

УДК: 005.334:331.45:614.8

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРОЯТНОСТИ ТРАВМИРОВАНИЯ**

**Порядин Алексей Геннадьевич**

магистрант

**Щербаков Сергей Юрьевич**

кандидат технических наук, доцент

[Scherbakov78@yandex.ru](mailto:Scherbakov78@yandex.ru)

**Криволапов Иван Павлович**

кандидат технических наук, доцент

[ivan0068@bk.ru](mailto:ivan0068@bk.ru)

**Носков Сергей Александрович**

старший преподаватель

Мичуринский государственный аграрный университет,

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация:** В статье анализируются частные случаи определения вероятности несчастного случая в результате возникновения и реализации определенных комбинаций факторов. Предлагается математическое определение вероятности травмирования и преимущества данного метода для снижения травмоопасности на производстве.

**Ключевые слова:** математическая модель, травмоопасность, риск.

Вероятность – это мера того, что событие может произойти. Математическое определение вероятности: «действительное число в интервале от 0 до 1, [1] относящееся к случайному событию». Число может отражать относительную частоту в серии наблюдений или степень уверенности в том, что некоторое событие произойдет. Вероятность, связанная с событием, может быть рассчитана для определенного интервала времени [1].

Введем следующие обозначения:

$P(A)$  - вероятность несчастного случая;

$P(B_i)$  - вероятность потенциальной опасности, обусловленная наличием фактора риска;

$P_{B_i}(A_i)$  - вероятность реализации потенциала опасного фактора при наличии фактора риска.

Вероятностная модель несчастного случая представлена на рис.1

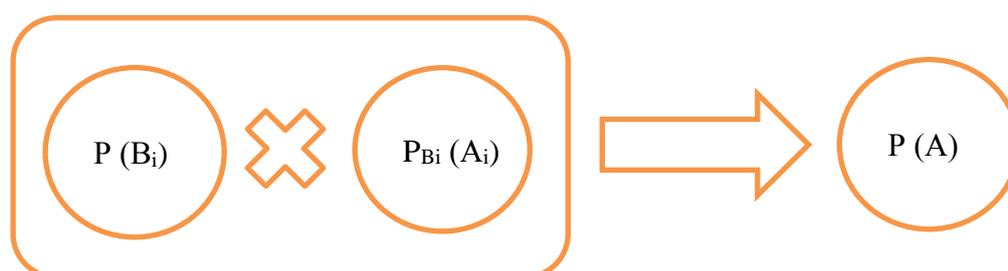


Рисунок 1 - Вероятностная модель несчастного случая

Вероятность несчастного случая, обусловленного каким-либо опасным фактором и каким-либо фактором риска, можно описать уравнением [2, 3]:

$$P(A)=P(B_i)\times P_{B_i}(A_i) \quad (1)$$

Возможные частные случаи решения уравнения (1) представлены в табл. 1

Частные случаи определения вероятности несчастного случая в результате возникновения и реализации определенной комбинации  $A_i$  —  $B_i$

<b>Опасный фактор</b> <b>Фактор риска</b>	Опасный фактор отсутствует $P_{B_i}(A_i) = 0$	Реализация опасного фактора вероятна $1 > P_{B_i}(A_i) > 0$	Опасный фактор реализуется при наличии фактора риска $P_{B_i}(A_i) = 1$
Фактор риска исключен $P(B_i) = 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$
Фактор риска с определенной вероятностью может иметь место $1 > P(B_i) > 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Вероятность несчастного случая $P(A_i) = P(B_i) \times P_{B_i}(A_i)$	Возможность несчастного случая равна вероятности появления фактора риска $P(A_i) = P(B_i)$
Фактор риска имеет место $P(B_i) = 1$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Вероятность несчастного случая $P(A_i) = P_{B_i}(A_i)$	Несчастный случай неизбежен $P(A_i) = 1$

Вероятность потенциальной опасности, обусловленная наличием фактора риска  $P(B_i)$ , может принимать значения от 0 до 1. Если наличие какого-либо фактора риска исключено, то  $P(B_i) = 0$ . Если фактор риска неизбежен для какого-нибудь производства, то  $P(B_i) = 1$  (например: плохая видимость, высокая тяжесть и напряженность труда и т.п.). Между этими крайними ситуациями  $P(B_i)$  может принимать любые значения от 0 до 1 в зависимости от состояния охраны труда и уровня организации работ [3-5].

Если фактор риска исключен  $P(B_i)=0$ , то и несчастный случай по данной причине также исключен  $P(A_i)=0$ .

Для рабочих мест, на которых имеют место неустраняемые факторы риска, а также выявлены нарушения требований охраны труда, являющиеся факторами риска, значение вероятности наличия этих факторов риска принимают равными единице ( $P(B_i)=1$ ).

Для рабочих мест, на которые распространяются требования охраны труда и которые соответствуют этим требованиям, вероятность

возникновения факторов риска должна приниматься равной среднестатистической вероятности, присущей данному производственному объекту [6]:

$$P(B_i) = N_{p.m.} / n_{p.m.} \quad (2)$$

где  $N_{p.m.}$  - количество рабочих мест, на которых выявлено нарушение, соответствующее фактору риска  $B_i$ ;

$n_{p.m.}$  - общее количество рабочих мест, на которое распространяются данные требования охраны труда.

На рабочем месте могут быть в наличии одновременно несколько различных потенциально опасных комбинаций «опасный фактор - фактор риска», каждая из которых может быть причиной несчастного случая.

В общем случае вероятность несчастного случая на рабочем месте можно описать уравнением:

$$P(A) = \sum_{i=1}^R P(B_i) \times P(B_i | A_i) \quad (3)$$

где  $R$  - количество на рабочем месте потенциально опасных комбинаций «опасный фактор - фактор риска» ( $A_i - B_i$ ).

Вероятность несчастного случая на рабочем месте - сумма произведений вероятностей реализации потенциально опасных факторов на вероятность возникновения факторов риска, создающих необходимые и достаточные условия для реализации опасностей.

Чем выше вероятность несчастного случая вследствие нарушения какого - либо требования безопасности, тем больше значимость данного требования охраны труда с точки зрения травмоопасности [7, 8].

Математическая модель вероятности травмирования позволяет:

- прогнозировать количество несчастных случаев на отдельных рабочих местах и в организации в целом;
- моделировать влияние на уровень травматизма различных травмоопасных факторов, определять наиболее значимые травмоопасные факторы.

Кроме того, представленный математический аппарат позволяет решать некоторые прикладные задачи охраны труда:

- усовершенствовать методику контроля рабочих мест по травмоопасности и классификацию травмоопасности рабочих мест;
- производить объективную (независимую от специфики и характера производства) оценку состояния охраны труда в организации;
- повысить эффективность инвестиций в охрану труда путем направления финансовых средств на устранение наиболее значимых травмоопасных факторов;
- дифференцировать страховые тарифы для рабочих мест при добровольном страховании работников от несчастных случаев на производстве.

### **Список литературы**

1. Горшенин В.И. Механизация процесса заполнения тары плодами яблочек в линиях обработки: автореферат дис. ... доктора технических наук. Саратов, 1997. – 44 с.
2. Горшенин В.И. Особенности профессиональной социализации будущего специалиста среднего звена / В.И. Горшенин // Современные проблемы науки и образования. - 2016. - № 6. - С. 446.
3. Сравнительный анализ существующих подходов к оценке травмоопасности / С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов, С.А. Петрушенко, А.П. Коробельников // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 252.
4. Характеристика методов проведения анализа риска / С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов, Д.И. Стрельников, А.П. Коробельников // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 253.
5. Щербаков С.Ю. Основные принципы математического моделирования в техносферной безопасности / С.Ю. Щербаков, А.А. Фокин, А.А. Заборских // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 59.

6. Щербаков С.Ю. Исследование опасных факторов производственной среды и факторов риска травмирования / С.Ю. Щербаков, А.А. Фокин, А.А. Заборских // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 58.

7. Оценка уровня обеспеченности и повышение пожарной безопасности на складах хранения нефтепродуктов предприятий АПК / С.Ю. Щербаков, А.В. Аксеновский, И.П. Криволапов, В.Б. Куденко // В сборнике: СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 85-ЛЕТИЮ МИЧУРИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА. в 4 т.. Мичуринск, - 2016. – С. 110-114.

8. Shcherbakov S.Yu. Drying hawthorn berries in drum dryer using blade agitator / S.Yu. Shcherbakov, P.S. Lazin, I.P. Krivolapov // Amazonia Investiga. - 2019. - Т. 8. - № 21. - С. 588-595.

UDC 005.334:331.45:614.8

## A MATHEMATICAL MODEL OF THE PROBABILITY OF INJURY

**Alexey Gennadievich Poryadin**

undergraduate

**Sergey Yurievich Shcherbakov**

candidate of technical Sciences, associate Professor

[Shcherbakov78@yandex.ru](mailto:Shcherbakov78@yandex.ru)

**Ivan Pavlovich Krivolapov**

candidate of technical Sciences, associate Professor

[ivan0068@bk.ru](mailto:ivan0068@bk.ru)

**Sergey Alexandrovich Noskov**

senior lecturer

Michurinsk state agrarian University,

Michurinsk, Russia

**Abstract.** The article analyzes special cases of determining the probability of an accident as a result of the occurrence and implementation of certain combinations of factors. A mathematical definition of the probability of injury and the advantages of this method for reducing the risk of injury in the workplace is proposed.

**Keywords:** mathematical model, injury hazard, risk.