 4,92)^2}{0,34}}. \quad (14)$$

Последнее выражение рекомендуется для использования при прогнозировании производственного травматизма операторов тестомесильных машин.

Выводы. С помощью стандартных методик планирования и обработки экспериментальных данных на основе экспертного опроса работников пищевых производств исследована вероятность травмирования операторов тестомесильных машин. Предложено выражение (14) для прогнозирования производственного травматизма работников пищевых производств.

Литература

1. *Челелев Н.И., Будьков Э.А.* Основные направления повышения безопасности труда операторов технологического оборудования пищевых производств // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 10. – С. 226–229.
2. *Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1986. – 279 с.

