

УДК 631.171:331

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Хохлов С.С., студент 4 курса инженерного факультета  
Научный руководитель - Курдюмов В.И., д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

**Ключевые слова:** *травматизм, условия труда, системный подход, безопасность.*

*В работе описан один из методов количественной оценки уровня безопасности альтернативных технологий для последующего его повышения.*

Технологические процессы состоят из отдельных операций, составляющих единое целое. Изучая травмирующие факторы, состояние машин и оборудования, окружающей среды, способы организации труда, можно выявить причины несчастных случаев при выполнении каждой из операций, а также разработать мероприятия по снижению уровня травматизма на производстве с учетом их стоимости и эффективности [1]. Под эффективностью в данном случае понимается вероятность исключения причины травм работников. Если эти вероятности для различных профилактических мероприятий известны, то становится возможным оценить ожидаемое снижение числа несчастных случаев.

Снижение травматизма обычно достигается распределением денежных средств, выделяемых на улучшение состояния охраны труда, по числу травмоопасных операций таким образом, чтобы обеспечивалось максимальное уменьшение количества несчастных случаев для всего производственного процесса и уровень риска не превышал  $10^{-6}$  [2].

С позиций системного подхода основным свойством технологических систем является травмоопасность [3]. Эффективность работы систем в решающей степени зависит от состояния основного элемента (человека). Поэтому связь между количеством, качеством произведенной продукции и уровнем безопасности очевидна. Уровень безопасности включает в себя условия труда, состояние средств производства и результативность организационных мероприятий. Любую производственную систему с точки зрения безопасности можно рассматривать как совокупность элементов с параллельной или последовательной

связью. Поэтому увеличение безопасности систем заключается в добавлении в наиболее ненадежных их точках избыточности с учетом результатов анализа произведенных затрат и уровня повышения эффективности функционирования. При этом вероятностный анализ следует выполнять с учетом организационных, технических и индивидуально-защитных мероприятий.

Например, защитный кожух ременной передачи с вероятностью 0,95 устраняет возможность несчастного случая. Обучение безопасности труда устраняет примерно 90 % потенциальных аварий. Рассматривая эти мероприятия как параллельные, получим вероятность безотказной работы системы:

$$R(\sigma) = 1 - (1 - 0,95 \cdot 0,9) = 0,855.$$

Вероятность безаварийной работы удобно представлять в виде дерева отказов, в котором ветви (события, которые могут вызвать или вызвали возникновение травмы), связанные со стволом (основным событием) посредством логических вентилей «и» (знаком умножения), сформируют собой последовательную систему, а вентилем «или» (знаком сложения) - систему с параллельной связью.

Вероятность воздействия на работников опасных производственных факторов  $R(v)$  определяется произведением вероятностей разрушения обслуживаемого элемента системы  $R(p)$ , нахождения работников в опасной зоне  $R(o)$  и отказа средств коллективной или индивидуальной защиты  $R(c)$ :

$$R(v) = R(p) \cdot R(o) \cdot R(c) = \left\{ R(p) = 1 - \prod_{t=1}^T [1 - R(\Pi p)] \right\} \cdot \frac{k_b \sum_{z=1}^z \tau_z}{\sum_{z=1}^z \tau_{zo}} \cdot \left( 1 - e^{-\sum_{f=1}^F \tau \cdot \lambda_{of}} \right),$$

где  $R(\Pi p)$  - вероятность возникновения и последующей реализации любой из причин отказа элемента;  $T$  - количество возможных причин отказа элемента;  $t$  - порядковый номер причины отказа;  $k_b$  - коэффициент безопасности;

$\sum_{z=1}^z \tau_z$  - время нахождения людей в зоне действия

травмирующих факторов;  $\sum_{z=1}^z \tau_{zo}$  - общее время работы;  $\lambda_{of}$  - интенсивность отказов средств защиты,  $ч^{-1}$ ;  $F$  - общее число элементов и средств защиты;  $t$  - общее время работы элемента,  $ч$ .

Следовательно, с позиций системного подхода уровень обеспечения безопасности при осуществлении различных технологических процессов зависит от многих технических параметров и условий выполнения работ: количества операций и особенностей действий работников в каждой операции, вероятности разрушения элементов машин, попадания людей в опасные зоны и отказа средств защиты. В свою очередь, вышеназванные вероятности являются производными от интенсивностей возникающих отказов различных элементов машин, соотношения фактически действующей и предельно-допустимой нагрузок, запаса прочности деталей и т.д. [4]. Наличие конкретных значений перечисленных выше параметров и условий позволяет количественно оценить уровень безопасности альтернативных технологий и определить пути его повышения.

*Библиографический список:*

1. Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве / Б.И.Зотов, В.И Курдюмов. – М.: КолосС, 2003. – 432 с.
2. Курдюмов, В.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности / В.И Курдюмов, Б.И.Зотов, – М.: КолосС, 2005. – 216 с.
3. Курдюмов, В.И. Безопасность жизнедеятельности в терминах и определениях: словарь / В.И.Курдюмов, Г.В. Карпенко - Ульяновск, УГСХА, 2009. – 49 с.
4. Курдюмов, В.И. Безопасность жизнедеятельности: проектирование и расчет средств обеспечения безопасности / В.И.Курдюмов, Б.И.Зотов. - М.: Юрайт, 2017. – 221 с.

## **IMPROVING THE SAFETY OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

*Khokhlov S.S.*

**Keywords:** *injuries, working conditions, systematic approach, safety.*

*The paper describes one of the methods to quantify the level of security of alternative technologies for its subsequent increase.*